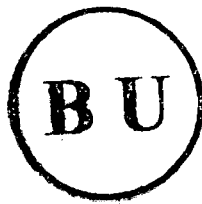


Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Ergonomia



0.254.243-6

UFSC-BU



**ESTUDO DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS
NO CLIMA DE FLORIANÓPOLIS**

**Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a Obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia**

Suely Ferraz de Andrade

Florianópolis
Abril de 1996

PÁGINA DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS NO CLIMA DE FLORIANÓPOLIS

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia

Especialidade em Engenharia de Produção, na Área de Ergonomia, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação

Coordenador do Curso: Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Roberto Lamberts, PhD.

Banca: Prof. Carolina Palermo Szucs, Dr.

Banca: Prof. Fernando Oscar Rutkay Pereira, PhD

*Aos meus filhos, pela
compreensão e paciência
que demonstraram por
terem-me, por um ano,
pela metade.*

AGRADECIMENTOS

- Aos meus colegas da ELETROSUL, que de alguma forma ajudaram-me, principalmente Palma e Luiz Antônio, pelo apoio de Informática.
- Ao casal Lia e Osvaldo, que me “hospedaram” em sua casa com muito carinho, inúmeros dias, na fase das medições.
- Ao Roberto Lamberts pela sua dedicação como orientador.
- À Solange Goulart pela orientação recebida.
- À André Torres pela realização da revisão de português.
- Ao Sargento Cordeiro, da DEPV, que forneceu os dados climáticos com muita presteza e atenção.
- Ao casal Sônia e Antônio Miranda pelo apoio e ajuda concreta.
- Ao Anibal Ferraz pela ajuda na impressão do trabalho.
- E finalmente, à todos que de alguma forma ajudaram e pela própria sociedade que propiciou a realização deste trabalho.

RESUMO

Frente a crise energética mundial, o condicionamento térmico natural, tornou-se uma opção importante para minimizar o impacto de novas construções. Muitos estudos são ainda necessários para sua maior difusão.

O presente trabalho procurou determinar quais as estratégias bioclimáticas que devem ser aplicadas nos projetos das edificações destinados ao clima da região de Florianópolis, que caracteriza-se particularmente pela presença de duas estações distintas, um verão quente e um inverno ameno e pelo alto teor de umidade no ar durante todo o ano.

Buscou-se inicialmente, através da revisão bibliográfica, obter subsídios para determinar a carta bioclimática, juntamente com o método mais compatível e que melhor pudesse definir as estratégias mais eficientes para esta região e seus parâmetros de aplicabilidade.

A segunda parte do trabalho consta da determinação destas estratégias principais, pela análise dos resultados obtidos na aplicação do método junto à carta bioclimática adotada, desta forma definidas como a Ventilação e Massa. Posteriormente, estas estratégias são avaliadas através de experimentação prática, por meio do estudo de caso. Esta etapa permitiu levantar questões e discutir os principais aspectos que envolvem a Arquitetura Bioclimática e o clima desta região, buscando levantar dados para dar seqüência à novas pesquisas nesta área.

ABSTRACT

With the world energy crisis, the use of natural techniques to heat and cool buildings, became an important option to minimize the impact of the new buildings. Many studies are still necessary to allow its widespread use.

The present study aims at determining the Bioclimatic Strategies to be used in buildings in the climatic region of Florianópolis, that has two distinct seasons: a hot summer and mild winter. High humidity levels are found throughout the year.

The literature review has looked at bioclimatic charts and strategies more suitable for this region. The second part of the study deals with quantifying the percentage of hours of year in which each Bioclimatic Strategy is applicable. A field study was made to look at the effect of the dominant strategies (Thermal Mass and Ventilation).

The results allow an evaluation of the main aspects connected to bioclimatic architecture in this climatic region and indicate the need for further research.

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Introdução	5
2.2. Clima de Florianópolis	7
2.3. Bioclimatologia Aplicada	17
2.4. Estratégias Bioclimáticas	33
2.5. Conclusões	63
3. ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CLIMA DE FLORIANÓPOLIS	67
3.1. Carta Bioclimática Adotada x Ano Climático de Florianópolis	67
3.2. Estudo de Caso	71
3.3. Conclusão do Estudo de Caso	112
4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	115
4.1. Conclusão Final	115
4.2. Recomendações para Projeto Bioclimático	118
4.3. Recomendações para Trabalhos Futuros	122
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	124
6. ANEXOS	128
6.1. ANEXO 1: CALIBRAÇÃO	128
6.2. ANEXO 2: PLANILHA DAS TEMPERATURAS	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Parte 1: Introdução

- Figura 1.1.** Localização das áreas de estudo: praia dos Ingleses e praia do Campeche, na Ilha de Santa Catarina 2

Parte 2: Revisão Bibliográfica

- Figura 2.1.** Temperaturas de Bulbo Seco Mensais (ano climático- TRY de Florianópolis)/ Fonte: GOULART (1993). 10
- Figura 2.2.** Amplitude térmica mensal (ano climático- TRY de Florianópolis)/ Fonte: GOULART (1993) 11
- Figura 2.3.** Frequência Mensal de Direção de Vento/ Fonte: GOULART(1993) 13
- Figura 2.4.** Umidade Relativa (%) mensal (ano climático TRY de Florianópolis)/ Fonte: GOULART (1993) 14
- Figura 2.5.** Diagrama da Trajetória Solar na Latitude de Florianópolis (+/-) 27°30'. Fonte Arquivo Técnico da ELETROSUL. 16
- Figura 2.6.** METODOLOGIA DE OLGYAY(1963) (Parcial) 18
- Figura 2.7.** Carta Bioclimática de GIVONI (1992), destinada a Países em Desenvolvimento 22
- Figura 2.8.** Carta Bioclimática de GIVONI (1992),destinada a Países Desenvolvidos 22
- Figura 2.9.** Carta Bioclimática de SZOKOLAY (1987) 23
- Figura 2.10.** Carta Bioclimática para Edificações, baseada na Zona de Conforto Proposta para Maracaibo./Fonte: GONZALEZ et alii (1986) 25
- Figura 2.11.** Carta Bioclimática para Edificação, mostrando limites psicométricos, conforme tabela 2.5. abaixo. Fonte: WATSON e LABS (1983). 26
- Figura 2.12.** Carta AROZTEGUI (1995). 28
- Figura 2.13.** Carta Bioclimática Adotada para Florianópolis, baseada na zona de conforto para Países em Desenvolvimento de GIVONI (1992). 31

Parte 3: Análise Bioclimática do Clima de Florianópolis

- Figura 3.1.** Plotagem de 8760 Horas Analisadas (100% das horas) do ano climático TRY de Florianópolis. 67
- Figura 3.2.** Plotagem de 2160 horas meses (janeiro/fevereiro/ março)(25% das horas anuais) do ano climático TRY de Florianópolis. 69
- Figura 3.3.** Plotagem de 2208 horas meses (junho/ julho/ agosto)(25% das horas anuais) do ano climático TRY de Florianópolis. 70
- Figura 3.4.** Situação e Localização da Moradia do Balneário dos Ingleses. 73
- Figura 3.5.** Situação e Localização das Moradias no Balneário Campeche. 73
- Figura 3.6.** Casa dos Ingleses, fachada frontal ao sul. 74

Figura 3.7. Casa dos Ingleses, planta baixa piso térreo .	75
Figura 3.8. Casa dos Ingleses, planta baixa piso superior	76
Figura 3.9. Corte transversal da Casa dos Ingleses	77
Figura 3.10. Foto da fachada nordeste da casa n°2	78
Figura 3.11. Planta do pavimento térreo da casa n°2 (Campeche)	79
Figura 3.12. Planta do pavimento superior Casa n°2 (Campeche)	80
Figura 3.13. Corte típico da Casa n°2 (Campeche)	81
Figura 3.14. Foto da casa n°3 (Campeche), voltada para a orientação nordeste.	82
Figura 3.15. Planta pavimento térreo casa n°3 (Campeche)	83
Figura 3.16. Planta do pavimento superior da casa n°3 (Campeche)	83
Figura 3.17. Corte da casa n°3 (Campeche)	84
Figura 3.18. Esquema do posicionamento dos pontos da estratégia de Ventilação	89
Figura 3.19. Posicionamento dos pontos de medições das estratégias de Massa Térmica para Resfriamento e Massa para Aquecimento Passivo.	90
Figura 3.20. Estratégia de Ventilação : medição do dia 16/01/95.	92
Figura 3.21. Índice PMV (Dia:16/01/95) Estratégia Ventilação.	93
Figura 3.22. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia 16/01/95) Estratégia Ventilação.	94
Figura 3.23. Estratégia de Ventilação: medição do dia 25/01/95.	95
Figura 3.24. Índice PMV (Dia:25/01/95) Estratégia Ventilação.	96
Figura 3.25. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas)(Dia:25/01/95) Estratégia Ventilação.	97
Figura 3.26. Estratégia de Ventilação: medição do dia 18/02/95.	98
Figura 3.27. Índice PMV (Dia:18/02/95). Estratégia Ventilação.	99
Figura 3.28. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia:18/02/95) Estratégia Ventilação.	100
Figura 3.29. Estratégia de Aquecimento Passivo (Massa Térmica): medição do dia 05/08/95.	102
Figura 3.30. Índice PMV (Dia:05/08/95). Estratégia de Massa p/ Aquecimento Passivo.	103
Figura 3.31. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia:05/08/95). Estratégia de Massa p/ Aquecimento Passivo.	103
Figura 3.32. Gráfico de Temperatura Superficial das Paredes (°C)/ Dia:05/08/95. Estratégia de Massa p/ Aquecimento Passivo.	104
Figura 3.33. Estratégia de Massa para Resfriamento (Inércia Térmica): medição do dia 16/01/95.	106
Figura 3.34. Índice PMV (Dia:16/01/95) Inércia Térmica.	107
Figura 3.35. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia:16/01/95) Inércia Térmica.	107
Figura 3.36. Gráfico de Temperatura Superficial das Paredes (°C)/ Dia:16/01/95.	108
Figura 3.37. Estratégia de Massa para Resfriamento (Inércia Térmica): medição do dia 18/02/95.	110
Figura 3.38. Índice PMV (Dia:18/02/95) Inércia Térmica.	111
Figura 3.39. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia:18/02/95) Inércia Térmica.	111
Figura 3.40. Gráfico de Temperatura Superficial das Paredes (°C)/ Dia:18/02/95.	112

ÍNDICE DE TABELAS

Parte 2: Revisão Bibliográfica

Tabela 2.1. Probabilidades de Ocorrência de Temperaturas de Bulbo Seco (< valores menores) (ano climático TRY de Florianópolis)/ Fonte GOULART(1993)	10
Tabela 2.2. Probabilidades de Ocorrência de Amplitudes Diárias (<valores menores) em 365 dias do ano climático -TRY de Florianópolis/ Fonte GOULART(1993)	11
Tabela 2.3. Probabilidades de Ocorrência de Umidade Relativa (<valores menores) (ano climático TRY de Florianópolis)/ Fonte: GOULART (1993)	15
Tabela 2.4. Radiação Solar em Valores Totais Diários	15
Tabela 2.5. Identificação das Estratégias de Controle Climática da Carta Bioclimática para Edificações (adaptada depois de GIVONI) Fonte: WATSON e LABS (1983)	27
Tabela 2.6. Temperaturas de projeto, . GOULART (1993)	47

Parte 3: Análise Bioclimática do Clima de Florianópolis

Tabela 3.1. Porcentagens das Estratégias Bioclimáticas referente ao ano climático, retratadas na figura 3.1. SCHUCH (1995).	68
Tabela 3.2. Porcentagens das Estratégias, referentes aos meses mais quentes.	69
Tabela 3.3. Porcentagens das Estratégias, referentes aos meses mais frios.	70
Tabela 3.4. Propriedades Térmicas da envoltória das casas.	85

GLOSSÁRIO

- DT= diferença [Tg-TBS]
- DTA= diferença [Text-TBS]
- hcg1= Coeficiente de transferência de calor p/ convecção natural
- hcg2= Coeficiente de transferência de calor p/ convecção forçada
- PMV= Coeficiente de conforto de Fanger
- PMVc/vent= Cálculo do coeficiente do ambiente com ventilação
- PMVs/vent= Cálculo do coeficiente PMV do ambiente sem ventilação
- PMVtfu = Cálculo do coeficiente PMV do ambiente de tijolo furado
- PMVtma = Cálculo do coeficiente PMV do ambiente de tijolo maciço
- PPD c/vent= Cálculo do índice PPD do ambiente com ventilação
- PPD s/vent= Cálculo do índice PPD do ambiente sem ventilação
- PPD tfu= Cálculo do índice PPD do ambiente de tijolo furado
- PPD tma= Cálculo do índice PPD do ambiente de tijolo maciço
- PPD= Índice em porcentagem de pessoas insatisfeitas [%]
- TBS c/ vent= Medição da TBS do ar do ambiente com ventilação[°C]
- TBS f= Medição da TBS do ar do ambiente de tijolo furado (6 furos) [°C]
- TBS m= Medição da TBS do ar do ambiente de tijolo maciço[°C]
- TBS s/ vent= Medição da TBS do ar do ambiente sem ventilação[°C]
- TBS= Temperatura de Bulbo seco[[C](temperatura do ar interno)
- TBU= Temperatura de bulbo úmido [°C]
- Text= Temperatura externa obtida no Aeroporto
- Text= Temperatura ar externo [°C]
- TextUFSC= Temperatura externa obtida na UFSC [°C]
- Tg= Temperatura de Globo[°C]
- Tif= Medição da Temperatura Superficial Interna da parede de tijolo furado[°C]
- Tim= Medição da Temperatura Superficial Interna da parede de tijolo maciço[°C]
- TR= Temperatura radiante média [°C]
- TRc= Cálculo da TR do ambiente com ventilação[°C]
- TRf= Cálculo da TR do ambiente de tijolo furado (6 furos) [°C]
- TRm= Cálculo da TR do ambiente de tijolo maciço[°C]
- TRs= Cálculo da TR do ambiente sem ventilação[°C]
- Transmitância [W/m².K]
- Var= velocidade do ar [m/s]

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho abordará a Arquitetura Bioclimática, que passou a ser objeto de maiores estudos e pesquisas devido à crise do petróleo, em 1973. Tornou-se prioridade, em muitos países, a implantação de programas de conservação de energia e o condicionamento térmico natural. Várias pesquisas nesta área tem sido desenvolvidas, buscando, inicialmente, os parâmetros que possam balizar o conforto térmico humano. Procurou-se na fase inicial dos projetos, dar respostas para a substituição de sistemas mais complexos pelas formas passivas de condicionamento térmico. Formas obtidas através de condicionantes do espaço habitado (ou qualquer meio ambiente que o abriga), que seriam responsáveis pela sua interação com o clima externo e com conseqüente economia de energia. A interação das condicionantes climáticas de cada região com o projeto de arquitetura, retrata o projeto bioclimático, que utiliza-se para concretizá-lo das estratégias bioclimáticas como artificios na sua elaboração.

O objetivo deste trabalho é de obter dados para desenvolvimento do projeto bioclimático, voltados para a região da cidade de Florianópolis, na ilha de Santa Catarina, (ver. figura 1.1) tentando definir estratégias bioclimáticas mais apropriadas, ao relacioná-las às suas características climáticas.

O clima de Florianópolis, como será abordado posteriormente, apresenta características próprias e a adoção de qualquer estratégia exige uma pesquisa voltada à esta região. Várias recomendações existem nas bibliografias pesquisadas, entretanto nenhuma é totalmente adaptável ao clima presente. E este trabalho buscou sinalizar quais as estratégias que são mais pertinentes, os artificios que podem ser utilizados e quais os que exigem maiores estudos para serem definidos com maior precisão.

A complexidade da solução apresenta-se, à medida que as estratégias recomendadas devem atender tanto clima frio como clima quente, agravando-se pelo fato do clima apresentar-se úmido em todas estações. A motivação deste trabalho encontra-se neste desafio.

A trabalho inicia-se com a revisão bibliográfica, composta por três partes. A primeira procura definir, por meio das variáveis climáticas desta região, os principais aspectos do clima de Florianópolis. Da segunda parte consta a revisão dos principais estudos desenvolvidos por vários pesquisadores, que aplicaram métodos definidos a partir de cartas bioclimáticas, tentando relacionar dados climáticos, conforto térmico e estratégias de projeto. Buscou-se nesta revisão, junto às principais cartas bioclimáticas, adotar uma que melhor pudesse

retratar, as estratégias compatíveis e efetivas ao clima em estudo. E também escolher o método, que determine a maior ou menor aplicabilidade destas estratégias. A terceira parte da revisão, trata de analisar as principais estratégias, seus parâmetros de aplicabilidade, cruzando-os com os dados climáticos da região em estudo.

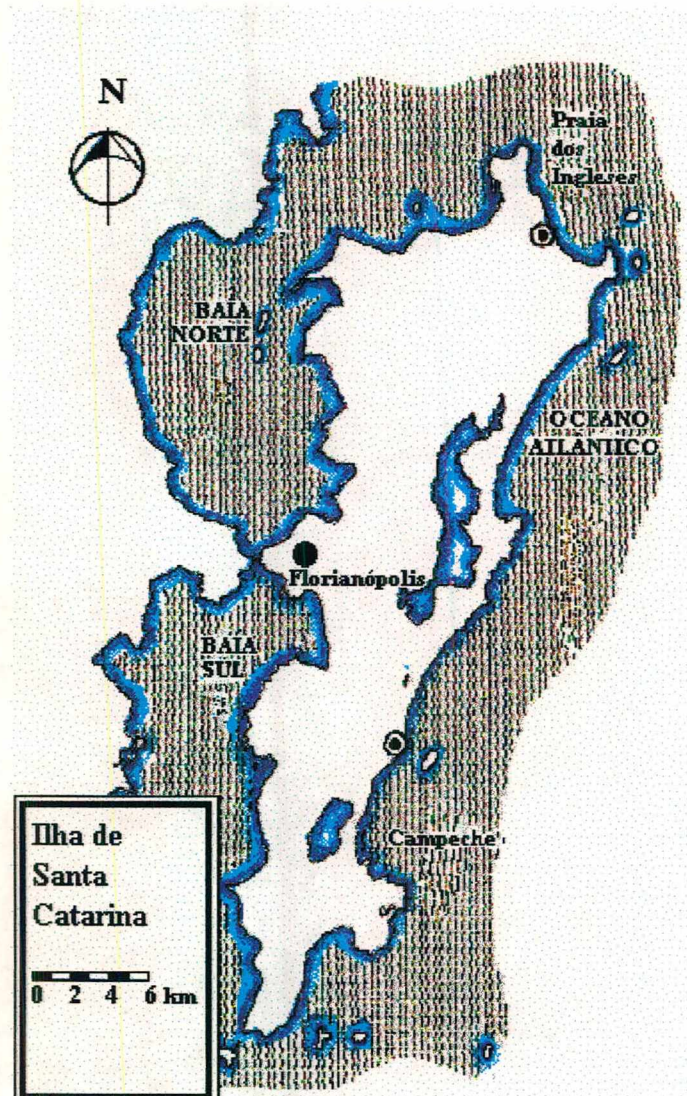


Figura 1.1. Localização das áreas de estudo: praia dos Ingleses e praia do Campeche, na Ilha de Santa Catarina

O terceiro capítulo trata da aplicação do método escolhido, plotando sobre a carta bioclimática adotada, dados climáticos horários do clima em estudo. Obtendo-se desta forma, as estratégias bioclimáticas dominantes, definidas em porcentagens de horas sobre cada zona bioclimática da carta. A seguir procura-se avaliar estas estratégias através de um estudo de caso, onde medições foram efetuadas em duas moradias situadas em duas praias da ilha

(conforme figura 1.1), uma situa-se à norte, chamada praia dos Ingleses e à leste, praia de Campeche.

Busca-se por meio destas medições, comprovar a eficiência e compatibilidade destas estratégias, determinadas após a aplicação do método escolhido.

O quarto capítulo busca determinar recomendações através da análise de todos os dados pesquisados, obtendo-se parâmetros de projeto quanto às estratégias dominantes. O objetivo principal desta etapa é o levantamento de questões conflitantes, a discussão das recomendações existentes e sua adaptabilidade ao clima desta região. Procura demonstrar também, o quanto há para ser pesquisado, na Arquitetura Bioclimática, voltada para região de Florianópolis.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introdução	5
2.2. Clima de Florianópolis	7
2.2.1. Geral	7
2.2.2. Variáveis Climáticas	9
2.2.2.1. Temperatura de Bulbo Seco:	9
2.2.2.2. Velocidade e Direção do Vento	12
2.2.2.3. Nebulosidade	13
2.2.2.4. Umidade Relativa do Ar	14
2.2.2.5. Irradiação Solar	15
2.3. Bioclimatologia Aplicada	17
2.3.1. A Carta Bioclimática de OLGAY	17
2.3.2. Revisões da carta original de OLGAY	19
2.3.3. Aplicabilidade da Carta de OLGAY	20
2.3.4. Desenvolvimento Carta Bioclimática de Edificações por GIVONI.	20
2.3.5. Método de Szokolay	23
2.3.6. Metodologia de GONZALEZ et alii (1986)	24
2.3.7. Metodologia de WATSON e LABS	25
2.3.8. Método de AROZTEGUI	27
2.3.9. Conclusões e Proposta de Carta Bioclimática a ser adotada para Florianópolis	29
2.3.9.1. Zona de Conforto adotada na carta de GIVONI (1992), para países em desenvolvimento:	31
2.3.9.2. Adaptações ou Acréscimos	32
2.3.9.3. Complementação	33
2.4. Estratégias Bioclimáticas	33
2.4.1. Estratégia de Ventilação.	34
2.4.1.1. Aspectos Gerais	34
2.4.1.2. Cartas Bioclimáticas/ Velocidades do ar.	35
2.4.1.3. Ventilação x Aspectos Climáticos	36
2.4.2. Massa Térmica para Resfriamento	40
2.4.3. Resfriamento Evaporativo	45
2.4.4. Aquecimento Solar Passivo	48
2.4.4.1. Geral	48
2.4.4.2. Parâmetros de Aplicabilidade	49
2.4.5. Métodos de Aquecimento Convencional/ Artificial	52
2.4.5.1. Aplicabilidade e Parâmetros	52
2.4.5.2. Problemas Associados ao Aquecimento Artificial	54
2.4.6. Umidificação	55
2.4.7. Ar Condicionado	56
2.4.8. Resfriamento Radiante	57
2.4.8.1. Aspectos Gerais	57
2.4.8.2. Aplicabilidade	59
2.4.9. Sombreamento	61
2.5. Conclusões	63

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introdução

O termo projeto bioclimático foi denominado pelos irmãos OLGYAY(1963), há aproximadamente 30 anos ~~atras~~, como o projeto de arquitetura cujo processo é desenvolvido em resposta aos requisitos climáticos específicos. WATSON e LABS(1983), mais recentemente, quando trata do projeto bioclimático considera-o como aquele cuja fonte ou recurso encontra-se no microclima de seu sítio, onde será implantado. Apresentando um fluxo natural de energia ao redor da edificação, criado por meio de uma total integração do sol, vento, precipitação e o resultado das temperaturas do ar e da terra. Em 1988, EVANS apresenta-se incisivo na introdução de seu trabalho, quando salienta que a arquitetura para ter relevância no futuro, é necessário trocar as regras estabelecidas durante as últimas décadas e tratar de entender como se projeta com a natureza e não contra ela. E determina que os edifícios atuais devem aproveitar as energias naturais do sol e do vento, incorporando-os através do seu projeto arquitetônico. Já RIVERO(1985) quando trata do projeto bioclimático, apresenta uma preocupação que envolve uma abordagem mais ampla do projeto de arquitetura, quando relata: *"O que realmente importa é compreender que não fazemos arquitetura se somente enfocamos unilateralmente os problemas físicos, ou os funcionais, ou os estéticos, ou os econômicos; será Arquitetura, e daí sua complexidade, na medida em que sejam solucionados integralmente todas as exigências que cercam o indivíduo, devidamente ponderadas de acordo com o tema em estudo."*

Assim pode-se resumir que a envolvente do espaço a ser criado é produto de estudos de várias áreas envolvidas, que se interligam como forma à obter um projeto, que atenda todas as expectativas de seus futuros ocupantes. Devendo atender solicitações de ordem sócio-econômicas, culturais e tecnológicas, procurando resolver complexos problemas de aspectos funcionais, ergonômicos, estéticos e psicológicos. A área do presente estudo não é independente, é produto de várias áreas inter-relacionadas, podendo-se dizer que enfoca a otimização das relações energéticas do espaço a ser criado com o meio ambiente que o cerca, alcançado pelo projeto bioclimático. Poderia ser definido, também como aquele que contemple as preocupações de garantir condições de conforto e bem estar de forma natural.

O termo conforto térmico, em relação ao projeto Bioclimático, é definido em muitas pesquisas de engenharia como o “estado da mente, no qual a pessoa expressa satisfação com o ambiente térmico que a cerca”. A manutenção deste conforto retrata um equilíbrio térmico entre o corpo e seu meio. Já muitos pesquisadores preferem o conceito de neutralidade térmica à conforto térmico, pois enfatizam outras variáveis que muitos padrões de conforto não avaliam. Estudos comparativos dos diferentes padrões existentes e suas referidas limitações, podem ser obtidos no estudo de OLESEN (1993).

O conceito de neutralidade térmica é desenvolvido por FANGER apud. ASHRAE (1993) onde apresenta um modelo de estado estacionário para determinar o equilíbrio térmico. Neste estado estacionário a taxa de geração de calor é igual a taxa de perda de calor. Esta perda ocorre pela pele e pela respiração, sem usar um mecanismo fisiológico de controle termoregulador.

O conforto térmico é entretanto em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores, governados por processos físicos, como condução, convecção, radiação e evaporação. Sendo dependente de muitas variáveis, dentre elas: a resistência térmica das vestimentas (Clo), a velocidade do ar, umidade do ar, as temperaturas das superfícies que cercam o indivíduo, e o nível de atividade que o mesmo está desempenhando.

Vários pesquisadores buscaram estabelecer padrões definidos de conforto e vários limites são estabelecidos, buscando delinear zonas, de maneira a atender o maior número possível de pessoas. Entretanto muitos fatores são responsáveis pelas variações destes limites. LANDI (1976) relata a dificuldade de quantificar as variáveis envolvidas neste cálculo, pois existem fatores que apresentam muita dificuldade de serem definidos. E discrimina as seguintes dificuldades: medir-se assimetria radiante dos ambientes; o fator de forma; área das roupas; variações psico-fisiológicas próprias de cada um; sexo; idade; variações sazonais; diferenças de padrões sociais etc. E finaliza que o maior erro dá-se pela imprecisão destas medidas e sua constante modificação. As variações ocorrem conforme cada região, levando-se em consideração o fator de aclimação. Vários pesquisadores estudam este fator, tanto em relação ao calor quanto para o frio e MACPHERSON (1976) trata a questão da aclimação de pessoas em regiões de clima temperado, podendo ser aplicada à esta região, quando observa que desenvolvem um grau considerável de aclimação, quando coexistem com o frio e o calor na presença de duas estações distintas. A procura da zona de conforto particular desta região exige um estudo específico e complexo. Neste trabalho, limitar-se-á à adotar os

limites da zona de conforto, presentes nas diferentes cartas bioclimáticas desenvolvidas, que melhor possam compatibilizar-se com a região em estudo. E quando for necessário analisar parâmetros de conforto de vários ambientes, buscar-se-á compará-los através dos coeficientes PMV e PPD, definidos pelo método de FANGER (1982), normatizado segundo a ISO 7730.

As pesquisas do projeto Bioclimático buscam minimizar custos de energia, pois procuram obter de forma natural as condições de conforto térmico aos ocupantes de um espaço, condição que é por meio das estratégias bioclimáticas, exploradas pelo projeto da edificação.

Neste capítulo, procurou-se transcorrer vários estudos e métodos, desenvolvidos por pesquisadores, que tentaram relacionar dados climáticos, conforto térmico e estratégias de projeto, acompanhados de cartas bioclimáticas.

Os limites definidos para a zona de cada estratégia, também apresentam variações entre as várias cartas. E é sobre estas diferenças que se procurará fazer uma análise, para poder-se adotar a carta bioclimática mais compatível com o clima de Florianópolis.

A revisão das várias estratégias bioclimáticas, foi focalizada também sobre dados climáticos da região em estudo. Desta forma, tornou-se necessário inicialmente a compreensão deste clima, quais suas características e variáveis climáticas.

2.2. Clima de Florianópolis

2.2.1. Geral

A caracterização do clima de Florianópolis e seus dados climáticos são instrumentos imprescindíveis de avaliação no planejamento e construção de uma edificação. Os dados climáticos, basicamente, influenciam a performance da edificação sob o aspecto da transferência de calor através dos diversos materiais da estrutura, que alteram as condições dentro do ambiente interno, em termos da temperatura do ar, temperatura radiante média, ventilação e umidade.

A adoção de um projeto arquitetônico para uma determinada condição climática, dificilmente se submete integralmente, às recomendações mais gerais para projetos bioclimáticos (ex: para climas compostos ou temperados). Características climáticas são

únicas para cada região e o que se buscou neste capítulo, foi evidenciar estes aspectos climáticos próprios, procurando determinar um projeto bioclimático compatível com o clima em estudo.

A ilha de Santa Catarina localiza-se entre os paralelos de 27°10' e 27°50' de latitude sul e entre os meridianos de 48°25' e 48°35' de longitude oeste.

Caracteriza-se pela sua homogeneidade quanto a pluviometria e, segundo classificação de Köppen o clima é definido como mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas durante todo o ano. Já NIMER (1979) define como sendo clima do tipo tropical temperado subsequente, super úmido, apresentando verão quente e inverno ameno, sub-seco.

O caráter temperado do clima confere a esta ilha, ao longo do ano, uma oscilação térmica amena. A presença de um litoral e duas lagoas, com a existência de superfícies líquidas extensas, é causa de ativo processo de evaporação. Por sua vez, a formação de nuvens e aspectos químicos/físicos favoráveis, tais como a presença de partículas de cloreto de sódio, ativam a condensação, e são um dos muitos fatores responsáveis pela presença de chuvas constantes, equitativamente distribuídas por todo o ano. É impossível prever a época ou trimestre do ano em que as máximas ou mínimas concentrações se verificam. RIVERO (1985) destaca que no clima de Florianópolis, há um percentual de nebulosidade maior no verão que no inverno, o que faz diminuir a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas destas duas estações.

A proximidade do mar, pela sua grande capacidade térmica, grande transparência a radiação solar e pela transferência de calor gerada pelo processo de evaporação e condensação amenizam também estas diferenças. Os dados obtidos, segundo descrição no Atlas de Santa Catarina, (GAPLAN:1986), são aplicáveis para uma abordagem inicial, pois apresentam-se muito sucintos. Obtêm-se o número de horas de insolação anual da ilha variando entre 2.200 e 2.400 horas, dependendo da região.

As chuvas de verão, costumam ser diárias e de curta duração. Já as chuvas do inverno são provocadas pela ação direta das frentes polares, costumam ser intermitentes durante dois ou mais dias. Estas frentes polares invadem o território em qualquer época do ano, sendo responsável por mudanças bruscas do tempo.

A pluviosidade apresenta um índice de precipitação anual de 1600 mm no norte da ilha e 1400 mm no sul, o que justifica um clima com umidade relativa anual de 85%, apresentando uma média de 140 dias de chuvas por ano. Fatores responsáveis por uma amplitude térmica

diária, na maioria dos meses, não atingindo valores que se comparem à amplitude térmica apresentada em climas quentes e áridos.

Os ventos predominantes tem suas frequências determinadas pelas estações e sofrem variações relativas à localidade onde se pretende estudar a implantação de uma edificação. A topografia da ilha é abundante em acidentes geográficos que apesar de apresentarem formas simples, funcionam muitas vezes como corredores, alterando sua direção.

Outro aspecto a ser levado em conta é a situação rural ou urbana do sítio, que reforça a necessidade de uma análise criteriosa das variações apresentadas, que podem divergir dos dados meteorológicos oficiais.

A temperatura média anual é em torno de 20°C junto à orla marítima e 22°C mais no interior da ilha, o que demonstra a amenidade do clima junto ao mar. A temperatura média mensal é de 24°C em janeiro e 16°C em julho.

2.2.2. Variáveis Climáticas

Em seus estudos GOULART (1993) aplicou metodologias de tratamento e análises estatísticas em dados climáticos de 10 anos, registrados no Aeroporto Hercílio Luz (período de 1961 a 1970), da cidade de Florianópolis. Determinou desta forma, o ano climático pelo método TRY, e que busca melhor retratar o clima em estudo. As variáveis climáticas obtidas, tratadas nos itens à seguir, referem-se as variáveis deste ano climático, e são: Temperatura de Bulbo seco, Umidade Relativa, Amplitude Térmica, Nebulosidade, Velocidade e direção do vento.

Estes dados tratados, resumidos abaixo, podem dar uma noção do clima desta ilha e sua peculiaridade.

2.2.2.1. Temperatura de Bulbo Seco:

Os valores extremos encontrados, durante os dez anos analisados, são a temperatura mínima de 2°C e a temperatura máxima de 36,4°C. As probabilidades de ocorrência das temperaturas em todo período anual, são determinadas pelas porcentagens, conforme mostrada na tabela 2.1., abaixo:

Tabela 2.1. Probabilidades de Ocorrência de Temperaturas de Bulbo Seco (< valores menores) (ano climático TRY de Florianópolis)/
Fonte GOULART(1993)

1,0 %	9,2°C
5,0 %	13,0°C
10,0 %	15,0 °C
90,0 %	26,0 °C
95,0 %	27,8 °C
99,0 %	30,7 °C

A análise do comportamento mensal da temperatura de bulbo seco, conforme mostrado na figura 2.1, apresentou o mês de fevereiro como o mês de maior temperatura média e com o menor desvio padrão; ou seja com valores mais próximos da média. Porém, o mês de janeiro foi o que abrigou a temperatura mais elevada. O menor valor de média mensal da temperatura de bulbo seco ocorreu no mês de julho, porém o mês de agosto e junho apresentaram as menores temperaturas mínimas.

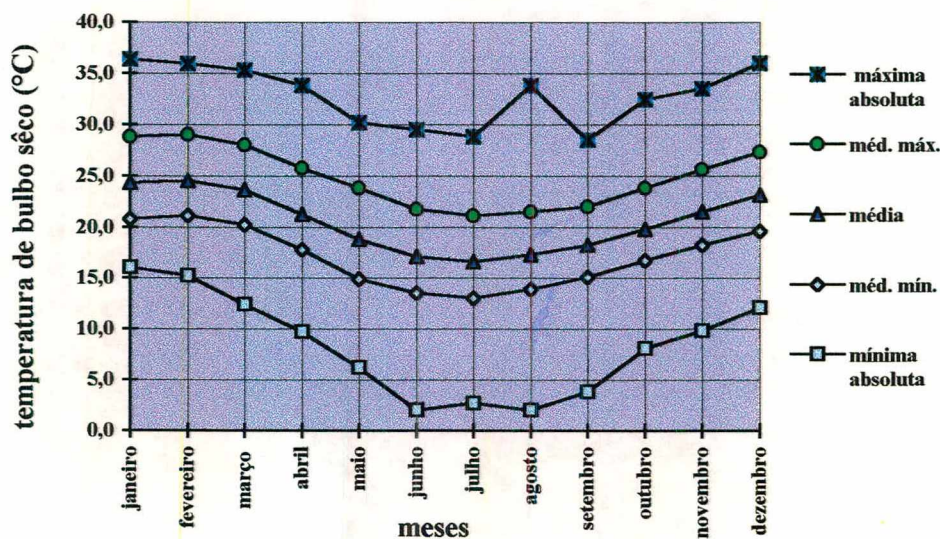


Figura 2.1. Temperaturas de Bulbo Seco Mensais (ano climático- TRY de Florianópolis)/
Fonte: GOULART (1993).

O mês de agosto também apresentou a maior variação térmica anual entre a mínima (2,0°C) e a máxima (33,8°C), onde a máxima aproxima-se da temperatura máxima anual. As

variações diárias entre as temperaturas de bulbo seco mínimas e a máximas originam as amplitudes térmicas diárias, como um parâmetro importante para definição de estratégias a serem adotadas.

As probabilidades de ocorrências das amplitudes diárias nas porcentagens são mostradas na tabela 2.2. abaixo:

Tabela 2.2. Probabilidades de Ocorrência de Amplitudes Diárias (<valores menores) em 365 dias do ano climático -TRY de Florianópolis/ Fonte GOULART(1993)

1,0 %	2,1°C
5,0 %	3,3°C
10,0 %	4,2 °C
90,0 %	11,4 °C
95,0 %	12,4 °C
99,0 %	14,4 °C

As amplitudes térmicas diárias médias menores ocorreram no mês de setembro e maiores valores no mês de maio. Podendo-se observar, conforme visualizado na figura 2.2., que a menor amplitude diária ocorreu no mês de novembro, apresentando amplitude mínima igual a zero, e em julho atinge a máxima amplitude térmica diária com o valor de 18°C.

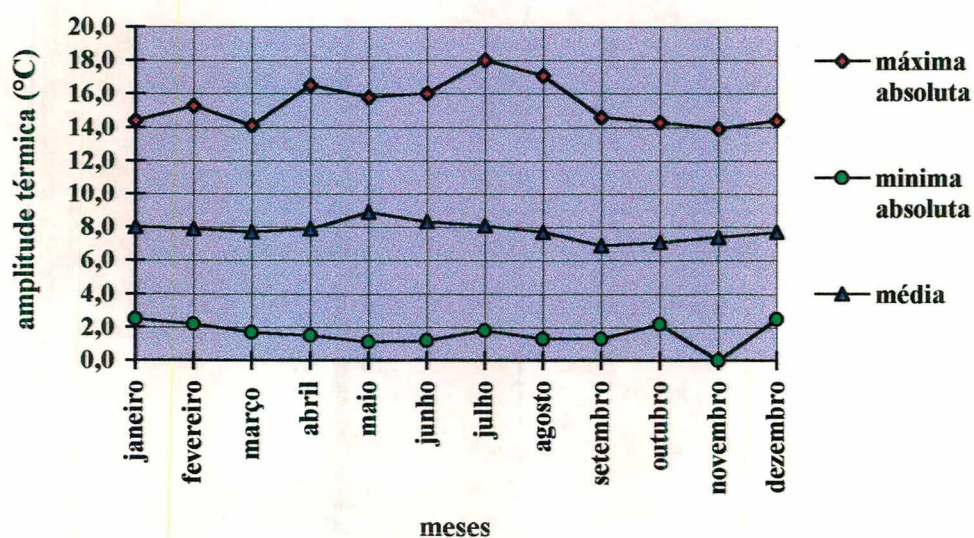


Figura 2.2. Amplitude térmica mensal (ano climático- TRY de Florianópolis)/ Fonte: GOULART (1993)

Os valores das probabilidades de ocorrência mês a mês são melhor detalhados no trabalho de GOULART (1993), salientando-se que existe 99% de probabilidade de ocorrência de uma amplitude térmica menor que 12,9°C no mês de janeiro e menor que 13,7 °C em fevereiro, apresentando uma probabilidade de 90% de ocorrência de amplitudes menores que aproximadamente 10,0°C, no verão. Conforme estes estudos, os períodos de ocorrência das temperaturas máximas diárias variam entre as 13 e 14 horas, e as temperaturas mínimas ocorrem entre as 5 e 7 horas da manhã, geralmente antes do nascer do sol.

O maior valor da média máxima diária, calculado no período analisado, foi de 29,0°C, e ocorreu no mês de fevereiro, o qual foi eleito o mês mais quente do ano. O menor valor da média das mínimas diárias foi de 13,0°C., e ocorreu no mês de julho, e também foi neste mês que ocorreu a menor média das temperaturas máximas, com o valor de 21,1°C, indicando ser o mês mais frio do ano. O aspecto mais importante destas médias das temperaturas máximas é que, durante todo o ano, elas apresentam valores acima de 20°C, e mesmo, a média das mínimas, não atingem valores menores que 13 °C, confirmando a amenidade do inverno.

2.2.2.2. Velocidade e Direção do Vento

A velocidade média durante o período anual foi de 4,1 m/s, sendo a mínima de 0,0 m/s e a máxima ocorrida no período analisado, foi de 27,1 m/s, o que demonstra um comportamento da velocidade dos ventos muito variável. Os meses de janeiro, maio e agosto apresentam-se com os valores das velocidades máximas menores que os demais, sendo o mês de maio o de ventos mais fracos. O mês de outubro é o de ventos com velocidades mais elevadas, tanto médias quanto máximas.

A frequência dos ventos em relação a direção (figura 2.3.), apresenta a direção norte como predominante para todos os meses do ano.

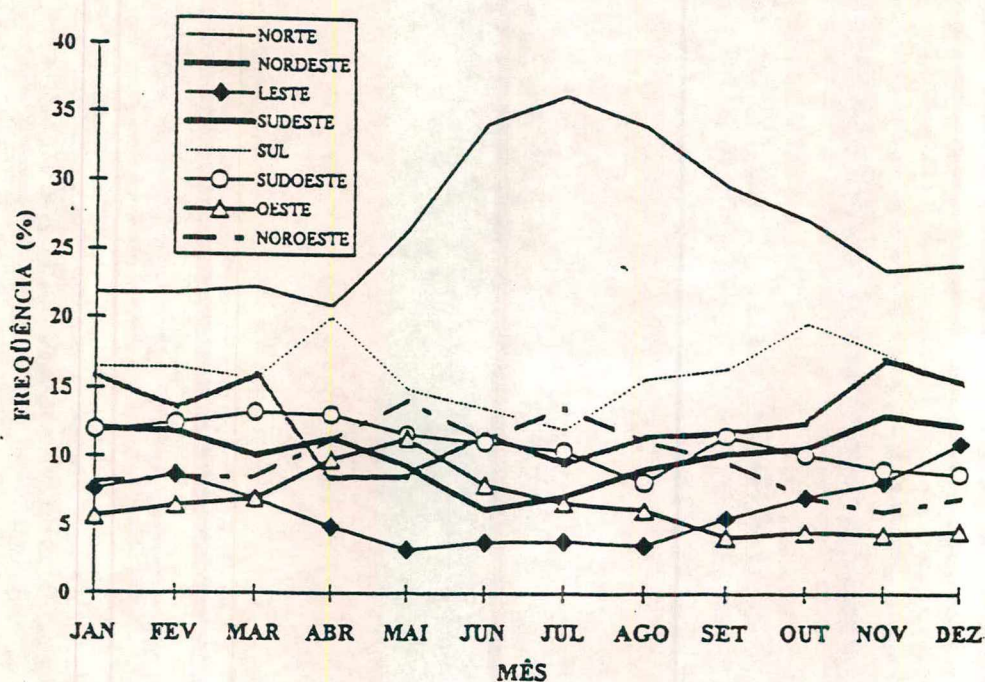


Figura 2.3. Frequência Mensal de Direção de Vento/ Fonte: GOULART(1993)

A frequência na direção sul é a que se apresenta em segundo lugar na maioria dos meses, exceto nos meses de março, julho e dezembro. Ventos calmos se apresentam com maior frequência nos meses de abril e maio. Para todos os meses, os ventos mais fortes (acima de 9,0 m/s) ocorreram na direção sul, podendo-se chamá-lo de dominante. É interessante observar que o vento nordeste apresenta-se, diferentemente do que a maioria das pessoas acreditam, como o terceiro e não o mais frequente na estação do verão.

2.2.2.3. Nebulosidade

O valor da nebulosidade média anual encontrada foi de 6,2 (parcela do céu coberta por nuvens: entre uma escala de 1-10, portanto maior que 50%), sendo que nos meses de setembro a novembro o céu tende a ser mais encoberto que os demais meses do ano. O mês de maio é o de menor nebulosidade, pois foi o único que apresentou nebulosidade menor que 50%. E, finalmente, é importante registrar que os meses de inverno apresentam menores nebulosidades que os meses do verão.

2.2.2.4. Umidade Relativa do Ar

Todos os meses apresentam a umidade relativa do ar máxima de 100%, com uma média mensal em cada mês superior a 80%. A média da umidade relativa anual é de 82,7%, observando-se que os dados de umidade relativa estão distribuídos próximos da média. Os menores valores de umidade relativa são encontrados no inverno (ver figura 2.4., abaixo), nos meses de junho e julho, com as mínimas de 11,6% e 14,5%, respectivamente.

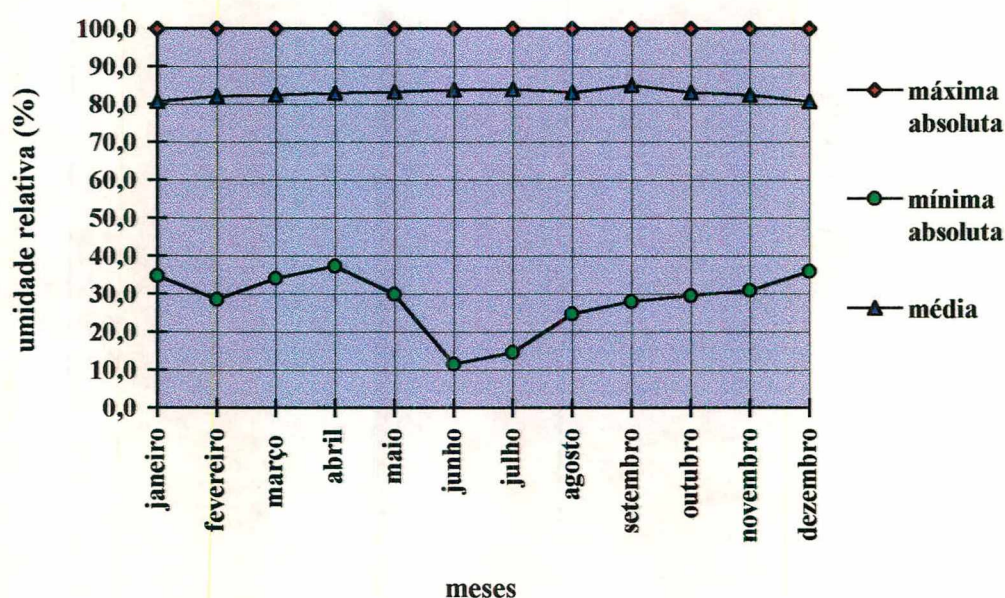


Figura 2.4. Umidade Relativa (%) mensal (ano climático TRY de Florianópolis)/ Fonte: GOULART (1993)

Observa-se que a umidade relativa média apresenta-se com valor alto, com uniformidade durante todo o ano, sendo um aspecto fundamental na descrição deste clima. A umidade relativa, como já foi citado, ameniza a variação da temperatura, com bloqueio da radiação e diminuição do calor radiante emitido da terra para a atmosfera.

As probabilidades de ocorrência de umidade relativa menores que os valores abaixo, conforme tabela 2.3., são retratadas segundo as porcentagens:

Tabela 2.3. Probabilidades de Ocorrência de Umidade Relativa (<valores menores) (ano climático TRY de Florianópolis)/ Fonte: GOULART (1993)

1,0 %	48,9 %
5,0 %	58,8 %
10,0 %	64,3 %
90,0 %	96,2 %
95,0 %	98,9 %
99,0 %	100,0%

Os meses mais secos, que apresentaram a umidade relativa média mensal mais baixa, foram janeiro e dezembro, embora com valores não muito distintos que os demais. O mês mais úmido, ou seja, de maior umidade relativa média, foi setembro, sendo também o mês que apresentou a menor amplitude média de temperatura. Este é um dado que confirma que a umidade elevada ameniza a variação de temperatura.

A presença, neste clima, de variação sazonal, mesmo sem um contraste muito alto e com o índice de umidade alto durante todo o ano, é um dos aspectos mais importantes que o diferenciam

2.2.2.5. Irradiação Solar

O trabalho de GOULART (1993) apresenta valores de radiação solar de Florianópolis obtidos no trabalho de PAULETTI e LAMBERTS (1991), apresentados conforme tabela 2.4.

Tabela 2.4. Radiação Solar em Valores Totais Diários

Nível Freqüência de Ocorrência	[W.h/m ²]	média p/ hora [W.h/m ²] (÷12horas)
Nível 1,0%	8844,60	736
Nível 2,5%	8604,70	716
Nível 5,0%	8259,90	688
Nível 10,0%	7983,80	666

Existem em muitas bibliografias, valores em tabelas aproximados de irradiação solar segundo as latitudes e considerando o céu claro, sem nuvens, valores estes representativos da radiação solar máxima possível. Estes dados referem-se aos vários posicionamentos de

superfície, em diferentes horários e estações, sendo utilizados para cálculo da temperatura equivalente. Porém, não apresentam-se como dados reais, por representarem dados de valores máximos. A latitude, nestas tabelas, geralmente são aproximadas às da região em estudo (em torno de 30°), desta forma, também apresentando-se com valores arredondados e imprecisos.

O ganho de calor solar é variável segundo a latitude de cada lugar e a trajetória do sol na abóbada celeste, variando a intensidade de acordo com o ângulo que os raios solares atingem a superfície de cada região. Para Florianópolis, o diagrama solar é demonstrado segundo a figura 2.5, que demonstra a trajetória do sol nos doze meses do ano.

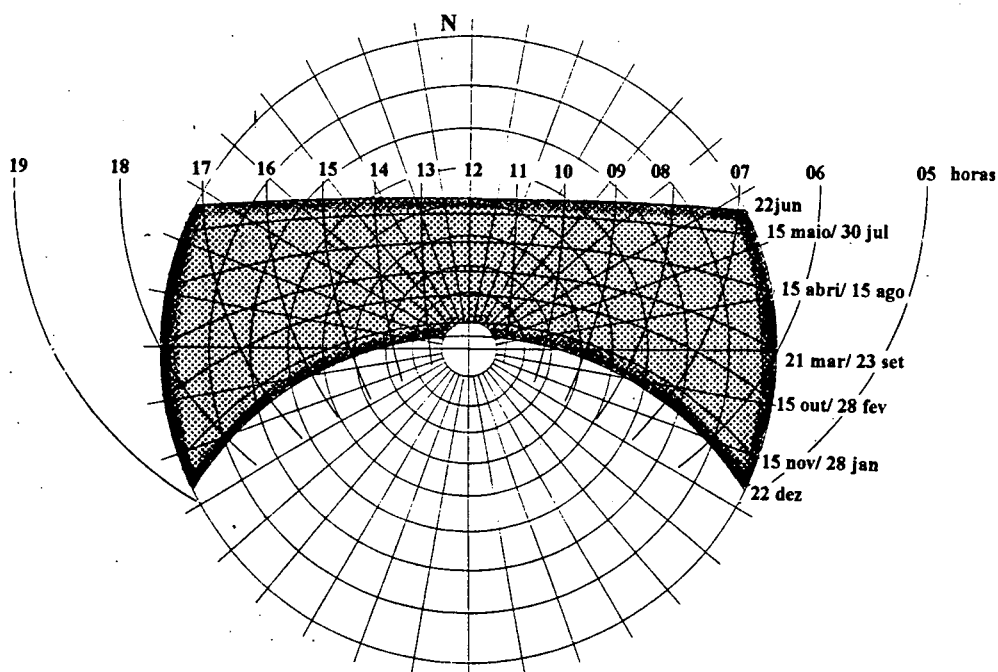


Figura 2.5. Diagrama da Trajetória Solar na Latitude de Florianópolis (+/-) $27^\circ30'$. Fonte Arquivo Técnico da ELETROSUL.

Pode-se observar a diferença da trajetória do sol no verão, que estende-se muito mais e por mais tempo em relação à do inverno. A variação principal dá-se, também, pelo ângulo com que os raios de sol atingem à superfície da terra, apresentando-se no verão aproximadamente normal a superfície e, no inverno, de forma bem mais tangencial a ela, o que determina uma menor intensidade de irradiação solar ao meio dia.

2.3. Bioclimatologia Aplicada

Este tópico buscará fazer uma revisão das principais cartas bioclimáticas e métodos, desenvolvidos por vários pesquisadores, que buscaram interligar diversas variáveis, como as climáticas, padrões fisiológicos de conforto e estratégias de projeto. Surgiram como uma tentativa de ordenar e embasar o desenho bioclimático apropriado a uma região específica, objetivando ajudar o levantamento das necessidades e prioridades quanto ao aspecto térmico na definição de critérios que norteiam o início de um projeto.

2.3.1. A Carta Bioclimática de OLGAYAY

Em seus estudos OLGAYAY (1963) buscou, dentro de uma seqüência de variáveis interdependentes (clima/ biologia/ tecnologia/ arquitetura), encontrar o método que compreende, inicialmente, uma análise de dados climáticos, acompanhada de uma avaliação psico-biológica. Resultou na elaboração da primeira carta bioclimática apropriada para ambiente externo, apresentando-se como uma tentativa de associar os dados climáticos com a sensação de conforto. O uso da carta é apropriado a regiões com menos de 300m (1000 pés) de altura em relação ao nível do mar, e latitude de aproximadamente 40 graus, em zonas de clima moderado.

Este autor utilizou a temperatura efetiva (TE^*), como parâmetro para definir a zona de conforto, considerando a atividade como sedentária e o índice de vestimenta de 1 Clo. A carta resultante apresenta uma extensão da zona de conforto, com a associação de outras variáveis que definem zonas de ventilação, irradiação solar, sombreamento e esfriamento evaporativo.

A metodologia desenvolvida por OLGAYAY (1963) indica que com a plotagem de dados climáticos, temperaturas médias mensais horárias, sobre a carta bioclimática, obtêm-se estratégias mais recomendáveis em cada hora, de determinada região. Após, faz-se a transferência destas estratégias para a Carta de Necessidades (ver figura 2.6.), que passa a retratar um panorama anual, das necessidades bioclimáticas horárias. Esta carta, por linhas e manchas, limita e define mais claramente, a cada hora, as necessidades dominantes de maior sombreamento, irradiação, ventilação ou proteção dos mesmos.

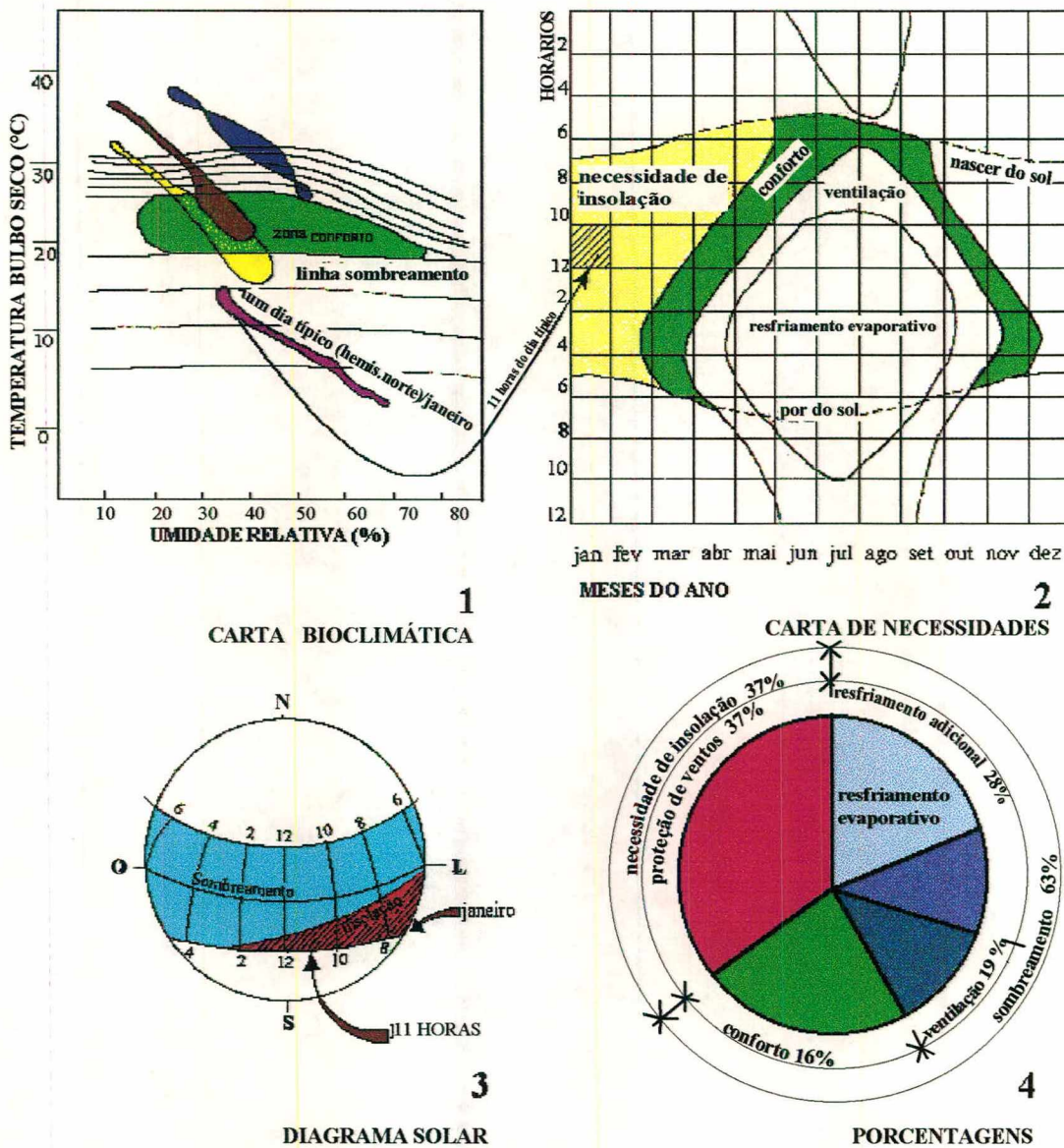


Figura 2.6. METODOLOGIA DE OLGAY(1963) (Parcial)

1. Carta Bioclimática
2. Tabela das Necessidades Horários
3. Diagramas Solares c/ Marcação de Períodos Sombreamento e Insolação
4. Determinação das Porcentagens (Quantificação) das Necessidades Bioclimáticas/ Fonte: (1963) (baseado no diagrama de Sombreamento e Insolação de Phoenix/ Arizona, 32° N, lat., USA.)

A Metodologia de OLGAYAY (1963) como um todo, permite definir as orientações favoráveis quanto à “lay-out” do projeto, bem como implantação da edificação. Permitindo recomendações detalhadas quanto ao tipo de edificação, forma volume, orientação, aspectos da envoltória, tais como: cor, tipo de aberturas, paredes, telhados, tipos de material, etc. Entretanto, não aparece na carta bioclimática, nenhuma estratégia referente a massa da envoltória.

2.3.2. Revisões da carta original de OLGAYAY

Algumas revisões foram feitas na carta original de OLGAYAY de 1963, primeiramente pelo próprio autor, em 1968. Procurou adaptar sua carta bioclimática para regiões mais quentes, ao desenvolver um trabalho para a Colômbia. Os novos estudos levaram em consideração a aclimatação dos habitantes desta região. OLGAYAY (1968) adotou parâmetros para definição da nova zona de conforto, baseando-se na temperatura média de verão, obtendo para cada cidade uma zona de conforto própria.

O avanço obtido por OLGAYAY (1968), nesta nova carta, encontra-se na sua maior flexibilidade, onde se consegue analisar tanto climas temperados quanto quentes e úmidos, dependendo da zona de conforto a ser adotada. Nesta nova carta os limites adotados na prática para regiões úmidas foram de 20 à 80% de umidade relativa, e as temperaturas de bulbo seco limites para a zona de conforto foram de 18,3°C e 29,5°C, podendo ser adotados valores intermediários, conforme as temperatura média da região em estudo.

Baseando-se em estudos realizados na Austrália, KOENIGSBERGER et alii (1977) elaboram revisão na carta original de OLGAYAY (1963), adaptando-a a países quentes. A mudança estabelece novos limites da área de conforto, das linhas de umidade relativa de 30%-65% para 16%-78% e os limites de temperatura de bulbo seco de 20,0°C/ 27,7°C para 21,0°C/30°C, avaliados sob aspectos tanto fisiológicos devido a aclimatação, quanto subjetivos. Porém a maior alteração efetuada foi na diminuição da zona de ventilação, onde eliminou as linhas integradas às temperaturas altas com baixa umidade, adotando a velocidade do ar limite para 1m/s.

2.3.3. Aplicabilidade da Carta de OLGAYAY

A crítica maior que pode ser feita a cartas de OLGAYAY deve-se ao fato de ela ser considerada completamente aberta ao meio externo. As características da edificação, que atuam como agente de transformação da temperatura externa, alterando sua temperatura interna, não são consideradas diretamente na carta bioclimática. As estratégias de ganho solar, ventilação e resfriamento evaporativo foram as únicas apresentadas. Embora a metodologia completa apresente procedimentos que permitem definir as exigências e as características que devem apresentar a envoltória, estas não aparecem de forma direta na carta bioclimática.

Em trabalho de 1983, IZARD critica a carta de OLGAYAY (1963), pois considera a utilização da umidade relativa um dado pouco adequado para avaliar o conforto, aconselhando a utilização da variável umidade absoluta como parâmetro. Sua crítica estende-se à limitação da carta ao tratar o efeito da radiação independente da inércia térmica do edifício, e acrescenta que a variação das temperaturas exteriores não pode ser representada por uma simples linha baseada numa única temperatura. Reconhece que as correções oferecidas pelo método, não levam em conta soluções em termos de concepções arquitetônicas, e sim somente ventilação e umedecimento, com exceção dos sombreamentos.

Já GIVONI (1992), quando analisa a carta bioclimática de OLGAYAY, observa que são aplicáveis estritamente ao ambiente externo, pois todos os parâmetros utilizados no método consideraram a edificação como completamente aberta a este ambiente. Relata, entretanto, o fato de que as condições internas de uma edificação de maior massa, podem ser muito diferentes das condições ambientais exteriores, podendo apresentar a temperatura máxima interna muito menor que a temperatura máxima externa. E considera ser um método mais apropriado para analisar edificações de massa "leve", situadas em regiões úmidas. Podendo-se resumir a inadequação de todas as cartas, da original até as revisadas, como limitadas quanto à estratégia de massa térmica para correção, internamente, do clima externo.

2.3.4. Desenvolvimento Carta Bioclimática de Edificações por GIVONI.

GIVONI (1968) elaborou novos estudos sobre o trabalho de OLGAYAY, onde se baseou em pesquisas realizadas nos EUA, Europa e Israel. Passou a utilizar, como modelo biofísico, que descreve os mecanismos de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, o Índice de "Stress" Térmico (ITS). Este índice utiliza a temperatura de ar, umidade (pressão de

vapor), movimento de ar, radiação solar, taxa metabólica e vestimentas como variáveis incluídas no cálculo.

Surge a carta bioclimática original de GIVONI (1968), considerada mais evoluída por ter sido desenhada sobre uma carta psicométrica convencional e por ter utilizado também umidade absoluta como referência. A zona de conforto foi adaptada para regiões de clima temperado.

A maior evolução da carta de GIVONI (1968) em relação a de OLGAY (1963) deve-se ao fato de que estendem a zona de conforto por meio das zonas das estratégias bioclimáticas. Relacionando as alterações das condições climáticas externas através de princípios básicos de projeto da edificação, juntamente com propriedades de sua envoltória. Busca, desta forma, as condições internas de conforto térmico e procura tornar-se mais inerte ao clima externo.

A análise inicial de GIVONI (1968) apresentou-se limitada na adequação dos limites da zona de conforto para climas quentes, o que resultou em revisões posteriores por GIVONI e MILNE (1979) e pelo próprio GIVONI (1992).

A carta revisada por GIVONI e MILNE (1979) procurou adaptar a carta original para climas mediterrâneos e tropicais para ser utilizada em cidades da Venezuela. Os limites tanto da zona de conforto quanto das demais estratégias, ampliaram-se, principalmente nos casos das estratégias de ventilação e massa térmica.

Em seu trabalho de 1992, GIVONI apresenta uma nova revisão para sua carta, com alterações baseadas em questionamentos e observações de estudos desenvolvidos por vários pesquisadores, sobre a aplicabilidade de certos padrões de conforto até então utilizados para qualquer país ou região. Observou que as pessoas que vivem e trabalham em cidades de países em desenvolvimento, situadas em regiões úmidas e quentes, apresentavam-se aclimatadas para valores superiores de temperatura. Tal conclusão surgiu a partir de pesquisas sistemáticas, onde foram registrados em uma mesma carta psicométrica os dados climáticos de uma cidade no México, Colima, e a zona de conforto da ASHRAE (1989). O gráfico resultante determinou a necessidade de condicionamento de ar mecânico, durante todo o dia, para obtenção de conforto. A maioria das edificações de países em desenvolvimento, em razão dos baixos níveis de renda familiar, não apresentam um sistema de condicionamento de ar mecânico instalado. Observou-se que, na prática, as pessoas sob estas condições climáticas respondiam de forma diferente ao que a teoria apontava. Relatavam estar se sentindo

confortáveis em valores de temperatura e umidade superiores à zona limitada pela ASHRAE (1989), registrando inclusive, a sensação de frio, durante a noite e cedo pela manhã.

Pelos resultados, GIVONI (1992) constatou a necessidade de haver uma diferenciação das diretrizes para projeto de edificações, baseadas em diagramas de conforto. E propôs, então, duas cartas bioclimáticas, uma para países desenvolvidos, (clima temperado) e outra para países em desenvolvimento (climas quentes e úmidos), conforme podem ser vistas na figuras. nº2.7. e nº2.8.

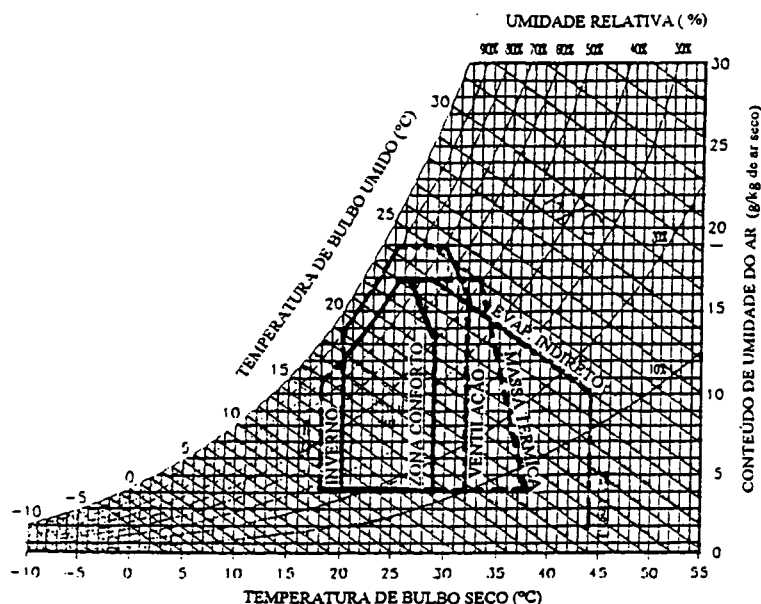


Figura 2.7. Carta Bioclimática de GIVONI (1992), destinada a Países em Desenvolvimento

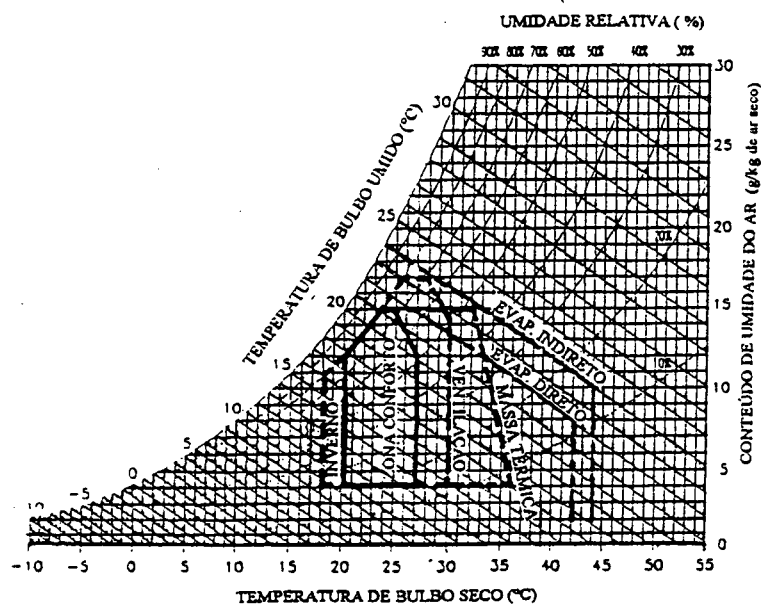


Figura 2.8. Carta Bioclimática de GIVONI (1992),destinada a Países Desenvolvidos

As cartas bioclimáticas resultantes destes novos estudos, apresentaram os limites da zona de conforto alterados. Para os países desenvolvidos, de zona temperada, aproximaram-se mais da carta original, e para os países em desenvolvimento, demonstraram para a obtenção de conforto um maior inter-relacionamento dos níveis mais altos de temperatura em relação a umidade. A definição de muitas zonas, nesta última carta, foram decorrentes de pesquisas passadas do autor, observando-se que o objetivo desta carta foi o de rever e discutir estratégias de resfriamento.

2.3.5. Método de Szokolay

Em 1987, SZOKOLAY desenvolveu um método, chamado CPZ (Control Potencial Zone), de análise de clima e projeto, onde os dados climáticos são calculados e transferidos para uma carta psicrométrica, marcando-se a zona de conforto a partir da temperatura neutra (T_n), que é variável conforme o clima (ver figura 2.9) e está relacionada com a temperatura média externa. Sobre a mesma carta são definidas seis zonas básicas de controle climático.

A definição destas zonas é obtida também por parâmetros singulares a cada clima e região, apresentando-se como um método flexível, prático, de fácil aplicabilidade e direto.

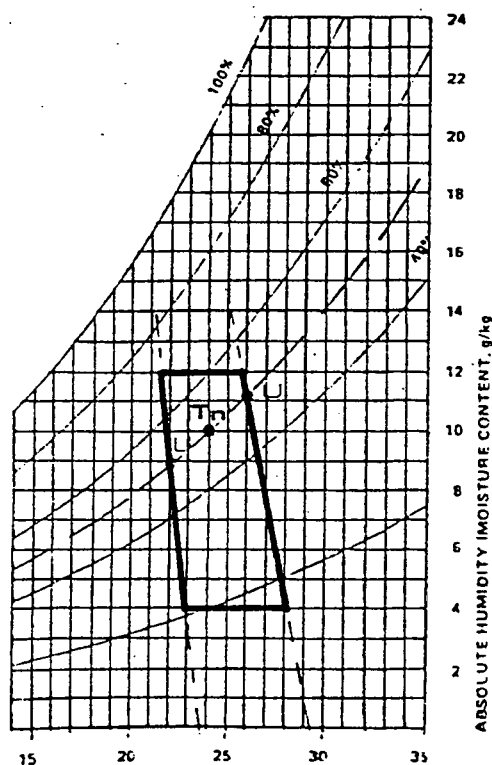


Figura 2.9. Carta Bioclimática de SZOKOLAY (1987)

A crítica que pode ser feita à carta, primeiramente, seria de que o autor não definiu exatamente quais as variáveis climáticas mais adequadas a serem aplicadas nos cálculos que determinam as zonas das estratégias (média das máximas ou máxima absoluta; amplitude térmica média anual ou amplitude máxima do inverno), acarretando uma variação muito grande de seus limites entre as opções.

Outra crítica, que estende-se à todas as cartas desenhadas sobre a carta psicométrica, está na indefinição da melhor solução a ser adotada para o projeto, quando dados climáticos atingem zonas simultâneas de estratégias distintas. O método, até então, não define nem quantifica uma prioridade na escolha de determinada estratégia.

Posteriormente, SZOKOLAY (1995), apresenta uma complementação ao seu método, associando a variação das condições de temperaturas e da umidade média, propiciando uma análise mais abrangente. Esta complementação utiliza-se de dados climáticos plotados sobre a carta psicométrica de cada mês, retratados por linhas entre dois pontos e determinadas por interligação da temperatura média máxima com a umidade da tarde, com a temperatura média mínima com a umidade matutina de cada mês e por todo o ano climático.

Após, são calculados três índices pela relação do somatório parcial dos comprimentos de retas, abaixo e acima de determinados parâmetros de limites, divididos por um denominador único, este definido pelo somatório total dos comprimentos das linhas dos 12 meses. Pelos valores destes índices assim obtidos, consegue-se definir melhor a potencialidade de determinadas estratégias bioclimáticas, determinando quais as mais hábeis para modificar e criar condições internas de maior conforto. A aplicação posterior do método CPZ sofre alterações em alguns limites, ao apresentar uma zona de conforto ampliada para o verão e para o inverno, com dados calculados do mês mais frio e do mês mais quente. O método, com esta complementação, torna-se agora mais abrangente, porém de aplicabilidade menos direta.

2.3.6. Metodologia de GONZALEZ et alii (1986)

Pesquisadores da Universidade de Zulia, Venezuela, dentre eles GONZALEZ et alii (1986), procuraram desenvolver um método que pudesse ser aplicado em região tropical, como a região de Zuliana e a maior parte da Venezuela. Devido à maioria das pesquisas realizadas serem dirigidas para regiões de climas frios e temperados, eles tentaram desenvolver novos parâmetros para regiões de climas quentes e úmidos.

Foram, então, feitos estudos comparativos de todos os índices até então conhecidos e pesquisas realizadas em países que apresentassem dados climáticos semelhantes ao da Venezuela. As diferentes zonas de conforto foram transferidas para uma carta psicrométrica, pois poderiam, desta forma, ser melhor comparadas e avaliadas. Baseando-se nesta análise, GONZALEZ et alii (1986) propõem uma nova zona de conforto, e adaptam a ela, as estratégias propostas por GIVONI e MILNE (1979) (ver figura nº2.10.). Surge uma carta bioclimática adequada à região de Maracaibo, na Venezuela, podendo ser considerada uma derivação da carta de GIVONI e MILNE (1979), com pequenas variações.

A carta de GONZALEZ et alii (1986) sofre críticas idênticas à carta de GIVONI (1992), pois ambas, ao estruturarem-se nas suas estratégias, torna-se limitada quanto as suas quantificações.

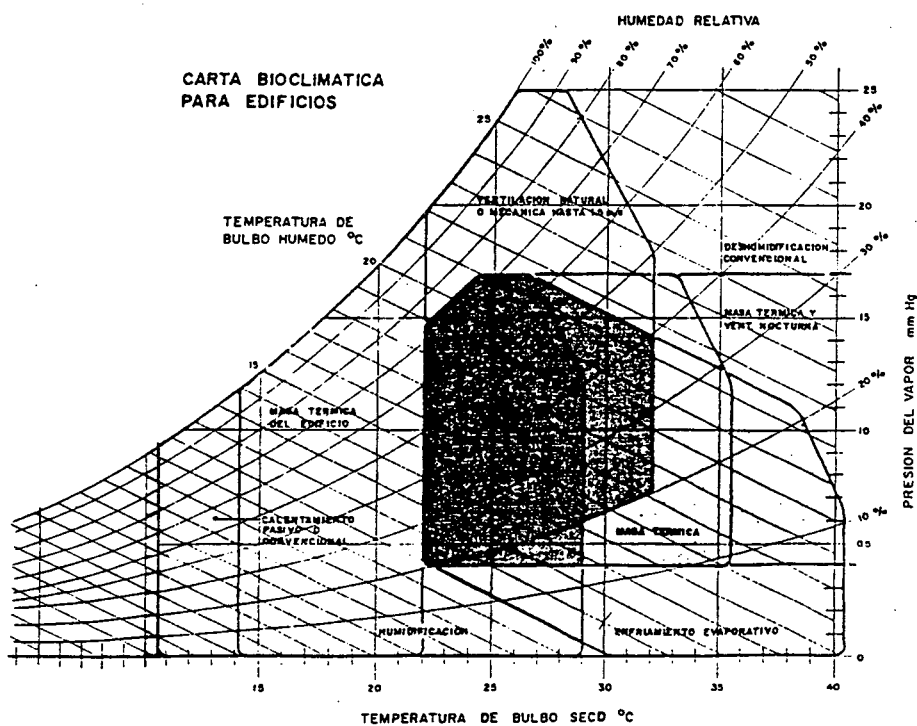


Figura 2.10. Carta Bioclimática para Edificações, baseada na Zona de Conforto Proposta para Maracaibo./Fonte: GONZALEZ et alii (1986)

2.3.7. Metodologia de WATSON e LABS

Em 1983, WATSON e LABS, como resultado de pesquisas de muitos anos, elaboraram a proposta de uma metodologia que tentou sintetizar o trabalho de vários

pesquisadores. Adotaram uma nova carta bioclimática, onde são utilizados vários parâmetros para definir uma nova zona de conforto.

As zonas de controle climático são calculadas e desenhadas a partir da zona de conforto (ver figura 2.11.), sendo definidas zonas de resfriamento evaporativo direto, ventilação, desumidificação, restrição à condução (influência da massa), resfriamento mecânico, resfriamento radiante e aquecimento solar.

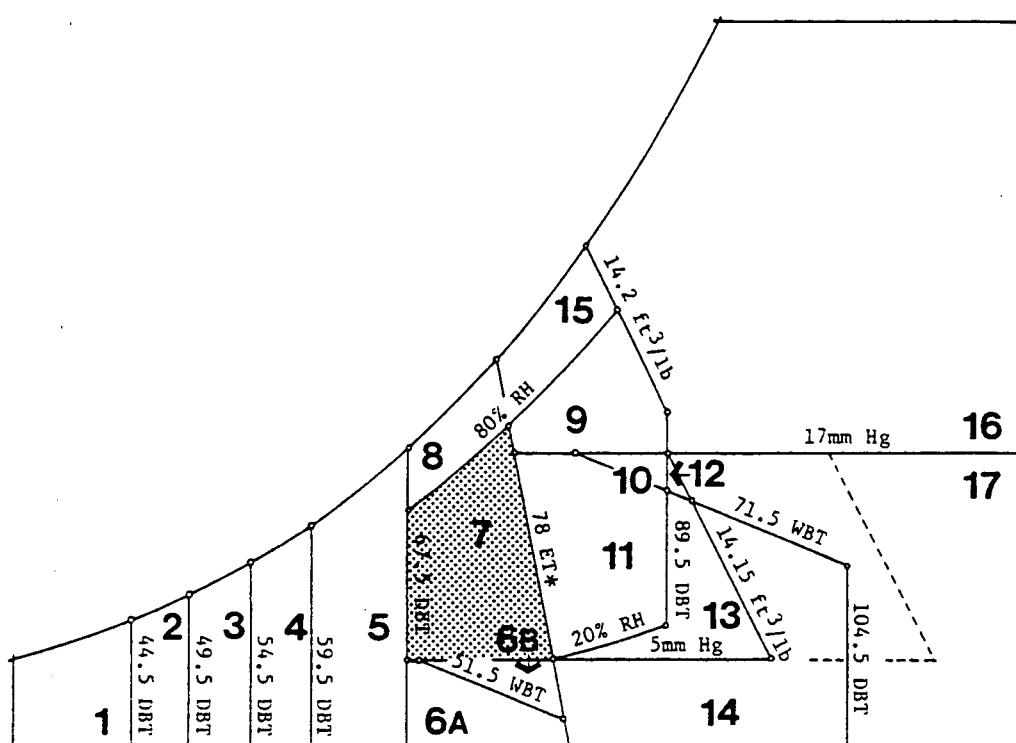


Figura 2.11. Carta Bioclimática para Edificação, mostrando limites psicométricos, conforme tabela 2.5. abaixo. Fonte: WATSON e LABS (1983).

As zonas se assemelham às apresentadas por GIVONI (1963), sua diferenciação ocorre ao associá-las com várias necessidades de controle climático, com recomendações para promover ou minimizar certas estratégias, dependendo da estação do ano a ser analisada. A esta associação surgiram 17 sub-zonas conforme mostrado na tabela 2.5., fazendo referência a estratégias contidas na Carta Bioclimática de Edificações.

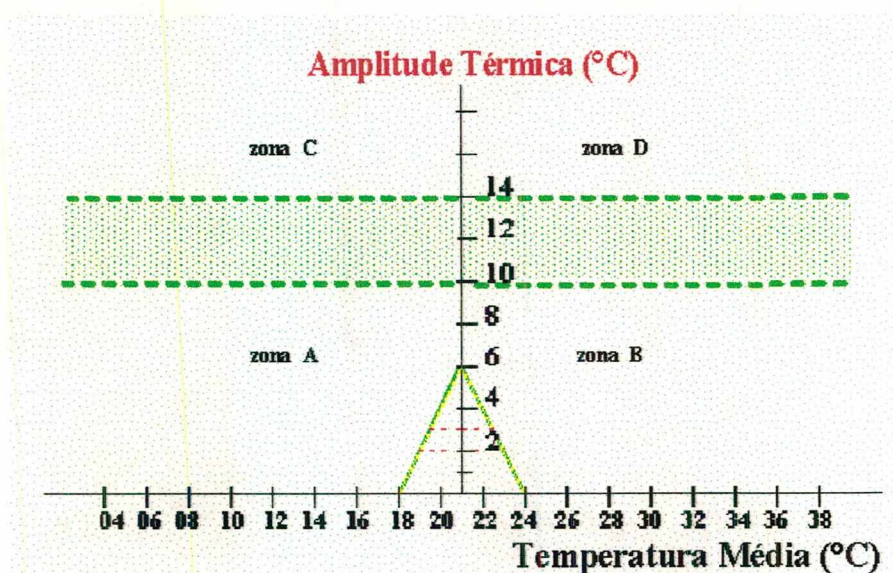
Tabela 2.5. Identificação das Estratégias de Controle Climática da Carta Bioclimática para Edificações (adaptada depois de GIVONI) Fonte: WATSON e LABS (1983)

ANÁLISE DAS NECESSIDADES BIOCLIMÁTICAS	
Total Aquecimento (<68F/ 22,5°C)	1-5
Total Resfriamento (>78F/ 28,75°C)	9-17
Total Conforto (68F-78F, 5mmHg/ 80%UR)	7
Desumidificação (> 17mmHg ou 80%UR)	8-9;15-16
Umidificação	6A, 6B(14)
ESTRATÉGIAS DE CONTROLE CLIMÁTICO	
Restringir Condução	1-5; 9-11; 15-17
Restringir Infiltração	1-5; 16-17
Promover Ganho Solar	1-5
Restringir Ganho Solar	6-17
Promover Ventilação	9-11
Promover Resfriamento Evaporativo	11, 13-14 (6B)
Promover Resfriamento Radiante	10-13
Resfriamento Mecânico	17
Resfriamento Mecânico e Desumidificação	15-16

A metodologia desenvolvida busca quantificar a proporção em que cada estratégia deve ser utilizada frente a determinado clima, para obtenção de conforto. O método foi aplicado em 29 localidades nos Estados Unidos, onde dados climáticos horários de um ano (8760 horas) de cada região foram introduzidos dentro da carta bioclimática, definindo, assim, a menor fração percentual (em torno de 0,1 %), que equívaleu a 8,7 horas. A contagem destas frações sobre cada zona define assim parâmetros quantitativos para as 17 sub-zonas, obtendo-se, por uma leitura direta, os percentuais de eficiência para cada estratégia de projeto climático a ser adotado.

2.3.8. Método de AROZTEGUI

O método de AROZTEGUI (1995) baseia-se na aplicação do diagrama de conforto de EVANS (1988), que relaciona a temperatura média com a amplitude térmica, obtendo áreas definidas e indicando as estratégias bioclimáticas a serem utilizadas em cada zona, conforme mostrado na figura 2.12.



ZONAS:

A: O frio representa o problema principal

B: O calor representa o problema principal

C: O frio associa-se com grande amplitude térmica

D: O calor associa-se com grande amplitude térmica

Zona intermediária (hachuriada) representa limite difuso entre as zonas C/D e A/B.

Observação: No gráfico pode-se entrar com dados climáticos de forma a determinar:

1. **Problemática térmica global:** temperaturas e amplitudes térmicas médias anuais.
2. **Caracterização estacional:** temperaturas e amplitudes médias do mês mais frio e do mês mais quente
3. **Caracterização do rigor das estações:** temperaturas mínimas médias e amplitudes médias do dia rigoroso de inverno; temperaturas máximas médias e amplitudes médias do dia rigoroso de verão.

Figura 2.12. Carta AROZTEGUI (1995).

Este autor simplifica o diagrama, dividindo-o em quatro quadrantes, que respondem às solicitações em relação ao frio, calor, em relação a oscilação térmica. As zonas, assim divididas nos quadrantes, buscam a elevação das temperaturas internas médias e sua redução por meio da ampliação da ventilação, além do cuidado para evitar o sobreaquecimento interno e o amortecimento da amplitude térmica. A marcação dos dados climáticos sobre o diagrama, define recomendações para cada região e aponta as estratégias a serem observadas, muitas delas, quantificadas por meio de diversas variáveis interrelacionadas em gráficos.

2.3.9. Conclusões e Proposta de Carta Bioclimática a ser adotada para Florianópolis

A adoção de uma carta que permita determinar as estratégias mais recomendáveis para a cidade de Florianópolis, leva em consideração alguns aspectos mais significativos das metodologias levantadas anteriormente.

A metodologia de OLGAY (1963), apesar de ser aplicável para nosso clima, não apresenta as estratégias relacionadas à massa da envoltória diretamente na carta bioclimática, ao analisá-la isoladamente, a edificação torna-se completamente aberta ao clima externo. O Método apresenta-se pouco direto na determinação das características da envoltória, inclusive na quantificação das estratégias que envolve a massa. As cartas revisada de OLGAY (1968) e a de KOENIGSBERGER et alii (1977) recaem nesta mesma limitação. No entanto deve ser registrado que as cartas de OLGAY apresentam a estratégia de sombreamento, orientação e implantação de edificações, como aspectos importantes e que não foram, posteriormente, resgatados diretamente por nenhuma carta.

Os critérios iniciais das três cartas de GIVONI, que se contrapõem à carta de OLGAY, mantêm as mesmas preocupações, ao levar em consideração a massa da envoltória.

A carta original de GIVONI (1963), apresenta a zona de conforto sem levar em consideração o fator de aclimação, o que a torna inapropriada para o clima da região em estudo. Suas cartas posteriores revisadas, exceto a de 1992, também não são flexíveis, pois não se estendem a todas as estações de um clima como o de Florianópolis. Porém, a revisão da carta de 1992 encontra seu maior mérito na aplicabilidade a países em desenvolvimento, onde não existe fácil acesso a formas artificiais de condicionamento de ar e onde o fator de aclimação, bem como as características da região, refletem uma realidade própria. Esta carta apresenta os limites da zona de conforto, por considerar o fator de aclimação, compatíveis com os dados climáticos das duas estações presentes no clima em estudo.

Esta última carta de GIVONI (1992) revisada não apresenta, de forma muito clara, as estratégias de conforto a serem adotadas para ganho de calor no inverno, bem como zonas de umidificação, desumidificação e outras, presentes em versões anteriores. Porém, todas suas versões falham, pois não tentam definir, com mais precisão, a adoção de determinada estratégia, principalmente quando encontram-se sobrepostas. Limitando-se a uma mera

recomendação, sem quantificação das estratégias a serem utilizadas permanecendo uma dificuldade de determinar qual a estratégia mais efetiva e em que proporção deve ser aplicada.

A metodologia de SZOKOLAY se apresenta mais flexível, direta, de fácil adaptabilidade para qualquer clima. A dificuldade encontra-se na definição e quantificação das estratégias, quando dados climáticos recaem em uma ou mais zonas, principalmente antes da complementação feita posteriormente. Esta limitação também é pertinente para todas as cartas de GIVONI, bem como na carta de GONZALEZ e AROZTEGUI.

O método desenvolvido por WATSON e LABS(1983) foi o único que conseguiu detalhar melhor, procurando quantificar as estratégias atingidas, com a plotagem dos dados climáticos horários de um ano sobre a carta. Foi o primeiro método que utilizou-se de recursos, que o avanço tecnológico, na área de informática, permitiu. Pode-se desta forma, definir porcentagens de temperaturas, presentes em cada zona das estratégias bioclimáticas, determinando a importância de uma em relação à outra. A ressalva à adoção integral deste método encontra-se na definição dos limites da zona de conforto, baseados parcialmente em padrões da ASHRAE (1989), que não levam em conta o fator de aclimação. O trabalho de GOULART et alii (1994), ao aplicar a equação de Fanger nos pontos extremos das zonas de conforto das cartas bioclimáticas abordadas, com parâmetros definidos de velocidade de ventos, vestimenta e atividades, obteve como resultado índices considerados inadequados em todas as cartas onde foi utilizado o fator de aclimação. Pode-se observar que cartas destinadas a regiões de climas mais temperados ou com condicionamento térmico mecânico, apresentam parâmetros incompatíveis com regiões de clima quentes. Os dados climáticos da ilha, principalmente no verão, quando aplicados sobre a carta, por não levarem em conta o fator de aclimação, induzem a uma avaliação incompatível, quanto à quantificação das proporções das estratégias necessárias. Foi então proposto, como método a ser adotado, o de WATSON e LABS(1983), mas utilizando-se a carta de GIVONI para países em desenvolvimento, visando a obtenção das estratégias de resfriamento. Havendo a necessidade de definir estratégias a serem aplicadas para aquecimento passivo, como resposta às solicitações da estação do inverno e zonas de umidificação, condicionamento artificial etc. Propõe-se, por fim, (ver figura 2.13) que a complementação seja feita pela adoção de estratégias definidas pela carta de GONZALEZ et alii (1986), estruturada na carta de GIVONI e MILNE (1979). Conforme os parâmetros adotados pode-se observar os seguintes aspectos:

2.3.9.1 Zona de Conforto adotada na carta de GIVONI (1992), para países em desenvolvimento:

Este padrão surgiu através de pesquisas efetuadas em vários estudos, resgatados por GIVONI, onde foram observados que padrões de conforto do tipo ASHRAE (1989) não correspondem a resultados compatíveis com regiões de países em desenvolvimento, onde ocorrem períodos quentes e úmidos, como em Florianópolis.

Os limites definidos pela zona de conforto desta carta bioclimática, demarcam condições climáticas em regiões, nas quais a maioria das pessoas suportam maiores temperaturas e umidade, sem apresentarem desconforto térmico. Fator determinado por uma maior aclimação das mesmas, também propiciada pelo fato de que nestas regiões, a maioria das edificações não apresentam condicionamento térmico de ar de forma mecânica.

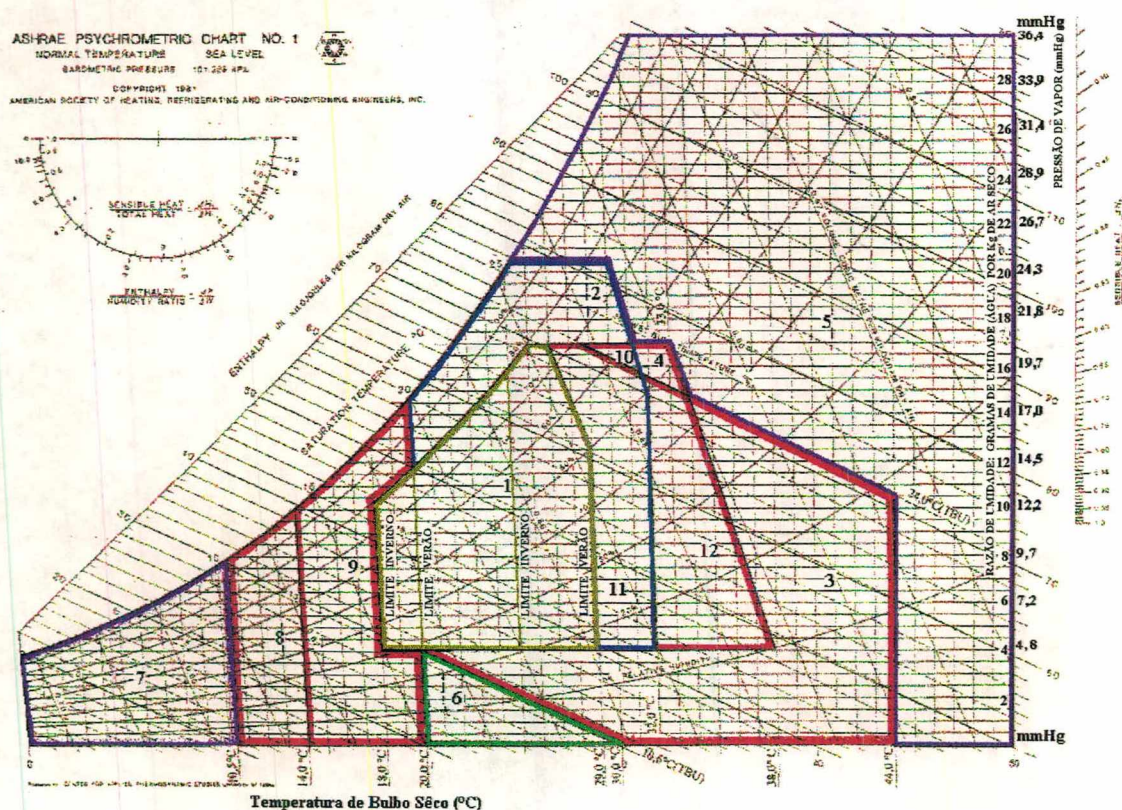


Figura 2.13. Carta Bioclimática Adotada para Florianópolis, baseada na zona de conforto para Países em Desenvolvimento de GIVONI (1992).

Os parâmetros-limite das temperaturas mínimas são de TBS 18°C, que se estendem até a temperatura máxima de 29°C. A umidade relativa atinge a linha de 80% e suas limitações inferiores e superiores são dadas pelo conteúdo de umidade absoluta em 4g/kg e 17g/kg de ar seco, respectivamente. A velocidade do ar nesta zona é determinada como a de ar parado. Entretanto, GIVONI (1992) não deixa muito claro qual a velocidade considerada nesta carta, que se for definida segundo padrão da ASHRAE (1989), deve adotar 0,1 m/s no inverno até 0,25 m/s no verão. Porém, GIVONI cita estudos de WU e TANABE, que consideram que, ao estender-se a velocidade de ar de 0,1 até 1,5 m/s, as temperaturas da zona de conforto podem ser estendidas de 27 a 29,7°C. A zona de conforto da carta adotada atinge até a TBS de 29°C, o que sugere que a velocidade do ar pode atingir um valor intermediário, menor que 1,5 m/s e maior que o padrão estabelecido pela ASHRAE (1989), principalmente quando aplicadas em estações quentes e úmidas. A atividade considerada é sedentária, com baixo índice de vestimentas.

2.3.9.2. Adaptações ou Acréscimos

As zonas de resfriamento passivo foram adotadas integralmente da carta de GIVONI (1992) para países em desenvolvimento, mas algumas adaptações e acréscimos tiveram que ser efetuadas, como serão descritas abaixo.

Os limites laterais da estratégia de ventilação (TBS = 20°C e 32 °C) e o limite inferior de umidade absoluta de 4 g/kg de ar seco foram naturalmente adotados sem alterações.

O valor do limite superior adotado foi de 20,5 g/kg de ar seco (25 mm Hg) ao nível do mar. No seu último trabalho, GIVONI (1992) não definiu com precisão este limite. Graficamente, apresenta o valor de 19 g/kg de ar seco (23,1 mmHg) ao nível do mar, porém em nenhum momento, no seu trabalho, fez referência a este novo valor ou a pressão atmosférica correspondente da carta psicométrica. Em vista disto, resolve-se adotar o valor de trabalhos passados, de 25 mmHg, considerando que a carta psicométrica do artigo não é para o nível do mar, pois, comparando-se a carta psicométrica da ASHRAE (1989) (para o nível do mar) com a utilizada por GIVONI, ambas não apresentam correspondência.

Outra alteração feita à carta refere-se ao acréscimo da zona de ventilação, estendida até a linha de umidade relativa de 100%, baseada na carta de GONZALEZ, que foi desenvolvida para climas quentes e úmidos, e por estar mais próxima à realidade da região em estudo.

A zona de resfriamento evaporativo adota os limites da carta de GIVONI (1992) para países em desenvolvimento. Porém, o limite inferior, abaixo da zona de conforto, não foi apresentado na carta de GIVONI de 1992. Fica estabelecido, então, o valor da TBU de 10,6 °C, limite este definido pelo trabalho de GONZALEZ de 1986.

2.3.9.3. Complementação

As zonas não definidas no último trabalho de GIVONI, serão complementadas pela carta de GONZALEZ. A zona de umidificação é uma destas zonas, e adota-se o limite definido pela TBU de 10,6°C, comum à zona de resfriamento evaporativo. Para as zonas de estratégias de inverno foram adotados os valores conforme os seguintes intervalos:

- Zona de Aquecimento Artificial- o valor mínimo até a temperatura TBS de 10,5°C;
- Zona de Aquecimento Solar Passivo- foi definida a zona entre a TBS de 10,5°C até 18,0°C limite da zona de inverno, contornando zona de conforto até limite do verão de 20,0°C;
- Zona de Massa Térmica- considerada uma forma de aquecimento passivo, estende-se da zona de conforto, limitada pela TBS de 20,0°C/18,0°C da zona de conforto do verão e do inverno, até TBS de 14,0°C.
- Zona de ar condicionado é definida como todas as áreas restantes, não atendidas por nenhuma estratégia.

2.4. Estratégias Bioclimáticas

Neste tópico, serão analisados conceitos estabelecidos por vários pesquisadores, que envolvem e definem cada uma das estratégias e sua aplicabilidade a distintos tipos de clima. Desta forma, pode-se confrontar estes conceitos com os dados climáticos de Florianópolis e chegar à definição das estratégias dominantes. A aplicação dos dados climáticos na carta bioclimática adotada, para definir a concentração e percentagens de horas anuais, em cada uma das estratégias, será efetuado posteriormente.

A análise buscará descobrir, em linhas gerais, quais as recomendações contidas em vários estudos que podem embasar critérios de projeto. Embora Florianópolis apresente-se com um clima úmido e ameno em todas as estações do ano, o controle do clima interno não pode ser desconsiderado. Buscar-se-á a utilização adequada de conceitos e parâmetros de projeto mais próximos das condições climáticas da região em estudo, de maneira que possam amenizar naturalmente o ambiente interno da edificação, em quase toda a extensão do ano, e minimizar a necessidade de condicionamento térmico por meio mecânico.

2.4.1. Estratégia de Ventilação.

2.4.1.1. Aspectos Gerais

A ventilação é uma estratégia de resfriamento, de perda de calor de um ambiente através da renovação do ar. Permitindo aos ocupantes de um espaço, atingir a sensação de conforto, através do aumento das trocas por convecção na superfície do corpo.

A obtenção de conforto por meio desta estratégia, pode ser de forma direta ou indireta, e sua eficiência e importância dependem das condições climáticas de cada região. Entretanto é sempre necessária, sendo que suas características devem obedecer o tipo de ocupação das pessoas dentro do ambiente e os requisitos de sua aplicabilidade.

O clima de Florianópolis apresenta a estação quente, do verão, com um nível considerável de umidade; porém, esta característica não é só temporária, sazonal, a umidade no ar apresenta-se alta durante todo o ano, aumentando a necessidade da ventilação no inverno.

Os vários estudos que tratam desta estratégia em climas quentes e úmidos, podem ser aplicáveis à estação quente do clima em estudo, mas é importante compatibilizar no projeto da edificação a presença da estação fria, pois esta apresenta exigências distintas.

Para climas quentes e úmidos a ventilação é importante durante todos os períodos do dia, desde que a temperatura externa encontre-se menor que a temperatura da pele (em torno de 37°C). A amplitude térmica diária apresenta-se menor, mas o desconforto fisiológico aumenta devido à maior presença de umidade

A ventilação, nos climas com estações frias, exigem cuidados. A restrição à infiltração de ar frio limita-se à necessidade fisiológica de renovação do ar. A manutenção de uma

ventilação mínima, em regiões frias e úmidas, apresenta-se ainda mais problemática. A condensação e a forma de aquecimento são fatores agravantes.

2.4.1.2. Cartas Bioclimáticas/ Velocidades do ar.

Estudos desta estratégia apresentam recomendações bastante diversas quanto às velocidades a serem adotadas para o ar. É uma estratégia relacionada intensamente com o teor médio de umidade absoluta contido no ar, em determinada região e na estação climática estudada.

Em 1963, OLGYAY realizou estudos de laboratório, através dos quais definiu padrões de fluxos de ar internos nas edificações, associados a velocidade de ventos.

A carta original de OLGYAY permite estender o conforto utilizando a velocidade de vento até 4m/s. Na sua revisão para regiões tropicais ele amplia esta velocidade até 6m/s. Esta ampliação é considerada favorável por costume e necessidade, pois para climas quentes e úmidos é indicada ventilação mais efetiva.

A adaptação de KOENIGSBERGER et alii (1977) da carta de OLGYAY foi destinada a espaços de trabalho, como escritórios, onde a velocidade do ar não pode apresentar-se muito intensa, para não haver levantamento de papéis. O limite máximo de velocidade apresentado na carta destes autores foi de 1m/ s.

A carta de GIVONI(1968) e a de GIVONI e MILNE(1979), adotam zonas de ventilação com velocidades não superiores a 1,5m/s, também por considerá-las, até este valor, compatíveis com atividades de escritório. SZOKOLAY (1987), GONZALEZ et alii (1986) e WATSON e LABS (1983), também limitaram a velocidade do ar ao valor de 1,5m/ s, como limite aceitável na zona de ventilação.

Na carta revisada por GIVONI (1992), baseando-se em estudos de Wu, Tanabe e McIntyre, foi considerada a velocidade de até 2 m/s na zona de ventilação. Este novo valor permitiu uma ampliação destas zonas, destinadas a países desenvolvidos (clima temperado) e para países em desenvolvimento (clima quente), onde o fator de aclimação foi levado em consideração.

As zonas de ventilação variam de carta para carta, estendendo-se da linha de 80% até a linha de 100% de umidade relativa. Em regiões de climas quentes e secos, a ventilação diária indiscriminada pode levar a grandes equívocos. Esta foi uma análise que levou

KOENIGSBERGER et alii (1977) a eliminarem as linhas de altas velocidades de ar em altas temperaturas com níveis baixos de umidade.

Na prática, estas velocidades devem obedecer aos padrões estabelecidos para conforto fisiológico. Porém, estas velocidades limites devem compatibilizar-se com as atividades que forem desempenhadas no ambiente, a exemplo do já citado, o limite máximo de 1 m/s para não levantar papéis, a ser adotado para escritórios. Para edificações residenciais, no entanto, podem ser adotados limites de velocidade de vento mais flexíveis. Porém, é importante salientar que detalhes de projeto devem acompanhar estas avaliações, uma vez que a ventilação, para ser efetiva, sob os aspectos fisiológicos, o fluxo de ar deve cruzar diretamente no nível do corpo dos ocupantes do ambiente. GIVONI e MILNE (1979), quando tratam da estratégia da ventilação, relatam que, obviamente, o limite máximo da velocidade de ar confortável é muito diferente de um escritório para uma fábrica, onde os parâmetros do tipo de atividade desenvolvida levam em consideração o próprio limite estabelecido para utilização da ventilação natural. Esta é uma observação que demonstra que os parâmetros da velocidade do ar estão interligados com outros parâmetros, que são também responsáveis pelo conforto dos ocupantes de um ambiente. E que estes não podem ser desconsiderados no projeto, mesmo não estando aparentemente relacionados com a definição da envoltória da edificação.

2.4.1.3. Ventilação x Aspectos Climáticos

A amplitude térmica é inversamente proporcional ao aumento da pressão de vapor d'água. Esta é uma consideração feita por GIVONI (1976), que estabelece o comportamento da estratégia da ventilação em relação aos diferentes climas externos.

Outras associações da estratégia de ventilação são relatadas, como com a massa da envoltória, que apresenta comportamentos distintos frente as estações úmidas ou secas, ou durante o dia e a noite.

GIVONI (1991), classifica a ventilação segundo duas espécies distintas: a primeira, chamada de Ventilação de Conforto, obtida pelo aumento da velocidade do ar interno, com a entrada de ventos pelas janelas. Esta atua de forma direta sobre o conforto humano e caracteriza-se pela ventilação diária efetiva, completamente aberta ao meio externo, podendo ser obtida por ventilação cruzada, desde que os ventos apresentem condições aceitáveis de temperatura e umidade; a segunda, denominada de Resfriamento Convectivo Noturno, quando é responsável indiretamente pela promoção de conforto, ocorre pelo resfriamento da massa da

edificação pela ventilação noturna. O efeito estende-se ao dia seguinte, quando a massa resfriada retarda a entrada de calor para dentro da edificação, com achatamento do aumento da temperatura interna.

Estas duas formas de ventilação, apresentam uma aplicabilidade divergente frente a diferentes climas, sendo que a eficiência de cada uma varia conforme à amplitude térmica existente.

Segundo o autor, a aplicabilidade da ventilação de conforto, destina-se principalmente a regiões ou estações que apresentem uma temperatura-limite máxima entre 28 a 32°C e uma amplitude térmica pequena, menor que 10°C, condições próprias apresentadas por climas quentes e úmidos, que não são aptos para reduzir intensamente a temperatura interna em relação à externa. Porém, mesmo considerando uma edificação que apresente massa pesada, fechada ao ambiente externo, com paredes de alta resistência térmica, há a necessidade primordial de ventilação diária efetiva, para obtenção do conforto fisiológico, ao favorecer a perda de calor convectivo do corpo.

A função de resfriamento fisiológico, além de GIVONI (1991), é relatada por GONZALEZ et alii (1986), que relacionam a ventilação presente nas edificações situadas em climas quentes e úmidos, como provedora de um melhoramento da sensação térmica no indivíduo, mesmo sem acarretar grande redução na temperatura. SZOKOLAY (1987), ao tratar a função do resfriamento fisiológico pela ventilação, salienta a importância da velocidade do ar para ajudar a atingir as condições de conforto, com o aumento da capacidade de evaporação do suor. E acrescenta um aspecto que reforça a restrição à ventilação diária, quando o meio ambiente é quente e muito seco: o fato desta começar a perder importância devido ao aumento da evaporação, mesmo sem movimentação de ar.

Para o efeito do resfriamento convectivo noturno, GIVONI (1991) observa que apresenta-se mais efetivo em climas quentes e secos, com amplitudes térmicas acima de 15°C, apresentando temperaturas mínimas noturnas externas, no verão, abaixo de 20°C, e máximas externas diárias entre 30 a 36°C. E reforça que, quando existe controle solar efetivo em uma edificação de maior massa, fechada durante o dia e ventilada somente a noite, a temperatura interna apresenta-se abaixo da temperatura externa, em torno de 45 a 55% da amplitude térmica. Posteriormente, GIVONI (1992) reforça a eficiência deste tipo de ventilação, aplicado em zonas áridas e desertos, onde ocorrem amplitudes diárias de 15 a 20 °C, e a redução da temperatura interna pode representar uma queda de 6 a 8°C abaixo da máxima externa. E nos

dias mais quentes, a redução neste momento chega a ser de 10°C, durante a temperatura máxima externa.

Caso as temperaturas diárias excedam as condições que possam ser resolvidas por esta estratégia, GIVONI (1992) recomenda a adoção de outro sistema de resfriamento associado a este durante as horas mais quentes, como resfriamento evaporativo.

Em trabalhos de 1980, EVANS relata que, quando a amplitude térmica encontra-se abaixo de 10°C e a temperatura externa poucos graus acima do nível de conforto, pode-se atingir internamente, por meio de ventilação, um ambiente confortável, com a queda de alguns graus de temperatura. Entretanto, quando a amplitude térmica encontra-se acima de 10°C e a temperatura externa muito acima do limite de conforto, o efeito de resfriamento pelo movimento de ar deverá ser acrescido da capacidade térmica das edificações, para obtenção de conforto no ambiente interno. Pode-se avaliar que, no caso de Florianópolis, a ventilação diária, com a utilização da massa das edificações, é uma estratégia necessária para obtenção do conforto interno e, de certa forma, complementa as recomendações de GIVONI, que não deixam muito claro qual a estratégia a ser utilizada com amplitudes entre 10°e 15°C.

Já WATSON E LABS (1983), com critérios gerais que não diferem dos tipos de ventilação apresentados por GIVONI (1991), denominando os tipos de ventilação como ventilação contínua e ventilação noturna, salientam as dificuldades de conseguir-se conforto térmico por meio natural para um clima quente e úmido, pois a amplitude térmica é pequena. Recomendam a ventilação contínua efetiva durante todo o dia e a utilização de envoltória de massa leve na edificação, pois perde rapidamente calor através de uma ventilação cruzada permanente. A utilização de varandas, estruturas elevadas e implantações que favoreçam a penetração de ventos, são citadas como recursos favoráveis de projeto. Porém, afirmam que a ventilação deve atender aos padrões de velocidades de ar tidos como confortáveis ao ser humano. Para regiões quentes e secas, recomendam restrição à ventilação diária e o favorecimento para ventilação noturna associada à utilização de maior massa na envoltória destas edificações. Segundo os autores, estas regiões devem apresentar janelas de tamanho mínimo necessário, para que, durante o dia, a temperatura interna da edificação mantenha-se em patamar inferior à externa. A ventilação noturna, neste caso, apresenta-se como indispensável para eliminar o calor absorvido pela massa aquecida durante o dia. Recomendam a associação desta estratégia a outras, tais como o resfriamento evaporativo ou o tratamento prévio do ar (resfriamento) que entra na edificação. Finalizam concluindo que a adoção de

ventilação diária ou noturna depende do índice do potencial de resfriamento do ar, definido pela temperatura de bulbo seco. E que esta estratégia fica limitada pelas velocidades de vento aceitáveis, dentro das condições estabelecidas para o conforto, definindo assim o período mais adequado para a ventilação.

A eficiência do efeito desta estratégia para obtenção de conforto no ambiente interno é tema de estudos por vários pesquisadores. VAN STRAATEN (1967) relata que pesquisas em moradias e edifícios de escolas, particularmente em climas quentes e áridos, demonstraram que princípios de resfriamento por ventilação, associados à uma maior massa, chegaram a reduzir a temperatura externa num valor acima de 4,4°C (8°F) no mesmo instante, durante o dia. EVANS (1980) observa que em locais quentes e úmidos, onde janelas são abertas, é improvável que o diferencial de temperatura externa e interna exceda a 5,0°C. E, quando utiliza-se efeito chaminé (termosifão), mesmo com grande diferença de altura da entrada e saída do ar, o efeito de resfriamento é pequeno, pois é dependente desta diferença de temperatura. Já nos climas quentes e secos, este diferencial atinge valores bem superiores, quando associa-se o efeito chaminé na ventilação noturna, com alta massa térmica, restringindo a ventilação durante o dia. Porém o efeito da ventilação em relação ao conforto fisiológico é muito importante e segundo VAN STRAATEN, com aumento do movimento de ar de 30 para 300 pés/min (0,15m/s para 1,52m/s), consegue-se o mesmo efeito que a redução da temperatura em aproximadamente 3,0°C para climas secos, e 3,9°C para climas úmidos.

A estratégia da ventilação pode ser estendida até em estações frias, para aquecimento. Segundo VAN STRAATEN (1967), a ventilação não deve ser relacionada somente a resfriamento, mas também a sua utilização para aquecer a estrutura e o meio interno, principalmente em estruturas com massa mais pesada.

Após tudo que foi relatado, observa-se que os diferentes tipos de ventilação e sua aplicabilidade, frente ao clima em estudo, não constituem uma questão muito definida. Pois ao se extrair dos estudos de GOULART (1993), as variáveis do ano climático de Florianópolis, e cruzar com os parâmetros apresentados na revisão pode-se obter várias conclusões sobre esta estratégia:

- A ventilação de conforto (com função de resfriamento fisiológico) é aplicável e indicada frente à presença de temperaturas médias máximas no verão em torno de 29°C, atingindo temperaturas absolutas máximas em torno de 36°C e apresentando um alto teor de umidade relativa no ar, com média superior à 80% em todos os meses do ano.

- O tipo de ventilação que atua de forma indireta para obtenção de conforto, através do resfriamento da massa da edificação, como o resfriamento convectivo noturno, apresenta-se como uma questão a ser investigada quanto à sua aplicabilidade frente ao clima em estudo. Pois ao cruzarmos os parâmetros da variável climática, amplitude térmica, estabelecidos por vários pesquisadores junto aos dados climáticos de GOULART (1993), que apresenta uma amplitude média mensal menor que 10°C, em todos os meses do ano, mas com ocorrência de amplitudes acima de 15°C, nos meses do verão (no inverno até de 18°C), retrata desta forma, condições intermediárias, ficando sua eficiência indefinida.

Precisar-se-ia, através de experiências práticas, obter dados para diagnosticar efeitos de cada tipo de ventilação junto ao clima em estudo, seu período de ocorrência (permanente ou periódica) mais favorável, seu comportamento no ambiente interno da edificação na presença de maior ou menor massa e o grau de obtenção de conforto por meio desta estratégia.

2.4.2. Massa Térmica para Resfriamento

Esta estratégia foi apresentada em quase todas as cartas bioclimáticas, com exceção da carta de OLGYAY, como responsável, dentre outros aspectos, pelo controle do ganho solar pela envoltória, em todas as estações do ano. É quantificada pela capacidade térmica do material e seu efeito é, também, muitas vezes, denominado de Isolamento Capacitivo, em oposição ao Isolamento Resistivo, propriedade dos materiais de baixa condutividade e dos elementos de menor Transmitância. O efeito de capacidade térmica também é conhecido por Inércia Térmica, em analogia ao conceito introduzido por KEPLER, que analisa os movimentos de dinâmica. O papel da inércia térmica na performance térmica de uma edificação seria o de promover condições mais estáveis internamente, em situações de "stress" térmico externo, segundo GREELAND (1980). Pois, caso contrário, edificações leves, pobremente isoladas, em condições externas mais amenas de verão, mas com uma forte irradiação, podem levar seus ambientes internos, a condições de grande desconforto. EVANS (1980) comenta sobre esta condição, onde *"edifícios de uma folha simples de metal, ou com superfícies externas, as quais absorvem uma alta proporção de radiação solar, podem experimentar uma temperatura interna maior que a externa."*

A propriedade térmica da massa que retrata a Inércia Térmica, modificando e controlando o meio interno pelo armazenamento de maior ou menor energia pela envoltória, é

a Capacidade Térmica Volumétrica. ($\text{kJ/m}^3 \text{ K}$). É definida como a quantidade de calor requerida para aumentar a temperatura de uma unidade de volume de um material por uma diferença unitária na temperatura, e relaciona-se diretamente com a densidade do material. A capacidade térmica relaciona-se com outras variáveis, tais como Condutância, Transmitância e Fator de ganho de calor solar, variando conforme a espessura, o posicionamento, características de superfície e condições externas, nunca atuando isoladamente. ROGERS(1964), observa que em ambientes que apresentam a mesma Transmitância na sua envoltória, mas apresentando densidades distintas, a inércia térmica fica mais evidente na envoltória de maior densidade (maior massa), retratando também uma maior capacidade térmica volumétrica.

A Inércia Térmica é responsável pelo retardamento da transferência de calor externo para dentro da edificação, pois utiliza grande parte deste calor para aquecimento da própria massa de sua envoltória, mantendo o ambiente interno com a temperatura mais baixa (menor pico) durante o dia. À noite, o calor armazenado na massa por reirradiação transfere-se tanto para o ambiente externo quanto para o interno. Pode-se dizer que ocorre mudança do fluxo de troca de calor (resfriamento), no final do dia. Este resfriamento é mais rápido na massa leve do que na massa pesada, que armazenou maior quantidade de energia térmica, solicitando maior tempo para descarregá-la. A temperatura comparativamente eleva-se à noite, internamente, mas nunca atinge o valor máximo externo, diminuindo, desta forma, a amplitude térmica interna. Origina o retardo térmico ("time-lag"), que é definido como o tempo de retardo entre o impacto de uma variação diurna de temperatura, pela radiação sobre uma superfície externa, e a variação de temperatura resultante sobre a superfície interna. Este índice varia com a escolha do tipo de massa, seja leve, média ou pesada. A performance da edificação depende da dosagem e distribuição adequada destas propriedades e do período de utilização dos ambientes construídos, salientando a importância, na fase de projeto, do atendimento destes requisitos para obtenção de conforto.

ROGERS (1964) salienta a importância do cuidado nas condições de projeto e exemplifica a utilização de uma parede de maior massa voltada para o sul (hemisfério norte), e o seu período de ocupação em salas de aula ou escritório, até o final da tarde, onde o pico da carga de calor, devido ao retardamento térmico de sua penetração, dar-se-á somente a noite, fato este que poderá até dispensar a utilização do ar condicionado durante o dia. Tal critério pode se transformar em um equívoco quando utilizado em edifícios de apartamentos, hotéis ou

quartos de hospital, onde a ocupação se estende por 24 horas. É um aspecto que pode originar um efeito prejudicial, principalmente se num projeto onde a situação do dormitório for orientada para oeste e possuir parede de massa pesada. Em um clima como o de Florianópolis no verão, quando o período de irradiação solar é maior e mais direto nesta orientação, a acumulação de calor pela parede torna-se um problema. Quando o ambiente externo já encontra-se agradável, com o retardo térmico sendo de aproximadamente 8 horas (parede de massa pesada), tarde da noite começa a parede a transmitir calor para dentro do ambiente. A solução a ser adotada não é única, podendo ser utilizados materiais de menor massa na cobertura ou na parede voltadas para a orientação oeste, ou mesmo, outras estratégias para redução da irradiação solar, como isolamentos, sombreamentos, orientação mais favorável, dentre outros.

GIVONI (1976) relata que capacidade térmica alta é desaconselhável para regiões onde o desconforto térmico é experimentado à noite, como em regiões litorâneas úmidas e quentes. Mas, também, salienta a importância de tentar atender aos requisitos, muitas vezes conflitantes, de regiões onde duas estações distintas ocorrem durante o ano, como inverno frio e verão quente.

O papel da inércia ou capacidade térmica de um material é significativo, segundo KOENIGSBERGER et. alii (1977), quando existem grandes flutuações entre a temperatura externa e interna, não sendo muito observado em regimes estacionários, como em locais onde as condições térmicas são constantes. E observa que esta propriedade, frente às variações térmicas externas, quando a estrutura é esfriada e aquecida periodicamente, com a presença de radiação solar, apresenta um efeito marcante sobre as condições térmicas internas. Ela estabelece condições internas mais estáveis diariamente, tanto no verão, quanto no inverno. Porém, o efeito da Inércia Térmica, para regiões de climas temperados, não limita-se somente ao período de 24 horas, e este é um aspecto importante comentado por RIVERO (1986), relata que *"quando após vários dias consecutivos de calor, a temperatura do ar desce bruscamente, o interior dos locais se mantém ainda quente por um ou dois dias"*. E o autor denomina de Inércia Global esta capacidade de acumular lentamente calor em todos os materiais que o compõe a edificação, para cedê-lo depois, gradativamente, por mais de um dia.

No clima quente e árido, pela grande redução da temperatura externa durante a noite, a ventilação neste período resolve o problema. No clima em estudo, a amplitude térmica não apresenta um valor muito alto, pois apresenta-se úmido durante todo o ano. E, em dias muito

quentes, o ar externo não apresenta-se muito eficaz como agente de resfriamento através da ventilação noturna, não ocorrendo compensação efetiva ao descarregamento desta carga térmica, principalmente se a irradiação for muito intensa. Entretanto, massa pesada nas edificações, na maioria dos dias de verão, traz benefícios, pois é responsável pela diminuição da amplitude da temperatura interna, tornando a edificação mais inerte frente a situações de maior "stress" térmico.

As recomendações devem levar em consideração a ambigüidade do clima em estudo, onde duas estações distintas devem apresentar um único projeto bioclimático. Apesar deste clima apresentar-se sem estação seca, a problemática pode ser avaliada segundo estudos de EVANS (1980), quando recomenda, para climas compostos com verão úmido e com estação fria e seca, telhados de massa pesada, se a variação da temperatura diária for acima de 10°C sobre 6 ou mais meses durante o ano, ou se uma estação fria e seca ultrapassar 4 meses ou mais, excedendo as estações quentes e úmidas. Considerando que no clima em estudo há ocorrência de amplitudes diárias maiores que 15°C, próximo à 18°C no inverno, esta recomendação pode ser levada em consideração.

Em 1995, AROZTEGUI na aplicação de seu método, quando analisa recomendações de massa para resfriamento, salienta que a definição de limites para sua aplicabilidade são difusos e de caráter conceitual. Determina, então, que para amplitudes diárias maiores que 14°C o uso de massa é um requisito para projeto, já para 10°C de amplitude a massa torna-se dispensável. E finaliza com uma observação pertinente, quando trata de recomendações para climas tipo temperado, nos quais as amplitudes encontram-se, geralmente, nesta zona difusa (ver fig. 2.12., na seção 2.3.8.), entre o intervalo 10°C e 14°C. Nestes casos recomenda como ideal a adoção de soluções cautelosas, evitando-se ir à extremos. EVANS (1980) também destaca a problemática na adoção de soluções ao tratar de padrão de performance térmica para atender climas compostos, relata a dificuldade de estabelecer uma regra, pois é exigida uma troca súbita de cobertura pesada por leve, na mudança das estações. Entretanto o tamanhos de janelas e isolamentos podem ser gradualmente ajustados, na busca por uma combinação alternativa entre cobertura, janela, parede e forma da edificação, que pode apresentar-se igual para as várias performances requeridas.

Estes ajustes podem melhor serem exemplificados por GIVONI (1976) quando descreve recomendações para o clima do tipo Clima Continental Mediterrâneo, que apresenta duas estações definidas, a semelhança de Florianópolis, e considera recomendável além de

algum aquecimento no inverno, certo esfriamento no verão. Este clima apresenta a estação quente mais seca em relação ao clima em estudo, mesmo assim algumas recomendações são pertinentes e aplicam-se neste estudo. O autor afirma, que para a escolha de materiais, quando existe a presença de janelas pequenas e sombreadas, onde o calor mantém seu fluxo mais através das paredes, a resistência térmica é relativamente mais importante que sua capacidade térmica, para amenizar a taxa de aquecimento diário. E recomenda para este caso a utilização de uma parede de 25 cm de concreto leve, como solução mais simples e econômica. Já quando a presença de janelas for muito ampla no projeto e o sombreamento menos efetivo, o ganho de calor por irradiação passa a ser significativo, juntamente com a infiltração de ar externo conduzido através das janelas. Então a capacidade térmica passa a ter um papel mais importante, principalmente internamente, uma vez que a massa pesada demora mais a aquecer-se. Exemplificando para estas regiões, a favorável utilização de paredes tijolos maciços, concreto denso ou terra com a espessura em torno de 20 a 30 cm de espessura para conseguir melhor performance térmica.

Este aspecto é reforçado por RIVERO (1986), que comenta sobre a importância de massa interna mais pesada, como tijolo e concreto, quando janelas externas são muito envidraçadas, com o objetivo de diminuir a amplitude térmica interna, nas regiões de clima temperado. Da mesma maneira, quando VAN STRAATEN (1967) trata da eficiência do procedimento de projeto, quanto ao resfriamento da estrutura, comenta sobre a larga dependência desta com a variação térmica diária e a capacidade térmica da estrutura. Observa-se que muitas são as variáveis envolvidas na questão massa para resfriamento, desde o tamanho das esquadrias até a presença de maior ou menor radiação solar, desta forma, não existem soluções padronizadas frente a um determinado clima, buscar-se-á assim, os conceitos mais importantes que envolvem esta estratégia.

Pode-se pensar que a solução apropriada encontra-se na adequação da escolha do material a ser utilizado na envoltória da edificação, de maneira que respondam às exigências de resfriamento e aquecimento, próprias ao clima da região. A aplicação prática destes conceitos deve sofrer variações, e a experimentação seria uma forma de constatar o comportamento de sistemas construtivos comuns utilizados nesta região e confirmar as recomendações presentes na carta bioclimática adotada, ao ser aplicada para o clima em estudo.

2.4.3. Resfriamento Evaporativo

Esta é uma estratégia que se utiliza do resfriamento proveniente da evaporação da água, pois absorve calor da atmosfera, mas embora reduzindo a TBS, o conseqüente aumento do vapor de água na atmosfera ambiente, aumenta também seu conteúdo de calor latente. SZOKOLAY (1987) trata este resfriamento como um processo “endotérmico”.

Esta estratégia em climas menos secos, pode tornar-se um equívoco, pois ocorre uma diminuição do conforto fisiológico pelo aumento da umidade do ambiente. Neste caso, há a necessidade de se remover efetivamente este aumento da umidade do espaço por meio de ventilação ou algum outro sistema mecânico mais complexo como ar condicionado.

GIVONI e MILNE (1979), determinam que esta ventilação junto à capacidade de resfriamento por evaporação apresenta-se limitada, pois o volume de ar a ser removido terá que garantir velocidades confortáveis dentro da edificação, o que implica que somente certas quantias de água são praticáveis. Estes autores exemplificam que pesquisas práticas demonstraram, como limite máximo de redução, o valor de 13,9°C (25°F) de temperatura, a partir do qual as velocidades de ar alcançadas dentro do ambiente interno passam a tornar-se desconfortáveis

O Resfriamento Evaporativo pode atuar de duas maneiras distintas. De forma direta, pela entrada de fluxo de ar úmido, induzido de forma natural para dentro da edificação ou por sistema mecânico, podendo também originar-se pelo resfriamento do ar externo, por evaporação de água, introduzida para dentro da edificação. Neste caso, a temperatura do ar interno é reduzida, porém o seu conteúdo de umidade aumenta. O resfriamento indireto ocorre quando utiliza-se, por exemplo, isolamento da cobertura com a introdução de tanques de água, ou mesmo ao borrifar água sobre o telhado. São práticas que não resultam em aumento da umidade dentro do ambiente interno. É um resfriamento passivo e indireto, que age tanto por resfriamento radiante como convectivo na superfície da água. E, dependendo da espessura da lâmina de água dentro do tanque, age como resfriamento passivo, resultando na redução da temperatura interna em relação à temperatura externa, efeito causado pela redução do fluxo de calor que efetivamente atravessa a laje da cobertura, pelo gasto de grande parte da energia no próprio aquecimento da água e sua conseqüente evaporação.

Vários pesquisadores relataram sua aplicabilidade aos climas quentes, porém, assim como a inércia térmica, esta estratégia apresenta resultados divergentes frente às variações de umidade.

KOENIGSBERGER et alii (1977), afirmam que é uma estratégia destinada a climas quentes e secos, onde o aumento da umidade não se torna inconveniente, constatando ser um fenômeno que se utiliza com êxito para o resfriamento do ar, melhorando as condições de forma geral. Entretanto, conforme GIVONI e MILNE (1979), esta é uma estratégia que, apesar de destinar-se a regiões quentes e secas, a disponibilidade de água em abundância é uma questão limitante, sendo sua utilização assim restringida.

Já para climas quentes e úmidos, esta estratégia, segundo KOENIGSBERGER et alii (1977), apesar de diminuir a poeira em suspensão, torna-se uma medida contraproducente, pois mantém uma refrigeração evaporativa limitada devido ao aumento da umidade relativa do ar, que já encontra-se em um nível elevado. Apresentando-se como um fator de diminuição de conforto fisiológico. E recomenda que para este tipo de clima, deve-se fazer um tratamento posterior de desumidificação do ar.

A eficiência desta estratégia, nos climas quentes e úmidos, é comprovada por uma relação determinada por GIVONI (1991), segundo a qual a redução de temperatura obtida encontra-se em torno de 70 a 80% da diferença entre a TBS e TBU. Sabe-se que em climas quentes e úmidos esta diferença não é muito grande, diminuído com o aumento da umidade, o que compromete a utilização desta estratégia junto a este tipo de clima. E outro aspecto fundamental encontra-se na impossibilidade de um resfriamento rápido de um ambiente, quando este apresenta-se com umidade relativa média superior à 80%, como no caso de Florianópolis, onde a evaporação torna-se mais difícil.

As diferenças obtidas, no clima em estudo, entre as TBS médias, pelas TBU médias, dos meses de janeiro e fevereiro, são os valores de 2,7°C e 2,4°C, respectivamente, a redução fica em torno de 1 a 2°C, o que não é muito representativo. Ao fazer-se o mesmo cálculo utilizando as temperaturas máximas, obtém-se uma diferença um pouco maior, de 3,9°C para janeiro e 2,4°C para fevereiro, respectivamente. A redução apresenta um valor entre 2 e 3°C, que, apesar de apresentar-se maior, ainda é irrelevante, considerando que a probabilidade de ocorrerem as temperaturas máximas são menores.

A utilização do tipo de Resfriamento Evaporativo direto, segundo GIVONI (1992), só é aconselhável para países desenvolvidos, quando a TBU máxima apresenta-se em torno do

valor de 22°C, e a TBS máxima em torno de 42°C. Nestas condições, a temperatura do ar resfriado pode chegar de 26 a 27°C, e a média da temperatura do ar interna poderá ficar entre 27 a 29°C. Em países em desenvolvimento, em regiões quentes e secas, os limites superiores são da TBU de 24°C e TBS de 44°C, respectivamente relacionados aos dados acima. Os limites do Resfriamento Evaporativo Indireto, para países desenvolvidos, com a utilização de tanques de água na cobertura, podem ser os mesmos que os adotados para países em desenvolvimento, com os valores limites de TBU de 24°C e TBS máximo de 44°C. Desta forma, os limites para a utilização do Resfriamento Indireto, para países desenvolvidos, equiparam-se aos limites estabelecidos, considerando o fator de aclimação, do Resfriamento Evaporativo Direto, para países em desenvolvimento.

WATSON e LABS (1983), fazem referências aos trabalhos de GIVONI, adotando os limites de resfriamento do tipo direto para países desenvolvidos, e relatam que maior eficiência do Resfriamento Evaporativo pode ser obtida, em regiões muito áridas, associando a esta estratégia operações noturnas, consistindo em sistemas de leitos de pedras, por onde o ar, durante a noite, é forçado a passar, ajudando assim no seu resfriamento.

Os dados climáticos das Temperaturas de Projeto para o verão de Florianópolis, calculados nos estudos de GOULART (1993), conforme aplicação da metodologia da ASHRAE (1989), são apresentados na tabela 2.6. Ao compará-los com os limites estabelecidos por GIVONI., conclui-se que esta estratégia não se apresenta adequada para a região em estudo, sob estes parâmetros, pois o valor da TBU coincidente, bem como a TBU de projeto, apresentam-se com um valor maior que 24°C, mesmo dentro dos limites da TBS, que nem chega próximo do limite de 44°C.

Tabela 2.6. Temperaturas de projeto, . GOULART (1993)

Nível de Frequência	TBS (°C)	TBU(°C) (coincidente)	TBU (°C)Projeto
1,0%	32,0	26,4	27,1
2,5%	30,8	25,7	26,0
5,0%	29,8	24,6	25,4

A umidade relativa é muito alta nesta região. Mesmo que existam diferenças entre vários índices, tomadas como temperatura de projeto, a umidade relativa média anual de 82,7% é um dado relevante para impedir a eficiência e determinar a aplicabilidade desta estratégia, pelo menos em relação ao Resfriamento Evaporativo Direto, devido ao aumento da

umidade relativa dentro do ambiente interno. Com referência ao resfriamento de forma indireta, as temperaturas dos tanques de água seguem as variações diárias da TBU, conforme descrito por GIVONI (1992). Estas variações, neste clima, não atingem valores altos, como ocorre nos climas quentes e áridos. Entretanto, dependendo da profundidade da água nos tanques, pode-se atingir certo isolamento de uma cobertura. Além disto, obtêm-se a garantia de limitação no aumento da temperatura de uma laje, principalmente na presença de forte irradiação, uma vez que a temperatura desta não ultrapassa a TBU máxima atingida pelo ambiente externo.

Outro efeito favorável desta estratégia é observado nas coberturas de telhas cerâmicas, quando ganham umidade, através da chuva ou, diariamente, pela própria condensação da umidade do ar, quando a atmosfera reduz sua temperatura por radiação durante a noite. Este processo é relatado e estudado por BUENO et. alii (1994) na superfície da cobertura de telha cerâmica que, ao perder energia por radiação durante a noite, atinge temperatura menor que a do ar, condensando a umidade junto a sua superfície, formando, um gradiente de concentração de vapor, de modo que a telha passa a absorvê-lo. Pela manhã, a telha apresenta alta umidade em seu interior e, quando a radiação solar incide sobre sua superfície, o processo inverte-se. Assim, pelo processo de evaporação da água, a energia solar é gasta com calor latente, reduzindo consideravelmente a temperatura da telha. Este processo é testado, pelos autores, através de experimentos com dois tipos de telha cerâmica: uma impermeabilizada (onde não ocorre troca de umidade) e outra ao natural. Comprovadamente, na prática, esta última foi responsável por um comportamento térmico mais favorável do que as impermeabilizadas. Concluem que, para regiões quentes, deve-se utilizar telhas cerâmicas, pois reduzem problemas térmicos das edificações, apresentando-se como mais adequada, quanto ao aspecto térmico, em relação às telhas menos permeáveis, como as de fibrocimento, porém, desde que não sejam impermeabilizadas ou vitrificadas. A escolha do tipo de telha utilizada, no clima em estudo, torna-se importante, também, pela constante e abundante presença de chuvas.

2.4.4. Aquecimento Solar Passivo

2.4.4.1. Geral

O ganho de calor é um requisito de regiões onde a temperatura encontra-se abaixo das condições de conforto e há a necessidade de obtenção de energia térmica. Este ganho pode vir de várias fontes, porém, neste tópico, serão analisadas as provenientes de fontes naturais, com contribuição indispensável da energia solar. Pode ser utilizada como um fluxo de energia que por meios naturais de radiação, condução, convecção, propaga-se para dentro do ambiente interno de uma edificação.

O Aquecimento Solar Passivo, pode ser através de ganho de calor de tipo direto, como, por exemplo, por meio de janelas com vidro, clarabóias etc., ou com a estocagem térmica de calor pela massa das paredes, desde que com orientações favoráveis a insolação. Os sistemas de Aquecimento Solar Passivo, de tipo indireto, são descritos por vários pesquisadores, provenientes da aplicação de tecnologia mais contemporânea. Exemplos são dados, como a utilização de serpentinas com água e vidros, associados a alvenaria,, que formam sistemas mais complexos de captação e estocagem de energia solar, destinados a regiões mais frias. Porém, observa-se que a instalação de qualquer um destes sistemas tem que ser justificada pela relação de custo/benefício, ou mesmo o acesso a esta tecnologia e sua viabilidade.

Vários conceitos podem ser revistos e utilizados, apresentando soluções de projeto e construção mais acessíveis. A Inércia Térmica é uma propriedade que pode ser utilizada, só que com objetivos inversos. Segundo BALCOM et alii (1979), mais do que metade da energia necessária pode ser obtida, em uma edificação pelo aquecimento solar passivo da estrutura. Os autores salientam que a dificuldade encontra-se em quantificar esta estratégia, para definir conceitos práticos, na elaboração do projeto da edificação, de maneira que esta responda com eficiência, à solicitação do clima.

GIVONI e MILNE (1979), salientam que edificações com paredes de pouca massa resfriam-se rapidamente durante a noite, atingindo valores abaixo da zona de conforto, e recomendam que a solução para obter-se sucesso em um projeto de aquecimento solar passivo estaria em fazer com que raios de sol incidissem sobre paredes de alta massa, de forma que, após 12 horas, durante a noite, o estoque de calor armazenado pela massa das paredes seja devolvido para dentro da edificação.

2.4.4.2. Parâmetros de Aplicabilidade

O emprego eficiente do Aquecimento Solar Passivo, e sua aplicabilidade a diferentes climas, torna-se um desafio quando deve atender a contrastes nas condições climáticas, que podem ocorrer durante as várias estações do ano. Vários pesquisadores apresentaram estudos com parâmetros limites de temperatura para a sua utilização.

O armazenamento de calor solar nas paredes (massa térmica) foi determinado como eficaz e pertinente ao ambiente interno dentro do intervalo de temperatura absolutas entre 15,5°C (60°F) e 21,1°C (70°F), valores estes definidos, através de experiências práticas, nos laboratórios de Los Alamos Scientific Laboratory (LASL), retratados em BALCOM et alii (1979). Segundo os autores, temperaturas menores já necessitam outros sistemas de aquecimento solar passivo. Já GIVONI e MILNE (1979) comentavam que a definição dos limites para utilização de aquecimento solar passivo são particulares a cada região, dependentes da temperatura média do ar externo do inverno. E que também é relacionada, segundo os autores, à quantidade de irradiação diária solar disponível, tomada por latitude e condições de nebulosidade da região, muitas vezes dependentes da altitude da região. Pode-se observar a importância de uma insolação mínima garantida, pois o encobrimento do sol é muito comum nos céus de inverno, e que dependendo da região, esta estratégia pode tornar-se inviável.

Para a definição de parâmetros, EVANS (1980) comenta que quando a temperatura externa cai, situando-se entre 18°C e 22,5°C pode-se alcançar conforto com o aumento das vestimentas. Porém, quando esta queda situa-se abaixo de 15°C, durante o dia, consegue-se condições internas de conforto utilizando-se radiação solar. Também podem ser considerados, nestes casos, os ganhos internos de calor pelos seus ocupantes e de outras fontes de calor, como utilização de fogões e lâmpadas etc. E reforça que a própria capacidade da edificação de estocar calor ajuda a manter as condições internas de conforto. Entretanto, o autor registra que, quando a temperatura média máxima diária cai abaixo de 15°C, torna-se difícil encontrar internamente condições confortáveis durante o dia, mesmo com disponibilidade de radiação solar e velocidades de ventos baixas. Neste momento, só se consegue alcançar condições favoráveis de conforto com a adoção de outras formas de aquecimento. Nesta situação, são consideradas, além de outras variáveis climáticas, o projeto da edificação. Finaliza que, quando a temperatura ao meio dia cai abaixo de 10°C, sistemas de aquecimento permanentes

provavelmente serão necessários, além de níveis de isolamento que evitariam aumento de perdas de calor.

As estratégias de aquecimento definidas por GONZALEZ et alii (1986), são recomendadas para regiões onde as temperaturas mínimas extremas são menores que 22°C. A utilização de massa térmica da edificação, para armazenamento de calor, é definida até o limite inferior de 14°C. Abaixo deste valor de temperatura -até 10,5°C- outro tipo de aquecimento passivo convencional deve ser implementado. Neste intervalo é que preocupações com aspectos básicos de projeto, para captação de calor, devem ser considerados, tais como: área/volume, proporção de área de vidros, sítio, implantação e orientação, etc. Já WATSON e LABS (1983) recomendam a adoção de Aquecimento Solar Passivo, quando a temperatura do ar externo atingir valores inferiores a 20°C (68°F). E considera que casas, mesmo com pequena capacidade de estocar calor internamente, conseguem manter níveis de conforto com temperaturas diárias variando de 18,33°C (65°F) a 20°C (68°F), pois fontes internas conseguem normalmente subir em torno de 5°C, oriundas de pessoas, cozimentos e outra atividades. Denomina de "ponto de equilíbrio" aquele no qual uma edificação não precisa perder nem ganhar calor, sob uma contribuição solar específica. Este ponto de uma edificação varia com o regime solar, nível de isolamento, impenetrabilidade de ar, dentre outros fatores. Talvez seja um meio de avaliar o sucesso do projeto de uma edificação, ao utilizar-se uma análise bioclimática.

SZOKOLAY (1987) faz referência à estudos desenvolvidos por pesquisadores onde relacionam sistemas solares passivos com a taxa de ganho solar média diária. O autor apresenta método que permite marcar na carta bioclimática, os valores limites da temperatura externa, que podem frente a uma radiação solar definida, alcançar a temperatura de projeto neutra de 18,5 °C (T_n). Valores dependentes das características térmicas de cada edificação em particular, com utilização de dados como área de aberturas, presença de isolamentos, taxas de perdas de calor, dentre outros.

Confrontando parâmetros definidos pelos vários pesquisadores acima descritos com os dados climáticos de Florianópolis analisados por GOULART (1993), estes não podem ser conclusivos para definir com segurança a necessidade de buscar-se, em uma edificação, uma solução mais complexa para aquecimento, além da estocagem de calor na massa da edificação, pois estes dados são tratados de forma a obter as temperaturas médias mensais, e a maioria dos autores fazem comparações com dados de temperaturas médias diários. Porém, ao analisar-se

os menores valores anuais de TBS, que ocorrem no mês de julho, com as médias máximas, médias mínimas e médias do mês, com os valores de 21,1°C, 13,0°C e 16,6°C, respectivamente, pode-se observar certa amenidade do inverno na região em estudo. Este aspecto é reforçado pela probabilidade de ocorrência de somente 10% de temperaturas menores que 11,5°C neste mesmo mês.

Conclui-se que, na região em estudo, somente após análises de todas as temperaturas diárias durante o ano ter-se-á uma visão mais precisa de qual tipo de estratégia de aquecimento é mais adequada e qual sua porcentagem, para priorizar uma solução mais importante. Os níveis de nebulosidade nos meses de inverno são menores que 50%, e também menores que nas estações quentes, segundo os dados climáticos de GOULART (1993). Este aspecto responde por uma insolação razoável, apesar de caracterizar-se como uma estação fria e úmida, com presença de chuvas, diferentemente da maioria dos climas compostos. Em muitas ocasiões, geralmente em presença das temperaturas mais baixas, a ocorrência de chuvas por vários dias consecutivos compromete a eficiência desta estratégia, que apresenta a radiação solar como principal fonte de energia.

Neste momento, relacionando todos os parâmetros acima, pode-se sintetizar que quando a temperatura das médias máximas diárias atingir valores menores que 15°C, ou a temperatura do dia atingir valores menores que 14°C, deve-se buscar soluções de projeto, que amenizem o clima interno, relacionadas ao aquecimento solar passivo convencional, pois, nestas condições, só a massa térmica não é suficiente para manter níveis internos de conforto. Já abaixo de 10,5°C, deve-se pensar em fontes de calor internas artificiais ou mesmo sistemas mais complexos de aquecimento passivo; entretanto, caso a frequência destas condições seja muito pequena, deve-se calcular a relação custo/ benefício da solução a ser escolhida.

⇒ A utilização anterior de todos os parâmetros de projeto, é muito importante para que se possa obter soluções otimizadas, tanto nos custos de instalação de sistemas quanto no consumo de energia da edificação gasto para manter ambientes internos confortáveis.

2.4.5. Métodos de Aquecimento Convencional/ Artificial

2.4.5.1. Aplicabilidade e Parâmetros

O sistema de aquecimento convencional é recomendado quando as condições ambientais internas não conseguem atingir condições confortáveis, com sistemas de aquecimento solar passivo que estendam-se a todos os ambientes da moradia.

GIVONI e MILNE (1979) comentam a solução para esta dificuldade, ao apresentarem o sistema de aquecimento solar ativo, pelo qual, por meio de dutos e ventiladores, consegue distribuir calor por toda a edificação, coletado em fachadas extremamente insolaradas. Este é um sistema de instalação muito cara, que exige um nível de insolação alto por todo o inverno. Por estes aspectos, os métodos de aquecimentos convencionais passam a ser competitivos e recomendados. EVANS (1980), quando refere-se à instalação de sistemas de aquecimento, comenta da dificuldade de sua escolha. Porém, define como desejável sua instalação quando a temperatura média diária atinge valores menores que 10°C, por dois meses ou mais. Já KOENIGSBERGER et. alii (1977), ao relatar sobre a aplicabilidade da estratégia, considera rara sua utilização em climas tropicais. Porém, para climas tropicais de altura, esta é uma estratégia muitas vezes necessária, pois o calor armazenado pela estrutura nem sempre torna-se suficiente para assegurar o conforto interno. Mas o autor acrescenta que o déficit é tão pequeno, que uma edificação de projeto e construção adequados, associadas a fontes normais de calor dentro de uma moradia, trariam as condições de conforto desejáveis. E GIVONI (1976) determina que a necessidade de aquecimento depende de muitos fatores, tais como atividade, idade, aclimação, padrões de moradias, vestimentas dos habitantes, dentre outros. Mas salienta que a umidade tem papel importante, pois frio seco é mais tolerável que frio úmido, e exemplifica que em escolas no sul da África a temperatura limite interna, abaixo da qual o aquecimento é necessário, é de 60 F (16,5°C) para climas secos, e registrada por termômetro de Globo. O autor apresenta matematicamente uma relação para obter a temperatura-limite externa equivalente, associando a esta a diferença entre as temperaturas externas e internas, durante o período que se deseja estudar. Para escritórios e moradias, ele define uma temperatura-limite interna um pouco maior, em torno de 17 e 18°C, para regiões secas e úmidas, respectivamente, e observa a importância dos períodos a serem considerados nas moradias como a obtenção das temperaturas nos períodos a partir do anoitecer. EVANS

(1988) descreve que a demanda para a utilização de calefação deveria ser medida pelo número de graus dias/ ano, índice este que indicaria a duração e severidade do inverno, e estabeleceria parâmetros, considerando como marcas os dias cujas temperaturas médias atinjam valores inferiores a 14°C e temperaturas mínimas menores que 9°C. Estes valores permitiriam calcular a demanda anual requerida para utilização de calefação.

Como já foi visto, o clima de Florianópolis é ameno, não ocorrendo um inverno onde a temperatura média diária permaneça, por meses, abaixo de 10°C, o que comprova-se ao observar suas temperaturas mínimas médias mensais e as probabilidades de sua ocorrência. Segundo estudos de GOULART (1993), existe 10% de probabilidade de ocorrerem temperaturas menores que 10°C em julho e junho, e menores que 13°C em agosto, que são os meses de inverno, não representando um valor muito considerável. Porém, pode-se afirmar que, pela umidade apresentar-se com valor muito alto até no inverno, este torna-se um fator agravante, transformando as condições de obtenção de conforto no inverno mais precárias, na região de Florianópolis. Talvez isoladamente, alguns dias exijam sistemas adicionais de obtenção de calor, para os quais o aquecimento solar passivo não consegue responder, embora a estação fria deste clima assemelhe-se quanto à necessidade desta estratégia adicional, mais com um clima tropical de altura do que um clima de intenso frio. Faz-se necessário uma plotagem de todos os dados da estação fria de um ano típico, na carta bioclimática, e só assim ponderar-se-ia concluir pela importância desta estratégia.

2.4.5.2. Problemas Associados ao Aquecimento Artificial

As fontes de calor que geram a energia destes sistemas são diversas, porém, as oriundas da combustão de gás, carvão, madeira ou mesmo óleo, podem transformar-se em grandes perigos para a saúde dos ocupantes de um ambiente. Vários pesquisadores comentam sobre estes sistemas e seus cuidados. GIVONI, em WATSON (1979), alerta sobre o risco que acompanha a combustão, na chama, do oxigênio contido no ambiente. A ausência de uma ventilação efetiva dentro do ambiente, ao apresentar-se estanque, poderá asfixiar ou sufocar seus ocupantes, pela inalação da fumaça, ou ausência do suprimento adequado de oxigênio. Outro perigo seria o risco de incêndios na edificação, onde os danos estendem-se além da moradia, tornando-se um risco social de grandes perdas e fatalidades.

A utilização da energia elétrica é uma alternativa recomendada por GIVONI, pois mesmo acompanhada de gastos e apresentando-se economicamente pouco atrativa, se for

associada ao aquecimento solar passivo, torna-se uma solução mais favorável, pois ocorre redução acentuada de seu uso. Sua limitação ocorre somente caso a energia elétrica não se apresente compatível com a demanda necessária. KOENIGSBERGER et alii (1977), quando descrevem os problemas da calefação, lançam a questão da diminuição da umidade relativa dentro de um ambiente na utilização destes sistemas, e alerta que, quando o ambiente frio é aquecido, automaticamente a umidade relativa diminui. O mesmo ar aquecido tenderá a captar qualquer parte disponível de umidade na cozinha, banheiros e pisos, e onde exige maior controle e cuidado, que é junto à pele dos ocupantes de um ambiente, podendo vir a perder, cada pessoa, em torno de 45g de água/hora. Deve-se levar em conta este fato, pois ocorre independente da fonte de aquecimento; porém EVANS (1980), quando comenta sobre esta diminuição de umidade, a relaciona principalmente a aquecedores elétricos ou que contenham chaminés que eliminam os produtos da combustão. E complementa que, quando o aquecimento é oriundo da combustão de gás ou aquecedores a parafina, o problema é minimizado, pois um dos produtos da combustão é a água.

Outro problema decorrente da calefação é a condensação, pois, quando o ar aquecido, ao roubar umidade de outras fontes aumenta a umidade relativa e também aumenta a temperatura de ponto de orvalho. O ar assim, logo ao entrar em contato com as paredes frias da edificação, condensa a umidade. KOENIGSBERGER et alii (1977) salienta que este é um processo que ao iniciar-se, tende a piorar, pois a parede úmida, aumenta sua condutividade, diminui sua temperatura superficial e aumenta a condensação. Este não é um problema decorrente somente da calefação, onde os ambientes geralmente mantêm-se fechados, para que não ocorra perda de calor. Na região em estudo, pela umidade relativa ser muito alta, podem ocorrer condensações, normalmente frente a variações bruscas de temperatura, principalmente em ambientes pouco ventilados ou mesmo com refrigeração artificial. Mas é importante que a ventilação ou troca de ar seja providenciada adequadamente em todos os sistemas, não tanto para evitar danos à edificação, mas para preservação do bem-estar e da saúde de seus ocupantes.

2.4.6. Umidificação

Esta estratégia é destinada a climas muito secos ou ambientes cuja umidade atinja níveis abaixo que o recomendado pelo aquecimento artificial. A função desta estratégia é não

comprometer a saúde dos ocupantes de um ambiente e ajudar na sensação de conforto. EVANS (1980) recomenda umidificação em regiões onde a temperatura externa cai abaixo de zero, pois em climas frios a umidade relativa geralmente cai a níveis desconfortáveis. Mesmo considerando que a umidade absoluta dentro das moradias, em condições frias, apresenta-se naturalmente maior que a do ambiente externo, pela redução da taxa de ventilação do ar externo e a existência de fontes internas de umidade dentro das moradias, o autor exemplifica que quando um ambiente com temperatura $5,0^{\circ}\text{C}$ negativos e com 100% de umidade relativa é aquecido a uma temperatura de $20,0^{\circ}\text{C}$, sua umidade relativa cai abaixo de 15%. GONZALEZ et alii (1986) recomendam o aumento da umidade, porém sem diminuir o calor sensível, pois com o aumento da umidade geralmente ocorre diminuição da temperatura do ambiente, pela própria transformação do calor sensível em calor latente, procurando-se evitar assim, o mal-estar causado principalmente por irritação da pele.

EVANS (1988) recomenda a utilização de umidificação quando a temperatura apresenta-se menor que 27°C e a umidade relativa abaixo de 20%, pois a falta de vapor de água no ar causa desconforto. O autor salienta que a utilização do resfriamento evaporativo, nestes casos melhora a sensação de conforto, e para climas frios, considera, que para temperaturas inferiores a 5°C a calefação do ar diminui os níveis de umidade relativa, mantendo a mesma umidade absoluta, e recomendando que, abaixo deste valor, deve haver preocupação de umidificar o ar ambiente.

A umidade afeta a evaporação do suor da pele, responsável pela regulação da temperatura do corpo, que é afetada pelo controle do poder evaporativo do ar. Porém, a falta de um nível de umidade adequado não é, certamente, uma preocupação que os dados climáticos da região apresentem como parâmetros, mostrando-se mais comumente como um ano climático com ausência de estação seca, com níveis altos de umidade.

O clima de Florianópolis, desta forma, não necessita desta estratégia. A própria estratégia de resfriamento evaporativo de forma direta, como já foi visto, é desaconselhável neste clima. Assim, em caso de aquecimento artificial, quando necessário, deve-se considerar este aspecto. Porém, sabe-se que não é comum o frio atingir, nesta região, temperaturas abaixo de zero, sendo que a menor mínima ocorrida, no período analisado por GOULART (1993), foi de 2°C , nos meses de junho e agosto, considerando-se, desta forma, estes cuidados muito eventuais. O aquecimento não resultará, sob temperaturas mais amenas, em uma queda tão considerável de umidade.

2.4.7. Ar Condicionado

O ar condicionado não faz parte de uma estratégia relacionada com uma preocupação com o projeto bioclimático, retratando uma condição climática que não consegue ser atendida por nenhuma estratégia de resfriamento natural ou pela própria ausência de ventos. EVANS (1980) determina que, quando a temperatura é tão quente que nem movimento de ar, nem capacidade térmica conseguem ser utilizados para alcançar conforto, ajudas podem ser efetuadas por sistemas mecânicos, como umidificadores ou condicionadores de ar, e conclui que a temperatura, sobre a qual condições naturais não são efetivas para obter conforto, não pode ser apurada com muita precisão, variam conforme condições climáticas de cada região.

Deve-se buscar o projeto bioclimático, em qualquer clima e região, para amenizar as condições climáticas externas, mesmo que o projeto não consiga responder por todas as solicitações. A importância desta preocupação encontra-se na minimização de dispêndios de energia no esforço de atingir condições ideais de conforto. FEUSTEL et alii (1992) relatam que, mesmo em circunstâncias nas quais compressores mecânicos não pode ser eliminados, métodos de resfriamento alternativos surgem para oferecer compressores de menor potência e com redução no tempo de operação. Os autores apresentam um estudo que revisa todas as formas de resfriamento mecânico, associadas a estratégia de resfriamento passivo, buscando uma escolha que obtenha melhor performance junto a cada tipo de clima, e organizam o estudo destes métodos alternativos em quatro tipos, baseados nos princípios físicos empregados de resfriamento por evaporação, transporte de calor, isolamento e estocagem. O objetivo deste trabalho não é transcorrer por cada tipo desta estratégia, porém, é importante perceber que estudos recentes procuram minimizar gastos de energia, com a utilização dos princípios de resfriamento passivo, quando há necessidade de utilização de meios mecânicos para obtenção de conforto.

2.4.8. Resfriamento Radiante

2.4.8.1. Aspectos Gerais

Esta estratégia de resfriamento não apresenta-se como zona da carta bioclimática, mas a importância de seu estudo neste tópico encontra-se na sua interligação com outras estratégias, assumindo um papel de influência direta sobre a eficiência das demais. Apresenta-

se unicamente na carta bioclimática de WATSON e LABS (1983), entre a estratégia de resfriamento evaporativo e de massa térmica para resfriamento.

Utiliza-se da transferência de energia calorífica para o espaço, através de radiação eletromagnética. A emissão de radiação térmica é uma característica de todos os corpos que apresentam temperaturas acima do zero absoluto ($0^{\circ}\text{R}/-459^{\circ}\text{F}/-273^{\circ}\text{C}$). Ondas de calor radiante passam de um corpo a outro à distância, sem aquecer o ar entre eles, porém não pode-se descartar a presença, junto desta, de outras formas de transferência de calor.

WATSON E LABS (1983), quando retratam esta estratégia, determinam "o céu como a maior fonte de perda de calor, a ser explorada pelo projeto". Embora independente de projeto, a proximidade de edifícios, "corpos radiadores", pode funcionar também como fonte de calor, que também por convecção, condução, além de radiação, causam problemas de transferência de calor no ambiente ao redor.

Estudos foram elaborados por vários pesquisadores sobre esta estratégia, e várias análises com interferências no projeto foram descritas.

GIVONI (1991) determina duas abordagens que podem ser consideradas em um projeto, para aumentar a queda da temperatura por meio desta estratégia. Uma, por aplicação de superfície seletiva pelo elemento radiador, funcionando para o período noturno, sendo a forma de radiador mais simples, descrita pelo autor, como qualquer superfície metálica colocada em um espaço de 5 a 10 cm acima de uma laje de cobertura. A outra abordagem trata da minimização do ganho de calor convectivo durante o dia, podendo apresentar-se como uma associação de isolamento térmico móvel com massa pesada, que juntos ampliam o potencial de resfriamento de um ambiente interno, pois diminuem a penetração do calor da irradiação solar durante o dia e o calor que penetrou na massa térmica é eliminado por irradiação, para o ambiente externo à noite.

WATSON e LABS (1983) comentam sobre a problemática de implantação desta estratégia e apresentam a dificuldade de acoplar projeto onde o interior se abra para o céu da noite, sem estar sujeito ao ganho solar durante o dia. Os autores descrevem duas abordagens para projeto de sistemas, que podem ser utilizados na prática. A primeira, engloba sistemas de perdas isolantes, e é descrita como a colocação de um radiador de massa baixa no topo de uma cobertura isolada, sendo acoplado, junto à parte interna, um fluido, água ou ar, que dissipa o calor quando passa por baixo ou por trás do radiador. O fluido vai tornando-se mais denso, à medida que começa a esfriar, e vai transferido-se por gravidade para camadas mais baixas, em

um pleno sobre a cobertura. Favorece, desta forma, uma corrente que, ao circular, vai eliminado o calor do interior da moradia para o espaço externo.

A segunda abordagem trata de sistemas de perdas diretas e indiretas. O sistema de perdas indiretas associa o interior para o céu, através de coberturas não isoladas, que funcionam como radiadores. Duas formas existem para este sistema: uma, de cobertura de alta condutância e massa muito pequena, apresentando grande potencial de resfriamento durante a noite, pois troca rapidamente as condições internas pelas externas. Porém, em compensação, sua performance é pobre durante o dia; outra, com cobertura de grande massa, com a maior condutância que for possível, que apresenta a desvantagem de, durante a noite, não conseguir baixar muito a temperatura interna. Os sistemas de perdas diretas estão presentes quando o espaço interno está voltado diretamente com vista para o céu, como nas varandas e pátios internos. Os autores finalizam apresentando como ideal o sistema, conforme já descrito por GIVONI, que associa maior massa com isolamentos móveis, sistema este que explora o resfriamento evaporativo de forma adicional.

Outros fatores são importantes em relação a esta estratégia, como características de superfície, relacionadas à emissividade, além de sua associação com outras estratégias.

2.4.8.2. Aplicabilidade

Os dois sistemas descritos por GIVONI (1991) são construtivamente complexos, envolvendo aspectos de aplicabilidade desta estratégia bem distintos. Os sistemas descritos, que utilizam-se de coberturas de massa pesada com isolamentos móveis, segundo o autor, são sistemas adequados a qualquer região; porém, a limitação destes sistemas encontra-se no custo e nos problemas técnicos de funcionamento do isolamento móvel.

O outro sistema que utiliza-se de radiadores metálicos, apresenta como requisito a presença de céu claro, ou nebulosidade baixa, durante as noites. GIVONI (1991) ao comentar sobre a aplicabilidade deste sistema, relata que o nível de umidade é menos importante do que o presença de noites claras. Em regiões áridas, a temperatura tende a cair em torno de 3 a 5°C, neste sistema de radiadores, e em regiões úmidas, com o céu claro, esta queda é de 2 a 3 °C. Porém, pode ser beneficiada pela ocorrência da condensação da umidade contida no ar, que deposita-se sobre a cobertura. Este foi um aspecto já comentado no tópico sobre resfriamento evaporativo indireto e a conseqüente queda de temperatura dentro do ambiente interno.

FEUSTEL et alii (1992) também fazem referência desta estratégia com o céu e determinam que o efeito de resfriamento radiante em climas úmidos, é determinado pela temperatura de névoa e nuvens (“cloud”), que usualmente é bem maior em relação ao céu claro. Já nos climas secos, as temperaturas do céu são bem mais baixas, chegando a atingir uma temperatura mais fria em relação ao clima interno, em torno de 10°C.

Entretanto, WATSON e LABS (1983) são muito mais incisivos quando tratam das condições em que esta estratégia deve ser aplicada, considerando que mesmo quando o céu encontra-se com um máximo potencial de claridade, não é uma fonte poderosa, exceto sob condições muito secas. E, mesmo nestas condições, as temperaturas raramente caem mais do que 20°F (11,1°C) abaixo da temperatura do ar do ambiente. Os autores determinam que a taxa de resfriamento diminui com o aumento da umidade na atmosfera. Assim, em regiões úmidas, o potencial de resfriamento desta estratégia é menor do que em regiões secas, quando ambas estão sob condições de céu claro. Outro aspecto que relatam, está na presença de névoa ou nuvens pesadas no céu, o que, sob o ponto de vista térmico, reduz severamente o potencial de resfriamento. Da mesma maneira, a eficiência desta estratégia é mais afetada pela presença de ventos, pelo conseqüente ganho de calor por convecção, reduzindo a capacidade de depressão máxima da temperatura no elemento radiador. Os autores exemplificando, que a presença de ventos com velocidades de 3 milhas/h (1,3m/s) (brisa), reduz pela metade (50%) a eficiência máxima apresentada pelo resfriamento radiante na presença de claridade máxima do céu. E com o aumento desta velocidade para 7,5 milhas/h (3,3m/s), a redução da eficiência máxima é reduzida pelo fator de 8,5 em relação à eficiência máxima apresentada pelo céu claro. Concluem que esta estratégia não é indicada para locais quentes e úmidos, onde prevalecem brisas noturnas, sua aplicabilidade está voltada para regiões secas, onde os verões são claros e o céu da noite apresenta baixas temperaturas. FEUSTEL et alii (1992), também estabelecem limites e requisitos para esta estratégia, determinando que quando as temperaturas do céu noturno são menores do que as necessidades de resfriamento, deve-se procurar compensar com alguma estocagem de calor. Também salientam que o radiador pode ser protegido do ganho de calor solar e do ganho de calor convectivo por todo o dia. Estas preocupações estão bem detalhadas no trabalho de GIVONI (1991).

Todas as considerações acima descritas levam a questionar a presença desta estratégia em um clima como o de Florianópolis. A alta taxa de umidade relativa do ar, a conseqüente presença de uma nebulosidade razoável (média anual maior que 50%), a presença de ventos

muito freqüentes e relativamente fortes (média anual de 4,1m/s), levam a questionar sua eficiência. Porém, observa-se uma relação desta estratégia com outras, como com resfriamento evaporativo indireto, ventilação direta, resfriamento convectivo noturno, ou massa térmica para resfriamento. Desta forma, pode-se ampliar a eficiência destas estratégias, associando a elas materiais radiadores na cobertura, e adotando seus próprios requisitos de aplicabilidade. Além disto, deve-se buscar, nestes projetos e suas formas construtivas, custos e técnicas que sejam compatíveis com a realidade da região em estudo.

2.4.9. Sombreamento

A Estratégia de Sombreamento aparece de forma mais detalhada na metodologia de OLGYAY (1963), apresentando estudos de orientações e implantação de forma bem detalhada e abrangente. Retratando-a como um recurso fundamental, que altera completa e diretamente o ambiente interno, bem como a eficiência de outras estratégias. O autor através de seu método, determina nos diagramas solares os períodos de sombreamento necessários, ao marcar as linhas de posicionamento do sol nas várias estações do ano, e seus períodos de sobreaquecimento, onde o sombreamento e a insolação desejáveis, são delimitados em zonas (ver figura 2.6.- seção 2.3.1.).

O sombreamento é uma barreira que controla a recepção da radiação solar; contrariamente à insolação, sendo uma estratégia importante para evitar o aquecimento de um ambiente, coincidindo com as zonas de resfriamento. WATSON e LABS (1983) não apresenta sua delimitação na sua carta bioclimática, mas no método esta estratégia encontra-se presente junto as recomendações de controle de ganho de calor solar, nos períodos de sobreaquecimento.

EVANS (1988) determina que, para sombreamento, há necessidade da plotagem dos diagramas solares referentes à latitude apropriada da região em estudo, da mesma forma que OLGYAY (1963). Mas, acrescenta que a análise não deve-se limitar à temperatura do ar e o horário definido pela diagrama solar em que o sombreamento deve iniciar-se. O autor exemplifica que em climas, onde o frio e o calor apresentam-se como variáveis não muito bem definidas, deve-se buscar definir o início do sombreamento só nos períodos sobre-aquecidos, evitando bloquear o sol nestes períodos climáticos variáveis. E recomenda que, igualmente para regiões onde a presença de névoa e nuvens é muito constante, ocorrendo por longos

períodos do ano, deve-se rever os critérios estabelecidos anteriormente. Este autor finaliza apresentando uma série de recomendações que relacionam os diagramas solares com as várias decisões de projeto, como orientação de fachadas, abertura de janelas, associadas às necessidades de radiação solar e sombreamentos.

A partir do momento em que são definidos os períodos onde há necessidade de sombra, nos vários períodos do ano e nos horários determinados, exigindo proteção solar, pode-se projetar o tipo de sombreamento que se pretende adotar através de dispositivos de projeto, vegetações, etc. KOENIGSBERGER et alii (1977) demonstraram estudos e cálculos de ângulo de incidência solar e ângulos de sombra, e determinam que a eficácia dos dispositivos de sombra são especificados mediante os ângulos de sombra horizontal e vertical, sendo ambos medidos a partir da linha perpendicular à elevação e indicam o limite extremo que exclui o sol, pois acima deste ocorre insolação. E, mais adiante, quando tratam do projeto de dispositivo de sombra finalizam descrevendo que *" o projeto de um dispositivo adequado para sombra, consiste fundamentalmente em marcar períodos de sombra, quando o período for de calor excessivo, com ajuste tão perfeito quanto for possível"*.

FEUSTEL et alii (1992) quando tratam de estratégias de resfriamento passivo, para minimizar sobrecarga de sistemas mecânicos de resfriamento, detêm-se sobre sombreamentos por meio de vegetação, definindo que existem três maneiras pelas quais a performance térmica dos edifícios são afetadas por esta estratégia, fixando vegetação nas paredes da edificação ou ao redor da edificação, sendo responsável pela redução da temperatura ambiente, através da evaporação e redução da radiação. E, finalmente, ao sombrear as edificações nas horas de sol, que além de reduzir o ganho solar na própria edificação, evita o ganho em pisos de concreto e asfalto, que podem emitir radiações de onda longa, pois são superfícies muito mais impermeáveis que a vegetação. Os autores salientam que a redução do ganho de calor por processo convectivo e condutivo, pela vegetação, dá-se pela redução da temperatura do ar externo, pela evapotranspiração das plantas. Também ocorre a redução de ganho de calor por infiltração, pois a velocidade do vento é reduzida.

Deve-se, portanto, considerar que são muito contraditórias estas reduções, pois pode-se diminuir o potencial de resfriamento pela ventilação, devido à diminuição da velocidade dos ventos junto as vegetações. Ocorre, também, na presença da vegetação abundante e cobertura do céu, uma diminuição do calor perdido por resfriamento radiante. E, finalmente,

ocorre um aumento do calor latente do meio externo, pela mesma evapotranspiração da vegetação.

Pode-se observar que esta é uma estratégia que interfere diretamente com outras estratégias e que, também, sua utilização requer uma série de cuidados a serem seguidos, variando muito com o local, a edificação, seu uso e o meio que a circunda. Inicialmente, para o clima de Florianópolis, deve-se construir o diagrama solar e marcar os períodos de sobreaquecimento, com a utilização da metodologia de OLGAY (1963).

Salienta-se importância do sombreamento, como estratégia de resfriamento, tão evidente quanto a insolação é no aquecimento solar passivo. Entretanto, numa avaliação inicial, pode apresentar-se como um requisito favorável, no período do verão, mas é necessário analisar sua interferência junto à outras estratégias (bloqueio de ventilação/ diminuição de resfriamento radiante, etc) antes de adotar uma forma de sombreamento.

2.5. Conclusões

A adoção da carta bioclimática, juntamente com a análise do clima de Florianópolis, associada às descrições das diversas estratégias, levantaram, por meio desta revisão, questionamentos junto a parâmetros importantes. Em alguns casos, estes tornam-se pouco evidentes quanto à sua aplicabilidade junto ao clima em estudo, enquanto que em relação à outras estratégias, consegue-se definir com mais segurança a sua eficiência.

A amplitude térmica diária neste clima apresenta valores entre 10°C e 15°C, não definindo uma aplicabilidade maior para ventilação tipo de Conforto ou para Resfriamento Convectivo Noturno. Entretanto pelo alto nível de umidade relativa do ar, a estratégia de ventilação apresenta-se imprescindível para obtenção do conforto fisiológico (Ventilação de Conforto), mas sua associação indireta com o resfriamento da massa (Ventilação Resfriamento Convectivo Noturno) apresenta-se como uma recomendação indefinida.

O clima em estudo não apresenta, também pelos valores da amplitude térmica, parâmetros que ajudem à definir a adoção de maior massa, ou seja, inércia térmica como estratégia pertinente. A amplitude não apresenta-se tão pequena como em regiões tropicais quentes e úmidas (amplitude anual em torno de 4 °C), onde a massa leve é recomendada, nem apresenta-se maior que 15°C, característica de climas quentes e áridos, onde maior massa é

eficaz. Mas, amplitudes térmicas diárias no intervalo entre 10 à 15 °C e presença de estação fria no clima em estudo, transformam uma indicação de estratégia de massa para resfriamento em uma questão a ser investigada.

A presença de maior massa em climas compostos, mostrou-se, por meio da revisão, um comportamento de performance muito variável, dependendo, além da amplitude térmica, da presença de isolamento na envoltória, porcentagem de aberturas, insolação, volume e forma, dentre outros aspectos. Esta é uma estratégia que exige um ajuste cuidadoso entre muitas variáveis, salientando-se que a inércia térmica e o tempo de retardo são propriedades proporcionais entre si, e que mostraram-se como artificios de projeto que, se adotados de forma adequada, podem diminuir internamente contrastes térmicos externos, retardando a penetração de menor quantidade de calor; caso contrário, podem tornar-se um grande equívoco de projeto.

Pode-se concluir que o aquecimento solar passivo é uma estratégia importante para obtenção do conforto térmico na estação fria desta região. A adoção de maior massa para aquecimento, diferentemente de massa para resfriamento, não deixou dúvidas quanto à sua eficiência junto ao clima em estudo. Dependente de um nível adequado de insolação, pelos dados presentes de radiação total diária da região, responde à demanda exigida frente a uma análise inicial. Parâmetros de sua aplicabilidade (10% somente dos dias frios com temperaturas menores que 11,5 °C, devido à amenidade do inverno) fazem esta estratégia liderar as formas de aquecimento solar passivo. Desta forma, pode deduzir que a adoção de formas mais complexas de aquecimento solar passivo ou de aquecimento artificial devem ser acompanhadas de uma análise de custo-benefício.

Outro aspecto conseqüente da adoção de maior massa no projeto, para satisfazer a estação fria do clima em estudo, seria a verificação da compatibilidade da solução a ser adotada como recomendação, frente a presença das duas estações distintas.

A umidificação só é necessária nos casos da instalação de tipos específicos de aquecimento artificial; caso contrário, é completamente inapropriada, pelo mesmo aspecto que o resfriamento evaporativo da forma direta é vetado quanto ao clima deste estudo.

O alto nível de umidade apresentado em todas as estações do ano, determina que estas estratégias comprometam ainda mais o conforto de um ambiente interno pelo aumento de sua umidade. Já forma indireta de resfriamento evaporativo produz efeito desejado, ao ser

associada ao resfriamento radiante, com comportamento térmico apresentado nas coberturas porosas, lajes de cobertura com tanques d'água ou vegetação.

A necessidade da implantação de um sistema de condicionamento térmico artificial diminui gradativamente com a adoção de um projeto bioclimático e torna-se uma exigência indispensável, caso seja concretizada a instalação um sistema mecânico, pela grande economia de energia na sua operacionalidade.

As estratégias presentes na carta bioclimática adotada, não incluem detalhadamente a determinação dos períodos de necessidade de Insolação e Sombreamento. Entretanto sua influência é inquestionável junto as demais estratégias e sua presença, nas recomendações para projeto bioclimático também. Havendo assim, necessidade de estudos mais específicos desta estratégia junto ao clima em estudo.

Outra estratégia ausente na carta adotada é a de Resfriamento Radiante, só que com influência mais limitada. Sua associação maior, como já foi visto, é junto à Estratégia de Massa e junto ao Resfriamento Evaporativo Indireto.

A plotagem dos dados climáticos horários anuais, na carta bioclimática adotada, poderá apontar, com maior segurança, a predominância e influência destas estratégias no clima de Florianópolis. Esta verificação será apresentada no capítulo seguinte, bem como a experimentação prática das estratégias mais dominantes, por meio de um estudo de caso

ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CLIMA DE FLORIANÓPOLIS

3.1. Carta Bioclimática Adotada x Ano Climático de Florianópolis	67
3.2. Estudo de Caso	71
3.2.1. Objetivo	71
3.2.2. Escolha da Estratégias e Período Anual para Medições	72
3.2.3. Escolha do Local	72
3.2.4. Descrição das Moradias	74
3.2.5. Metodologia	86
3.2.5.1. Geral	86
3.2.5.2. Escolha dos Pontos de Medição (Semelhanças e Diferenças)	88
3.2.6. Dados Obtidos	90
3.2.6.1. Ventilação	91
3.2.6.2. Massa Térmica/ Aquecimento Passivo	100
3.2.6.3. Estratégia da Massa para Resfriamento, Inércia Térmica.	104
3.3. Conclusão do Estudo de Caso	112

3. ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CLIMA DE FLORIANÓPOLIS

3.1. Carta Bioclimática Adotada x Ano Climático de Florianópolis

Neste tópico será analisado o resultado obtido ao aplicar-se o programa desenvolvido por SCHUCH(1994), que adaptou o método de WATSON e LABS (1983), possibilitando o cruzamento de todos os dados climáticos horários de um ano, ao serem plotados junto a carta bioclimática adotada para Florianópolis.

Os dados, assim obtidos, demonstraram conforme figura 3.1 e tabela 3.1, que o ano climático apresenta no geral, um desconforto térmico de 79,2% em número de horas, muito maior que de conforto com 20,8%.

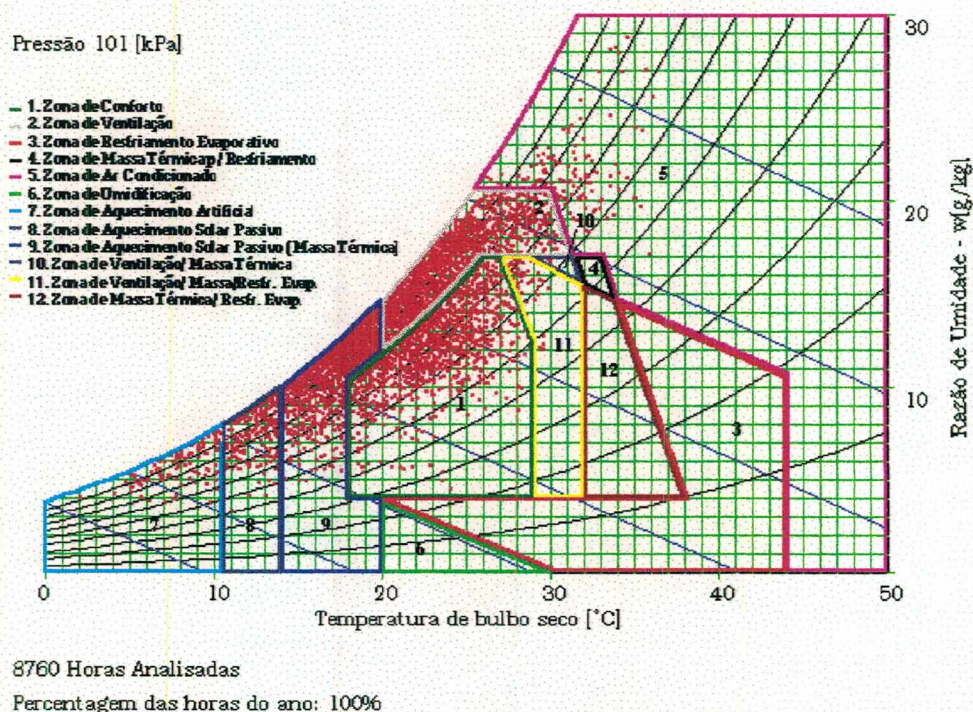


Figura 3.1. Plotagem de 8760 Horas Analisadas (100% das horas) do ano climático TRY de Florianópolis.

Tabela 3.1. Porcentagens das Estratégias Bioclimáticas referente ao ano climático, retratadas na figura 3.1. SCHUCH (1995).

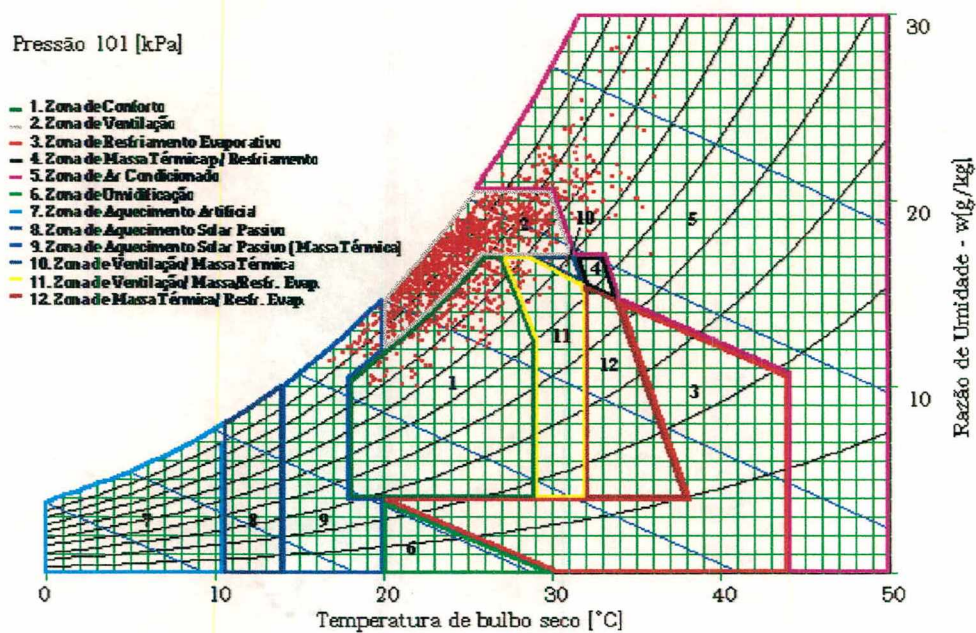
Período : Anual			
Conforto: 20,8% (1822 horas)			
Desconforto: 79,2% (6938 horas)			
ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS			
Frio: 40,7% (3565 horas)		Calor: 38,5% (3373 horas)	
Aquec. Solar Pass./Massa Térmica	35,4%	Ventilação	35,7%
Aquecimento Solar Passivo	3,8%	Vent./Massa/Resfr. Evaporativo	1,0%
Aquecimento Artificial	1,5%	Massa p/ Resfriamento	0,0%
		Ar Condicionado	1,8%

As estratégias que apresentaram-se como mais efetivas para alcançar-se o conforto térmico, foram a de Ventilação com 35,7% e Massa Térmica/ Aquecimento Passivo para ganho de calor com 35,4%. É interessante observar que o desconforto tanto para o frio quanto para o calor, são equivalentes, o que demonstra o contraste entre as duas estações do ano climático de Florianópolis.

Outro aspecto a ser observado, é de que a massa térmica para aquecimento (35,4%), aparece numa proporção muito maior do que para resfriamento que apresenta o valor só de 1,0%, ainda podendo ser alcançado por resfriamento evaporativo, ou ventilação. A massa térmica pode apresentar-se como uma estratégia conflitante entre os requisitos de cada estação climática.

Tomando separadamente, para análise, os meses mais quentes (janeiro, fevereiro, março) e os meses mais frios (junho, julho e agosto), obtêm-se os resultados conforme figuras. n°3.2. e n°3.3.

As tabelas correspondentes n° 3.2 e n°3.3., demonstram o resultado das proporções de conforto e desconforto para estes períodos, bem como as porcentagens destas estratégias.



2160 Horas Analisadas

Percentagem das horas do ano: 25%

Figura 3.2. Plotagem de 2160 horas meses (janeiro/fevereiro/ março)(25% das horas anuais) do ano climático TRY de Florianópolis.

Tabela 3.2. Porcentagens das Estratégias, referentes aos meses mais quentes.

Período: Janeiro/ Fevereiro/ Março

Conforto: 10,8% (233 horas)

Desconforto: 89,2% (1927 horas)

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

FRIO: 4,3% (93 HORAS)		CALOR: 84,9% (1834 HORAS)	
Aq. Solar Pass./Massa Térmica	4,3%	Ventilação(somente)	76,8%
		Vent./Massa p/ Resfr./R.Evap	1,5%
		Ar Condicionado	6,6%
		Demais Estratégias	0,0%

Tabela 3.3. Porcentagens das Estratégias, referentes aos meses mais frios.

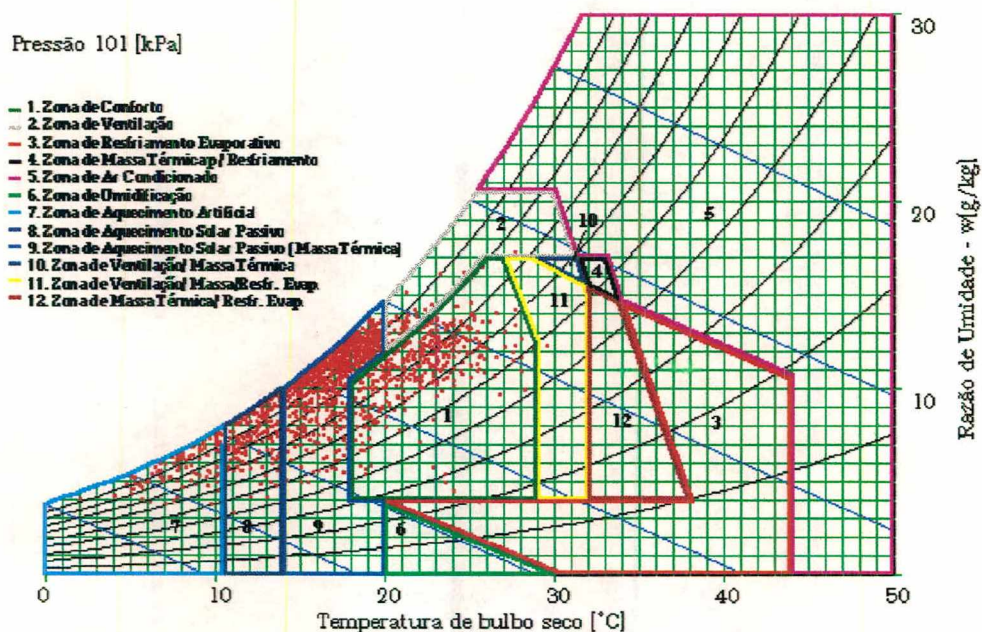
Período: Junho/ julho/ Agosto.

Conforto: 21,9% (483 horas)

Desconforto: 78,1% (1725 horas)

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

FRIO: 74,2 % (1639 horas)		CALOR: 3,9 % (86 horas)	
Aquecimento Artificial	6,1%	Ventilação	3,9%
Aquecimento Solar Passivo	10,1%		
Aquec. Solar Pass./Massa Térmica	58,0%		



2208 Horas Analisadas

Porcentagem das horas do ano: 25%

Figura 3.3. Plotagem de 2208 horas meses (junho/ julho/ agosto)(25% das horas anuais) do ano climático TRY de Florianópolis.

Pode-se observar que para os meses mais frios a estratégia com maior porcentagem é a de Massa Térmica/ Aquecimento Passivo, e para o verão a estratégia com maior porcentagem é a de Ventilação. A Massa Térmica para Resfriamento (Inércia Térmica), aparece com uma porcentagem quase insignificante, porém merece uma verificação, pois na revisão bibliográfica esta estratégia apresenta-se pouco conclusiva, para um clima como desta região. Há também a necessidade de avaliar a presença de massa "pesada" em períodos quentes e sua compatibilidade com as necessidades desta na estação fria. Um aspecto que pode-se observar é que no inverno, ou mesmo verão, ocorrem períodos de calor e frio respectivamente.

Desta forma quatro hipóteses podem ser formuladas e devem ser testadas, todas relacionadas ao clima de Florianópolis, que são:

1º) *"Ventilação é uma estratégia eficiente para períodos quentes"*

2º) *"Massa térmica/ Aquecimento Passivo é uma Estratégia eficiente para períodos frios".*

3º) *"Massa Térmica/ Aquecimento Passivo nos períodos frios, não é conflitante com os períodos quentes".*

Resultando a quarta hipótese abaixo.

4º) *"Massa Térmica para Resfriamento(Inércia Térmica), é uma estratégia indicada para períodos quentes".*

Estas hipóteses podem ser testadas na prática por meio de um estudo de caso.

3.2. Estudo de Caso

3.2.1. Objetivo

A intenção de realizar estas medições, tem como objetivo avaliar a eficiência das estratégias dominantes, que apresentaram-se após a plotagem dos dados climáticos, na carta bioclimática adotada. Procurando comprovar na prática, as hipóteses acima formuladas, junto ao clima de Florianópolis.

Procurou-se para a avaliação, escolher moradias que apresentassem características construtivas, próprias da região, quanto aos tipos de materiais empregados. Entretanto, o universo de opções e formas construtivas associadas a várias tipologias existentes, são muito

abrangentes, nesta cidade. Fazendo com que qualquer escolha, caracterize-se como uma falta em relação a outras tipologias não avaliadas, mas de igual importância.

Este estudo de caso, procurou trabalhar os efeitos destas estratégias, mais em relação ao aspecto qualitativo do que quantitativo. Acreditando que para uma avaliação quantitativa as variáveis existentes, deverão apresentar um controle mais preciso, conseguida através de construção de protótipos.

3.2.2. Escolha da Estratégias e Período Anual para Medições

Os períodos de medições foram escolhidos, através da análise dos dados climáticos das estações onde ocorreram maior concentração de condições desconfortáveis, plotados na carta bioclimática adotada. Assim, foram escolhidos meses compreendidos dentro do verão e do inverno, definindo os períodos em que as medições deveriam ser efetuadas. Conforme as figura 3.2 e nº3.3., pode-se observar as concentrações de desconforto para o frio, que ocorreram nos meses de junho, julho e agosto e desconforto pelo calor, nos meses de janeiro, fevereiro e março. Assim ficou estabelecido que as medições deveriam ser efetuadas dentro destes períodos. As estratégias Bioclimáticas, que vão ser analisadas, são Ventilação e Inércia Térmica para o período quente e Massa Térmica/ Aquecimento Passivo para os períodos frios, que são as estratégias envolvidas nas hipóteses formuladas.

3.2.3. Escolha do Local

Os dois locais escolhidos, situam-se na ilha de Santa Catarina, ambos distantes aproximadamente a uns 800m da orla marítima. Um local foi na praia do Ingleses, ao norte da ilha. Neste local foram efetuadas as medições relacionadas a estratégia de Ventilação. Outro local escolhido foi ao leste da ilha, na praia do Campeche, apresentando-se como uma região de expansão urbana da cidade. Neste ponto foram testadas as Estratégias de Ventilação, Massa para Resfriamento e Aquecimento Passivo.

A escolha do local em Campeche foi favorecida pela proximidade do local, onde foram obtidos os dados climáticos externos, na Divisão de Meteorologia Aeronáutica, pertencente a DEPV(Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo), da Base Aérea de Florianópolis. Estes dados foram a temperatura do ar externo, umidade relativa, velocidade e direção de ventos, dados horários dos dias das medições e dos que antecederam a elas. Foram também

acrescentadas as temperaturas medidas na Engenharia Mecânica da UFSC, para poder comparar, entre estes pontos distantes da ilha, os dados da temperatura externa, e verificar a ocorrência de variações muito significativas, caso houvesse.

Na praia dos Ingleses as medições foram efetuadas em uma só moradia, favorecendo-se por ser uma região aberta aos ventos predominantes do verão, que são o norte e nordeste, conforme mostra a figura 3.4. Já em Campeche as medições foram realizadas em duas casas próximas, para melhores comparações de dados, pois situam-se dentro de um mesmo microclima(ver figura 3.5).

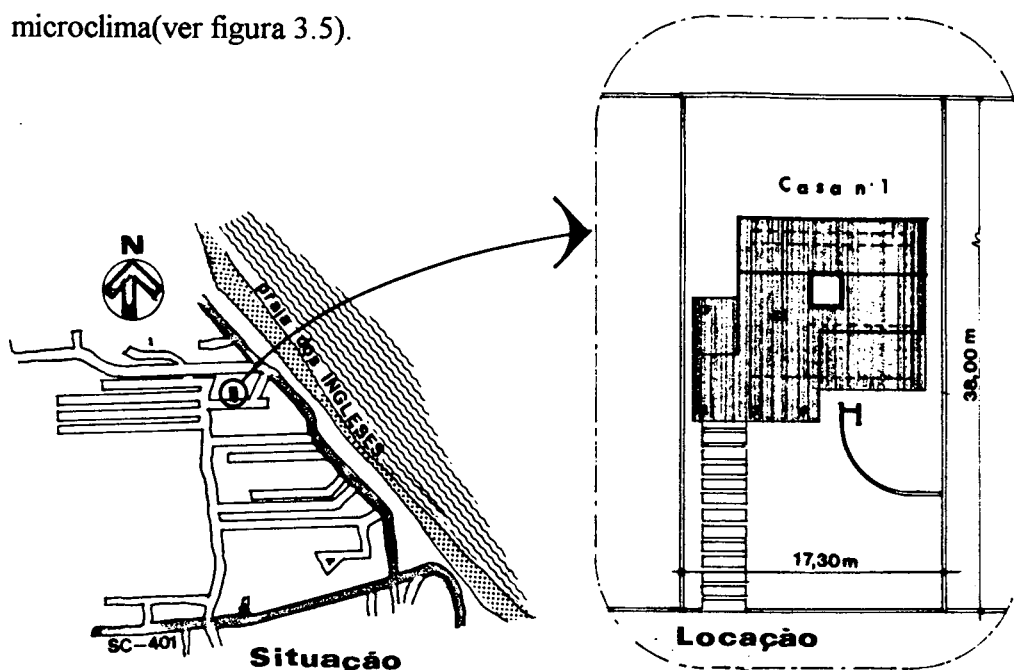


Figura 3.4. Situação e Locação da Moradia do Balneário dos Ingleses.

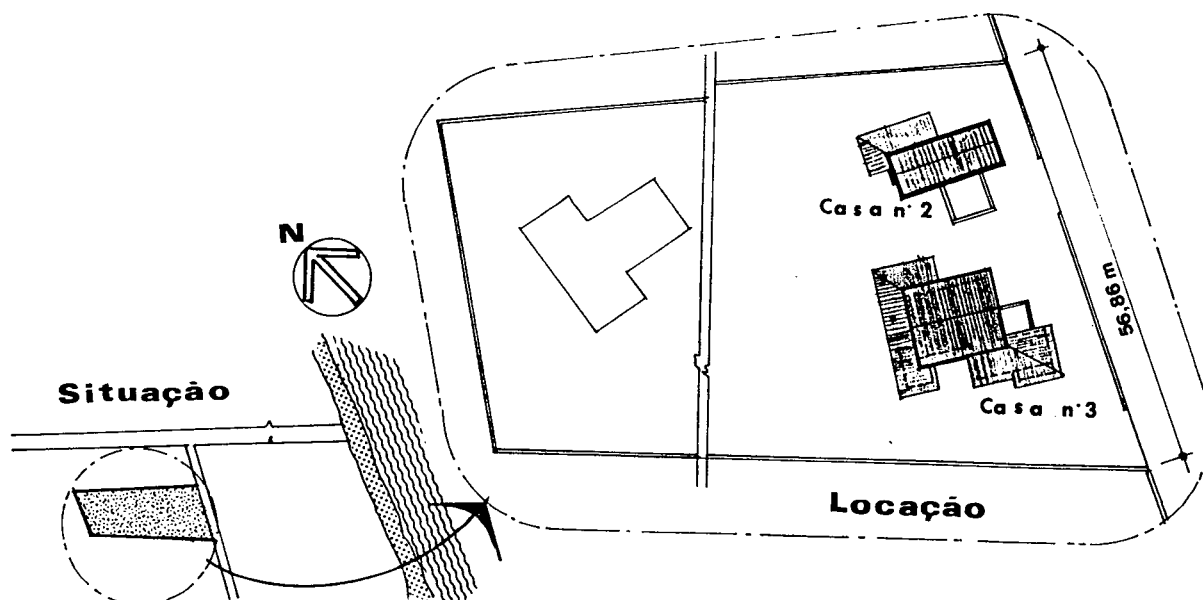


Figura 3.5. Situação e Locação das Moradias no Balneário Campeche.

3.2.4. Descrição das Moradias

As moradias são padrão de médio a alto de construção, norteadas na execução, por projetos desenvolvidos por profissionais da área de Arquitetura. Este é um dado importante, pois demonstra que houve uma intenção prévia na elaboração do projeto, de atender os requisitos de conforto, insolação, com estudos de espaços, implantação e orientação, mesmo que em proporções diversas.

Todas as três moradias apresentam-se com dois pavimentos, onde as áreas de serviço e estar são situadas no pavimento térreo, e as áreas dos dormitórios no pavimento superior. A presença de varandas é também comum a todas, principalmente no pavimento térreo.

Será descrito abaixo, um resumo dos materiais de construção, empregados em cada uma destas moradias, e serão denominadas de casa nº1 a situada nos Ingleses, e as casas nº2 e nº3 no Campeche.

- **Casa nº1/ situada nos Ingleses.**

Nesta casa os materiais construtivos empregados, definem estruturalmente a edificação, ver figuras nº3.6, nº3.7 e nº3.8.



Figura 3.6. Casa dos Ingleses, fachada frontal ao sul.

A escolha de alvenaria dupla e simples em tijolos maciços, nas paredes externas do pavimento térreo, e nas paredes internas e externas do pavimento superior respectivamente, permitem que esta além de apresentar-se como elemento de fechamento, funcione também como elemento estrutural. Este aspecto torna-a sólida, caracterizando-a como uma edificação de maior massa, com uma inércia térmica presente.

O responsável direto desta característica, encontra-se na qualidade deste tijolo, sua alta densidade e tamanho. Permitindo atingir uma parede dupla com até 23 cm, e uma simples com até 11 cm de espessura. A solidez e a cor, também são aspectos favoráveis, sendo que a cor apesar de apresentar-se variável, é bem mais clara que a maioria dos tijolos maciços. Beneficiando a iluminação interna, uma vez que o tijolo apresenta-se à vista em todos os ambientes, exceto nos banheiros.

A estrutura da casa, é em quase todos os pontos apoiada na alvenaria, com a presença de um cintamento de concreto, que coroa as alvenarias na altura da laje pré-moldada do pavimento superior, sobre as quais são engastadas. A cobertura é de telha cerâmica, tipo canal, apresentando-se com a mesma tonalidade da alvenaria, porém já escurecida pelo tempo. O forro é de madeira, fixada acima dos caibros, sem a presença de isolantes térmicos.

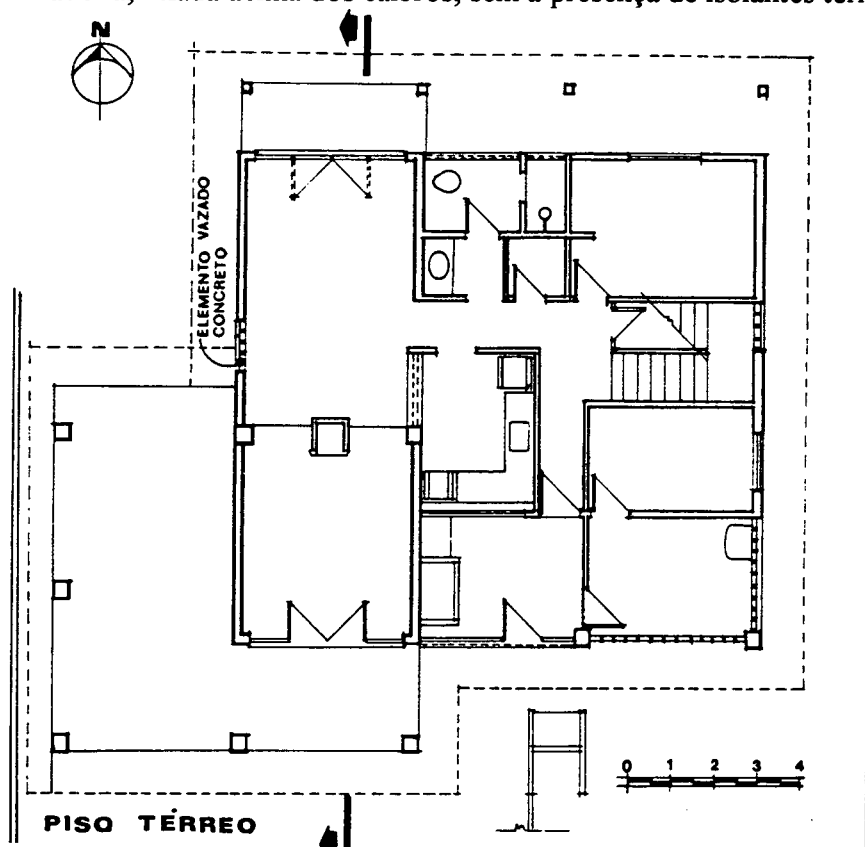


Figura 3.7. Casa dos Ingleses, planta baixa piso térreo .

A estrutura do telhado, bem como as aberturas e os pisos dos quartos são de madeira. Os demais pisos são de pedra natural (tipo São Tomé), e nas áreas molhadas são de piso cerâmico. O elemento de concreto pré-moldado, com vidro, apresenta-se também como elementos de fechamento.

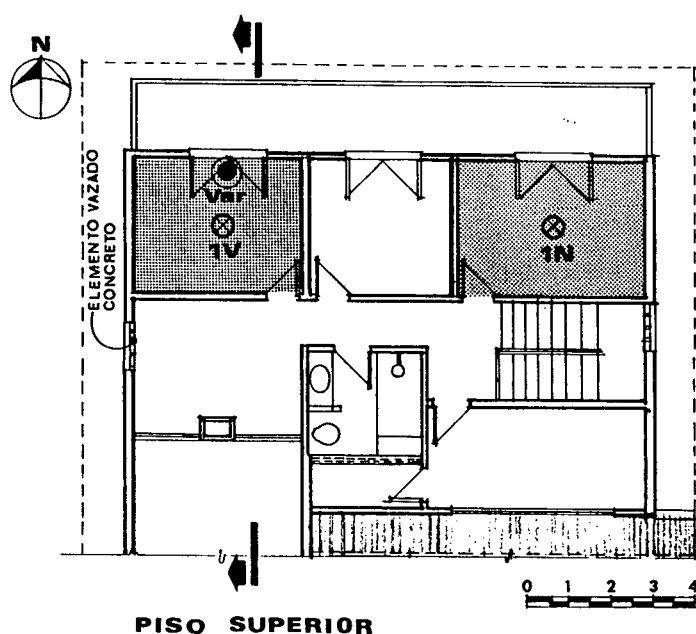


Figura 3.8. Casa dos Ingleses, planta baixa piso superior

A presença de espaços com pé direito duplo, mesmo com aproveitamento de área por um mezanino, (ver figura 3.9.) determinam uma relação menor de área de uso/volume, tanto na sala de estar como em toda casa. Ocorre conseqüente favorecimento da ventilação por estes espaços, pois ocorre a saída do ar do pavimento térreo, através do mezanino, pelo efeito "chaminé". Além disso, o volume amplo destes espaços, garante um distanciamento da área de ocupação do gradiente térmico que atravessa a cobertura. Segundo o depoimento dos ocupantes da casa, no verão, estas características, garantem um bom nível de conforto térmico. Com uma ressalva, na sala do mezanino a oeste, pelo fechamento com os elementos de

concreto pré moldado com vidro. Pois tornam em certos dias à tarde, o ambiente desconfortável pelo calor radiante solar, mesmo frente à uma ventilação efetiva.

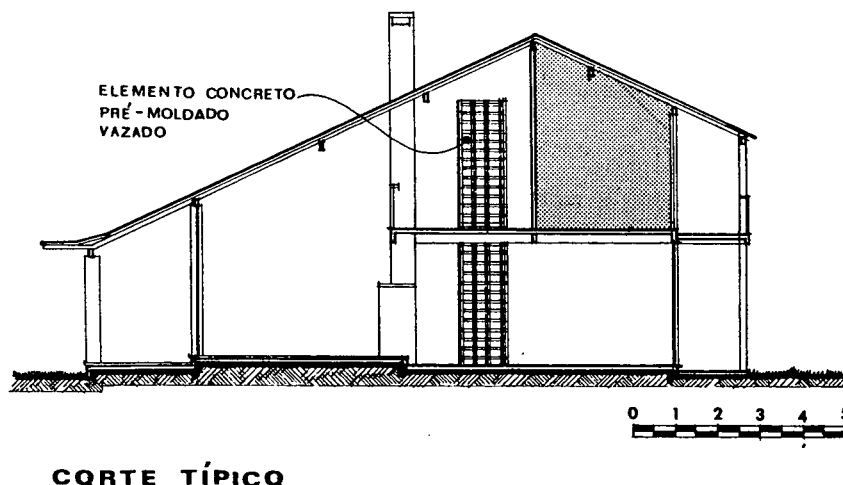


Figura 3.9. Corte transversal da Casa dos Ingleses

- **Casas situadas em Campeche**

As duas casas, como já foi dito, situam-se próxima uma da outra em torno de 15 m afastadas, porém, distantes o bastante para que as medições não sejam afetadas por sombreamentos mútuos. A orientação das duas é a mesma, ou seja são implantadas, em um terreno plano, com a mesma inclinação das paredes em relação aos pontos cardeais. Ambas as casas, apresentam orientação do eixo longitudinal, fazendo um ângulo de 60° com a orientação norte, conforme já mostrado na figura 3.5.

- **Casa nº2**

O tipo de tijolo utilizado nesta casa é o mesmo da casa dos Ingleses (ver figura 3.10.), assim como o conceito estrutural de projeto, onde a alvenaria desempenha papel estrutural, o que define características de solidez, pela presença de maior massa (inércia térmica).



Figura 3.10. Foto da fachada nordeste da casa nº2

A edificação, é assim como um corpo único, onde o pavimento inferior é projeção do pavimento superior, somente com extensão de varanda e área de serviço, a partir do corpo principal da casa, conforme mostrado na figura 3.11 e figura 3.12.

A alvenaria apresenta-se dupla no pavimento térreo, que recebe a laje pré-moldada, acima de um cintamento, que percorre toda a edificação.

A cobertura é de telha cerâmica, do tipo francesa, com forro por baixo dos caibros, com rebaixo plano do forro de madeira, conforme aparece no corte da figura 3.13. O forro apresenta isolante térmico, de isopor de 1,5 cm, somente na parte de forro inclinado. A

ventilação acima do forro é pobre por entre as telhas, pela presença de plástico acima das ripas, entretanto a sua presença à torna mais isolante.

As esquadrias existentes são de madeira, com presença de telas, vidros e venezianas somente nos quartos. São otimizadas, quanto ao número e tamanho, não havendo excesso de aberturas, principalmente no pavimento térreo. Existe também como vedação, a presença de elementos de concreto pré-moldado com vidro, mas em pequeno número.

O piso é cerâmico em todo pavimento térreo e banheiros, porém no pavimento de cima, os dormitórios apresentam piso de tábua corrida.

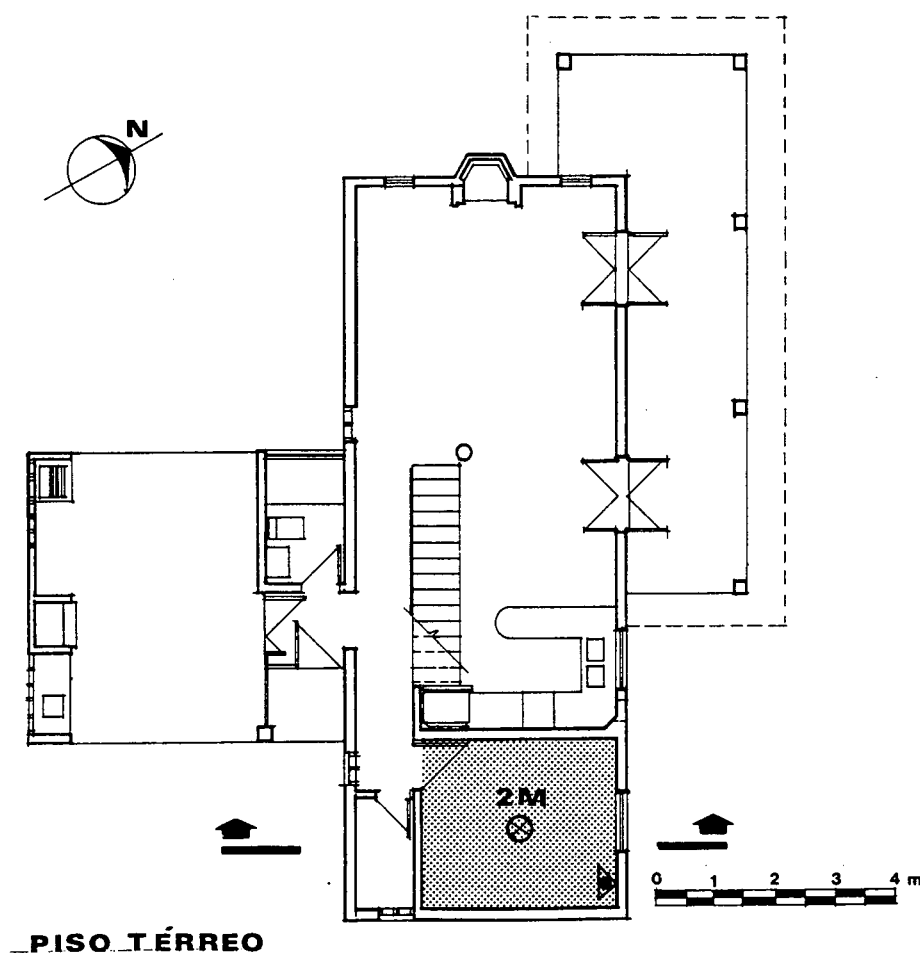


Figura 3.11. Planta do pavimento térreo da casa n°2 (Campeche)

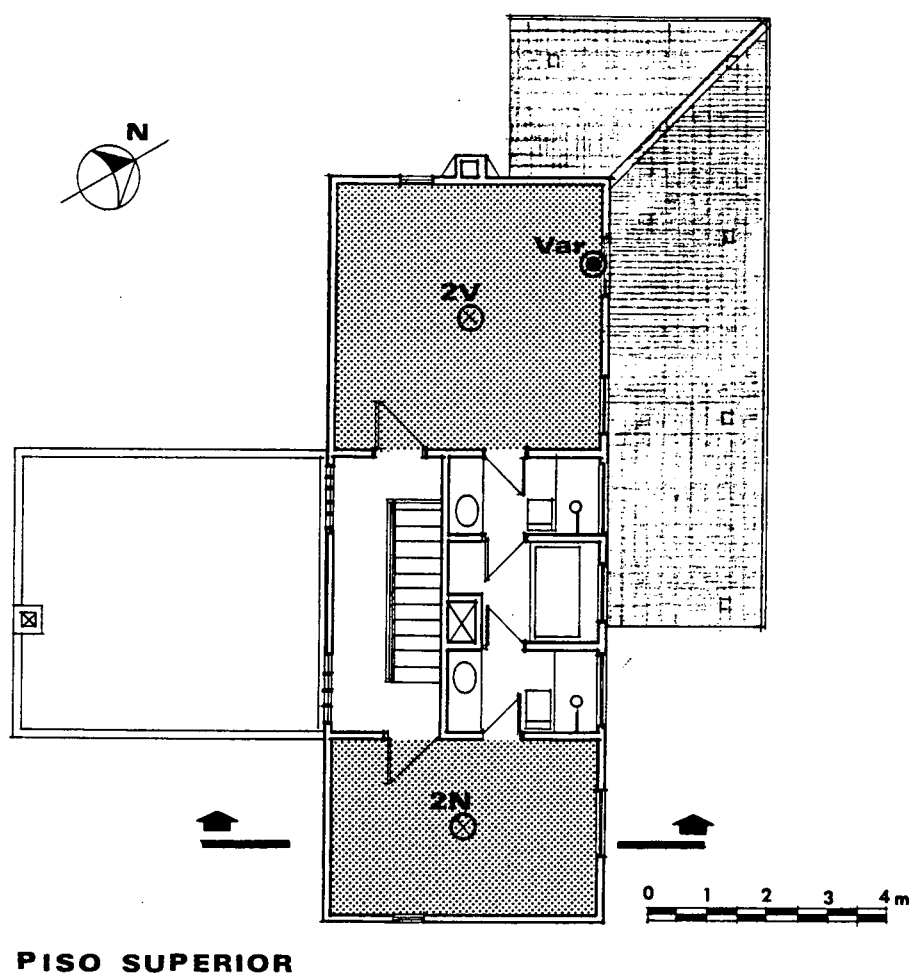


Figura 3.12. Planta do pavimento superior Casa nº2 (Campeche)

Os proprietários e moradores da casa, relatam que a casa é confortável em todas as estações do ano, mas que em certos dias do inverno, há a necessidade de ascender a lareira para atingir um ambiente interno confortável. Já no verão, o suite do casal, voltado para a orientação nordeste, apresenta-se um pouco quente à noite, principalmente na ausência de ventos à noite. O calor é proveniente da parede cega à noroeste, não sombreada, de tijolo maciço simples.

Todas aberturas dos dormitórios são voltadas para a fachada nordeste, sem proteção solar para as paredes, pois não há beiral. Esta é uma orientação favorável para a penetração de ventos predominantes do verão, o norte e nordeste. O fato da proximidade do mar, também aumenta o potencial de resfriamento dos ventos noturnos. A ausência destes à noite é rara, o

que, após um dia de radiação solar e umidade elevadas, garante o conforto interno, segundo os moradores, em quase todas as noites do verão.

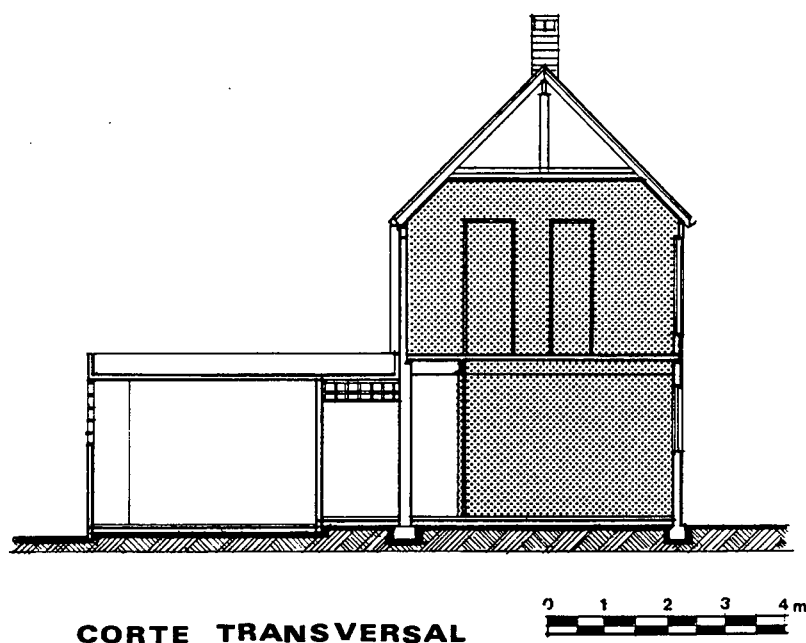


Figura 3.13. Corte típico da Casa nº2 (Campeche)

- **Casa nº3**

A casa é distinta do tipo das anteriores, pois o elemento estrutural é independente, sendo que a alvenaria funciona somente como elemento de fechamento da construção. A alvenaria é de tijolos furados, do tipo seis furos, com paredes externas e internas de mesma espessura, em torno de 14 cm de espessura. Apresentando-se como um sistema construtivo mais convencional, da região de Florianópolis (ver figura 3.14), do que as duas casas anteriores.

Esta já sofreu duas ampliações, inclusive de um apartamento de veraneio, independente da casa, porém colado ao corpo da mesma.

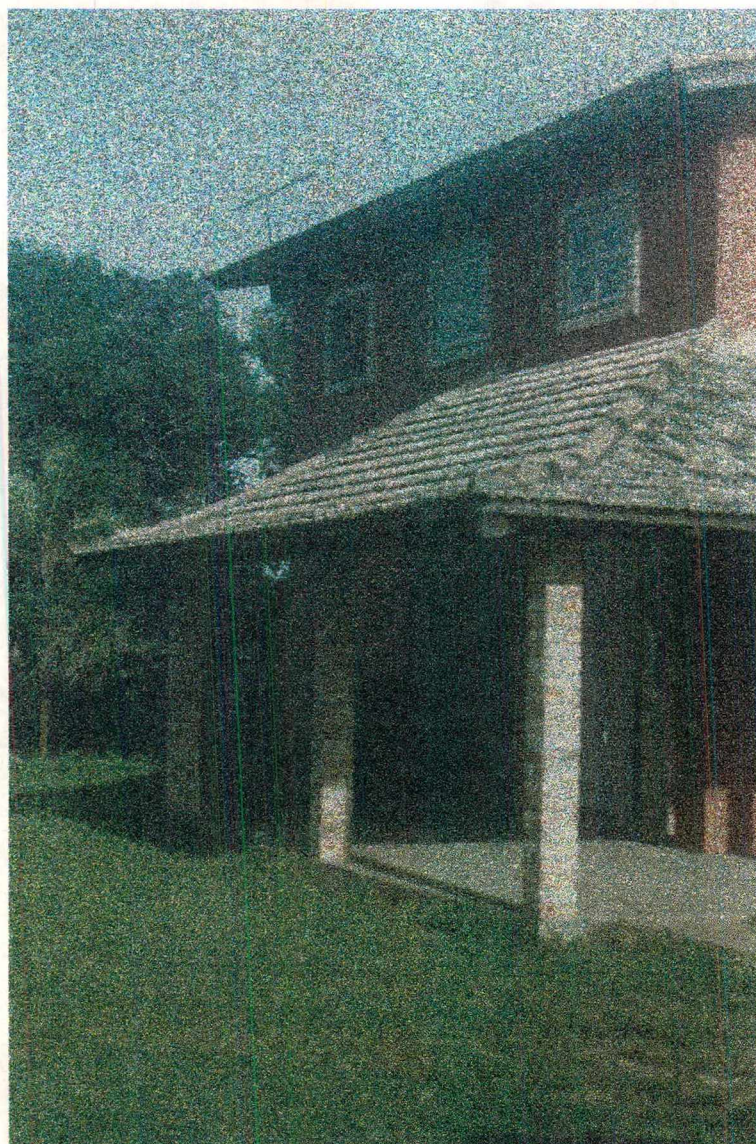


Figura 3.14. Foto da casa nº3 (Campeche), voltada para a orientação nordeste.

O pavimento térreo da casa é muito mais amplo que o superior, com a presença de varandas, área de serviço, e sala, que estendem-se ao redor do corpo central da casa, conforme mostra a figura 3.15. e figura 3.16.

Os pisos no pavimento térreo são de pedra natural de ardósia, com cerâmica nas áreas molhadas. No pavimento superior o piso é de carpete nos dormitórios.

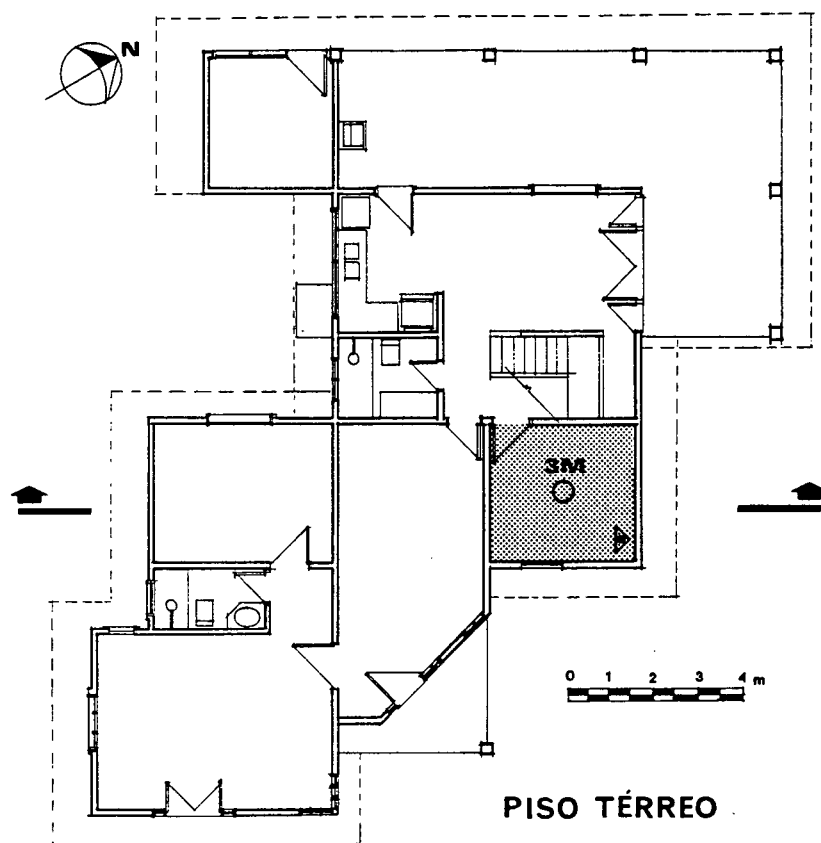


Figura 3.15. Planta pavimento térreo casa nº3 (Campeche)

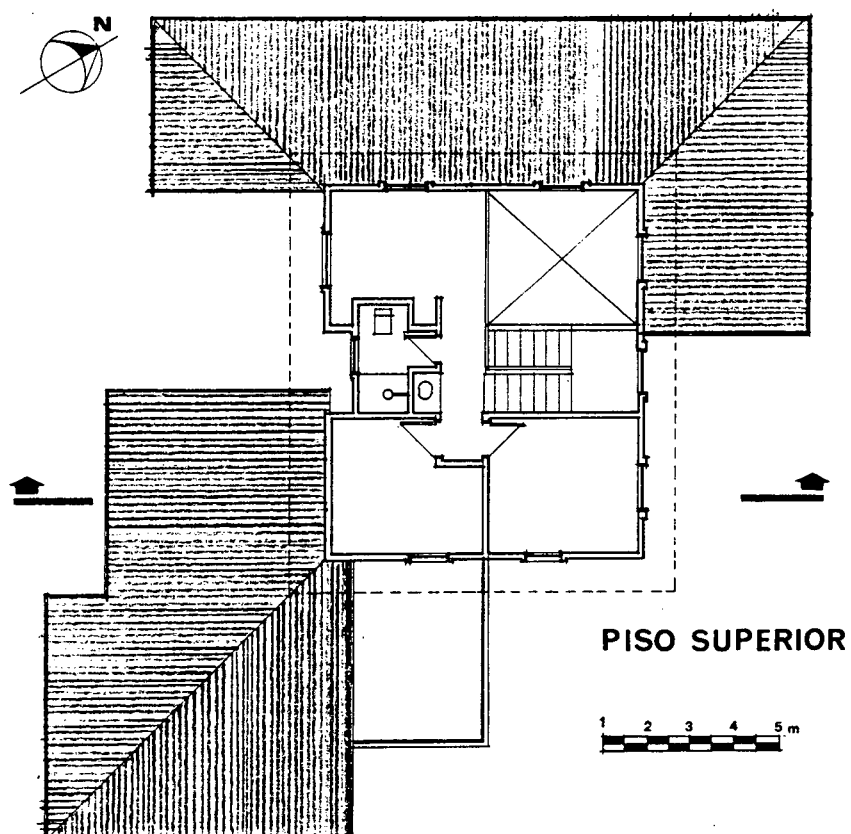


Figura 3.16. Planta do pavimento superior da casa nº3 (Campeche)

As esquadrias são também de madeira com vidro, com presença de venezianas nos dormitórios. Entretanto, no pavimento inferior, a presença da área de esquadrias em relação a área de piso, é um pouco maior que a da casa nº2. Existem também fechamentos de elemento de concreto pré-moldado com vidro.

A cobertura é de telha cerâmica do tipo francesa, com forro de madeira acompanhando a declividade da cobertura, fixado por cima dos caibros, sem isolamento térmico, com a presença de plástico preto sobre o forro.

A laje do piso superior é de concreto pré-moldado (ver figura 3.17), do tipo idêntico as demais casas, sendo também rebocada na face inferior, e pintada de branco. A cor das paredes internas também são brancas, porém externamente a cor é ocre, apresentando-se um tom mais escuro que a de alvenaria de tijolos aparentes.

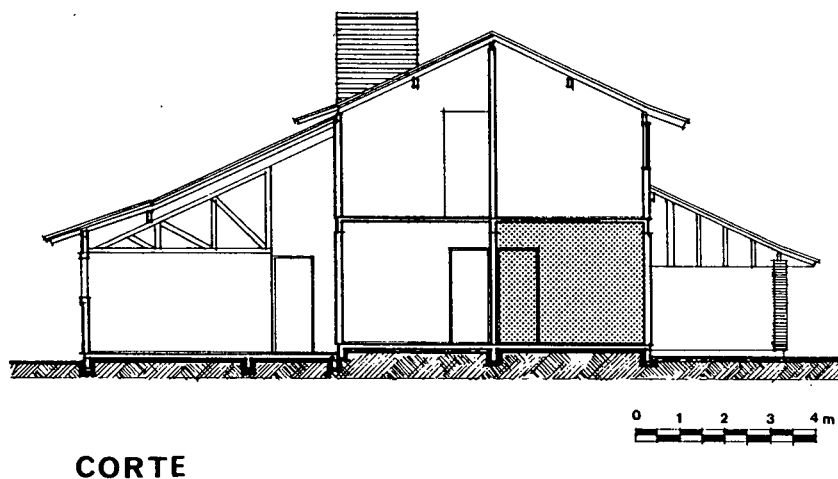


Figura 3.17. Corte da casa nº3 (Campeche)

A casa é alugada e no período das medições era ocupada só por dois moradores, e não relataram nenhum desconforto maior que pudesse ser significativo. Consideram a casa relativamente confortável, porém muitos ambientes da casa não eram utilizados. O quarto

utilizado pelo casal é voltado para sudeste, representando uma orientação mais favorável para a estação quente, comparado ao quarto do casal da casa nº2.

As casas apresentam de forma mais geral, comportamentos térmicos que alteram sua resposta frente as solicitações climáticas externas, e podem ajudar a interpretar os resultados das medições efetuadas. A tabela 3.4. abaixo, resumirá estas propriedades:

Tabela 3.4. Propriedades Térmicas da envoltória das casas.

Propriedades Térmicas	Casa nº1	Casa nº2	Casa nº3
Densidade das Paredes (kg/ m ³)	1800	1800	1200
“U” da parede do pavimento. térreo	2,52	2,52	2,54
“U” da parede do pavimento. superior	3,65	3,65	2,54
“U” da cobertura	2,27	1,13	2,27
Taxa de área de esquadrias (nordeste)/ Área fachada nordeste (casa nº1- norte)	34,8%	22%	22%
Taxa de área de esquadrias (noroeste)/ Área fachada noroeste (casa nº1- oeste)	6,7%	5,1%	17,6%
Taxa de área de esquadrias (sudeste)/ Área fachada sudeste (casa nº1- leste)	13,3%	8,4%	18%
Taxa de área de esquadrias (sudoeste)/ Área fachada sudoeste (casa nº1- sul)	72,3%	7,9%	10,25%
Taxa de área de esquadrias/ Área total(**)	26,8%	12,24%	18%
Taxa de área uso(fechada)/ volume (fechado) (m ² /m ³)	0,28	0,34	0,30
Taxa da área de cobertura/ Área total da envoltória(+cobertura) (*)	36,9%	33,4%	35,7%
Taxa da área de uso/ Área envoltória(+cobertura) (*)	63,1%	45,6%	43,3%

(*) Os cálculos referem-se ao volume e área fechada, inclusive na cobertura não considerou-se áreas de varandas e beirais.

(**) A área total das esquadrias foi considerada plena em todas as casas para simplificar a análise, pois as mais amplas e significativas são do tipo de abrir.

As medições comparativas dar-se-ão mais em relação as casas de nº2 e nº3, por isso a análise abaixo tenderá à se concentrar nelas. Pode-se observar que a Transmitância das paredes no nível térreo das duas casas são praticamente iguais, quanto ao pavimento superior a Transmitância das paredes de tijolo maciço simples aumenta razoavelmente e representa em torno de 44% da área das paredes da envoltória. Entretanto a área da cobertura da casa nº2 apresenta uma Transmitância menor que a casa nº3, pela presença do isolante térmico (somente na parte inclinada do forro) e o colchão de ar (não ventilado) na parte do forro plano.

Considerando a presença de aberturas um aspecto de penetração direta do calor solar e do frio, pode-se observar que a casa nº2 apresenta-se de forma global mais fechada ao meio externo do que a casa nº3, entretanto é praticamente igual na porcentagem de esquadrias voltadas para a fachada nordeste, diferentemente das demais fachadas da casa nº2 que apresentam-se mais fechadas.

A taxa de área utilizável (fechada) em relação ao volume que ocupa, índice que permite comparar qual casa é mais compacta do que outra, também apresenta-se com uma relação de pequena diferença entre as casas nº2 e nº3. Da mesma forma, a relação entre a área de cobertura e a área da envoltória, que permite diagnosticar uma maior penetração de calor na estação do verão, retrata edificações onde a variação não é muito representativa. Outro índice que permite determinar uma maior vulnerabilidade a penetração do calor (ou perda) seria a análise da taxa da área de uso pela área total da envoltória e esta, da mesma forma, não representa uma variação muito grande.

Todas estas diferenças entre estas duas casas, com o objetivo de se fazer uma análise não quantitativa, considerar-se-á como não representativa na performance térmica entre elas, e pode-se observar que a maior diferença, encontra-se na densidade das paredes das duas casas e suas respectivas capacidades térmicas (inércia térmica).

A casa dos Ingleses (casa nº1) apresenta-se mais aberta que as outras duas. As esquadrias, voltadas para a orientação sul são em maior proporção e não apresentam a estanqueidade exigida para uma moradia permanente. Não garantindo a vedação aos ventos frios do inverno fator agravado pela área muito extensa de vidro para esta orientação. Entretanto é altamente favorável à ventilação cruzada no verão. Foi a casa que apresentou maior área de cobertura em relação a área total da envoltória e menor relação de área de uso em relação a área de envoltória, também retratada pelo menor índice de área x volume. Através destes índices, pode-se determinar que esta foi a casa menos compacta das três casas analisadas.

3.2.5. Metodologia

3.2.5.1. Geral

A Metodologia a ser utilizada, consiste na medição de dados microclimáticos, dentro de ambientes onde comparativamente, deseja-se comprovar a eficiência das estratégias de Ventilação, Inércia Térmica e Massa Para Aquecimento Passivo para o Clima de Florianópolis. As medições foram realizadas no período diurno, a partir das 8 horas até as 20 horas, sendo que no verão foi realizada a partir das 9 horas, pois era vigente o horário de verão.

A medição de temperatura foram realizadas, em cada ponto, à uma distancia de aproximadamente 1,10 m do piso, seguindo as normas estabelecidas pela ISO 7726, em todos os aspectos que à norteiam. A medição da velocidade do ar no ambiente, foi efetuada no parapeito da janela (40 cm) e quando a esquadria é do tipo porta/janela em cima de um banco posicionado no eixo da esquadria, à uma distancia de aproximadamente de 40 cm do piso.

Os instrumentos utilizados para as medições nos ambientes internos, foram fornecidos pelo LABCON (Laboratório de Conforto do Curso de Arquitetura da UFSC) e estão abaixo relacionados:

- Temperatura de Bulbo Seco(temperatura do ar) e a Temperatura de Bulbo Úmido, foram obtidos através do Psicrômetro Giratório.
- Temperatura de Globo, foi obtida pela confecção de um termômetro de Globo, com uma esfera de plástico (bola de ping-pong) ($\phi=0,0381\text{m}/ 1,5''$) pintada de preto fosco, fixada a extremidade de um termômetro por silicone. Sendo este fixado ao teto no centro do ambiente, por meio de um cordão. Foram utilizados quatro termômetros, um para cada ambiente, cuja aferição foi efetuada conforme esquema demonstrado no anexo 1.
- Velocidade do ar, foi obtida através de um Anemômetro de Paletas, colocado na peitoril da janela ou sobre banqueteta (casa nº1), ver esquema na figura 3.18. A medida através deste instrumento, registra na realidade uma média das velocidades de ar durante 100 segundos, período de duração de cada medição. Estes dados são referentes a análise da Estratégia de Ventilação, e é importante salientar que cada resultado desta medição representa a velocidade máxima do ar no ambiente, pois sua passagem restringe-se à área da janela.
- Temperatura Superficial da Parede, para qual foi utilizada um termômetro de Contato. Foi realizada só para o comprovação da estratégia de Inércia e Massa Térmica. O local escolhido, correspondeu a pontos equivalentes nas duas edificações, onde foram escolhidas (ver figura 3.19.) paredes de alvenaria de mesma orientação solar, também distantes a 1,10 m do piso.

Através destes dados, pode-se determinar a temperatura radiante média, a umidade do ambiente interno, obtendo-se os índices PMV e PPD, que poderão ajudar a conferir os registros de conforto realizados durante as medições.

Além das medições foram realizados registros de todas as mudanças climáticas relevantes, ocorridas no clima externo, durante os períodos de medições. Buscou-se os dados climáticos externos, na Base Aérea, com registros horários climáticos do dia da medição e do anterior a esta, para melhor compreensão dos dados obtidos pelas medições.

3.2.5.2. Escolha dos Pontos de Medição (Semelhanças e Diferenças)

A escolha teve importância fundamental para as medições, pois as casas são muito distintas, com uma série de variáveis incontrolláveis. Assim houve a necessidade de buscar-se espaços, onde estas variáveis fossem as menores possíveis. O objetivo, das medições, como já foi dito, e só de sinalizar a influência de determinada estratégia, com a análise dos fatores que possam ter interferido nas medições. Quando haviam influências de variáveis distintas entre dois pontos, escolheu-se compatibilizar cada ponto de medição com a estratégia, cuja variável dificultaria comprovar a hipótese. Assim, nas casas foram escolhidos os seguintes pontos:

a) Estratégia da Ventilação

Esta estratégia foi testada na casa dos Ingleses e na das casas de Campeche nº2. Foram analisadas individualmente, com os pontos escolhidos dentro da mesma casa. Sendo um ponto, situado em um ambiente ventilado e outro não. Os pontos desta estratégia foram todos escolhidos no pavimento superior, para apresentarem-se mais fiéis possíveis, quando compará-los com a velocidade do vento, que são medidos a uma altura de 3m, segundo informações da DEP., na Base Aérea de Florianópolis. Além deste aspecto, buscou-se escolher pontos em ambientes na mesma casa para comparação, pois apresentam o mesmo tipo de forro e cobertura, bem como altura de pé direito.

A figura 3.18, a seguir demonstra de forma esquemática, o posicionamentos dos pontos de medições do ambiente ventilado e não ventilado.

Os pontos da casa nº1, foram situados em dois quartos iguais, ver marcação na figura 3.8., só que em situações opostas, um a leste (ponto 1N/não ventilado) e outro a oeste (ponto 1V/ ventilado). Na casa nº2, em Campeche, os pontos foram escolhidos (ver marcação na figura 3.12.), também foram em dormitórios opostos, sendo um destes a suite do casal (ponto

2V/ ventilado), no lado noroeste da casa. Este foi escolhido para ser o ambiente ventilado, sendo determinada uma ventilação cruzada. Este espaço é maior, e apresenta uma janela a mais que o quarto não ventilado (ponto 2N). Todas as janelas e portas foram mantidas abertas, e no ambiente não ventilado, fechadas.

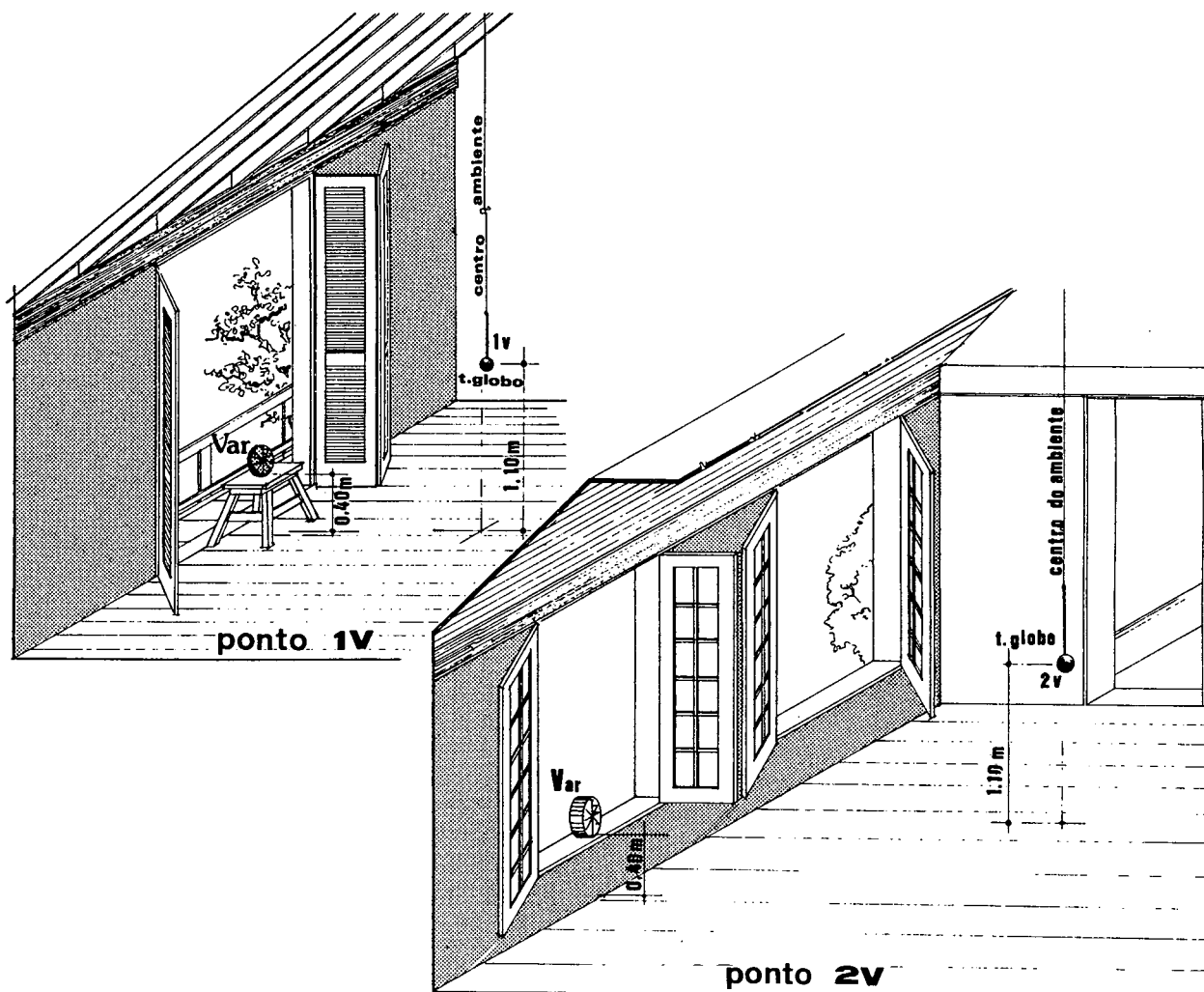


Figura 3.18. Esquema do posicionamento dos pontos da estratégia de Ventilação

b) Estratégia de Massa Térmica p/ Resfriamento e Aquecimento Passivo.

Esta estratégia foi testada somente nas casas de Campeche, de nº2 e nº3., escolha facilitada pois apresentam de forma global índices de avaliação de performance térmica com menores diferenças e dentro do mesmo microclima, como já foi visto. A diferença que buscou-se analisar foi a variação da densidade entre os dois ambientes que se escolheu para determinar a influência de uma maior capacidade térmica (inércia térmica) entre os pontos escolhidos. Assim estes foram, ambos no pavimento térreo da duas casas (ver marcação dos pontos figuras

nº3.11. e nº 3.15.). Situados em ambientes com teto de laje rebocada, com um pavimento superior acima. E situados na mesma posição de esquina e mesma orientação, com uma das paredes à sudeste e outra à nordeste. As áreas e pé direito são praticamente iguais. A figura 3.19., apresenta de forma esquemática, o posicionamento dos pontos das medições destas duas estratégias. Podendo-se observar que uma variável existente é o posicionamento das esquadrias. Na casa nº3 a janela abre na parede sudeste e na casa nº2 à nordeste. Cujas medições, em ambos os ambientes, foram realizadas com os vidros e venezianas das janelas fechados (sem ventilação diurna), para minimizar diferenças, que pudessem incorrer em erros. Apesar de que caso interfiram, são para prejudicar a hipótese que se quer comprovar.

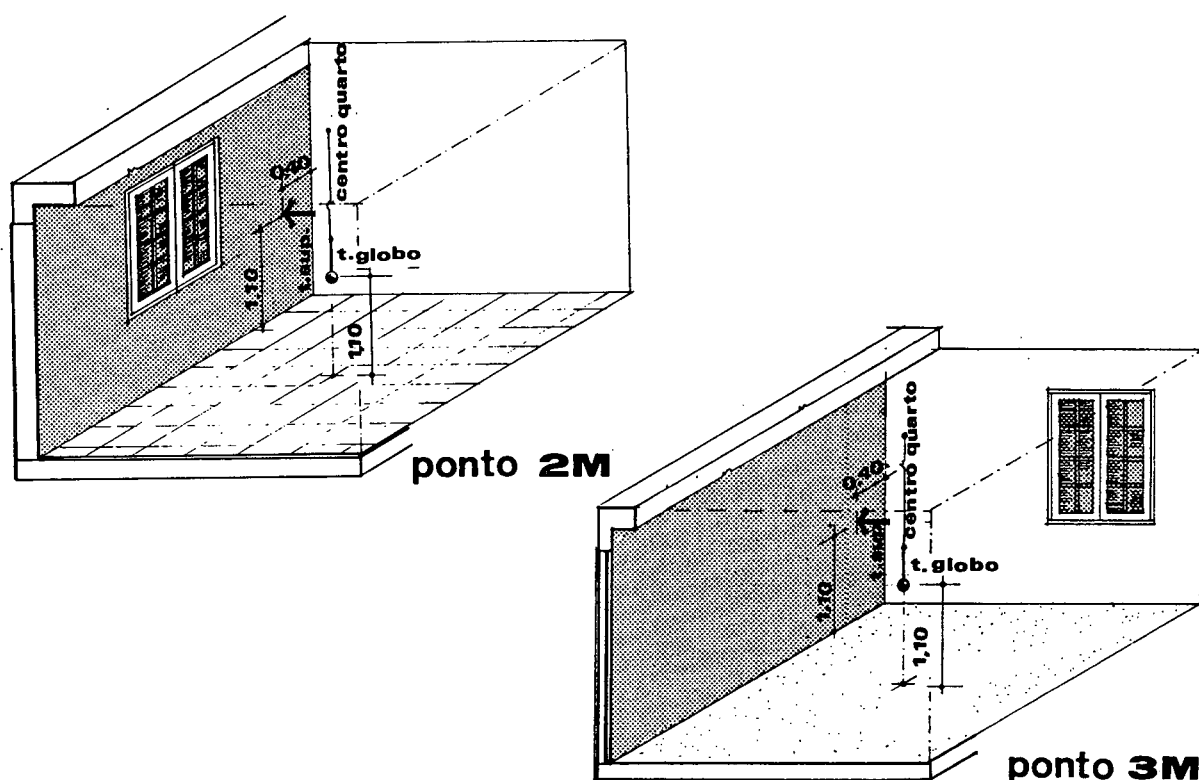


Figura 3.19. Posicionamento dos pontos de medições das estratégias de Massa Térmica para Resfriamento e Massa para Aquecimento Passivo.

As variáveis distintas foram, o piso que no ambiente da casa nº2 (ponto 2M/ tijolo maciço) é cerâmico e no ambiente da casa nº3 (ponto 3M/tijolo furado) é carpete. Outro fator relevante neste caso, é a cor da parede externa, que na casa nº3 é mais escura. Este é um fator que pode prejudicar a análise de massa para resfriamento, porém para o aquecimento passivo, pode reforçar a hipótese. Entretanto, esta diferença, não é como do branco para o preto ou cinza, mas não deve ser totalmente desprezada na análise dos resultados obtidos.

3.2.6. Dados Obtidos

Após as medições realizadas, foram obtidos dados importantes sobre as hipóteses formuladas anteriormente. A análise foi feita em cima de dados de temperaturas externas do dia da medição e do dia anterior. As temperaturas externas obtidas nos Laboratórios de Energia Solar da UFSC e Base Aérea, não apresentaram variações significativas entre si, entretanto para as análises comparativas posteriores foram escolhidos os dados da Base Aérea.

Pode-se obter após análises destes dados coletados, aspectos importantes referentes a cada estratégia. As medições realizadas não puderam estender-se por vários dias consecutivos, entretanto, os resultados obtidos foram significativos mesmo frente à esta limitação.

Neste capítulo os resultados, para melhor visualização, serão apresentados em forma de gráficos, mas encontram-se em tabelas no anexo 2. Primeiramente, inicia-se com a análise dos dados da estratégia de Ventilação (pesquisada na estação quente).

3.2.6.1. Ventilação

Os dados foram obtidos através de medições realizadas em dois dias de janeiro (16/1 e 25/1) e em fevereiro (18/2), sendo que a segunda medição de janeiro, foi realizada na casa dos Ingleses.

A ventilação determinada nos ambientes ventilados, é do tipo cruzada e apresentou resultados relativamente semelhantes nas três medições, porém alguns aspectos divergentes podem ser relatados, em cada medição.

O dia anterior, que antecedeu a 1ª medição, foi um pouco mais ameno apresentando uma temperatura máxima externa de 31°C, em relação ao dia das medições, que foi igual a 36°C. Pode-se constatar que é um valor muito alto, pois a temperatura máxima do ar registrada para esta região, no período analisado pelos estudos de GOULART(1993) foi de 36,4°C, o que demonstra ser um dia bem acima da média. A umidade relativa ar ao meio dia foi em torno de 60% e a noite anterior apresentou valores acima de 95%.

Nesta 1ª medição realizada (figura 3.20.) pode-se observar que das 8 horas as 12 horas, o ambiente ventilado apresentou-se com temperaturas superiores ao não ventilado, em torno de 1 a 2 graus, entretanto após este intervalo, houve uma deflexão muito sutil, não atingindo 1 grau de diferença, na curva da temperatura do espaço ventilado, abaixo do não ventilado e após as 16 horas, o comportamento das temperaturas tornou-se alternado.

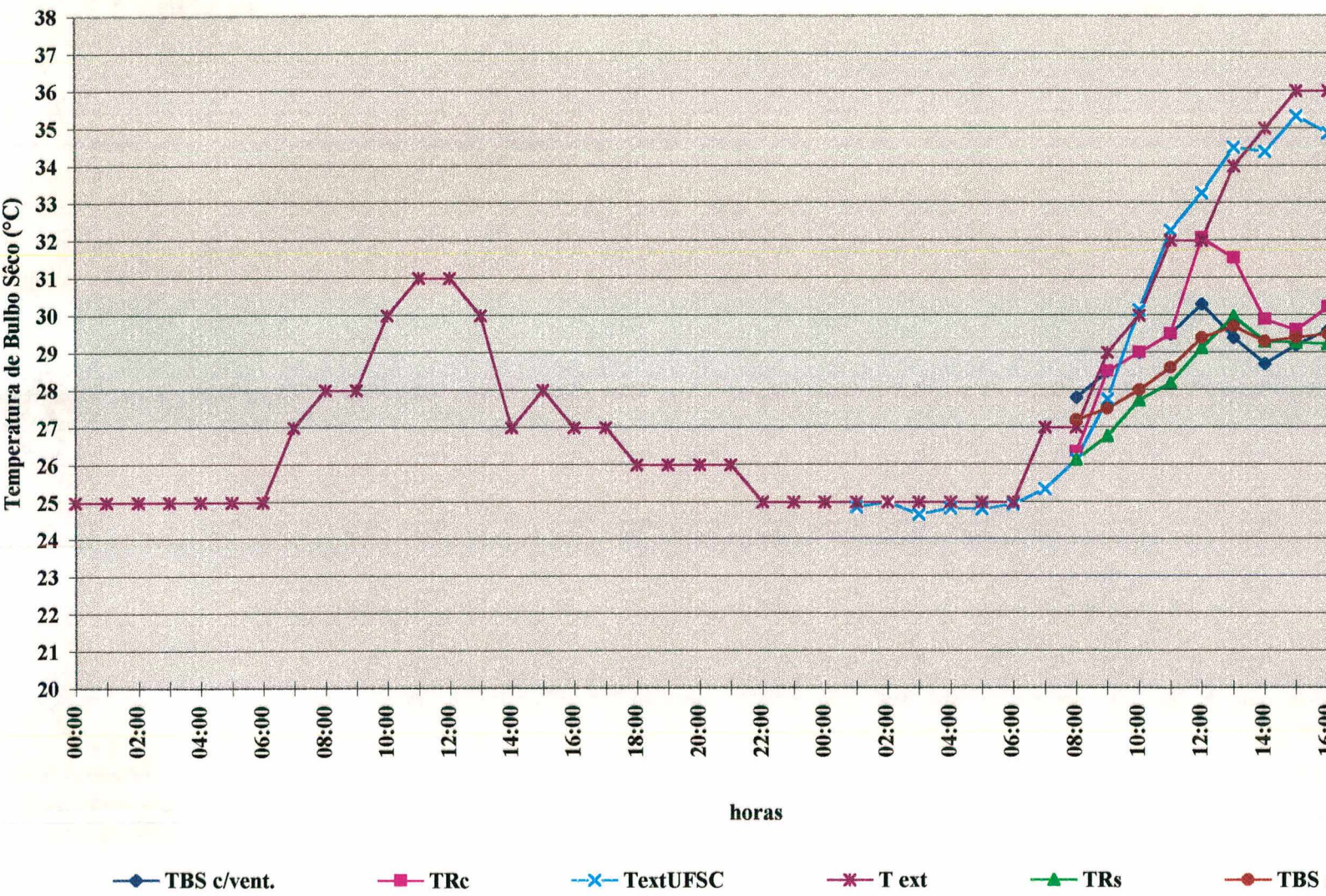


Figura 3.20. Gráfico de medições do dia 16/01/95 : Estratégia de Ventilação

Analisando a curva da temperatura do dia anterior, pode-se observar como esta definiu, que a massa da edificação mais fria ajudou no resfriamento do ar que penetrou no ambiente ventilado. Uma conclusão que pode-se obter é que a massa esfriada, durante o dia e a noite anterior, é responsável por manter nos dois ambientes temperaturas bem inferiores as temperaturas externas.

O dia da medição apresentou-se muito quente, com alternância de sol pleno e com a presença de brisas fracas. O resultado obtido não apresentou-se muito esclarecedor pela simples análise das temperaturas obtidas nos dois ambientes. O ar externo aquecido ao penetrar no quarto, no início da manhã, foi certamente fator relevante e que determinou esta inversão no resultado esperado.

O quarto não ventilado manteve a curva de aumento de temperatura mais linear, acompanhando em um plano bem mais abaixo a curva das condições externas de temperatura. Já o ventilado apresentou comportamento mais imprevisível.

Houve nesta medição uma inversão da curva dentro dos ambientes, contrária ao aumento da temperatura externa, após as 12 horas, que talvez deva-se ao aumento da velocidade do ar dentro do ambiente neste período.

A análise da estratégia torna-se mais concreta ao comparar-se os índices de conforto de Fanger PMV e PPD, conforme mostrado nas figuras nº3.21. e nº3.22.

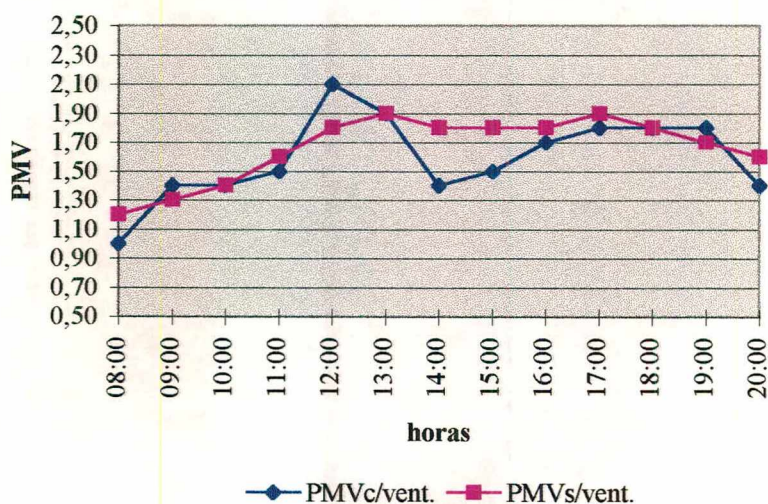


Figura 3.21. Índice PMV (Dia: 16/01/95) Estratégia Ventilação.

A estratégia ventilação frente a um dos dias mais quentes do verão mostrou-se efetiva. Observa-se que os índices apresentados no ambiente ventilado são, quase na sua totalidade,

menores que as do ambiente não ventilado, excetuado-se três medições, que apresentaram índices maiores ao ambiente não ventilado, todos em horários, onde a velocidade do ar que entrou no ambiente diminuiu.

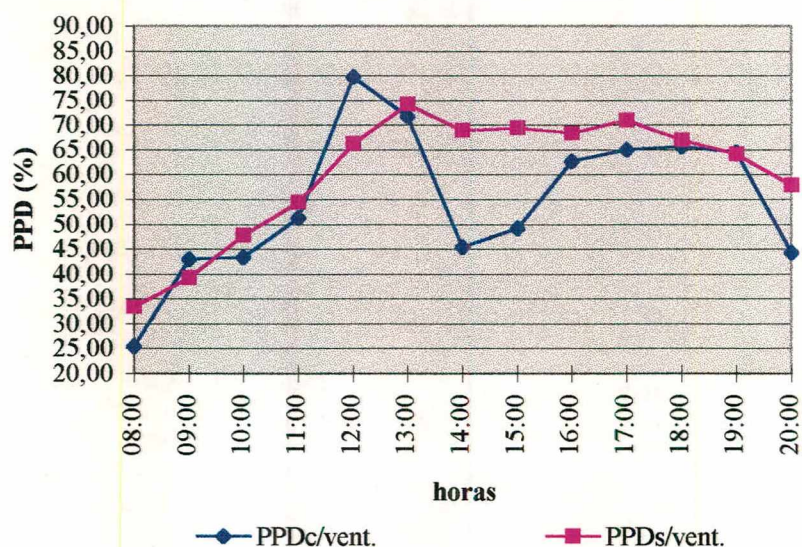


Figura 3.22. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia 16/01/95) Estratégia Ventilação.

Pode-se, por meio desta medição inicial, observar que uma ventilação diária indiscriminada, em dias muito quentes deve ser evitada nos horários em que a temperatura externa estiver muito alta em relação à interna. Mas deve-se tentar comprovar se a ventilação torna-se uma exigência nesta região, na maioria dos dias de verão, pelas suas altas taxas de umidade relativa do ar. Estratégia favorecida pela constante presença de ventos com velocidades adequadas.

A medição na praia dos Ingleses, ocorreu no dia 25/01/95, (figura 3.23) este dia não apresentou-se tão quente, quanto da medição anterior. A temperatura máxima diária foi de 32°C, e do dia anterior de 33°C. A umidade relativa neste dia apresentou-se maior que 90% à noite, baixando durante o dia, a medida que a temperatura aumentou, das 14 às 16 horas, atingindo um valor menor de 61%.

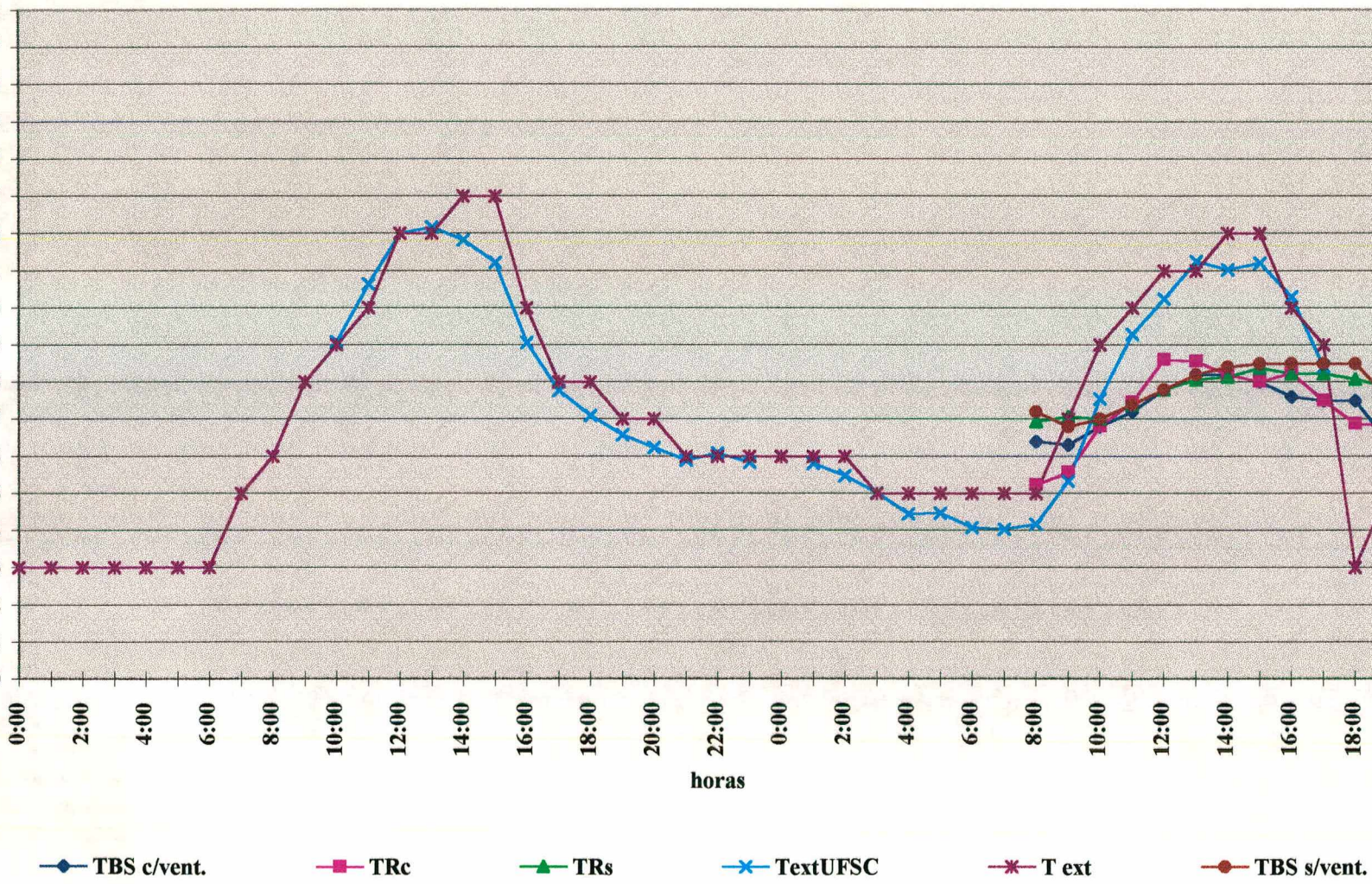


Figura 3.23. Gráfico de medições do dia 25/01/95: Estratégia de Ventilação

Esta medição apresentou no ambiente ventilado, durante quase todo o dia, temperaturas menores que o ambiente não ventilado. Porém as curvas vão aproximando-se até coincidirem-se, do meio dia até a 1 hora da tarde, voltando a se separarem com uma variação pequena em entorno de 1°C. Houve uma queda de temperatura, às 18 horas, quase no final das medições, porém, internamente a queda deu-se de forma suave, provavelmente devido à massa da edificação que amenizou os contrastes.

Nesta medição observa-se, que nos períodos mais quentes do dia, a ventilação pode apresentar-se menos eficiente numa primeira abordagem. Entretanto ao comparar-se os índices de conforto de Fanger PMV e o índice PPD (figuras nº 3.24 e nº3.25), observa-se que em todos os horários, inclusive próximo as 13 horas, apresentaram-se menores e portanto mais adequados na presença da ventilação. Pode-se constatar, a importância desta estratégia para o clima presente.

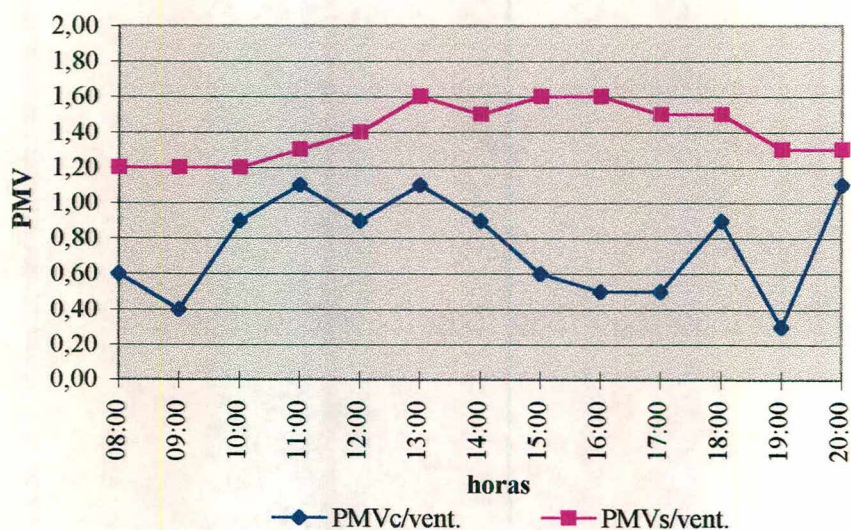


Figura 3.24. Índice PMV (Dia: 25/01/95) Estratégia Ventilação.

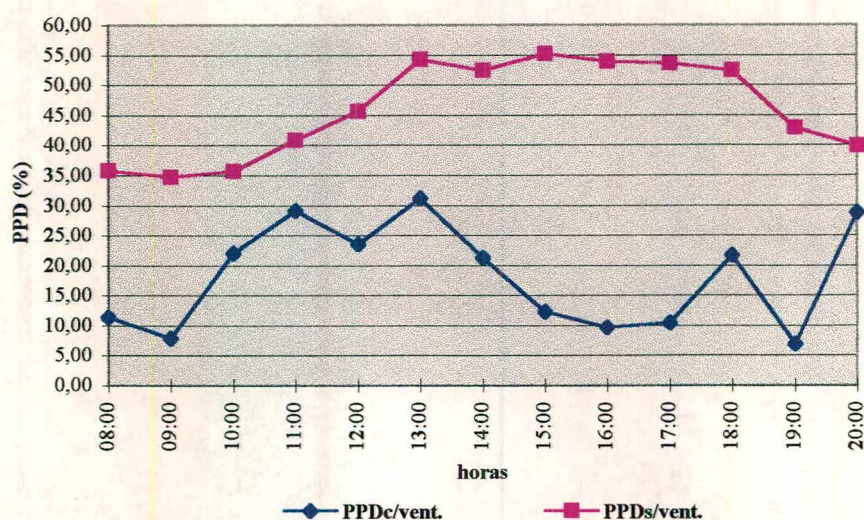
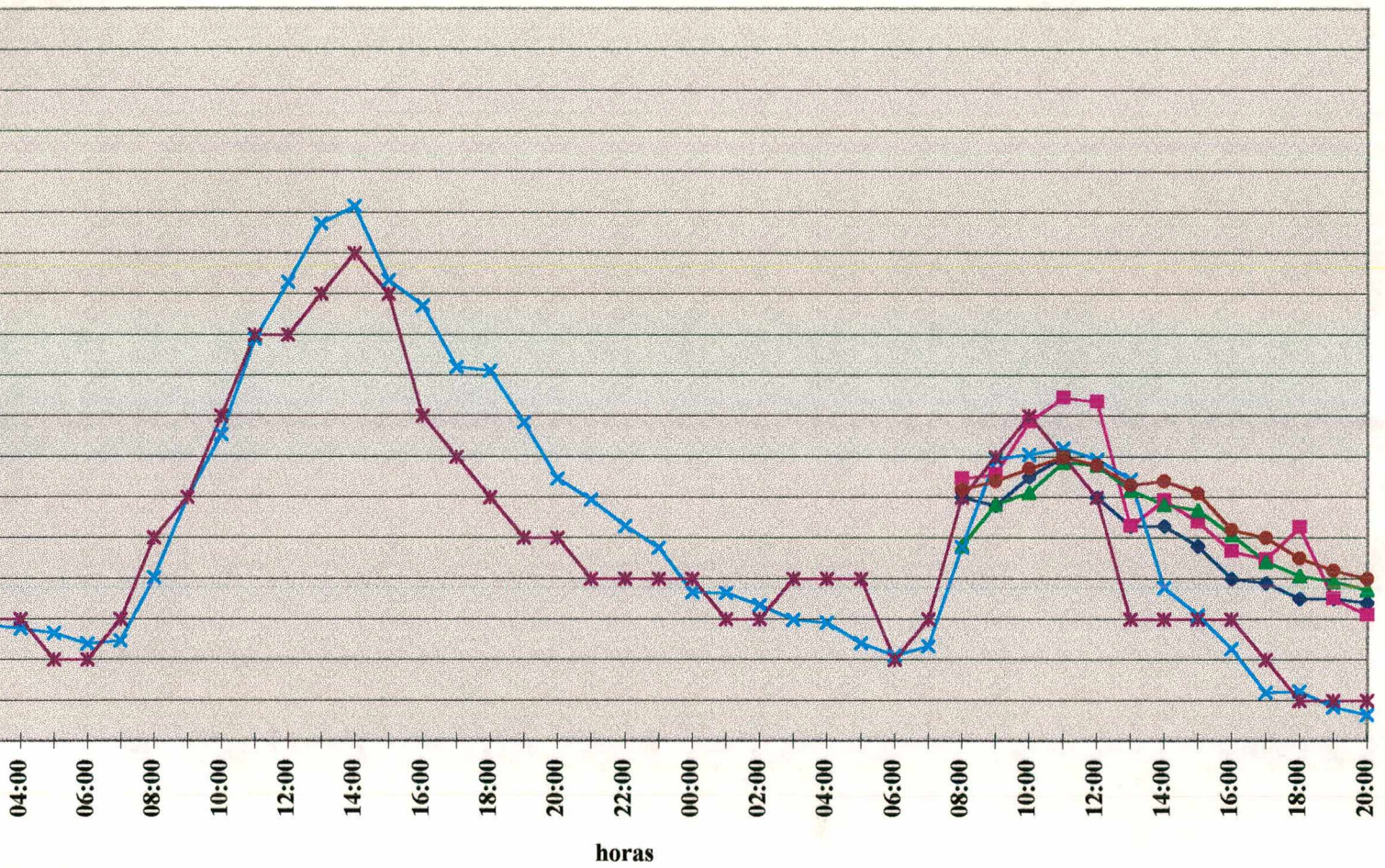


Figura 3.25. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas)(Dia:25/01/95) Estratégia Ventilação.

A medição do dia 18/02/95, em Campeche (figura 3.26.), tornou bem visível a influência benéfica da Ventilação, na diminuição da temperatura interna, e na obtenção de maior conforto. Este dia teve a temperatura máxima do ar no valor de 28°C, bem mais ameno que os dias das outras medições. Porém o dia anterior, contrário ao dia da primeira medição, foi mais quente com a temperatura máxima de 32°C. Observando-se, que neste resultado a variação da temperatura externa em relação as temperaturas internas foi bem menor do que na 1ª medição. A umidade relativa, apresentou-se bem maior no dia das medições, principalmente nos horários onde ela costuma ser mais baixa, pela diminuição da temperatura em relação ao dia anterior.

Neste caso a massa aquecida pelo dia anterior teve um papel desprezível, em relação a ventilação, ou seja, a estratégia massa não teve um papel determinante nos resultados.

É importante salientar também, conforme mostrado na figura 3.26., que ocorre às 13 horas, uma queda de temperatura externamente, de 3 graus na uma hora anterior, o que favoreceu o potencial de resfriamento do ar à partir deste momento. Assim, pode-se observar, que a eficiência desta estratégia aumenta com a queda da temperatura externa. e que igualmente, frente a umidade relativas maiores, mais importante torna-se esta estratégia, mesmo na presença de velocidades mais baixas do ar, quando não trata-se de um dos dias mais quentes do ano, como na primeira medição.



s c/vent. ■ TRc ▲ TRs × TextUFSC * T ext ● TBS s/vent.

Gráfico de medições do dia 18/02/95: Estratégia de Ventilação.

E neste caso, o resfriamento passivo da massa, é retratado pelos resultados obtidos, tendo a ventilação como um dos agentes da perda do calor da massa. Entretanto a diferença ampla entre as temperaturas externas e internas, não pode ser considerada como mérito único da ventilação. Parte deste resfriamento obtido, é função da presença de massa resfriada interna e da envoltória da edificação, pois a ventilação não é responsável sozinha pela diminuição da temperatura interna abaixo da temperatura externa. O dia desta última medição, por ter sido mais ameno, apresenta maior probabilidade de ocorrência, o que estende a eficiência desta estratégia a um número maior de dias.

Observa-se ainda, conforme a figura anterior, de que próximo ao meio dia, na medição das 11 horas, as temperaturas igualam-se nos dois ambientes. Entretanto, conforme mostrado nas figuras nº3.27. e nº3.28., os índices PMV e PPD em todo o período, apresentaram-se bem maiores no ambiente não ventilado. No horário das 13 horas o ambiente não ventilado, chega a apresentar uma diferença para o ventilado, de quase uma unidade no índice de conforto PMV. Determinando um índice de pessoas insatisfeitas (PPD), de 28,1% no ambiente não ventilado, em relação a 5,6% do ambiente ventilado.

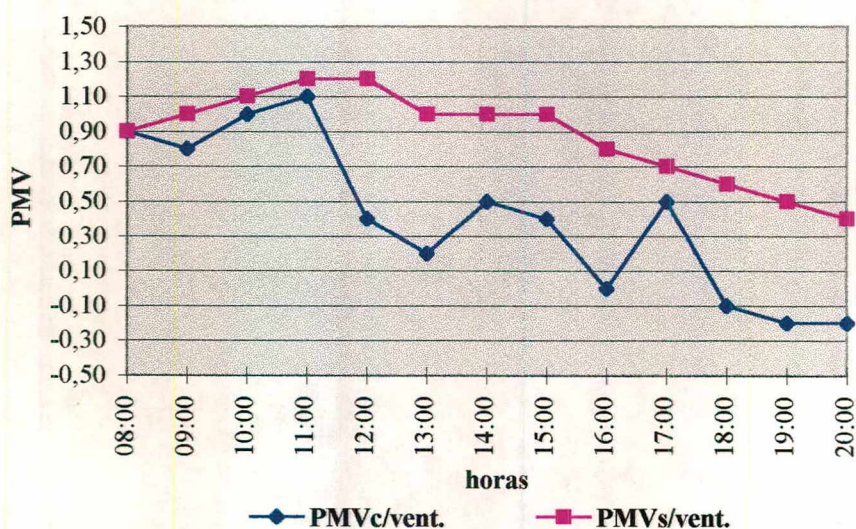


Figura 3.27. Índice PMV (Dia: 18/02/95). Estratégia Ventilação.

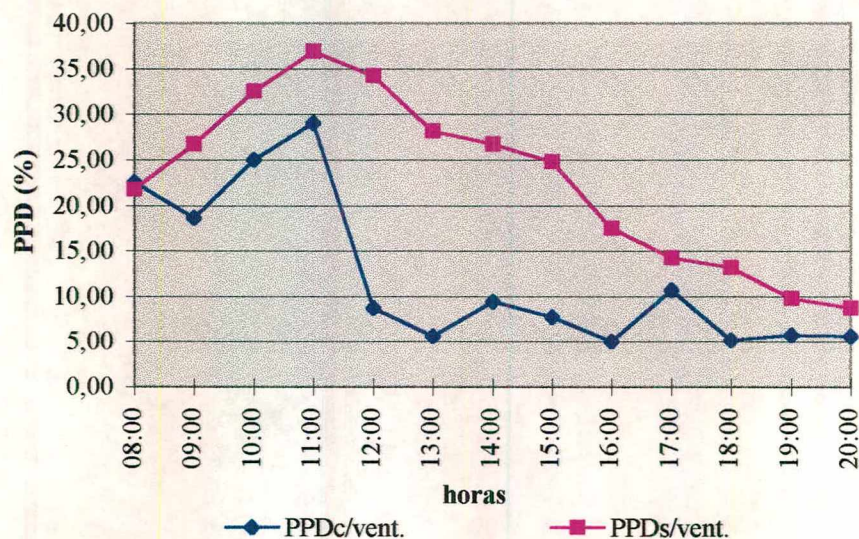


Figura 3.28. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia: 18/02/95) Estratégia Ventilação.

Este estudo limitou-se a análise dos resultados frente a presença ou não de ventilação em ambientes relativamente iguais, porém a presença de maior ou menor massa na envoltória ou mesmo internamente, os períodos de ventilação, bem como o número e tamanho das aberturas, são fatores fundamentais em uma análise mais global, com a interação existente entre as várias estratégias.

3.2.6.2. Massa Térmica/ Aquecimento Passivo

Esta medição foi realizada no dia 5/8/95, pois este inverno apresentou-se atípico, no qual os dias de frio rigoroso, no mês de julho, não foram frequentes. Desta forma, a medição só pode ser realizada, com condições mais favoráveis, em um dia de agosto, que usualmente não é o mês mais frio do ano.

Primeiramente, procurou-se obter dados dos materiais que constituem as paredes envoltórias dos ambientes envolvidos, considerando-se de maneira simplista, como os únicos elementos distintos. A parede da casa nº2, como já foi visto é dupla de tijolo maciço(23 cm), diferentemente da casa nº3 que é parede simples de tijolo furado, rebocada nos dois lados (14cm). Pode-se calcular o valor da Transmitância térmica para as duas paredes, obtendo-se os valores de $U= 2,52W/m^2.K$, para paredes da casa nº2 e o valor de $U= 2,54W/m^2K$ para a casa nº3.(ver tabela 3.4.) Observa-se que os valores são praticamente iguais, logo poderá ficar mais evidente o efeito da capacidade térmica de um elemento construtivo em relação a outro. O peso específico (densidade) do tijolo maciço é em torno de $1800 kg/m^3$ e o tijolo furado o peso específico é em torno de $1200 kg/m^3$. Determinando pesos de $168 kg/m^2$ para parede de tijolo furado de 14 cm e de $414 kg/m^2$ de peso para parede de tijolo maciço duplo de 23 cm. Representando a parede de tijolo maciço um peso 40% maior (por área) em relação a de tijolo furado, donde conclui-se que esta apresenta, proporcionalmente, uma inércia térmica bem maior por estas propriedades.

A medição, ver figura 3.29., foi realizada sem ventilação, e apresentou resultados esperados durante todo o dia. As temperaturas do ambiente com maior massa, com parede dupla de tijolo, apresentaram-se mais elevadas do que no ambiente com a parede de tijolos furados. Um aspecto importante do ambiente de maior massa é que apresentou a linha de temperatura muito mais estável, do que a linha de temperatura do ambiente de menor massa. Este último, acompanhou mais a curva da temperatura externa e certamente, durante à noite, esta tendência manteve-se.

A diferença foi bem grande no início da manhã entre as dois ambientes, inclusive ao comparar, nestes horários o índice PMV e PPD (figuras nº 3.30. e nº 3.31.), pode-se observar que para o ambiente de tijolo furado, o índice encontra-se com um valor fora dos limites de conforto térmico (-0,5 e 0,5), o mesmo não ocorrendo no ambiente com tijolo maciço.

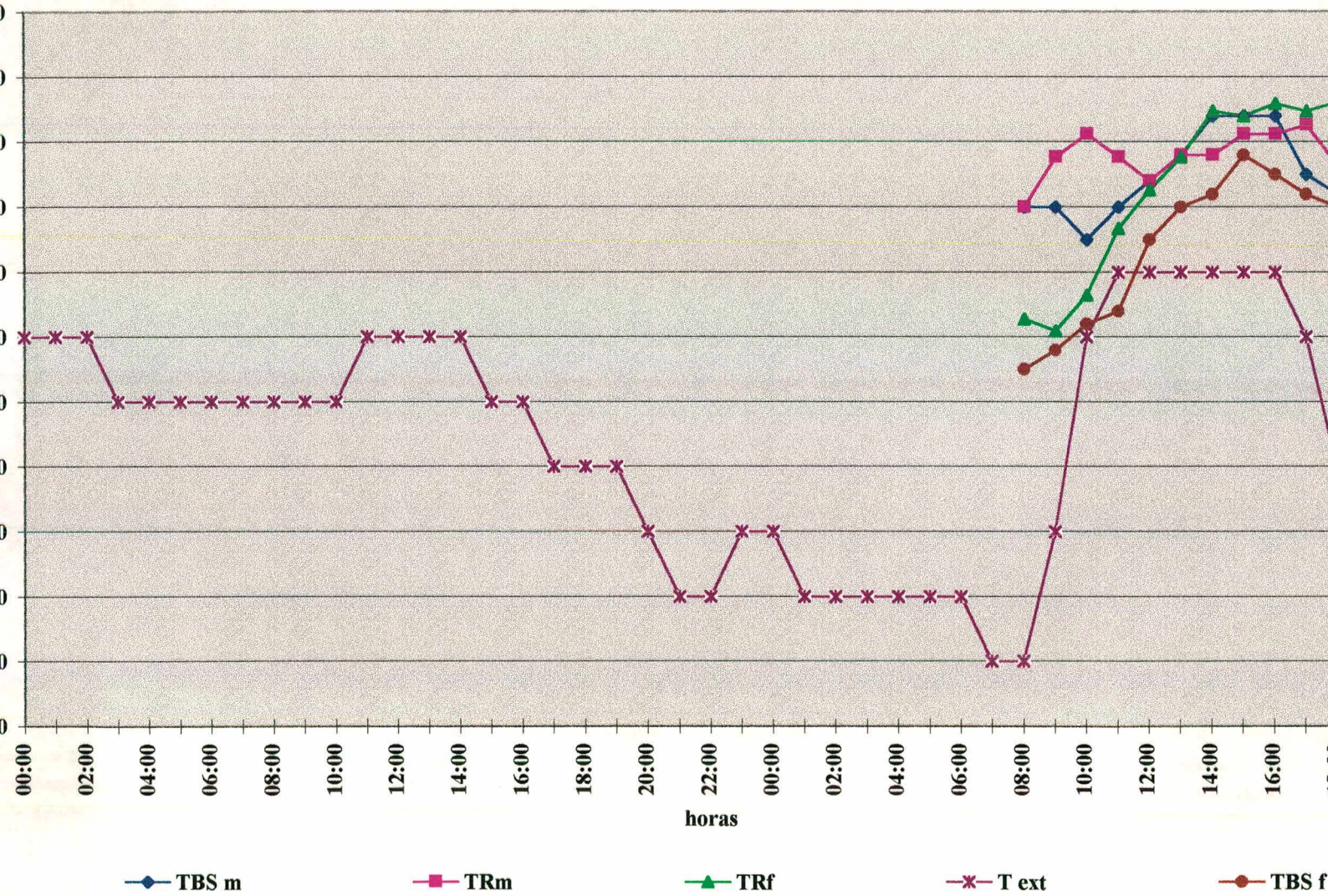


Figura 3.29. Gráfico de medições do dia 05/08/95: Estratégia de Massa / Aquecimento Passivo

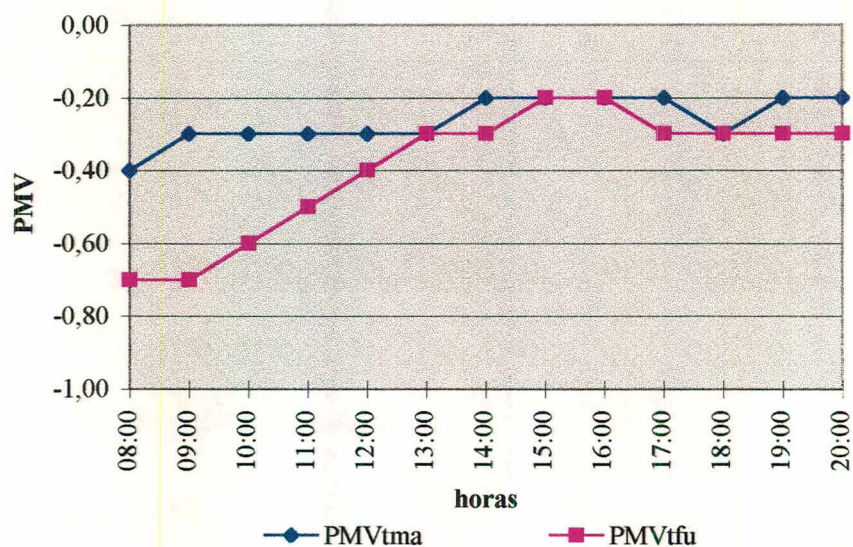


Figura 3.30. Índice PMV (Dia:05/08/95). Estratégia de Massa p/ Aquecimento Passivo.

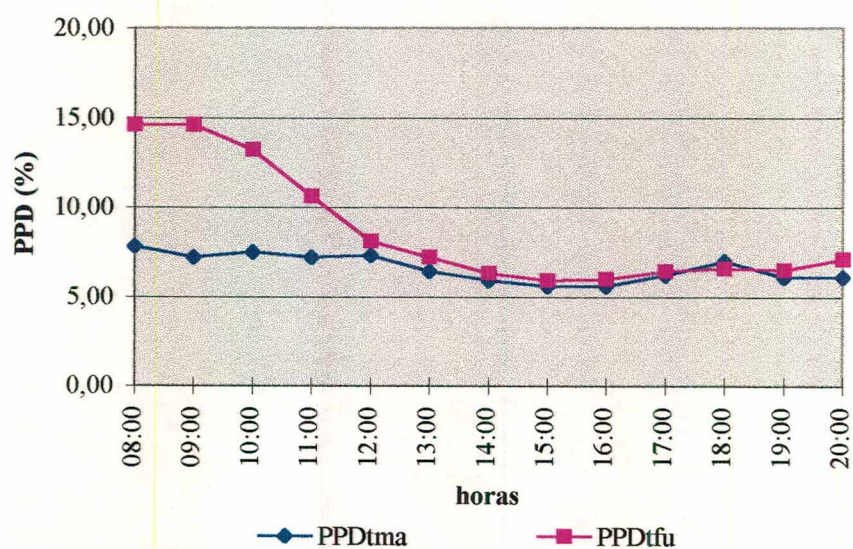


Figura 3.31. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia:05/08/95). Estratégia de Massa p/ Aquecimento Passivo.

A parede de tijolo furado com a insolação, começa a se aquecer mais rapidamente que a parede de tijolo maciço. Até que 18 horas, os valores das medições de temperatura quase se igualam. Neste horário as casas foram fechadas e a partir deste momento, (ver na figura 3.29.) a temperatura do ambiente com tijolo maciço, volta a ascender, enquanto o de tijolo furado, mantém-se igual com tendência a baixar. Um aspecto importante é apresentado na figura 3.32., que apresenta o gráfico com as medições das temperaturas internas das paredes. Pode-se

observar que no final do dia (16 as 18 horas), a curva da temperatura superficial da parede de tijolo furado já está caído, quando a curva da parede de tijolo maciço ainda esta ascendendo, irradiando calor para dentro do ambiente.

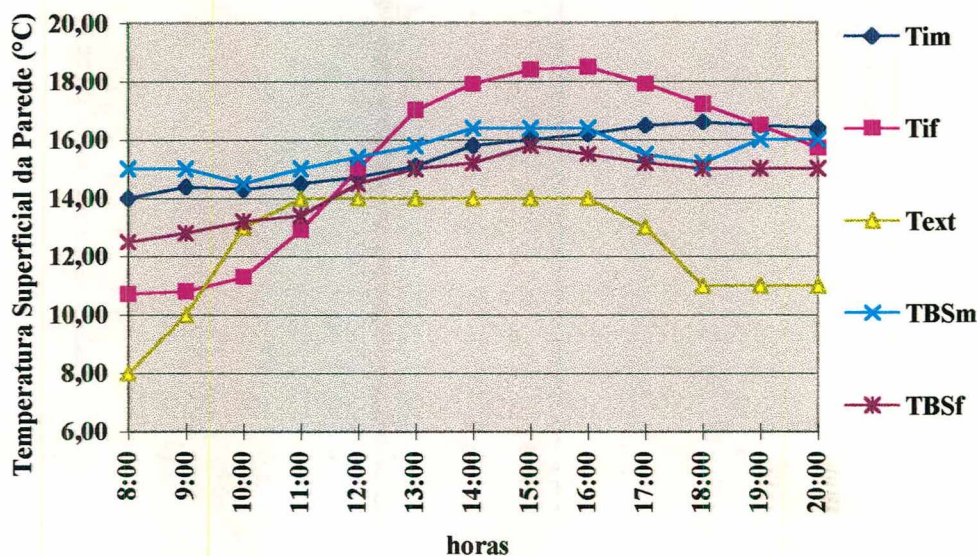


Figura 3.32. Gráfico de Temperatura Superficial das Paredes (°C)/ Dia:05/08/95. Estratégia de Massa p/ Aquecimento Passivo.

As temperaturas dos dois ambientes, durante o dia, não chegam a retratar uma diferença muito gritante entre as duas linhas, entretanto a relação entre a temperatura externa e a interna é muito grande. Chegando a atingir uma diferença em torno de 7°C à menos, no ambiente de menor massa, às oito horas da manhã.

Pode-se pensar, com segurança que a envoltória, apresenta-se como fator fundamental, como forma de reter calor, e amenizar o rigor com que a variação da temperatura externa ocorre em um dia típico de inverno.

3.2.6.3. Estratégia da Massa para Resfriamento, Inércia Térmica.

Estas medições buscam subsídios, para comprovar que a massa para Aquecimento Passivo no inverno, é compatível com a estação quente e úmida do verão, bem como favorável como agente de resfriamento do ambiente interno da edificação. Como já foi dito, procurou-se comparar a performance de dois ambientes com envoltórias distintas, os mesmos das medições da Massa para Aquecimento Passivo. Sabe-se que a Transmitância das duas envoltórias são praticamente iguais, porém sabe-se que a parede dupla de tijolo maciço, em relação a parede

de tijolo furado simples rebocada apresenta uma densidade bem maior, pois não apresenta cavidades de ar como o tijolo furado. Desta forma a sua Capacidade térmica é também maior, necessitando de maior quantidade de calor para se aquecer.

A eficiência da Inércia Térmica, ficou pouco esclarecedora na revisão bibliográfica efetuada, para climas com características como da região em estudo. Passa a ser estratégia muito questionável, com resultados imprevisíveis, pela presença de uma estação quente com altas taxas de umidade e conseqüente pequena amplitude térmica diária.

A primeira medição ocorreu no dia 16/01/95, com as características climáticas deste dia e do antecedente, já relatadas anteriormente. Este dia apresentou uma amplitude térmica de 11°C, um valor intermediário de clima desértico e clima quente e úmido. Os resultados obtidos pelas medições foram surpreendentes, ver figura 3.33., durante todos os horários das medições, as temperaturas do ambiente de maior massa foram mais baixas, quase retratando uma situação de ar condicionado, onde as temperaturas internas mantém-se iguais, durante todo o dia. A variação entre a maior temperatura deste ambiente e a menor, entre o intervalo das 12 horas e 19 horas foi de meio grau, quando a temperatura externa neste intervalo, teve variação máxima de 8 graus. Analisando todo o período de medições, a variação entre a menor temperatura e a maior, dentro deste ambiente foi de 1,3 graus, enquanto no ambiente externo foi de 9 graus.

Um aspecto que seria válido de analisar seria o tempo de retardo, porém nesta medição não foi possível determinar, devido a linearidade mantida entre as temperaturas dos dois ambientes. A variação da temperatura interna foi muito pequena em relação a temperatura externa, principalmente ao ambiente de maior massa. O aumento da temperatura interna no ambiente de menor massa, coincidiu sutilmente com o aumento da temperatura externa.

A comparação entre o ambiente de envoltória de alvenaria de tijolo furado rebocada (menor massa) e a alvenaria de tijolo maciço duplo (maior massa), foi também bastante reveladora. Todas as temperaturas do ambiente de muita massa apresentaram-se inferiores ao de menor massa. Quase pode-se dizer com esta leitura que quanto maior massa, menor a temperatura interna (mais próxima da média sazonal ou anual) e maior a diferença em relação a temperatura externa.

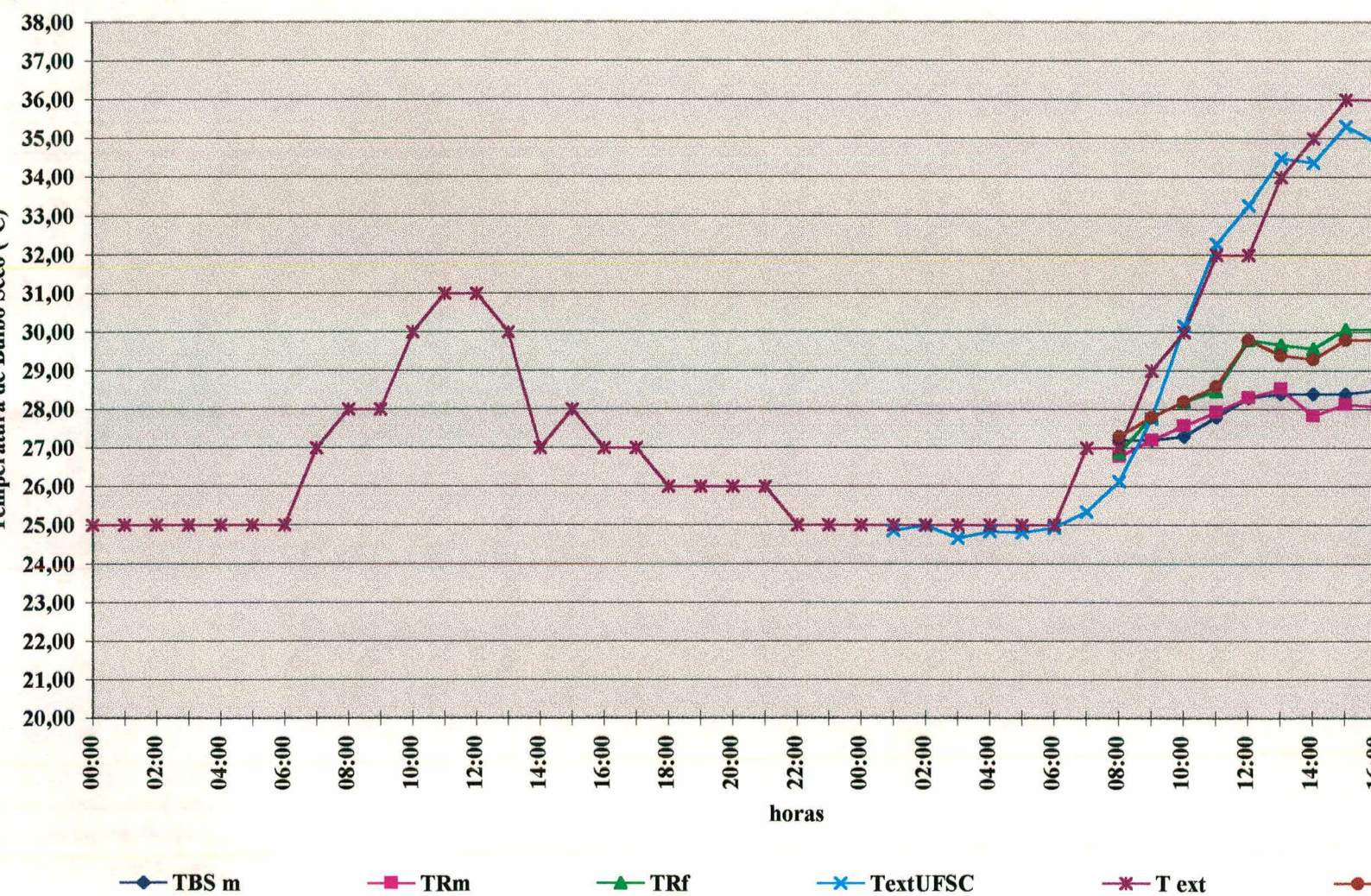


Figura 3.33. Gráfico de medições do dia 16/01/95: Estratégia de Inércia Térmica

Avaliando os índices de PMV e PPD, de ambos os ambientes, conforme mostrado nas figuras nº3.34. e nº3.35., o resultado demonstrou que o ambiente de maior massa apresentou índices, em todos os horários, mais adequados que no ambiente de menor massa.

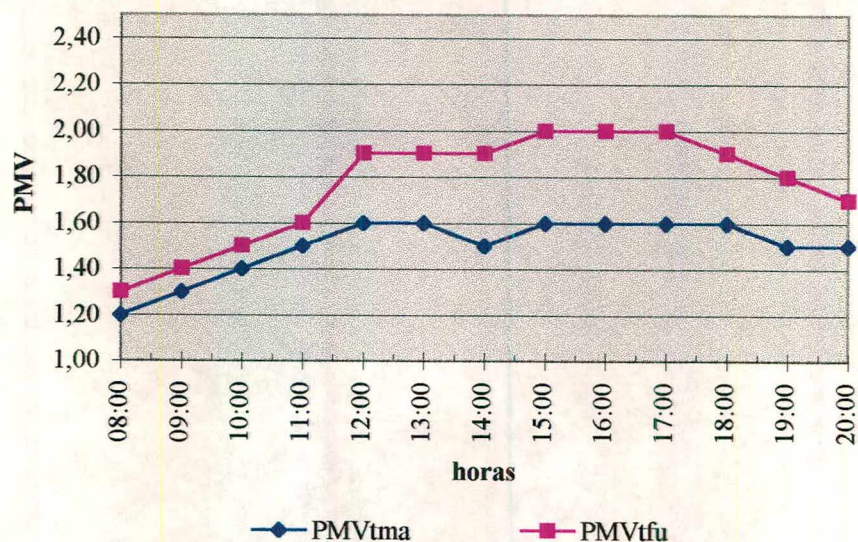


Figura 3.34. Índice PMV (Dia: 16/01/95) Inércia Térmica.

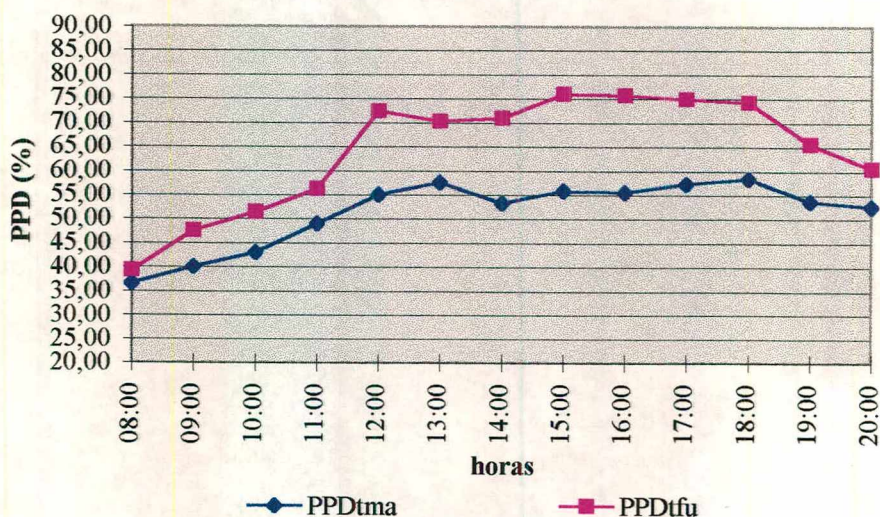


Figura 3.35. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia: 16/01/95) Inércia Térmica.

Porém uma vez que ambos os ambientes estavam fechados, com a velocidade do ar igual a zero, estes índices apresentaram-se, na sua maioria, muito altos com valores de PMV acima de 1,5; o que determina que mais de 70% (PPD) das pessoas encontrariam-se insatisfeitas, vestindo-se da forma definida.

Durante todas as medições, foram coletados registros pessoais da sensação térmica, para posteriormente serem confrontados, com os índices PMV calculados. Nos horários das 11 horas até as 20 horas os registros, na casa de menor massa, são coincidentes com os calculados. Entretanto, observou-se que nos outros horários e na edificação de maior massa, os registros pessoais de conforto térmico, são divergentes dos índices PMV calculados (índices de desconforto), provavelmente devido à variação da sensação fisiológica, causada pela permanência alternada entre dois ambientes, que apresentaram temperaturas muito contrastantes.

A problemática de toda esta questão, está em estender esta avaliação a análise das temperaturas, durante o período noturno, que não pode ser realizada. Entretanto, pelos dados obtidos na última medição, pode-se avaliar com certeza que a temperatura de ambos os ambientes estavam decrescendo, junto com a temperatura externa que começou a cair a partir das 16 horas. Conforme retratado na figura 3.36., pode-se observar particularidades na curvatura das linhas de temperatura superficial (interna) das paredes.

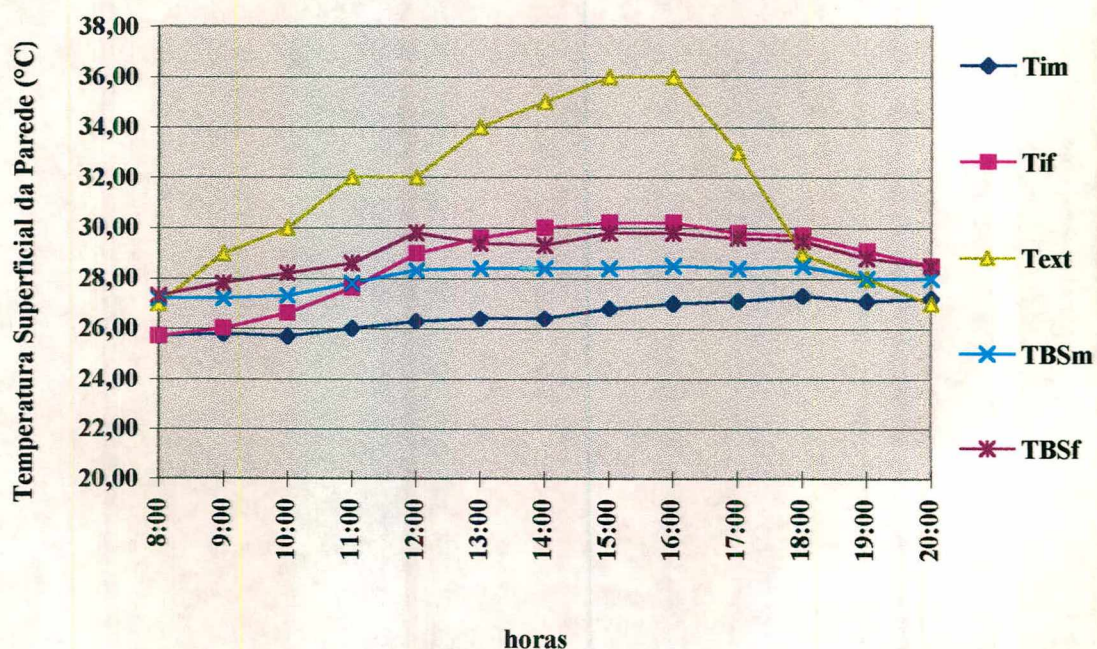


Figura 3.36. Gráfico de Temperatura Superficial das Paredes (°C)/ Dia: 16/01/95.

A linha de temperatura da parede de tijolo maciço, próximo ao início da noite, mesmo não decrescendo como a de tijolo furado, vai ascendendo levemente tendendo à horizontalizar-

se. Impossível que houvesse uma inversão desta tendência, que só com fontes de calor interno seria explicável, caso houvesse.

A segunda medição, foi a realizada no dia 18/02/95 (ver figura 3.37.), um dia que apresentou-se mais ameno que o da medição anterior, e que teve sua temperatura caindo à partir das 10 horas, com uma queda mais acentuada de temperatura do meio dia até as 13 horas, com diminuição de 3°C em uma hora.

A amplitude térmica deste dia foi menor que na medição do dia 16/01, com o valor de 8°C, talvez por não ter sido um dia tão quente quanto o anterior.

As temperaturas dos dois ambientes acompanharam a curva da temperatura externa, porém, mantendo uma maior horizontalidade eliminando os contrastes, diferenciando-se da medição anterior no aspecto de manter internamente temperaturas maiores que o ambiente externo, a partir de aproximadamente 11:30 horas. Neste gráfico, pode-se determinar o tempo de retardo dos dois ambientes, mas que não é significativo, em torno de 1 hora, entre as temperaturas máximas internas e a temperatura máxima externa.

Comparando a performance entre os dois ambientes, os resultados obtidos nas medições foram semelhantes à anterior. O ambiente de maior massa apresentou, em todos os momentos temperaturas menores que as do ambiente de menor massa, exceto às 16 horas, quando as temperaturas igualaram-se, para logo após manterem uma diferença em grau menor.

Os índices de PMV e PPD (figuras nº3.38. e nº3.39.) dos dois ambientes, deram vantagem ao de maior massa, mesmo quando as temperaturas igualaram-se (16 horas) como na medição anterior. A avaliação destes índices, quanto ao conforto, também apresentaram-se qualitativamente mais favoráveis que os índices encontrados nos dados da medição anterior. Apesar de encontrarem-se ainda altos, nesta medição o registro pessoal de desconforto ocorreu somente no ambiente de menor massa, como na medição anterior, o que reforça que o fator de aclimação amplia os limites de conforto definidos por este índice. Outro fato é de que nestas medições o ambiente foi mantido fechado, o que alteraria completamente caso fosse analisado com a presença de ventilação diurna ou noturna.

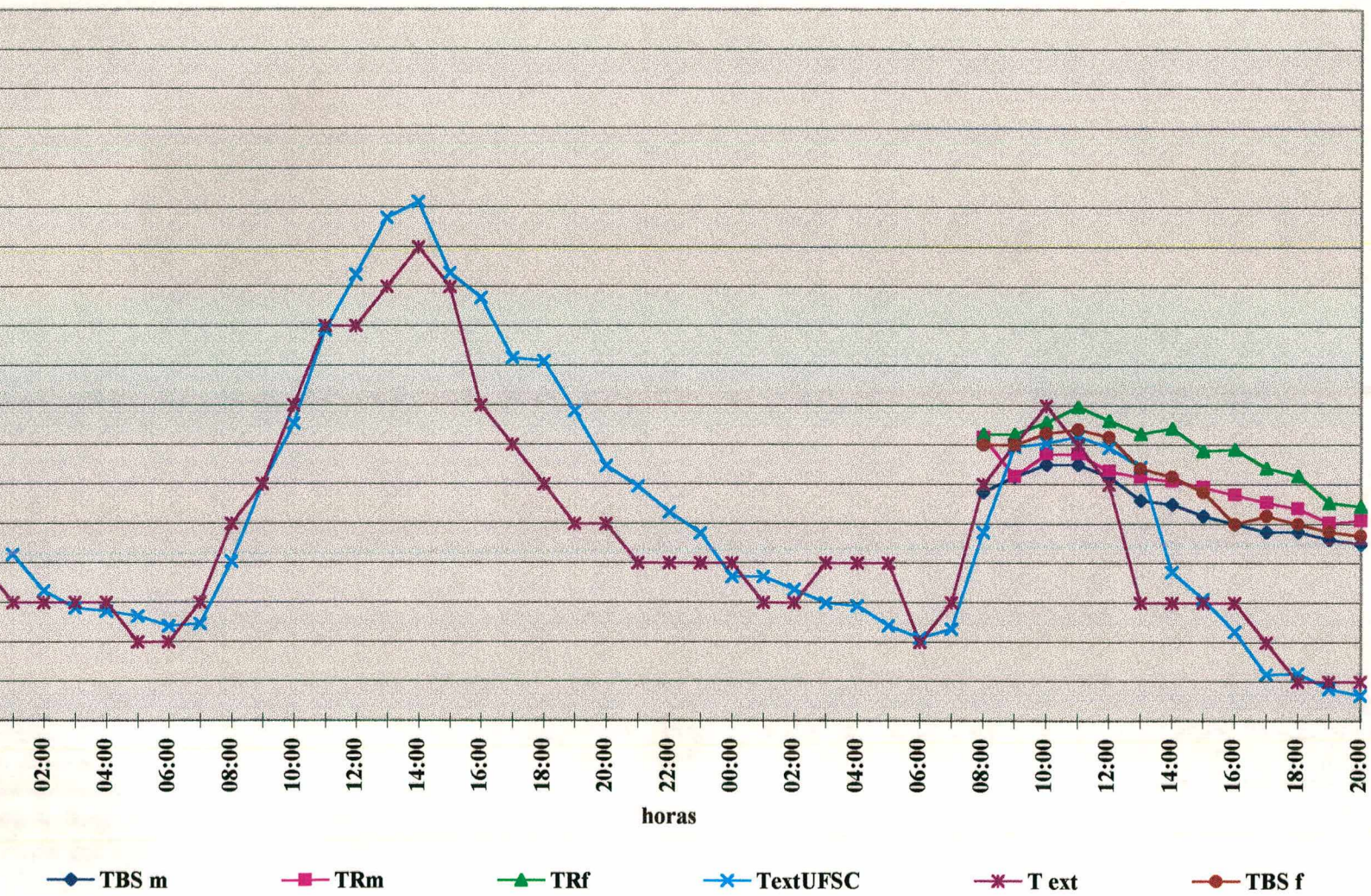


Figura 3.37. Gráfico de medições do dia 18/02/95: Estratégia de Inércia Térmica

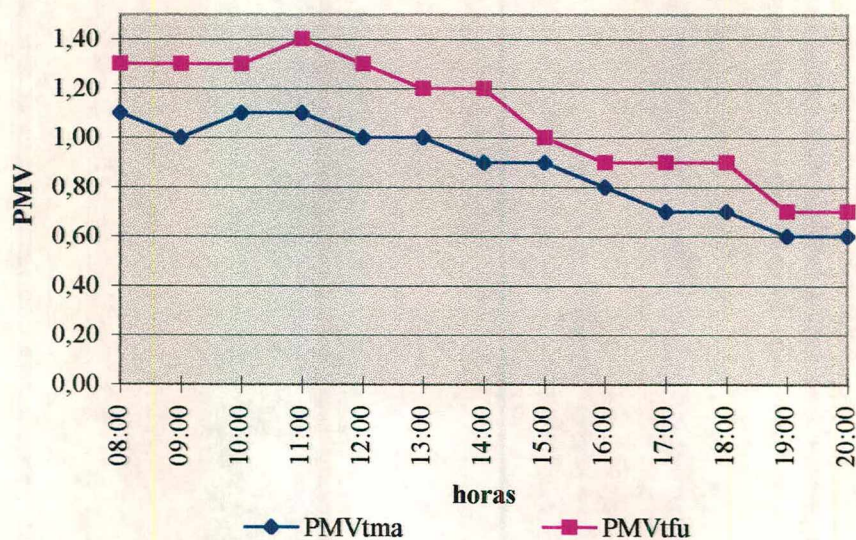


Figura 3.38. Índice PMV (Dia: 18/02/95) Inércia Térmica.

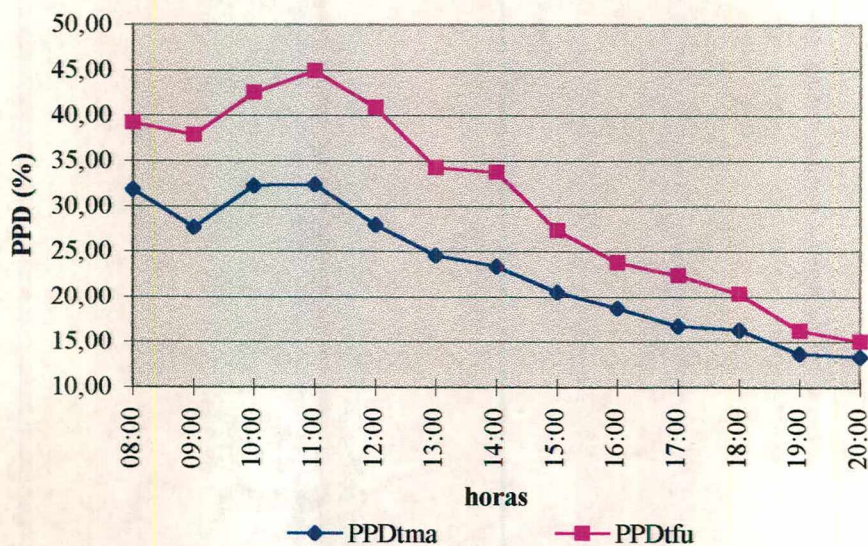


Figura 3.39. PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) (Dia: 18/02/95) Inércia Térmica.

Nesta medição pode-se observar em ambos ambientes, inclusive conforme mostrado na figura 3.40., que as temperaturas superficiais internas das paredes caem simultaneamente, certamente devido a queda de temperatura externa.

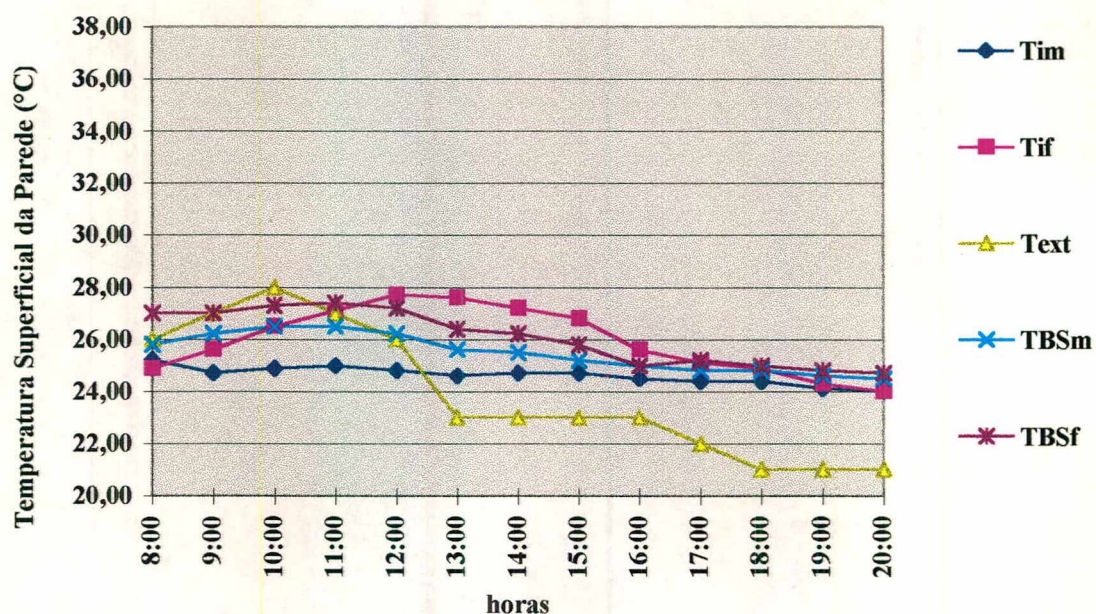


Figura 3.40. Gráfico de Temperatura Superficial das Paredes (°C)/ Dia: 18/02/95.

A conclusão da eficiência desta estratégia é quase inquestionável, ficando como uma questão não muito definida a presença de maior massa em ambientes voltados para orientações à oeste.

A ocorrência da redução considerável da temperatura interna em relação a temperatura externa, principalmente na medição anterior, permitiu comprovar a eficiência desta estratégia nos dois ambientes, tanto de menor quanto de maior massa. Pode-se deduzir que, a adoção de maior massa não altera a performance favorável à noite para o clima em estudo, desde que em presença de uma ventilação adequada.

3.3. Conclusão do Estudo de Caso

As hipóteses levantadas foram todas comprovadas nesta abordagem mais ampla, sem aprofundar detalhes de interação entre as várias estratégias, ou junto a outros aspectos que influenciam as estratégias e o conforto dentro do ambiente construído.

O projeto de uma edificação no clima em estudo, deve favorecer a ventilação, porém deve proteger também o meio ambiente externo próximo as esquadrias, evitando sobreaquecimentos, também pelo ganho de calor solar pelas paredes. Proteção que torna o

padrão do ar que penetra na edificação mais favorável. Esta proteção pode ser obtida por sombreamentos (vegetação, varandas, etc.), desde que não prejudique o fluxo e a velocidade do vento exigida.

A presença de maior massa aparece como solução compatível, como artifício de projeto, tanto nas estações frias quanto nas estações quentes, não apresentando-se conflitante com a massa necessária para as estações mais frias. Nas duas estações a presença de massa funcionou como um elemento controlador da temperatura interna, frente às grandes variações térmicas externas.

A pequena porcentagem de Massa para Resfriamento Passivo, definida para a região em estudo, apresentou na prática um resultado instigante. Surge a necessidade de uma investigação mais sistemática, a fim de estender a zona de massa para resfriamento em direção à zona de ventilação, a fim de compatibilizar os limites da carta bioclimática adotada com a região em estudo. Sem dúvida esta foi a constatação mais importante, obtida por este estudo de caso, pois nenhuma estratégia mostrou-se tão eficiente como controladora do ambiente interno como esta.

Através do estudo de caso, sentiu-se necessidade de investigar, na prática, outros aspectos não analisados neste estudo, como os que relacionam a eficiência da ventilação frente a presença de maior ou menor massa internamente, pois esta questão apresentou-se muito interligada nas medições efetuadas. Outras alternativas também poderiam ser investigadas em outros estudos, como a dosagem de elementos isolantes associados com envoltórias de menor massa (principalmente em fachadas voltadas para oeste), relacionando-as as conseqüentes variações na performance térmica.

No capítulo seguinte, frente as reflexões da revisão bibliográfica, associadas as conclusões obtidas neste estudo de caso, buscar-se-á em linhas gerais concluir quais as recomendações e questionamentos que este trabalho determinou.

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

4.1. Conclusão Final	115
4.2. Recomendações para Projeto Bioclimático	118
4.2.1. Estratégia de Massa para Resfriamento.	118
4.2.2. Estratégia de Ventilação	119
4.2.3. Sombreamento:	120
4.2.4. Resfriamento Evaporativo	120
4.2.5. Aquecimento Solar Passivo	120
4.2.6. Orientação/ Organização dos espaços internos.	121
4.3. Recomendações para Trabalhos Futuros	122

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

4.1. Conclusão Final

O presente trabalho teve como objetivo, buscar definir as estratégias bioclimáticas aplicáveis ao clima de Florianópolis. Para determiná-las adotou-se uma carta bioclimática e o método WATSON e LABS(1983), que por meio da revisão bibliográfica, apresentaram-se mais compatíveis com o clima em estudo. A aplicação do método, com a plotagem dos dados de temperatura do ano climático na carta adotada, apresentaram as estratégias de Ventilação e Massa/ Aquecimento Solar Passivo com as maiores porcentagens. Através de experimentação prática, por meio do estudo de caso, procurou-se comprovar a eficiência destas estratégias e testar a aplicabilidade de cada uma junto à este clima.

Várias conclusões foram obtidas na realização deste trabalho, referentes ao projeto bioclimático para esta região. A primeira refere-se a estratégia de Massa para Resfriamento, que por meio do estudo de caso, apresentou resultados inesperados. Pois a porcentagem desta estratégia, apresentada na aplicação do método foi muito pequena. Além deste resultado, a importância desta estratégia na revisão bibliográfica apresentou-se pouco conclusiva e indefinida, para regiões onde a amplitude térmica diária varia entre 10 e 15 graus, condição típica apresentada pelo clima da região de Florianópolis. Entretanto no estudo de caso, esta estratégia apresentou-se muito eficiente, pois tanto na casa de tijolo furado rebocada nas duas faces (casa nº2), quanto na casa de parede dupla de tijolo maciço (casa nº3), a diferença do clima externo para o clima interno foi muito grande. Podendo-se quase afirmar, que quanto maior a massa mais favorável é a condição do clima interno. Mas apesar dos resultados assim apresentados, medições mais sistemáticas devem ser realizadas, para uma avaliação mais precisa. Somente por meio desta verificação, poderá obter-se subsídios para uma nova marcação da zona de massa para resfriamento, mais compatível com a região em estudo. Alterando-se desta forma, a carta bioclimática adotada, com o objetivo desta estratégia responder com fidelidade e maior eficiência possível frente a este clima.

A revisão bibliográfica também pôde levantar questões de grande importância sobre o comportamento térmico de uma edificação, referente às estratégias que envolvem a massa, quanto a aspectos como a variação no tamanho das aberturas e da conseqüente necessidade de

uma dosagem adequada entre a resistência térmica e a capacidade térmica da envoltória frente à estas características. Outro aspecto envolvido nesta questão é a radiação solar, dependente da orientação e sombreamento, que comprometem intensamente o comportamento térmico da edificação. Sabe-se, também, que o aumento da necessidade de massa diminui com o aumento da resistência da envoltória. Frente ao exposto, conclui-se que não existe uma solução única para responder a um determinado clima. A questão “massa” é muito mais ampla, e deve desdobrar-se como tema de vários estudos específicos, onde outras variáveis devem ser controladas.

O estudo de caso pôde atestar que a presença de maior massa apresentou-se compatível frente às duas estações distintas, presentes neste clima. O aquecimento Solar Passivo junto à maior massa mostrou-se eficiente como era previsto, não demonstrando haver uma necessidade de adoção de formas mais complexas de aquecimento solar passivo, ou mesmo artificial. Pode-se constatar, desta forma, que os sistemas artificiais de controle térmico, tanto para o calor, quanto para o frio, podem limitar-se a elementos isolados, acreditando-se que se o projeto de uma edificação apresentar preocupações bioclimáticas na sua elaboração e pela própria amenidade do clima, não haverá necessidade da utilização de sistemas centrais complexos de condicionamento de ar. Entretanto esta é uma constatação que não estende-se para edificações maiores, onde os requisitos para o conforto térmico não possam ser garantidos de forma mais simples ou natural.

A ventilação apresentou-se eficiente, conforme apresentado tanto na carta, quanto na aplicação do método. Mas pode-se constatar, na prática, uma melhor performance térmica da edificação, associando esta estratégia à presença de maior massa interna, que quando encontra-se com temperatura inferior ao ar que penetra no ambiente, ajuda a esfriá-lo. Aspecto observado em uma das medições da estratégia de ventilação, que apresentou a temperatura interna bem inferior à temperatura externa, à qual apresentava-se muito elevada. Ficou desta forma, evidente a associação da ventilação com a estratégia de massa e a recomendação da presença de maior massa dentro da edificação, o que remete este estudo à outros que possam evidenciar este aspecto, por meio de uma análise mais aprofundada.

Pode-se comprovar a importância desta estratégia para alcançar-se o conforto neste clima, mas outros estudos devem ser realizados, para melhor definir formas diversas e mais efetivas para a ventilação, com uma análise mais precisa do fluxo do ar dentro do ambiente a ser analisado. Estudo este, acompanhado de uma análise das variáveis mais comuns,

encontradas nesta região, que podem afetar e interferir na ventilação, comprometendo ou intensificando sua eficiência. Pode-se salientar que este estudo limitou-se a obter dados sem preocupação com o tipo de ventilação que ocorreu precisamente, a forma cruzada pode ser eleita para uma análise mais simplista, onde não ocorreu variação da altura entre a entrada e saída do ar, mas não pode-se descartar a complexidade existente na trajetória de um fluxo de ar. A eficiência desta estratégia amplifica-se dependendo do tipo ventilação efetuada, como por exemplo tipo chaminé (efeito “stack”), entretanto é uma questão a ser analisada, devendo ser melhor detalhada em estudos posteriores, principalmente frente à presença das duas estações distintas neste clima.

Já a estratégia de Resfriamento Evaporativo na revisão bibliográfica, apresenta-se com parâmetros incompatíveis com esta região, pelo seu alto nível de umidade relativa do ar. Entretanto segundo estudos já realizados, constata-se que a forma indireta desta estratégia, associada ao resfriamento radiante, quando refere-se as coberturas de telhas cerâmicas (não impermeabilizadas) apresentam resultados favoráveis nesta região.

Uma estratégia que não foi retratadas na carta bioclimática adotada foi o Resfriamento Radiante, tornando necessário a elaboração de estudos dirigidos à esta região, como forma de avaliar a inclusão desta estratégia na carta bioclimática adotada, com a definição de seus limites. O sombreamento também diretamente não apareceu na carta bioclimática, podendo-se considerar que pode ser utilizado junto à qualquer estratégia de resfriamento, salientando entretanto, que devem ser observados cuidados tanto na estação quente (ex: bloqueio à ventilação), quanto na estação fria (bloqueio à insolação).

Foram tratados neste trabalho, somente as estratégias relacionadas diretamente às estratégias contidas nas cartas bioclimáticas. Mas deve-se ressaltar, que apesar de não terem sido tratados neste trabalho, vários tópicos e características são à estas relacionados, como urbanização, orientação, forma, volume, propriedades das superfícies, dentre inúmeros outros, todos temas vastos para outros estudos.

O projeto bioclimático mostra-se como um estudo multidisciplinar, com uma abrangência ampla, cujos aspectos de uma edificação e o ambiente na qual está inserida, apresentam uma série de variáveis, que ao se interrelacionarem, por meio de respostas diversas, compõem-se harmoniosamente visando a obtenção de conforto. Frente ao clima em estudo, muito há para ser descoberto, emerge a necessidade de que mais pesquisas sejam

efetuadas nesta área, de maneira que juntos engenheiros e arquitetos, trabalhem para obter efetivamente resultados práticos, que norteiem projetos compatíveis ao clima de Florianópolis.

4.2. Recomendações para Projeto Bioclimático

A realização deste trabalho permitiu a elaboração de algumas recomendações do projeto bioclimático para a região de Florianópolis. Estas obtidas, após avaliação das estratégias bioclimáticas, que possibilitou uma posterior conversão destas estratégias em aplicações práticas junto ao projeto. Contudo serão descritas de forma conceitual, pois a quantificação de cada tópico a ser tratado exigiria, anteriormente, estudos mais específicos. Os tópicos serão classificados segundo cada estratégia abaixo:

4.2.1. Estratégia de Massa para Resfriamento.

- Recomenda-se maior massa na envoltória das edificações, com a utilização de alvenarias cujos parâmetros podem ser avaliados segundo o valor da Transmitância $2,5W/m^2K$, associado a uma densidade de $1800kg/m^3$, valores próprios de alvenaria dupla de tijolo maciço.
- Nas paredes de orientações oeste e sul deve-se incorporar, um nível adequado de resistência térmica (isolante) associada à esta maior inércia térmica. Devendo-se aproveitar o tempo de retardo (“time-lag”) da envoltória como aliado na escolha da função de determinado ambiente e seu período de ocupação.
- Adotar coberturas com maior massa, como telhas cerâmicas sobre lajes de concreto, associando certo nível de material isolante térmico. Salientando os cuidados necessários de proteção deste isolante contra a umidade. Esta proteção pode ser efetuada por meio de impermeabilização específica, a qual beneficia-se de forma recíproca, com conseqüente aumento de sua vida útil.
- Nas coberturas de menor massa (ex: estrutura de madeira e telhas cerâmicas), além da introdução de materiais isolantes, deve-se utilizar materiais reflectivos entre as telhas e o forro, tais como folha metálica polida, fixadas de modo à preservar sua superfície da deposição de poeira.

- Edificação com amplas janelas exige, internamente, presença de maior massa, já quando às aberturas são pequenas e sombreadas, a resistência térmica da sua envoltória passa a ter um papel mais importante que sua inércia térmica.

- Vários autores apresentam valores de transmitância, fatores de ganho de calor, admitância, bem como outras características térmicas de materiais específicos para tipos de climas temperados ou compostos, existindo variações entre os mesmos. Surge desta forma, a necessidade de estudos mais dirigidos para o clima em estudo, antes da adoção destes valores pré estabelecidos.

4.2.2. Estratégia de Ventilação

- Há a necessidade de esquadrias amplas (com aberturas plenas) em relação a área total da edificação. Observando também uma relação adequada entre a área de entrada com a área de saída do fluxo de ar, mantendo-as com valores próximos.

- A implantação da edificação deve, sempre que possível, posicionar seu eixo longitudinal no sentido leste/ oeste. Pois suas aberturas estarão posicionadas em paredes opostas norte/ sul, vindo a propiciar a penetração dos ventos predominantes da estação quente(norte/nordeste) e sua passagem pelo ambiente interno (ventilação cruzada). Desta forma, as aberturas devem ser situadas, preferencialmente, em fachadas perpendiculares à direção dos ventos, podendo variar em torno de 20 a 30 graus, para não prejudicar uma ventilação plena e efetiva.

- Aberturas na fachada sul devem ser protegidas dos ventos de inverno, mas não devem bloquear a saída dos ventos de verão, e mesmo no caso de lanternins ou qualquer abertura que propicie uma boa ventilação, devem apresentar uma perfeita vedação no inverno, com estanqueidade contra os ventos frios.

- A altura do peitoril das janelas deve ser compatível com as funções exercidas em cada local, levando em consideração que para conforto fisiológico há a necessidade que o fluxo do ar atinja o corpo dos ocupantes. A velocidade do ar também deve ser controlada, evitando-se que atinja valores inadequados à função ou ao conforto, como por exemplo superiores à 1m/s no caso de escritórios, velocidade limite para não levantar papéis. Deve-se garantir, também uma ventilação mínima no inverno.

4.2.3. Sombreamento:

- O sombreamento deve atender as duas estações distintas, apresentando-se como um artifício que deve ser utilizado na fachada oeste/ sudoeste da edificação, para bloquear o ganho de calor solar, mas de forma que permita a insolação na estação fria. Requisito de sombreamento, que pode ser atendido para estas orientações por meio de sistemas móveis flexíveis, de fácil operacionalidade ou o uso de vegetação de folhas caducas. Nas fachadas voltadas para o noroeste/oeste a utilização de varandas é eficaz, desde que apresente projeções que permitam a penetração do sol de inverno. Deve-se preferir bloquear o sol com anteparos externos em detrimento dos internos como as persianas.
- O sombreamento de coberturas deve ser efetuado nas casas térreas, desde que atenda os requisitos de cada estação.
- A implantação da edificação é importante em relação a estes aspectos acima citados. Recomendando-se revisão destes critérios, conforme estudos do entorno de cada sítio.

4.2.4. Resfriamento Evaporativo

- Deve-se utilizar coberturas porosas, sem impermeabilização ou vitrificação, para uma melhor performance térmica.
- A utilização de tanques de água na cobertura é uma solução a ser utilizada, mas acompanhada de estudos e detalhamentos específicos.
- Deve-se evitar dentro de espaços fechados a presença de cortinas de água ou qualquer artifício que aumente o nível de umidade do ar interno.

4.2.5. Aquecimento Solar Passivo

- Deve-se utilizar amplas aberturas com vidro, posicionadas de modo que recebam o sol de inverno, associando à estas a presença de maior massa tanto interna quanto externamente, como forma de armazenar o calor solar que incide sobre a mesma durante o dia.
- São recomendáveis a utilização de varandas fechadas com vidros que permitam ser amplamente abertas na estação quente. A orientação mais adequada de telhados e paredes quanto à esta estratégia é de voltar seu eixo longitudinal para o sentido leste oeste, fazendo

com que o pano de telhado fique voltado para a orientação norte. A definição da inclinação das coberturas exige maiores estudos quanto à este aspecto. Mas pode-se recomendar, coberturas com inclinações acentuadas, desde que obedecendo uma orientação adequada(para o norte), uma vez que diminui a insolação da cobertura no verão, fazendo com que os raios solares atinjam a cobertura de forma tangencial(projeção de área menor) e de forma perpendicular no inverno(projeção de área maior).

4.2.6. Orientação/ Organização dos espaços internos.

- As áreas voltadas para o sul e para o oeste devem ser de uso limitado quanto a permanência de pessoas, se possível posicionando áreas inertes, tais como garagens, escadas, circulações depósitos, vestíbulos e áreas de serviço. Específico para a fachada oeste seria também o posicionamento de áreas sombreadas (jardins)

- A orientação leste e nordeste é favorável o posicionamento de quartos copas e cozinhas, estendendo-se a orientação norte para as áreas de convívio diário como salas. Estas recomendações são primárias, podendo ser alteradas por vários fatores, como exemplo a presença de vista panorâmica. Entretanto escolhas adotadas devem vir acompanhadas de soluções compatíveis com projeto bioclimático.

- Deve-se, sempre que possível propiciar a compartimentação dos ambientes amplos na estação fria, projetando-os de maneira flexível de forma que possam ser abertos na estação quente.

- A forma compacta é mais adequada à estação fria, já os volumes maiores à estação quente, tais parâmetros devem ser analisados por estudos específicos, de forma que permitam determinar uma relação ótima para o clima em estudo. O aspecto forma e volume de uma edificação também deve ser estudado juntamente com as várias orientações e sua implantação no sítio.

- Recomenda-se não adotar soluções extremadas em relação ao projeto bioclimático, pois podem tornar-se equivocadas, uma vez que os requisitos das duas estações distintas são ambíguos em muitos aspectos.

A seguir serão levantadas as principais recomendações para trabalhos futuros, que poderão dar continuidade e maior detalhamento as recomendações descritas neste tópico.

4.3. Recomendações para Trabalhos Futuros

Serão enumeradas as recomendações que pareceram mais urgentes, a fim de complementar este trabalho. Entretanto, não devem ficar limitadas às abaixo relacionadas:

- Compatibilizar os limites da zona de massa para resfriamento, na carta bioclimática adotada para Florianópolis, delimitando também a zona de Resfriamento Radiante, por meio de estudos acompanhados de medições mais sistemáticas.
- Estudos referentes aos vários tipos de materiais construtivos, existentes na região, (com construção de protótipos) juntamente relacionando a construtividade da envoltória e sua respectiva performance térmica, frente à mesma condição climática. Com análise de propostas de soluções práticas de melhoramento, com respectivas quantificações. Como exemplo, a determinação do nível ótimo de isolamento térmico de coberturas e paredes, voltadas a orientações desfavoráveis, como a oeste e sul.
- Estudos específicos da eficiência dos diferentes tipos de ventilação e a influência na variação da presença de maior ou menor massa na edificação, frente as características do clima em estudo.
- Determinação entre as variáveis: forma, volume, área de cobertura/ ocupação, a relação ótima mais adequada à esta região, compatível com presença das duas estações distintas. Estendendo este estudos à outras tipologias típicas da região, juntamente com análise do comportamento térmico das formas de projetos mais e menos compactas, durante todo o ano climático.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- **AROSZTEGUL, J.M. (1995).** Curso: El Proyecto para la Eficiencia Térmica de los Edificios, III Encontro Nacional/ I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Gramado.
- **ASHRAE (1993).** “Physiological Principles and Thermal Comfort.” Handbook-Fundamentals (ST). Atlanta, USA. chapter 8.
- **ASHRAE. STANDARD 55-1992.** Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta. USA.
- **BALCOMB, D.; HEDSTROM, J.C.;McFARLAND, R.D. (1979),** in WATSON(1979). Passive Solar Heating of Buildings, Energy Conservation Through Buildings Design, edited by Donald Watson, MacGraw Hill Book Company.
- **BUENO, A.D.; LAMBERTS, R.; PHILIPPI, P.C. (1994).** Higroscopicidade em Telhas de Cerâmica: Efeitos Sobre o Comportamento Térmico. Anais do Proceedings of International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, ed. Universidade Federal de Santa Catarina/ECV, Brasil.
- **BUENO, A.D.; LAMBERTS, R.; PHILIPPI, P.C. (1994).** Avaliação do Comportamento Higrotérmico de Telhas Cerâmicas em Ambiente Real. Anais do Proceedings of International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, ed. Universidade Federal de Santa Catarina/ECV, Brasil.
- **EVANS, M. (1980).** Housing, Climate and Comfort. ed. The Architectural Press. London.
- **EVANS, M.; SCHILLER, S. (1988).** Diseno Bioambiental y Arquitectura Solar, Universidad de Buenos Aires, Serie Ediciones Previas, nº 9.
- **FANGER, P.O. (1982),** Thermal Comfort, Robert E. Krieger Publishing Co. Malabar, Flórida, USA.
- **FEUSTEL, H.; ALMEIDA, A.; BLUMSTEIN,C. (1992).** Alternatives to compressor cooling in Residences. Energy and Buildings, nº 18 p. 269/286.
- **GIVONI, B. (1976).** Man, Climate and Architecture. London:Applied Science Publishers Ltd., 1976
- **GIVONI, B.; MILNE, M. (1979).** Architectural Design Based on Climate, Energy Conservation Through Buildings Design, edited by Donald Watson, MacGraw Hill Book Company.
- **GIVONI, B. (1991).** Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems. Energy and Buildings, nº 17 p. 177/199.
- **GIVONI, B. (1992).** Confort Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, n. 18 p. 11/23.

- **GONZALEZ, E.; HINZ, E.; OTEIZA, P.; QUIROS, C. (1996).** Projeto Clima Y Arquitetura. Vol.1. e Vol.2. Mexico:Ediciones G. Gili.
- **GOULART, S. V. G. (1993).** Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis, Florianópolis: UFSC, Dissertação de Mestrado.
- **GOULART, S.; BOGO, A.; PIETROBON, C.; PITTA, T. (1994).** Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico, Núcleo de Pesquisa em Construção Civil, Centro Tecnológico da UFSC.
- **GREENLAND, J. J. (1980).** Solar Energy Application in The Design of Buildings, in: Solar Heating Congress. England : Applied Science Publishers Ltd, pp. 121-143.
- **IZARD, J.; GUYOT, A. (1983).** Arquitetura Bioclimática. México: Ediciones G. Gili. S.A.
- **INTERNATIONAL STANDARD ISO-7726.** Thermal environments-Instruments and methods for measurings physical quantities, 1985.
- **INTERNATIONAL STANDARD ISO-7730.** Moderate thermal environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal confort. (1984)
- **KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. (1977).** Viviendas y Edificios en Zonas Calidas y Tropicales. ed. Paraninfo. Spain, 1977.
- **LANDI, F.R.. (1976).** A Adaptação Térmica e Fisiológica do Homem e as Impressões das Condições de Conforto Térmico, São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), Tese de Doutorado.
- **NIMER, E. (1979).** Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro:IBGE.
- **MACPHERSON, R.K. (1980).** What Makes People Accept a Thermal Environments as Comfortable?. Solar Energy Application in Design of Buildings. Solar Heating-Congress. ed. Apllied Science Published ltd, England.
- **OLESEN, B. (1993).** Standards for Design and Evaluation of the Indoor Thermal Environment. ASHRAE Jornal, August.
- **OLGYAY, V. (1963).** Design With Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. 4th ed. . Princeton, New Jersey. U. S. A. :Princeton University Press.
- **OLGYAY, V . (1968).** Clima y Arquitectura en Colombia. Universidade del Valle. Facultad de Arquitectura. Cali, Colombia, 1968.
- **RIVERO, R. (1985).** Arquitetura e Clima, ed. D. C. Luzzatto Editores Ltda.
- **ROGERS, T. S. (1964).** Thermal Design of Buildings. New York:John Wiley & Sons, Inc.
- **SCHUCH(1994).** Relatório de Bolsa ITI-RHAE.
- **SZOKOLAY, S. V. (1987).** Termal Design of Buildings. Camberra, Australian: Published By Raia Education Division.
- **SZOKOLAY, S.V. (1995).** The CPZ (Control Potencial Zone) method and its use to develop climate zones.ISES"95, Congress at Harvey, USA.

- **SZOKOLAY, S.V. (1995).** Bioclimatic Design: Strategy to Details, Anais do III Encontro Nacional/ I Encontro Latino Americano, Gramado.
- **VAN STRAATEN, J. F. (1967).** Termal Performance of Buildings. p. 229/270 e p. 40/67 Amsterdam:Ed. Elsevier Publishing Company.
- **WATSON, D.; LABS, K. (1983).** Climatic Building Design: Energy-Efficient Buildings/Principles and Praticce, ed. McGraw-Hill, Inc. New York.
- **WATSON, D. (1979).** Energy Conservation Through Building Design. McGraw Hill, Nova York, p. 96-113.

ANEXOS

6.1. ANEXO 1: CALIBRAÇÃO	128
6.2. ANEXO 2: PLANILHA DAS TEMPERATURAS	129

6. ANEXOS

6.1. ANEXO 1: CALIBRAÇÃO

Os quatro termômetros utilizados na elaboração dos termômetros de globo tiveram que ser calibrados anteriormente. O procedimento foi efetuado conforme descrição abaixo:

1. Identificou-se os termômetros com caneta específica para vidro, com as denominações A,B,C e D.

2. Moeu-se gelo no liquidificador e introduziu-se, simultaneamente, os quatro termômetros, mantendo-os juntos por dez minutos, procurando mantê-los na mesma posição e sob as mesmas condições.

3. Após fizeram-se as leituras, anotando as variações apresentadas, em graus entre os quatro termômetros, relacionados sempre aos que apresentaram as mesmas medidas.

4. Associada à esta técnica, também foi efetuada uma confirmação das medidas obtidas, por meio de procedimento mais simples, por um período de tempo maior, que foi a introdução dos quatro termômetros em um mesmo microclima (dentro de um armário fechado), durante uma noite inteira.

5. A leitura nos quatro termômetros foi efetuada, no dia seguinte e no mesmo instante, confirmando as variações já obtidas anteriormente e apresentadas conforme planilha, abaixo transcrita:

TERMÔMETROS	A	B	C	D
Correção (°C)	+0,3	0	0	0

6. As medições foram corrigidas em todos os dados obtidos, sendo os termômetros A e B utilizados para as medições de estratégia relacionada à massa e termômetros C e D para a estratégia de ventilação.

6.2. ANEXO 2: PLANILHA DAS TEMPERATURAS

Nestas planilhas encontram-se todas as temperaturas medidas e calculadas, índices e coeficientes, provenientes do estudo de caso, sendo abaixo legendadas:

- TBS= temperatura de Bulbo seco(°C)(temperatura do ar interno)
- Tg= temperatura de Globo(°C)
- Text= temperatura ar externo (°C)
- DTA= diferença [Text-TBS]
- DT= diferença [Tg-TBS]
- hcg1= coeficiente de transferência de calor p/ convecção natural
- hcg2= coeficiente de transferência de calor p/ convecção forçada
- TBU= temperatura de bulbo úmido (°C)
- PMV coeficiente de conforto de Fanger
- PPD= Índice em porcentagem de pessoas insatisfeitas (%)
- TR= temperatura radiante média (°C)

ESTRATÉGIA DE VENTILAÇÃO

COM VENTILAÇÃO

(16/1/95)

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,30	27,80	27,30	27,00	-0,80	-0,50	0,50	2,665	11,305	24,00	1,00	25,50	26,34
09:00	0,25	28,50	28,50	29,00	0,50	0,00	0,00	0,000	10,133	24,00	1,40	43,00	28,50
10:00	0,50	29,00	29,00	30,00	1,00	0,00	0,00	0,000	15,359	24,30	1,40	43,30	29,00
11:00	0,50	29,50	29,50	32,00	2,50	0,00	0,00	0,000	15,359	24,50	1,50	51,30	29,50
12:00	0,22	30,30	31,00	32,00	1,70	0,70	0,70	2,898	9,385	25,20	2,10	79,70	32,07
13:00	0,25	29,40	30,20	34,00	4,60	0,80	0,80	2,997	10,133	26,00	1,90	71,70	31,53
14:00	0,64	28,70	29,00	35,00	6,30	0,30	0,30	2,345	17,811	26,00	1,40	45,40	29,89
15:00	0,65	29,20	29,30	36,00	6,80	0,10	0,10	1,782	17,978	25,80	1,50	49,20	29,60
16:00	0,35	29,60	29,80	36,00	6,40	0,20	0,20	2,119	12,400	25,80	1,70	62,70	30,21
17:00	0,80	31,00	30,60	33,00	2,00	-0,40	0,40	2,520	20,363	25,40	1,80	65,00	29,25
18:00	0,12	29,20	29,50	29,00	-0,20	0,30	0,30	2,345	6,524	25,50	1,80	65,60	29,82
19:00	0,00	29,90	29,00	28,00	-1,90	-0,90	0,90	3,086	0,000	25,20	1,80	64,50	28,52
20:00	0,25	28,50	28,50	27,00	-1,50	0,00	0,00	0,000	10,133	24,50	1,40	44,20	28,50

SEM VENTILAÇÃO

(16/1/95)

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,00	27,20	26,50	27,00	-0,20	-0,70	0,70	2,898	0,000	24,00	1,20	33,30	26,14
09:00	0,00	27,50	27,00	29,00	1,50	-0,50	0,50	2,665	0,000	24,20	1,30	39,20	26,77
10:00	0,00	28,00	27,80	30,00	2,00	-0,20	0,20	2,119	0,000	24,40	1,40	47,70	27,73
11:00	0,00	28,60	28,30	32,00	3,40	-0,30	0,30	2,345	0,000	24,50	1,60	54,30	28,18
12:00	0,00	29,40	29,20	32,00	2,60	-0,20	0,20	2,119	0,000	25,40	1,80	66,20	29,13
13:00	0,00	29,70	29,90	34,00	4,30	0,20	0,20	2,119	0,000	26,20	1,90	74,20	29,97
14:00	0,00	29,30	29,30	35,00	5,70	0,00	0,00	0,000	0,000	26,20	1,80	68,90	29,30
15:00	0,00	29,40	29,30	36,00	6,60	-0,10	0,10	1,782	0,000	26,20	1,80	69,40	29,27
16:00	0,00	29,50	29,30	36,00	6,50	-0,20	0,20	2,119	0,000	25,80	1,80	68,30	29,23
17:00	0,00	29,80	29,50	33,00	3,20	-0,30	0,30	2,345	0,000	25,80	1,90	70,90	29,38
18:00	0,00	29,80	29,20	29,00	-0,80	-0,60	0,60	2,789	0,000	25,40	1,80	66,90	28,91
19:00	0,00	29,00	29,00	28,00	-1,00	0,00	0,00	0,000	0,000	25,60	1,70	64,10	29,00
20:00	0,00	28,80	28,50	27,00	-1,80	-0,30	0,30	2,345	0,000	25,00	1,60	57,80	28,38

ESTRATÉGIA DE VENTILAÇÃO

Data:25/01/95

Tipo:Não Ventilado

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,00	27,20	27,00	25,00	-2,20	-0,20	0,20	2,119	0,000	24,80	1,20	35,70	26,92
09:00	0,00	26,80	27,00	27,00	0,20	0,20	0,20	2,119	0,000	24,80	1,20	34,70	27,07
10:00	0,00	27,00	27,00	29,00	2,00	0,00	0,00	0,000	0,000	25,00	1,20	35,60	27,00
11:00	0,00	27,40	27,40	30,00	2,60	0,00	0,00	0,000	0,000	25,20	1,30	40,80	27,40
12:00	0,00	27,80	27,80	31,00	3,20	0,00	0,00	0,000	0,000	25,20	1,40	45,60	27,80
13:00	0,00	28,20	28,10	31,00	2,80	-0,10	0,10	1,782	0,000	25,60	1,60	54,20	28,07
14:00	0,00	28,40	28,20	32,00	3,60	-0,20	0,20	2,119	0,000	25,70	1,50	52,40	28,13
15:00	0,00	28,50	28,40	32,00	3,50	-0,10	0,10	1,782	0,000	25,80	1,60	55,20	28,31
16:00	0,00	28,50	28,30	30,00	1,50	-0,20	0,20	2,119	0,000	25,80	1,60	53,90	28,23
17:00	0,00	28,50	28,30	29,00	0,50	-0,20	0,20	2,119	0,000	25,70	1,50	53,60	28,23
18:00	0,00	28,50	28,20	23,00	-5,50	-0,30	0,30	2,345	0,000	25,50	1,50	52,40	28,08
19:00	0,00	27,60	27,80	25,00	-2,60	0,20	0,20	2,119	0,000	24,50	1,30	42,80	27,87
20:00	0,00	27,40	27,50	25,00	-2,40	0,10	0,10	1,782	0,000	24,50	1,30	39,80	27,53

Data:25/01/95

Tipo:Ventilado

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,30	26,40	26,00	25,00	-1,40	-0,40	0,40	2,520	11,305	24,80	0,60	11,40	25,22
09:00	0,50	26,30	26,10	27,00	0,70	-0,20	0,20	2,119	15,359	24,30	0,40	7,80	25,57
10:00	0,22	26,80	26,80	29,00	2,20	0,00	0,00	0,000	9,385	24,80	0,90	22,00	26,80
11:00	0,20	27,20	27,30	30,00	2,80	0,10	0,10	1,782	8,863	25,20	1,10	29,10	27,45
12:00	0,65	27,80	28,00	31,00	3,20	0,20	0,20	2,119	17,978	25,40	0,90	23,50	28,60
13:00	0,50	28,20	28,30	31,00	2,80	0,10	0,10	1,782	15,359	25,80	1,10	31,10	28,56
14:00	0,95	28,20	28,20	32,00	3,80	0,00	0,00	0,000	22,574	25,70	0,90	21,20	28,20
15:00	1,70	28,00	28,00	32,00	4,00	0,00	0,00	0,000	32,008	25,50	0,60	12,20	28,00
16:00	1,70	27,60	27,70	30,00	2,40	0,10	0,10	1,782	32,008	25,30	0,50	9,70	28,24
17:00	1,25	27,50	27,50	29,00	1,50	0,00	0,00	0,000	26,615	25,30	0,50	10,40	27,50
18:00	0,35	27,50	27,30	23,00	-4,50	-0,20	0,20	2,119	12,400	25,40	0,90	21,70	26,88
19:00	0,75	26,40	26,50	25,00	-1,40	0,10	0,10	1,782	19,589	23,50	0,30	6,90	26,83
20:00	0,00	26,80	26,50	25,00	-1,80	-0,30	0,30	2,345	0,000	23,80	1,10	28,80	26,38

ESTRATÉGIA DE VENTILAÇÃO

Data: 18/02/95													
Tipo: Com Ventilação													
Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,15	26,00	26,20	26,00	0,00	0,20	0,20	2,119	7,458	23,40	0,90	22,50	26,46
09:00	0,20	25,80	26,10	27,00	1,20	0,30	0,30	2,345	8,863	23,40	0,80	18,60	26,56
10:00	0,25	26,50	27,00	28,00	1,50	0,50	0,50	2,665	10,133	23,50	1,00	25,00	27,86
11:00	0,30	27,00	27,50	27,00	0,00	0,50	0,50	2,665	11,305	23,80	1,10	29,00	28,45
12:00	0,90	26,00	26,50	26,00	0,00	0,50	0,50	2,665	21,854	22,60	0,40	8,70	28,35
13:00	0,60	25,30	25,30	23,00	-2,30	0,00	0,00	0,000	17,135	22,60	0,20	5,60	25,30
14:00	0,35	25,30	25,50	23,00	-2,30	0,20	0,20	2,119	12,400	23,00	0,50	9,40	25,93
15:00	0,30	24,80	25,00	23,00	-1,80	0,20	0,20	2,119	11,305	22,20	0,40	7,70	25,39
16:00	0,40	24,00	24,20	23,00	-1,00	0,20	0,20	2,119	13,434	21,50	0,00	5,00	24,67
17:00	0,08	23,90	24,20	22,00	-1,90	0,30	0,30	2,345	5,115	21,50	0,50	10,70	24,47
18:00	0,46	23,50	24,00	21,00	-2,50	0,50	0,50	2,665	14,610	21,20	-0,10	5,20	25,27
19:00	0,38	23,50	23,50	21,00	-2,50	0,00	0,00	0,000	13,027	21,00	-0,20	5,70	23,50
20:00	0,30	23,40	23,30	21,00	-2,40	-0,10	0,10	1,782	11,305	20,20	-0,20	5,60	23,10

Data: 18/02/95													
Tipo: Sem Ventilação													
Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,00	26,20	25,30	26,00	-0,20	-0,90	0,90	3,086	0,000	23,50	0,90	21,70	24,81
09:00	0,00	26,40	26,00	27,00	0,60	-0,40	0,40	2,520	0,000	23,20	1,00	26,70	25,82
10:00	0,00	26,70	26,30	28,00	1,30	-0,40	0,40	2,520	0,000	24,80	1,10	32,50	26,12
11:00	0,00	27,00	26,90	27,00	0,00	-0,10	0,10	1,782	0,000	24,00	1,20	36,90	26,87
12:00	0,00	26,80	26,80	26,00	-0,80	0,00	0,00	0,000	0,000	23,50	1,20	34,20	26,80
13:00	0,00	26,30	26,20	23,00	-3,30	-0,10	0,10	1,782	0,000	23,20	1,00	28,10	26,17
14:00	0,00	26,40	26,00	23,00	-3,40	-0,40	0,40	2,520	0,000	23,20	1,00	26,70	25,82
15:00	0,00	26,10	25,80	23,00	-3,10	-0,30	0,30	2,345	0,000	23,20	1,00	24,80	25,68
16:00	0,00	25,20	25,10	23,00	-2,20	-0,10	0,10	1,782	0,000	22,40	0,80	17,50	25,07
17:00	0,00	25,00	24,60	22,00	-3,00	-0,40	0,40	2,520	0,000	22,10	0,70	14,20	24,42
18:00	0,00	24,50	24,20	21,00	-3,50	-0,30	0,30	2,345	0,000	21,80	0,60	13,20	24,07
19:00	0,00	24,20	24,00	21,00	-3,20	-0,20	0,20	2,119	0,000	21,20	0,50	9,80	23,92
20:00	0,00	24,00	23,80	21,00	-3,00	-0,20	0,20	2,119	0,000	20,80	0,40	8,70	23,72

STRATÉGIA MASSA TÉRMICA / AQUECIMENTO PASSIVO

Data:5/8/95

tipo:Alvenaria Tijolo Maciço Duplo

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	Ti	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,00	15,00	15,00	8,00	-7,00	0,00	0,00	0,000	0,000	14,000	9,80	-0,40	7,80	15,0
09:00	0,00	15,00	15,50	10,00	-5,00	0,50	0,50	2,665	0,000	14,400	9,80	-0,30	7,20	15,7
10:00	0,00	14,50	15,50	13,00	-1,50	1,00	1,00	3,169	0,000	14,300	9,50	-0,30	7,50	16,1
11:00	0,00	15,00	15,50	14,00	-1,00	0,50	0,50	2,665	0,000	14,500	9,80	-0,30	7,20	15,7
12:00	0,00	15,40	15,40	14,00	-1,40	0,00	0,00	0,000	0,000	14,700	9,50	-0,30	7,30	15,4
13:00	0,00	15,80	15,80	14,00	-1,80	0,00	0,00	0,000	0,000	15,100	10,20	-0,30	6,40	15,8
14:00	0,00	16,40	16,00	14,00	-2,40	-0,40	0,40	2,520	0,000	15,800	10,50	-0,20	5,90	15,8
15:00	0,00	16,40	16,20	14,00	-2,40	-0,20	0,20	2,119	0,000	16,000	11,00	-0,20	5,60	16,1
16:00	0,00	16,40	16,20	14,00	-2,40	-0,20	0,20	2,119	0,000	16,200	11,20	-0,20	5,60	16,1
17:00	0,00	15,50	16,00	13,00	-2,50	0,50	0,50	2,665	0,000	16,500	10,20	-0,20	6,20	16,2
18:00	0,00	15,20	15,50	11,00	-4,20	0,30	0,30	2,345	0,000	16,600	10,00	-0,30	7,00	15,6
19:00	0,00	16,00	16,00	11,00	-5,00	0,00	0,00	0,000	0,000	16,500	10,50	-0,20	6,10	16,0
20:00	0,00	16,00	16,00	11,00	-5,00	0,00	0,00	0,000	0,000	16,400	10,50	-0,20	6,10	16,0

Data:05/8/95

tipo:Alvenaria de Tijolo 6 Furos Rebocada

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	Ti	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,00	12,50	13,00	8,00	-4,50	0,50	0,50	2,665	0,000	10,700	9,00	-0,70	14,60	13,2
09:00	0,00	12,80	13,00	10,00	-2,80	0,20	0,20	2,119	0,000	10,800	8,50	-0,70	14,60	13,0
10:00	0,00	13,20	13,50	13,00	-0,20	0,30	0,30	2,345	0,000	11,300	8,20	-0,60	13,20	13,6
11:00	0,00	13,40	14,20	14,00	0,60	0,80	0,80	2,997	0,000	12,900	9,40	-0,50	10,60	14,6
12:00	0,00	14,50	15,00	14,00	-0,50	0,50	0,50	2,665	0,000	15,000	9,80	-0,40	8,10	15,2
13:00	0,00	15,00	15,50	14,00	-1,00	0,50	0,50	2,665	0,000	17,000	9,80	-0,30	7,20	15,7
14:00	0,00	15,20	16,00	14,00	-1,20	0,80	0,80	2,997	0,000	17,900	10,00	-0,30	6,30	16,4
15:00	0,00	15,80	16,20	14,00	-1,80	0,40	0,40	2,520	0,000	18,400	10,20	-0,20	5,90	16,4
16:00	0,00	15,50	16,20	14,00	-1,50	0,70	0,70	2,898	0,000	18,500	10,20	-0,20	6,00	16,5
17:00	0,00	15,20	16,00	13,00	-2,20	0,80	0,80	2,997	0,000	17,900	9,80	-0,30	6,40	16,4
18:00	0,00	15,00	16,00	11,00	-4,00	1,00	1,00	3,169	0,000	17,200	9,50	-0,30	6,60	16,6
19:00	0,00	15,00	16,00	11,00	-4,00	1,00	1,00	3,169	0,000	16,500	9,80	-0,30	6,50	16,6
20:00	0,00	15,00	15,50	11,00	-4,00	0,50	0,50	2,665	0,000	15,700	10,00	-0,30	7,10	15,7

STRATÉGIA INÉRCIA TÉRMICA

Data:16/01/95

Tipo: Alvenaria de Tijolo Maciço Duplo

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	Ti	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,00	27,20	26,90	27,00	-0,20	-0,30	0,30	2,345	0,000	25,70	24,00	1,20	36,60	26,7
09:00	0,00	27,20	27,20	29,00	1,80	0,00	0,00	0,000	0,000	25,80	24,20	1,30	40,10	27,2
10:00	0,00	27,30	27,50	30,00	2,70	0,20	0,20	2,119	0,000	25,70	24,20	1,40	43,00	27,5
11:00	0,00	27,80	27,90	32,00	4,20	0,10	0,10	1,782	0,000	26,00	24,80	1,50	49,00	27,9
12:00	0,00	28,30	28,30	32,00	3,70	0,00	0,00	0,000	0,000	26,30	25,20	1,60	55,00	28,3
13:00	0,00	28,40	28,50	34,00	5,60	0,10	0,10	1,782	0,000	26,40	25,50	1,60	57,60	28,5
14:00	0,00	28,40	28,00	35,00	6,60	-0,40	0,40	2,520	0,000	26,40	25,50	1,50	53,20	27,8
15:00	0,00	28,40	28,20	36,00	7,60	-0,20	0,20	2,119	0,000	26,80	25,80	1,60	55,80	28,1
16:00	0,00	28,50	28,20	36,00	7,50	-0,30	0,30	2,345	0,000	27,00	25,50	1,60	55,60	28,0
17:00	0,00	28,40	28,50	33,00	4,60	0,10	0,10	1,782	0,000	27,10	25,40	1,60	57,30	28,5
18:00	0,00	28,50	28,70	29,00	0,50	0,20	0,20	2,119	0,000	27,30	25,00	1,60	58,40	28,7
19:00	0,00	28,00	28,20	28,00	0,00	0,20	0,20	2,119	0,000	27,10	25,20	1,50	53,60	28,2
20:00	0,00	28,00	28,20	27,00	-1,00	0,20	0,20	2,119	0,000	27,20	24,80	1,50	52,60	28,2

Data:16/01/95

Tipo: Alvenaria de Tijolos 6 Furos Rebocada

Hora	Va	TBS	Tg	Text	DTA	DT	DT	hcg1	hcg2	Ti	TBU	PMV	PPD	TR
08:00	0,00	27,30	27,00	27,00	-0,30	-0,30	0,30	2,345	0,000	25,70	24,40	1,30	39,20	26,8
09:00	0,00	27,80	27,80	29,00	1,20	0,00	0,00	0,000	0,000	26,00	24,40	1,40	47,50	27,8
10:00	0,00	28,20	28,20	30,00	1,80	0,00	0,00	0,000	0,000	26,60	24,20	1,50	51,40	28,2
11:00	0,00	28,60	28,50	32,00	3,40	-0,10	0,10	1,782	0,000	27,60	24,50	1,60	56,20	28,4
12:00	0,00	29,80	29,80	32,00	2,20	0,00	0,00	0,000	0,000	29,00	25,40	1,90	72,30	29,8
13:00	0,00	29,40	29,60	34,00	4,60	0,20	0,20	2,119	0,000	29,60	25,80	1,90	70,20	29,6
14:00	0,00	29,30	29,50	35,00	5,70	0,20	0,20	2,119	0,000	30,00	26,30	1,90	70,90	29,5
15:00	0,00	29,80	30,00	36,00	6,20	0,20	0,20	2,119	0,000	30,20	26,30	2,00	76,00	30,0
16:00	0,00	29,80	30,00	36,00	6,20	0,20	0,20	2,119	0,000	30,20	26,20	2,00	75,70	30,0
17:00	0,00	29,60	30,00	33,00	3,40	0,40	0,40	2,520	0,000	29,80	26,20	2,00	74,90	30,1
18:00	0,00	29,50	30,00	29,00	-0,50	0,50	0,50	2,665	0,000	29,70	25,80	1,90	74,30	30,2
19:00	0,00	28,80	29,20	28,00	-0,80	0,40	0,40	2,520	0,000	29,10	25,50	1,80	65,50	29,3
20:00	0,00	28,50	29,00	27,00	-1,50	0,50	0,50	2,665	0,000	28,50	24,60	1,70	60,50	29,2

