

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA URBANISMO

Denise Damas de Oliveira Morelli

**PAREDES VERDES: VEGETAÇÃO COMO QUALIDADE AMBIENTAL
NO ESPAÇO CONSTRUÍDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Lucila Chebel Labaki

Campinas

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M815p Morelli, Denise Damas de Oliveira
Paredes verdes: vegetação como qualidade ambiental
no espaço construído / Denise Damas de Oliveira Morelli.
--Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Lucila Chebel Labaki.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

I. Conforto térmico. 2. Conforto humano. 3.
Vegetação e clima. I. Labaki, Lucila Chebel. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Green walls: environmental quality in the buildings
Palavras-chave em Inglês: Thermal comfort, Human confort, Vegetation and climate
Área de concentração: Arquitetura e Construção
Titulação: Mestre em Engenharia Civil
Banca examinadora: Evandro Ziggianti Monteiro, Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei,
Claudia Cotrim Pezzuto
Data da defesa: 31/08/2009
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO**

**PAREDES VERDES: VEGETAÇÃO COMO QUALIDADE AMBIENTAL
NO ESPAÇO CONSTRUÍDO**

Denise Damas de Oliveira Morelli

Campinas

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**PAREDES VERDES: VEGETAÇÃO COMO QUALIDADE AMBIENTAL NO
ESPAÇO CONSTRUÍDO**

Denise Damas de Oliveira Morelli

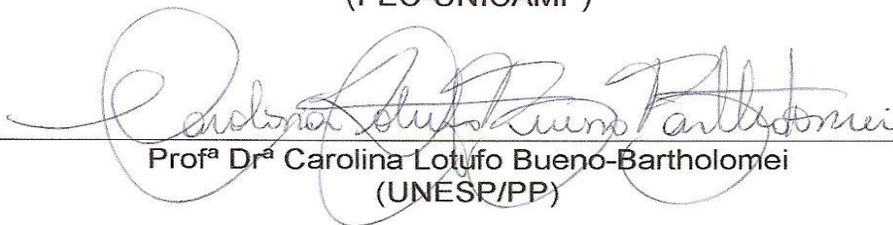
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof^a Dr^a Lucila Chebel Labaki
Presidente e Orientador (FEC – UNICAMP)



Prof^o Dr Evandro Zigiatti Monteiro
(FEC-UNICAMP)



Prof^a Dr^a Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei
(UNESP/PP)



Prof^a Dr^a Claudia Cotrim Pezzuto
(PUC –Campinas)

Campinas, 31 de Agosto de 2009

DEDICATÓRIA

Dedico ao meu marido Daniel, pela paciência, apoio e amor, energia fundamental para que eu pudesse elaborar e concluir esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

A Profª Drª Lucila Chebel Labaki, pela confiança, incentivo, orientação dedicada e atenção dispensada durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos técnicos Obadias Pereira da Silva Júnior e Daniel Celente, do Laboratório de Conforto Ambiental e Física da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, pelo auxílio na montagem dos equipamentos utilizados nos estudos de caso e experimental.

A Sra.Vânia Rodrigues Hoppen, proprietária dos edifícios, que permitiu a realização deste estudo e recebeu-me com muito carinho.

Ao arquiteto Jayme Cheque Júnior, que enviou prontamente o projeto arquitetônico dos edifícios.

À minha mãe, Vanir e meus irmãos Flávio e Fábio, pelo apoio e pela presença sempre constante.

Ao meu marido, Daniel Morelli, por seu amor, e sua dedicação sempre presente em minha vida.

A Deus, por existir em minha vida e permitir alcançar mais este degrau.

EPÍGRAFE

“... Paisagismo é imaginar o que a natureza faria”

José Lutzemberger, 1926-2002.



Fonte: Fotos da autora.

“o que funciona bem tem boa aparência”

Bruno Taut, 1880 – 1938.

RESUMO

MORELLI, Denise Damas de Oliveira. Paredes Verdes: Vegetação como Qualidade Ambiental no Espaço Construído. Campinas, 2009, 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

A vegetação como estratégia bioclimática é bastante conhecida de profissionais, tanto do meio acadêmico quanto da construção. Há poucos estudos sobre a eficácia das paredes verdes na criação de ambientes confortáveis. Como elemento de fachada, a vegetação pode minimizar o ganho de calor, proporcionando uma melhor condição no conforto térmico das edificações. A adoção desse elemento de fachada deve estar presente desde o início do programa para a elaboração do projeto arquitetônico. No presente trabalho foi realizado um levantamento e análise do comportamento da vegetação e sua contribuição para atenuar o ganho de calor no interior da edificação, com os seguintes indicadores: conforto térmico, orientação da fachada, estética, manutenção e conservação da edificação e vegetação. A pesquisa foi realizada em dois segmentos. O primeiro, um estudo de caso na cidade de Campinas com avaliação do desempenho térmico de dois edifícios de construção idêntica, diferenciando-se apenas pela presença de trepadeira na fachada. Avaliou-se o comportamento da trepadeira *Parthenocissus Tricuspidata* (hera japonesa), e seus efeitos na temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura superficial da parede interna e externa. A análise das temperaturas do ambiente externo e interno foi comparada com as respostas sobre a sensação de conforto térmico obtidas de entrevistas aplicadas aos moradores das edificações, permitindo determinar as condições limite do conforto térmico. No segundo momento, realizou-se um estudo experimental em três células-teste, comparando-se o desempenho térmico de uma parede sem trepadeira, uma segunda com trepadeira na fachada e a última com trepadeira sobre treliça afastada 20 cm da parede. Os resultados permitem concluir que o uso da vegetação trepadeira nas fachadas atenua o ganho de calor nas edificações no período mais quente. Esse estudo demonstrou também que, no uso do sistema de parede verde, no que se refere ao desempenho térmico, fachadas com trepadeira e com trepadeira sobre treliça são igualmente indicadas.

Palavras chave: conforto térmico, conforto humano, vegetação e clima, paredes verdes.

ABSTRACT

MORELLI, Denise Damas de Oliveira. Green walls: environmental quality in the buildings. Campinas, 2009, 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

The use of vegetation as bioclimatic strategy is well-known by researchers and professionals from the construction sector. There are few studies, however, about the effectiveness of the green walls in creating comfortable environments. As façade element, the vegetation can minimize heat gain, providing a better thermal comfort condition in the buildings. The adoption of this façade element should be present from the beginning of the program for elaboration of architectural project. In this work it was accomplished a survey and analysis of the green wall behavior and its contribution to attenuate the heat gain inside the construction having in mind the following indicators: thermal comfort, orientation of the façade, aesthetics, maintenance and preservation of the construction and vegetation. The research was accomplished in two segments. First, a study case in the city of Campinas, through evaluation of the thermal performance of two buildings with identical construction, the only difference between them being the presence of creeper in the façade. The behavior of the creeper *Parthenocissus Tricuspidata* (Japanese -ivy), was evaluated and its effects on air temperature, relative humidity and air speed, as well as superficial temperature of the internal and external wall. The analysis of the external and internal environment temperatures was compared with the answers about thermal comfort and sensation obtained through interviews applied to the inhabitants of the constructions, allowing determining the limits of thermal comfort conditions. In the second moment it was accomplished an experimental study in three cells-tests, by comparing the performance of a wall without creeper, a wall with creeper in the façade, and in the last case a wall with creeper on latticework 20 cm distant from the wall. The results allow the conclusion that the use of the vegetation creeper in façades attenuates the heat gain in buildings in hotter periods. The study also demonstrated that, as referring to thermal performance, the creeper directly in the façade as well as on the 20 cm distant latticework is equally indicated.

Keywords: thermal comfort, human comfort, vegetation and climate, green walls.

LISTA DE FIGURAS

Fig.1 As diferenças condições climáticas da área urbana	07
Fig.2 As interferências do meio em relação ao edifício	10
Fig.3 Zoneamento da cidade de Campinas - Zona 3	19
Fig.4 Carta bioclimática para cidade de Campinas	19
Fig.5 Vegetação em coluna e painel, Banco Safra, São Paulo (1983)	26
Fig.6 Exemplo de jardim vertical em uma estrutura artificial	28
Fig.7 MFO Park Zürich, 2002	29
Fig.8 Ed. Equinox. Jardim vertical, fachada, varanda e croqui	30
Fig.9 Fachadas verdes de Partick Blanc - França	31
Fig.10 Parede verde protege da radiação solar, chuva, neve e absorve os poluentes do ar	32
Fig.11 Tipos de sistemas de suportes para trepadeira na fachada	34
Fig.12 Trepadeira sobre fachada e haste de ferro fixada na fachada	34
Fig.13 Sistema de treliça tradicional de madeira e treliça moderna de metal	34
Fig.14 Fachada com sistema de cabo de aço e detalhe	35
Fig.15 Edificações residenciais com trepadeira na fachada	41
Fig.16 Edificações comerciais com trepadeira na fachada	42
Fig.17 Trepadeiras comercializadas em Campinas	44
Fig.18 Forração de muro com <i>ficus pumila</i> (unha-de-gato)	46
Fig.19 Forração de muro com <i>Parthenocissus Tricuspidata</i> (hera-japonesa) e detalhe da raiz gramprforme.	47
Fig.20 Registrador de temperatura de ar e umidade	49
Fig.21 Termômetro de Globo	49
Fig.22 Termoanemômetro	50
Fig.23 Sensor de temperatura superficial	50
Fig.24 Solarímetro de tubo, Delta-T TS e Registrador Delta DL2	51
Fig.25 Implantação geral do edifício no lote	56
Fig.26 Fachadas do edifício em estudo	57
Fig.27 Fachadas e identificação dos apartamentos de estudo	58
Fig.28 Local de instalação dos equipamentos	59
Fig.29 Local de instalação dos equipamentos	60
Fig.30 Temperatura o Ar – Edifícios - Março	61
Fig.31 Umidade do Ar – Edifícios - Março	62
Fig.32 Temperatura de Globo – Edifícios - Março	63
Fig.33 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa – Edifícios - Março	65
Fig.34 Temperatura do Ar – Edifícios - Junho	66
Fig.35 Umidade do Ar – Edifícios - Junho	68

Fig.36 Temperatura de Globo – Edifícios - Junho	69
Fig.37 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa – Edifícios - Junho	70
Fig.38 Sensação térmica – Edifício – Março/2009.	73
Fig.39 Ambiente quente – Edifício – Março/2009.	74
Fig.40 Equipamento de refrigeração –Edifício - Março/2009	74
Fig.41 Sensação visual – Edifício – Março/2009	75
Fig.42 Implantação - Células-teste e localização do equipamento de medição da área externa.	84
Fig.43 Planta Baixa da Células-teste	84
Fig.44 Corte A.A 1º Célula-teste sem trepadeira, 2º com trepadeira e 3º com trepadeira sobre treliça.	85
Fig.45 Corte da 3º Células-teste com trepadeira sobre treliça e localização dos solarímetros.	85
Fig.46 Células-teste (fachada frontal e posterior)	86
Fig.47 Temperatura do Ar – Células-teste - Janeiro	88
Fig.48 Umidade do Ar – Células-teste - Janeiro	89
Fig.49 Temperatura de Globo – Células-teste - Janeiro	90
Fig.50 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa Células-teste - Janeiro	91
Fig. 51 Solarímetro	92
Fig.52 Temperatura do Ar – Célula-teste - Junho	94
Fig.53 Umidade do Ar – Célula-teste - Junho	95
Fig.54 Temperatura de Globo – Célula-teste - Junho	96
Fig.55 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa –Célula-teste - Junho	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Zoneamento Bioclimático do Brasil	17
Tabela 2 Técnicas passivas de resfriamento e aquecimento ABNT, 2005	20
Tabela 3 Escala Térmica de Fanger	23
Tabela 4 Temperatura do Ar – Edifícios: Março	61
Tabela 5 Umidade do ar – Edifícios: Março	62
Tabela 6 Temperatura de Globo – Edifícios: Março	63
Tabela 7 Temperatura superficial de parede interna/externa - Edifícios: Março	64
Tabela 8 Temperatura do Ar – Edifícios: Junho	66
Tabela 9 Umidade do Ar – Edifícios: Junho	67
Tabela 10 Temperatura de Globo – Edifícios: Junho	68
Tabela 11 Temperatura Superficial de Parede Intera/Externa – Edifícios: Junho	69
Tabela 12 Questionário aplicado aos moradores	72
Tabela 13 Resultado Voto Médio Estimado e Porcentagem Estimada de Insatisfeito	76
Tabela 14 Médias e valores das estatísticas S.	80
Tabela 15 Resultado final das medições no Edifício em Março	81
Tabela 16 Resultado final das medições no Edifício em Junho	82
Tabela 17 Temperatura do Ar - Células-teste: Janeiro	87
Tabela 18 Umidade do Ar - Células-teste: Janeiro	89
Tabela 19 Temperatura de Globo: Janeiro	90
Tabela 20 Media Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa Célula-teste: Janeiro	91
Tabela 21 Solarímetro – Células-Teste: Janeiro	92
Tabela 22 Média da intensidade de radiação solar em valores horas	93
Tabela 23 Temperatura do Ar - Células-teste: Junho	94
Tabela 24 Umidade do Ar Células-teste: Junho	95
Tabela 25 Temperatura de Globo Células-teste: Junho	96
Tabela 26 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa - Células-teste: Junho	97
Tabela 27 Médias e valores das estatísticas S	102
Tabela 28 Resultado final das medições nas Células-Teste em Janeiro	105
Tabela 29 Resultado final das medições nas Células-teste em Junho	105

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Clima Urbano	5
2.2 A Influência da Vegetação na Área Urbana	9
2.3 Arquitetura Bioclimática e Recomendações para Campinas	15
2.4 Conforto Térmico	21
2.5 Jardim Vertical	24
3 METODOLOGIA	38
3.1 O Uso de Trepadeira nas Fachadas em Campinas	39
3.2 Levantamento e Seleção da Espécie	42
3.2.1 Trepadeira <i>Ficus Pumila</i> e <i>Parthenocissus Tricuspidata</i>	46
3.3 Medições das Variáveis Ambientais	47
3.3.1 Método de Análise	51
3.3.2 Análise Estatística	53
4 ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO RESIDENCIAL	55
4.1 Descrição da Edificação	55
4.2 Resultados	60
4.2.1 Resultados das Medições de Março/2009	60
4.2.2 Resultados das Medições de Junho/2009	65
4.3 Aplicação de Questionário e Cálculo do VME	71
4.4 Análise dos Resultados	76
4.4.1 Análise dos resultados do mês de Março/2009	76
4.4.2 Análise dos resultados do mês de Junho/2009	77
4.4.3 Análise estatístico dos meses de Março/Junho 2009	79
4.4.4 Considerações finais para o estudo de caso	80
5 ESTUDO EXPERIMENTAL: CÉLULAS-TESTE	83

5.1	Descrição das Células-Teste	83
5.2	Resultados	87
5.2.1	Resultados das Medições de Janeiro/2009	87
5.2.2	Resultados das Medições de Junho/2009	93
5.3	Análise dos Resultados	98
5.3.1	Análise dos resultados do mês de Janeiro/2009	98
5.3.2	Análise dos resultados do mês de Junho/2009	99
5.3.3	Análise estatístico dos meses de Janeiro e Junho 2009	101
5.3.4	Considerações finais para o estudo experimental	104
7	CONCLUSÃO	107
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

1. INTRODUÇÃO

A inter-relação do homem, clima e arquitetura, considerando, em primeiro lugar, os elementos de troca de calor entre o homem e seu ambiente térmico, isto é, as respostas fisiológicas e sensoriais à pressão térmica e os efeitos biofísicos dos fatores ambientais e, em segundo lugar, como a envoltura dos edifícios modifica os efeitos diretos das variáveis climáticas (GIVONI, 1976).

O conforto térmico em edificação pode ser analisado sob dois aspectos: ambiental e pessoal. O ambiente confortável permite a manutenção da temperatura interna, sem acionar os mecanismos termorreguladores, para que o organismo humano esteja em equilíbrio térmico com o ambiente. O conforto térmico pessoal é definido como aquela condição da mente que expressa satisfação com ambiente térmico (RUAS, 1999).

Em algumas regiões do Brasil as temperaturas são amenas no inverno e altas no verão. Para este tipo de clima, pode-se dizer que a vegetação é um bom elemento natural para controlar a radiação solar e diminuir o consumo de energia nos ambientes internos que precisem de refrigeração. Entre as possibilidades de uso da vegetação como elemento de projeto, devem-se citar as coberturas verdes, áreas arborizadas para sombreamento e paredes verdes.

O objetivo deste trabalho é avaliar a contribuição da parede verde, utilizando trepadeira nas fachadas das construções, para atenuar o ganho de calor solar no ambiente interno.

Como objetivos específicos:

- estudo de caso: avaliação do desempenho térmico de dois edifícios residenciais idênticos: um com trepadeira na fachada e outro sem trepadeira, na cidade de Campinas, SP.
- estudo em células-teste: estudo experimental em três situações: fachadas com e sem trepadeira, bem como a utilização de trepadeira sobre treliça.

Na revisão da literatura, apresenta-se o clima urbano, a influência da vegetação na área urbana, arquitetura bioclimática, conforto térmico e jardim vertical. Em seguida, a caracterização climática da cidade de Campinas. Uma apresentação do zoneamento bioclimático do Brasil, a descrição da zona a que pertence a cidade de Campinas, e as recomendações para essa zona.

Alguns conceitos relacionados aos efeitos da utilização da vegetação no microclima: sombreamento, umidificação de ar, velocidade e orientação do vento, resistência térmica ao fluxo de calor e ao movimento do ar, proteção visual e bem-estar psicológico do homem.

A metodologia adotada na pesquisa iniciou primeira sobre as características da vegetação e de seu uso, seguindo uma discussão dos tipos de trepadeiras mais utilizadas na região de Campinas, o critério de escolha e a morfologia da trepadeira,

Parthenocissus Tricuspidata (hera-japonesa), escolhida para o estudo em dois enfoques.

O primeiro enfoque, um estudo de caso, com avaliação do desempenho térmico de dois edifícios de construção idêntica, diferenciando-se apenas pela presença de trepadeira na fachada. Trata também da pesquisa entre os moradores desses apartamentos. Foi estudado o comportamento da trepadeira *Parthenocissus Tricuspidata* (hera-japonesa) e seus efeitos na temperatura do ambiente edificado.

Descrevem-se os métodos de medição dos parâmetros ambientais, com apresentação e análise dos resultados obtidos dos pontos estudados, e a contribuição da utilização da vegetação estatisticamente.

No segundo enfoque da pesquisa, um estudo experimental, realizado em três células-teste, comparando-se o desempenho de uma parede sem trepadeira, a segunda com trepadeira diretamente sobre a fachada e a terceira com trepadeira sobre treliça, afastada da parede. Descreve-se a avaliação do comportamento da trepadeira *Parthenocissus Tricuspidata* (hera-japonesa) e seus efeitos na temperatura do ambiente construído.

A seguir, os métodos de medição dos parâmetros ambientais, e também a apresentação dos resultados das medições, a análise dos diferentes resultados obtidos dos pontos estudados e a comprovação por métodos estatísticos da contribuição da utilização da vegetação.

Para finalizar, as conclusões, destacando-se os resultados deste estudo e as recomendações para a utilização da vegetação em edificação. Através deste trabalho,

sugere-se a aplicação dos mesmos recursos de uso da vegetação em outros segmentos da construção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Clima Urbano

O clima urbano é compreendido como*um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização* (MASCARÓ,1996 p.33). Os elementos climáticos que se manifestam com maior importância são a temperatura do ar, umidade do ar, ventos e precipitações. Esses elementos são dinâmicos, pois são modificados a cada instante, de acordo com diversas combinações entre si.

Monteiro e Mendonça (2003) afirmam que “ o organismo urbano, do ponto de vista da radiação, é constituído pela própria *superfície terrestre*, no contexto do sistema do clima urbano. É todo esse organismo, através das diferentes formas de uso do solo e estrutura urbana, que passa a exercer os efeitos decisivos de reflexão, absorção e armazenamento térmico; efeitos de atrito na ventilação,etc.” Pode-se considerar o clima urbano em níveis ou escalas como mesoclima, topoclima e microclima.

Na definição das escalas no ramo climatologia urbana, segundo Oke (1976), a Camada de Cobertura Urbana (*Urban Canopy Layer – UCL atmosfera urbana inferior*) é o volume de ar entre os edifícios afetados pelas condições envolventes. Acima da superfície ativa, a Camada Limite Urbana (*Urban Boundary Layer – UBL atmosfera urbana superior*) é aquela que define a influência térmica de toda cidade, podendo se estender para as áreas periféricas da mesma. A Camada Inferior Urbana (*Roughness Sublayer – UBL*) é aquele setor onde o fluxo é influenciado pela rugosidade dos elementos individuais.

Andrade (2005) apresenta os conceitos de forma mais precisa, sem adotar limites rígidos: microclima reflete a influência de elementos urbanos individuais e dos seus arranjos mais elementares (exemplo: edifícios e suas partes envolventes; ruas, praças, pequenos jardins) a influência direta desses elementos restringe-se à UCL; mesoclima corresponde à influência integrada da cidade (variações climáticas locais) essencialmente a UBL, (Figura 1). O clima local é uma área de combinação característica de elementos, podendo corresponder seja a um tipo de ocupação do solo diferenciado (bairro, parque urbano), seja a condição topográfica específica (morro, colina, vale). Um clima local engloba um mosaico de microclimas, que se repetem com alguma regularidade.

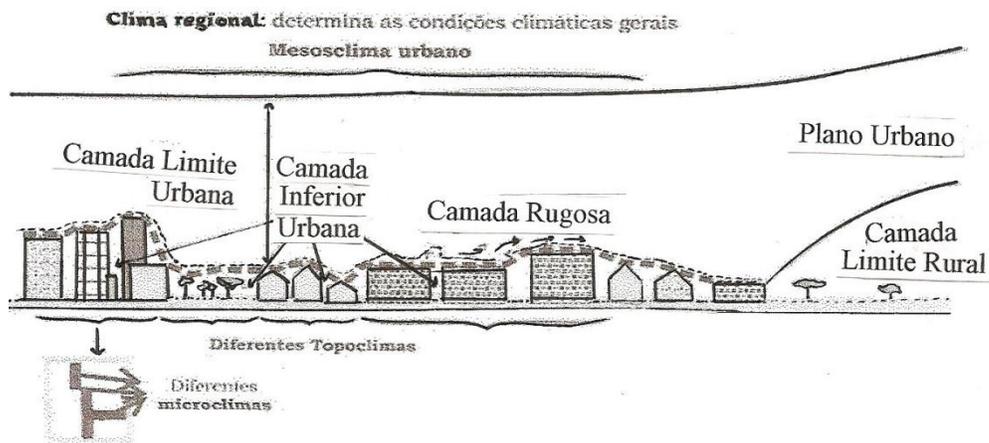


Fig.1 As diferentes condições climáticas da área urbana.
Fonte: Andrade, 2005.

O estudo realizado por Lombardo (1985), na cidade de São Paulo mostra a seguinte relação entre os centros urbanos e a influência da vegetação: as temperaturas mais altas foram encontradas nas áreas com densidade demográfica alta e pouca vegetação comparadas às áreas com maior concentração de espaço livres, reservatórios de água e vegetação. Com imagens de satélite, na faixa do infravermelho termal, Lombardo (1999) verificou que a ilha de calor na cidade de São Paulo, se forma em regiões de alta concentração de edifícios e pouca vegetação. Com estes dados, constatou-se uma diferença de temperatura superior a 10°C, entre a área central da cidade e a zona rural.

Com o crescimento das áreas urbanas e concentração de áreas construtivas, modificam-se as propriedades térmicas dos componentes do solo, alteram-se as trocas térmicas entre a superfície e o meio (GIVONI, 1998). Durante o dia as construções acumulam calor e emitem radiação de onda longa para atmosfera principalmente à noite.

O clima nas áreas urbanas, segundo Romero (2001), apresenta modificações climáticas, causadas pela ausência das áreas verdes, as quais são: maior incidência de radiação solar direta, aumento da temperatura do ar, aumento da emissão de radiação de onda longa, redução da umidade do ar, modificação da direção do vento, alternância do ciclo de precipitação. Essas alterações causam desconforto térmico ao homem urbano, que, para minimizar o ganho de calor, aumenta os gastos energéticos com uso mecânico de climatização.

Pezzuto (2007) realizou um estudo na cidade de Campinas, no qual avaliou a temperatura do ar nos espaços abertos, pelo método de medidas fixas e móveis. A autora conclui que as regiões altamente edificadas, comparadas às áreas com vegetação, apresentaram temperaturas médias superiores nos períodos noturnos (resfriamento), e menores no horário da manhã (aquecimento). A diferença térmica foi de 2°C entre a região altamente edificada e a região próxima de área verde.

Moura et al (2008), em estudo sobre clima urbano na cidade de Fortaleza, concluíram que a formação de ilha de calor resulta das áreas de concentração de edifícios verticais e horizontais, gerando desconforto para a população principalmente no período diurno, diferente das áreas edificadas com áreas de vegetação, que possuem temperaturas menores.

Oliveira et al (2008), realizaram um estudo na cidade de Lisboa, onde mostram que mesmo os pequenos espaços verdes podem alterar as condições climáticas nas áreas urbanas. Comprovaram que estas áreas verdes, possuem temperaturas mais baixas do que as áreas envolventes, confirmando a importância destas áreas na atenuação do efeito de ilha de calor.

Um estudo realizado no sudeste do Reino Unido, concluiu que a vegetação, na escala do microclima, pode melhorar a qualidade do ambiente externo que envolve uma edificação, minimizando o efeito de ilha de calor e tornando um elemento considerado chave em projetos de edificação contemporânea, segundo Ip et al (2009).

Através dos trabalhos citados, pode-se afirmar que o clima urbano possui diferenças térmicas, devido às características da cidade em sua conformação espacial, forma, rugosidade, porosidade, uso e ocupação do solo e propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes, que alteram o comportamento e influenciam o perfil climático, contribuindo para a formação de microclimas, favorecendo muito pouco às condições de conforto térmico humano.

2.2 A Influência da Vegetação na Área Urbana

As áreas verdes possuem um papel muito importante na estrutura urbana pela riqueza das combinações dos seus atributos na qualidade do espaço urbano. Santamouris e Asimakopoulos (2001) propõem espaços verdes nas áreas urbanas para prevenir os efeitos da impermeabilização do solo, erosão, redução da velocidade do vento, filtragem da poluição do ar, minimizando a temperatura urbana e aumentando a umidade do ar, através da evapotranspiração. Os autores, afirmam que a evapotranspiração em áreas urbanas, contribui para temperaturas mais amenas, criando espaço chamado de “fenômeno do oásis”.

Também se devem citar os efeitos causados pela vegetação, umidificação do ar através da emissão de evaporação e evapotranspiração das plantas, proteção contra ventos, o efeito acústico e visual, sobre os ambientes e a dosagem da radiação de onda curta e onda longa (IZARD e GUIYOT, 1983). (Figura 2)

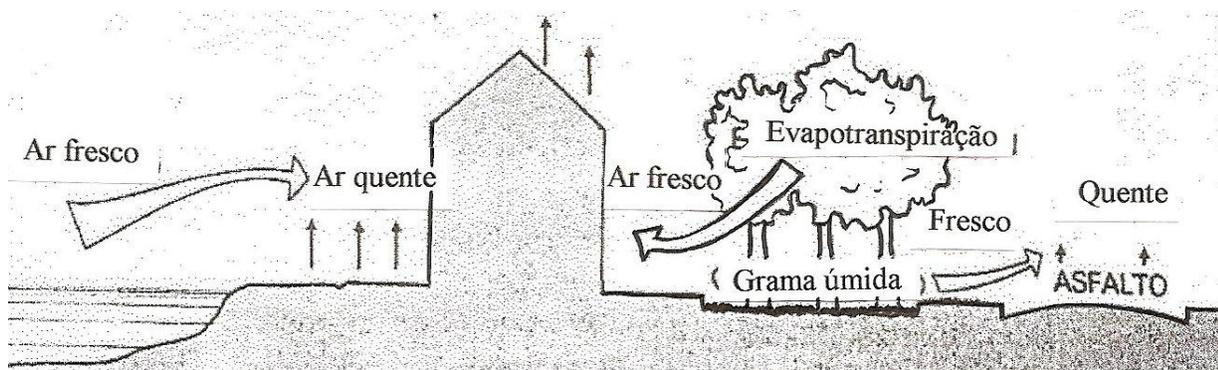


Fig.2 As interferências do meio em relação ao edifício.

Fonte: Izard e Guiyot (1983).

Torres et al (2003), em trabalho de campo realizado em Maceió, mostraram a importância do sombreamento dos espaços através da vegetação para amenização de condições microclimáticas em áreas abertas, dentro de uma mesma fração urbana, determinadas pela morfologia do seu entorno.

O planejamento das áreas verdes e a utilização das plantas na paisagem urbana proporcionam uma proteção contra os ventos e redução da poluição sonora. O vento pode ser modificado pela obstrução, deflexão e condução; assim, a vegetação em pontos estratégicos pode proteger a edificação da ação dos ventos ou redirecionar sua passagem (RIVERO, 1986).

O estudo realizado por Dimoudi e Nikolopoulou (2003), simulou o efeito do vento nas áreas urbanas em relação a velocidade do ar que passa pelas áreas verdes em

direção as regiões mais quentes da cidade. O resultado foi a diminuição da temperatura do ar nas áreas próximas das áreas verdes, mas foi observado que esse efeito também depende da morfologia da cidade. Também concluíram que a vegetação possui um papel muito importante para mitigar o efeito de ilha de calor, beneficiando os centros urbanos.

A aplicação de vegetação nas áreas urbanas diminui o efeito de ilha de calor, principalmente nas áreas de canyon urbano, segundo Alexandri e Jones (2006), que também concluíram em seus estudos que dentro dos canyons, a velocidade do ar não tem qualquer efeito significativo para diminuir a temperatura do ar.

Abreu (2008) avaliou a influência da vegetação no microclima da cidade de Campinas, por diferentes espécies arbóreas. Concluiu que a arborização, no entorno de 15m do tronco do elemento arbóreo, contribui significativamente para a melhoria do microclima, em ambientes externos, mesmo ao sol, reduzindo a temperatura do ar, temperatura de globo e indiretamente, a evapotranspiração da vegetação é responsável pela umidificação local.

Gomes e Soares (2003) analisaram em três cidades brasileiras, a importância e o significado da vegetação no espaço urbano, com praças, parques e bosques. Concluíram que a arborização de vias públicas, praças, vazios urbanos destinados às áreas verdes, encostas e fundos de vale, principalmente com espécies nativas, pode contribuir significativamente para amenização do clima urbano e, sobretudo, para a melhoria da qualidade de vida humana.

McPherson (2007) afirma que as árvores reduzem o dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, reduzindo assim o aquecimento “com efeito de estufa” em dois momentos.

No primeiro momento, à medida que crescem, elas tomam dióxido de carbono no ar para transformá-lo em raízes, folhas, cascas, flores e madeira. No segundo momento, proporcionando sombra e minimizando as temperaturas do ar. Entende-se que as plantas “roubam” uma parte da energia disponível na atmosfera e uma parte dessa energia é eliminada para o aquecimento do ar. Parece intuitivo associar vegetação a clima, mas se comparar duas regiões distintas como, uma área desértica e outra de floresta, sujeitas à mesma radiação solar, mesma latitude, verá que durante o dia a região desértica é mais quente e seca do que a região de floresta. A transpiração e a evapotranspiração da vegetação, da superfície do solo, minimiza a temperatura e aumenta a umidade do ar.

Carvalho (2001), realizou um estudo que comprovou a presença de oásis dentro do perímetro urbano, na cidade de Natal, e a importância do Parque Dunas com sua vegetação, pela criação de microclimas agradáveis, que contribuem, de forma significativa para o conforto ambiental e para o bem-estar e qualidade de vida da população.

Para Silva et al (2006), a evaporação é a perda de água pelo solo, ao passo que a transpiração é a perda de água pela vegetação. Esses dois processos ocorrem concomitantemente quando a água passa do estado líquido para o estado gasoso. A evaporação é o fenômeno físico de transformação de calor sensível em calor latente e a transpiração é a perda da água da vegetação através das folhas, dos numerosos estômatos nelas existentes.

Uma série de processos e reações que envolvem a sobrevivência de uma planta, depende da energia que ela absorve da radiação solar. Dentre estes processos, podemos

citar a fotossíntese. O tempo necessário de exposição à luz pode variar de planta para planta e o mesmo pode ser dito com relação à intensidade da luz solar (JOLY, 1987).

Dimoudi e Nikopoulou (2003) confirmaram em seus estudos que quando a temperatura do ar chega a 25°C ou à medida que vai se elevando, a vegetação diminui a contribuição da evapotranspiração, pois os estômatos vão se fechando, para evitar a perda de água.

Oliveira et al (2008), confirmam que os espaços verdes possuem uma influência positiva sobre o ambiente urbano, além de modificarem o seu próprio clima, com condições mais frescas do que as áreas construídas envolventes. Os autores mostram que podem criar, no interior dos espaços verdes com uma estrutura diversificada, uma variedade de microclimas. Recomendam manter ou aumentar, sempre que possível, a área ocupada por vegetação, criando espaços verdes, privilegiando a vegetação caducifólia nas áreas recreativas e residenciais. Quando a sua função for fundamental de abrigo ou proteção, pelo contrário, devem-se utilizar espécies de folha persistente.

Givoni explica (1998), que nas áreas urbanas, a utilização da vegetação tem um efeito positivo no sentido estético e psicológico. O efeito estético, pelas propriedades ornamentais de cada espécie vegetativa, pela cor, textura, forma, altura, flores que modificam os ambientes visualmente, tornando espaços agradáveis dentro das zonas urbanas. No estado psicológico, traz ao usuário a sensação de bem estar, melhora o humor, melhora a relação social, em praças, bosques, parques onde possui equipamentos de lazer e esporte, enfim, a presença de áreas verdes nos centros urbanos é estritamente importante e positiva.

Peixoto, Labaki, Santos (1995), afirmam que, para o conforto térmico do ambiente construído, o importante é analisar as relações de elementos determinantes como: densidade, atividade, composição de superfícies, construções que modifiquem o ambiente natural, períodos de tempo e permanência e diferentes usos para cada espaço urbano. Estas relações determinam as estratégias e interferências de conforto térmico desses espaços.

Mendonça et al (1996), explica que a radiação solar incidente pode ser medida diretamente com o solarímetro ou, então, estimado através do produto da radiação extraterrestre por um fator de correção do tipo de Angström. A radiação solar refletida pode também ser medida diretamente, ou estimada a partir da radiação solar incidente e do albedo da superfície. O albedo da superfície é uma medida, da quantidade de radiação solar refletida de um objeto com relação a quantidade de energia incidente. Neste trabalho a superfície é a grama *Zoysua japonica* Steud (grama-esmeralda).

$$R_t = R_{sid} - R_{sii} + R_{sr} \quad (\text{eq.01})$$

R_t – radiação total;

R_{sid} – radiação solar incidente direta;

R_{sii} – radiação solar incidente indireta;

R_{sr} – radiação solar refletida.

Rodrigues et al (1997), afirma que os valores de albedo para grama, estão dentro da faixa de albedo para gramado que possui uma variação de 0,14 a 0,45 sugerido por Burman & Pochop (1994), pouco diferindo daquele valor sugerido por Doorenbos & Pruit (1977), $\alpha = 0,25$.

Na cidade de Campinas, Bueno-Bartholomei (1998, 2003) constatou que a utilização da vegetação, atenua a incidência direta da radiação solar nas fachadas de uma edificação, minimizando o ganho de calor no ambiente interno, contribuindo para melhorar o conforto térmico, principalmente nos dias mais quentes. Para calcular a radiação solar proporcionada pela atenuação a cada indivíduo arbóreo, a expressão utilizada foi:

$$At = \frac{S_{sol} - S_{sombra}}{S_{sol}} \cdot 100 \quad (\text{eq.02})$$

At – atenuação da radiação solar (%);

S_{sol} – energia total incidente (kW.h/m²), intervalo de tempo considerado o dia todo ao sol;

S_{sombra} – energia total incidente (kW.h/m²), intervalo de tempo considerado o dia todo à sombra.

De Paula (2004) conclui em seu estudo realizado na cidade de Campinas, que a arborização contribui de forma significativa para a melhoria do conforto térmico do ambiente interno de uma edificação, principalmente em fachadas com orientação para o oeste.

2.3 Arquitetura Bioclimática e Recomendações para Campinas

A arquitetura bioclimática pode ser definida como a utilização da arquitetura e as condições do clima que possam atingir as necessidades do homem em relação ao conforto térmico e o ambiente construído. Com esta ciência a arquitetura traz um

desenho racional, harmonioso com o entorno e a natureza, que se baseia nas condições ambientais a fim de obter a interação do conforto térmico no interior do edifício e minimizando o consumo de energia, (OLGYAY, 1963).

Para Izard e Guyot (1983), a arquitetura bioclimática busca a integração do ambiente externo, o clima, e a otimização das relações energéticas com o ambiente natural circundante através do projeto arquitetônico. Para a edificação ser eficiente e adequada, não é necessário que construção tenha uma área específica em m², ou um estilo de arquitetura, simplesmente tem que ser um conjunto, que supra as necessidades do usuário e que seja confortável.

De acordo com Romero (1988), “na arquitetura bioclimática é o próprio ambiente construído que atua como mecanismo de controle das variáveis do meio, através de sua envoltura (paredes, pisos, coberturas), seu entorno (água, vegetação, sombra, terra), e, ainda, através do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para melhor controle do vento e do sol.”

No Brasil, há muitas influências de estilos arquitetônicos desde o surgimento das primeiras vilas coloniais. Os modelos de edificação dos países europeus eram muito imitados sem que tivessem o cuidado com a diferença do clima do Brasil. O melhor exemplo foi na região nordeste do país, com a colonização portuguesa, onde há uma linguagem marcante de fachadas contínuas e platibandas. Com o clima local, com alta temperatura, o ideal seria edificações com recuos laterais para que tenham boa ventilação e grandes beirais para proteção de chuva e radiação direta, principalmente em residências. No contexto urbano, calçadas largas com arborização, praças, bosques e parques.

Na maior parte do território brasileiro, a necessidade do indivíduo na edificação é a adequação ao clima local e a redução do ganho de calor pelas superfícies, para manter a temperatura na área interna em condições de conforto ao longo do dia e da noite. Os climas são variados, com regiões tropicais úmidas, subtropicais, temperadas, além de outras regiões de clima composto (inverno seco e verão úmido e muito úmido). Necessitou-se desse conhecimento, para garantir edifícios com condições térmicas favoráveis, os projetistas necessitam ter o conhecimento do clima da região, dos materiais e da tecnologia construtiva, para que o edifício tenha o menor impacto do clima local.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 15220 (ABNT, Zoneamento Bioclimático Brasileiro 2005), propõe uma divisão em oito zonas bioclimáticas para o território brasileiro e também estabelece um conjunto de recomendações para construções habitacionais de interesse social. Tabela 1.

Tabela 1. Zoneamento Bioclimático do Brasil

01-Zona de Conforto
02-Zona de Ventilação
03-Zona de Resfriamento Evaporativo
04-Zona de Massa Térmica
05-Zona de Ar Condicionado
06-Zona Umidificada
07-Zona de Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo
08-Zona de Aquecimento Artificial

Fonte: ABNT NBR 15220-3,2005.

As recomendações construtivas apresentada pela norma são:

- limites de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar nas vedações como paredes e telhado.
- tamanho das aberturas para ventilação e iluminação.
- proteção das aberturas.
- estratégicas para condicionamento térmico passivo.

Para obter a zona bioclimática da cidade de Campinas e seguir as recomendações construtivas da norma ABNT NBR 15220-3, 2005, fazem-se necessário o conhecimento da sua localização no país, estado, latitude, longitude e altitude.

O estudo realizado em Campinas, por Chvatal et al (1999), mostrou que nos períodos de verão e inverno, o mês que possui temperatura mais alta foi fevereiro, e o mês que possui temperatura mais baixa foi junho. Também observou-se que o verão é úmido e o inverno é seco, porém ambos possuem amplitude de temperatura, classificando na zona de transição. Isso ocorre em regiões difusas, onde o clima não pode ser definido nem como úmido nem como seco.

Lamotta e Labaki (2008) realizaram um estudo sobre o clima da cidade de Campinas, considerando-o como tropical continental. No período de verão as temperaturas máximas variam de 28,5°C e 30,5°C nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. No período de inverno as temperaturas mínimas variam entre 11,3°C e 13,8°C nos meses de junho, julho e agosto. Com o verão mais longo que o inverno, há uma predominância na estação quente.

Com os dados sobre o clima da cidade de Campinas, foi utilizado neste estudo, o programa computacional desenvolvido por Roriz (2004), para obter a classificação bioclimática da cidade de Campinas, conforme a ABNT NBR 15220-3, 2005. (Figuras 3 e 4)

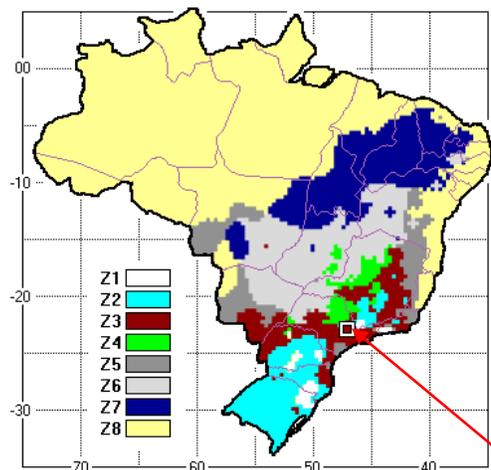


Fig. 3 Zoneamento da Cidade de Campinas – Zona 3.
Fonte: ZBBR – Roriz, 2204.

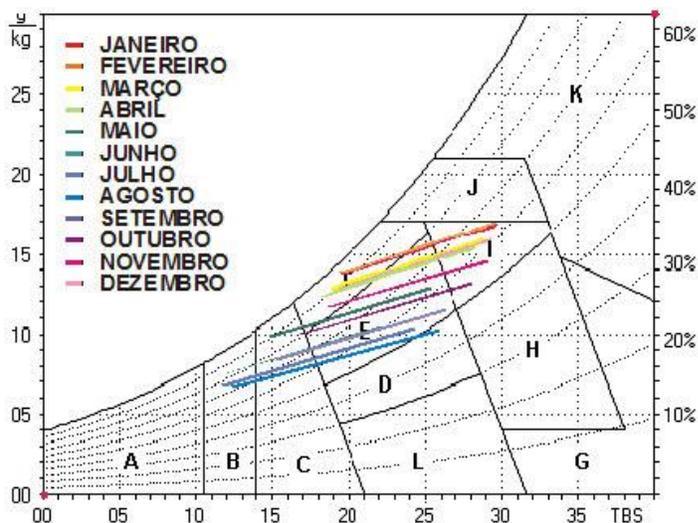


Fig.4 Carta Bioclimática para cidade de Campinas.
Fonte: ABC 1.3 - Roriz, 2004.

Na carta bioclimática são projetadas, as variáveis climáticas de médias mensais, de temperaturas do ar máximas e mínimas, e as médias mensais de umidade relativa do ar. A partir da interpolação dos dados obtidos com as medições de campo, encontra-se uma delimitação de áreas representadas por letras na carta bioclimática que corresponde uma estratégia de condicionamento térmico como mostra na Tabela 2.

Tabela 2. Técnicas passivas de resfriamento e aquecimento.

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

Fonte: ABNT NBR 15220-3, 2005.

Observou-se que a Carta Bioclimática de Campinas apresenta os seguintes indicadores:

- no verão indica a ventilação cruzada (J) e no inverno o aquecimento solar da edificação (B) e vedação interna pesada – inércia térmica (C).

- também se aplicam os indicadores de letra (B, C, E, F e I), que correspondem ao aquecimento solar da edificação, o uso da ventilação seletiva e o uso da massa térmica para aquecimento.

As características arquitetônicas que compõem uma edificação, podem se converter em elementos de controle do clima, como: localização, forma, volume, cobertura, orientação, cores de superfície externa, propriedades físicas e térmicas dos materiais, vegetação e dispositivos de proteção de beiral, pérgula, brise, domos, janelas e pátio interno (ROMERO, 2001).

Labaki e Kowaltowski (1995) atestam a necessidade do uso da carta bioclimática para prevenir a precariedade do conforto ambiental, principalmente em habitação de interesse social, que apresenta sérios problemas de falta de conforto térmico. As autoras propõem discutir a qualidade dos projetos de habitação de interesse social de maneira geral, não só a qualidade precária dos projetos adotados pelos programas habitacionais do Governo, como “problemas surgidos devido a condições da implantação e orientação inadequadas, que poderiam ser evitados ainda no processo de parcelamento dos lotes, utilizando os princípios da arquitetura bioclimática.”

Amorim (1998), no estudo de campo da arquitetura bioclimática aplicada ao desempenho térmico de habitações de interesse social na região de Brasília, com a utilização de simulação computacional, conclui que, no processo de projeto bioclimático, a elaboração, concepção com a preocupação de maximizar o conforto térmico e mantendo a economia na construção, possibilita realizar escolhas certas para contribuir na qualidade do espaço construído.

2.4 Conforto Térmico

A sensação do corpo humano é afetada por vários fatores. O corpo humano é uma máquina térmica que constantemente libera energia e qualquer fator que interfira na taxa de perda de calor do corpo afeta sua sensação de frio ou calor. O grau de conforto humano, em qualquer ambiente depende da temperatura do ar, umidade e velocidade do vento (TALAIA, 2007).

Para manter a temperatura corpórea num valor constante de 37°C, o homem, que é homeotérmico, possui um mecanismo termorregulador que lhe permite adaptar-se às variações climáticas, (RUAS, 1999).

Segundo Givoni (1981) é necessário combinar os efeitos de temperatura, umidade, temperatura radiante média, velocidade do ar e todas as variáveis para as reações humanas ao ambiente construído, num parâmetro denominado Índice Térmico, onde se aproximam as diferenças entre os diversos índices de conforto nas unidades usadas para expressar e combinar nas faixas de condições e aplicações. O índice de conforto vem avaliar o efeito de um conjunto de variáveis e geralmente estes índices são fixados em: o tipo do indivíduo, atividade exercida, vestimenta, e a partir daí, relacionam as variáveis do ambiente e verificam as diversas condições ambientais.

Para estabelecer um método que considerasse tanto as variáveis ambientais como as variáveis pessoais, e qual seria a sensação térmica estabelecida pelo conjunto dessas variáveis, Fanger (1970), através de um modelo proposto a partir de experimentos em câmaras climatizadas. Esse modelo pressupõe que, para determinada atividade física, a sensação térmica confortável vai ser função das trocas de calor existentes entre o corpo e o meio e também da facilidade encontrada pelo organismo para realizar as trocas necessárias. O autor elaborou uma equação de conforto levando em conta as combinações entre as variáveis pessoais e ambientais. Para avaliar o grau de

desconforto Fanger usou de uma escala de sensação térmica denominada de Predicted Mean Vote – PMV, ou Voto Médio Estimado (VME).

Fanger também propôs uma relação entre a escala de sensação (VME) e pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico, chamando de porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI), criando uma relação entre as duas grandezas. (Tabela 3)

Tabela 3. Escala Térmica de Fanger – VME

+ 3 muito quente
+ 2 quente
+ 1 levemente quente
0 neutro
- 1 levemente frio
- 2 frio
- 3 muito frio

A Norma Internacional (ISO 7730) adotou o VME (voto médio estimado) para avaliação de ambientes térmicos moderados, nos intervalo de -2 a +2, pois fora destes limites teríamos mais de 80% das pessoas estariam insatisfeitas, não configurando situação de conforto térmico.

Na Norma Internacional (ISO 7730), o conforto térmico de uma pessoa num determinado ambiente é definido como a sensação de bem-estar, como resultado de uma combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média, humidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar como a atividade desenvolvida (metabolismo) e o isolamento térmico da vestimenta.

Ruas (2002) desenvolveu um programa computacional Conforto 2.02, que possibilita a avaliação do conforto térmico de um grupo de pessoas num ambiente edificado, de acordo com a ISSO 7730 (1994). O programa permite a simulação de

intervenções nos ambientes, seja no processo de um projeto ou de pós-ocupação, possibilitando a criação de ambientes harmônicos, para melhorar a sensação térmica aos usuários.

2.5 Jardim Vertical

Desde a pré-história, o homem interfere na paisagem de forma intencional, acrescentando ao ambiente em que vive uma marca pessoal, um testemunho da influência antrópica, podendo ser uma paisagem particular ou pública. Nos jardins de espaços públicos remanescentes de culturas passadas, é possível identificar-se a época, o desenvolvimento cultural e urbano, estrutura social e o progresso. Na civilização ocidental, incorporou-se definitivamente aos espaços públicos a partir do fim do século XVIII, com o surgimento de praças, parques, bosques. Os jardins, antes restritos a quintais particulares de palácios, conventos, prédios públicos, passam a serem espaços de uso da população, principalmente para o “lazer” (MACEDO, 1982).

A história dos jardins nos mostra uma área de criação, um símbolo da intervenção humana, onde os jardins consistem em primeiro lugar a combinação da construção – arquitetura com a natureza. Tem-se conhecimento desde a antigüidade, por volta de 600 a 800 a.C.. na Mesopotâmia, com os jardins suspensos da Babilônia, onde os jardins eram plantados em grandes plataformas, conhecidas como Zigurate (ZUYLEN, 1994). Os jardins, sempre fizeram parte da vida do homem e seu meio, com suas particularidades, evoluções e necessidades de cada época e nacionalidade.

O Brasil seguiu o estilo dos jardins holandeses e portugueses, no período do século XVII até o início do século XX. Os jardins brasileiros, na segunda metade do século XIX, tiveram forte influência do paisagista francês, Auguste Marie François Glaziou, que introduziu o romanstismo e o jardim pitoresco, implantando vários jardins e parques públicos na cidade do Rio de Janeiro. No segundo quarto do século XX surge o paisagista Atilio Correa Lima, com o chamado movimento renovador e, na década de sessenta, o mais famoso paisagista Roberto Burle Marx, com grande apego à natureza e o uso prioritário de espécies nativas, principalmente da própria região do jardim (MATTHES, 2002).

Roberto Burle Marx é o primeiro paisagista no Brasil, a colocar em prática os conceitos de teto-jardim e jardim vertical. Possuía uma preocupação ecológica, pois trabalhou fortemente em seu jardins o uso da vegetação nativa. Descobriu um grande número de espécies vegetais em trabalhos exploratórios, em particular as bromeliaceas. Em seus jardins, estas espécies com muita variedade, as epífitas, que crescem no meio de rochas, em caules de árvores que provêm nutrição, Burle Marx explorou as possibilidades estéticas e introduziu em jardins verticais. Em 1930, Burle Marx, trabalhou em um projeto onde possibilitou a execução de jardim vertical (pendente), no edifício do Ministério de Saúde e Educação no Rio de Janeiro, juntamente com Lucio Costa e Le Corbusier, entre outros arquitetos colaboradores. Em 1983, na cidade de São Paulo, o projeto de teto-jardim e jardim vertical foi realizado no Banco Safra. Nas paredes, instalou painéis com diferentes espécies de plantas e usou a mesma técnica para erguer colunas com várias espécies incluindo as epífitas. Com estas intervenções, Burle Marx, abriu caminho para o uso de jardins verticais em contextos urbanos (LEENHARDT e LAMBERTINI, 2007). (Figura 5)



Fig. 5 – Vegetação em coluna e painel, Banco Safra, São Paulo (1983).

Fonte: Leenhardt e Lambertini (2007)

Os telhados e paredes verdes, tem sido uma característica da arquitetura de vários povos em diferentes lugares : Escandinávia, Turquia, Peru, Irã, Iraque, Alemanha, Suíça entre outros, uma tradição milenar. Com o desenvolvimento do material, concreto, para coberturas, em 1868 na *World Exhibition in Paris* , apresentaram um estudo experimental, com uma construção de telhado verde. Também em Paris 1903, foram construídos apartamentos com terraços jardins e telhados verdes. Em Chicago, 1914, concretizou-se o telhado verde com a construção de um restaurante. Também os arquitetos Frank Lloyd Wright e Walter Gropius seguiram o conceito da integração do verde com a edificação em seu projetos. Le Corbusier em 1920, foi talvez o primeiro a usar terraços e teto jardins mais sistematicamente. Mas na Alemanha em alguns outros países da Europa nas décadas de sessenta, setenta e oitenta, foi formada uma combinação de grupos de pressão radical, ecológicos e ambientalistas. A partir deste momento, com o clima social e político, promove a implementação da equipe de cientistas que pesquisou e desenvolveu tecnologia, design para paredes e telhados verdes. Nos dias atuais, é crescente o estudo do uso de paredes e telhados verdes, na

avaliação dos benefícios ambientais e econômicos na edificação e na área urbana (DUNNETT e KINGSBURY, 2004).

“ A experiência do jardim é toda feita de ritmos. Como experiência do corpo, põe evidentemente em jogo a própria estrutura do corpo: sua verticalidade. O homem na natureza e, por conseguinte, no jardim, é sempre uma vertical móvel que se desloca em relação a uma horizontal fixa”. (LEENHARDT, 1996).

Aos olhos do observador, o jardim aparece em primeiro lugar dentro da sua composição no sentido horizontal, mas sem deixar a verticalidade da paisagem e do seu entorno. No traçado e limites de uma reservada espacialidade dentro da dimensão da paisagem agrícola existente no passado, permanece a repetição da idéia de inventar cultura dentro de uma área natural, quando comparadas as nossas cidades e casa, o jardim é realizado em uma área limitada, mas, de forma que pareça natural. A introdução do “jardim vertical”, foi influenciado pela própria verticalidade da planta e seu aspecto imponente. O uso de suportes, estruturas artificiais como colunatas, colunas, tutores, pergolas, gazebos, muros junto com a vegetação, tornaram-se freqüentes nos jardins de ontem e hoje. Uma parede verde constitui em particular a verticalidade do jardim em arte. Há um movimento verde, que foi adotado em escala internacional, onde botânicos, arquitetos e paisagistas propõem seu projetos com base no passado, mas

levando a perspectiva e emoções renovadas, contemporâneas. A cidade e seus habitantes se beneficiam deste movimento existente que voga para paredes verdes com um sinal positivo, (LEENHARDT e LAMBERTINI, 2007).(Figura 6)

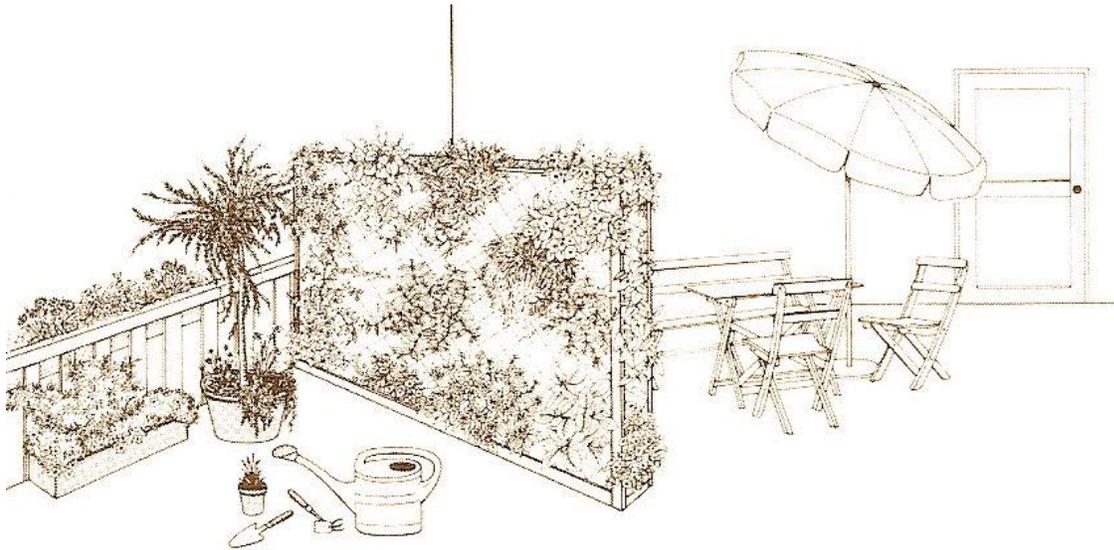


Fig.6 – Exemplos de jardim vertical em uma estrutura artificial.

Fonte: Dunnett, Kingsbury,2004.

Em Zürich, foi inaugurado em Maio de 2002, uma área revitalizada para o uso residencial, lazer e comércio como: escritórios, bares, restaurantes, lojas e uma área para apresentação cultural. Anteriormente no local existia a MFO Park (nome do antigo estabelecimento), um estacionamento. A característica central do projeto são os espaços verdes, as estruturas de aço, como uma grande pergola, com um olhar futurista, uma versão contemporânea para uma linguagem tradicional europeia. Na base da estrutura metálica plantaram trepadeiras, com o conceito de jardim vertical, e o prazo para a vegetação fechar completamente toda a área é de sete a doze anos. O espaço possui patamares em desníveis para que o público possa ter uma visão do todo e

interagir com o ambiente. O espaço foi projetado e executado pelo escritório de arquitetura, Burckhardt&Partner(DUNNETT,KINGSBURY,2004). (Figura7)



Fig.7 – MFO Park Zürich - 2002.
Fonte: Dunnett, Kingsbury,2004.

No Brasil, década de 90, o arquiteto Carlos Bratke, realizou na cidade de São Paulo um edifício residencial com jardim vertical. Foi a solução adotada nas varandas corridas na extensão da fachada, estas ficam protegidas do sol inclemente que bate na face oeste. Para o arquiteto esta é uma solução que humaniza o ambiente. (Figura 8)



Fig.8 – Ed.Equinox. Jardim vertical, fachada, varanda e croqui.

Fonte: www.bratke.com.br Data:06-04-2008.

Patrick Blanc, especialista em botânica, iniciou seu trabalho em 1994, destacando-se no paisagismo com suas criações de fachadas verdes e jardins verticais em edificações, revolucionando o mundo da arquitetura e da paisagem. Seus trabalhos podem ser encontrados em várias partes do mundo. Pelo desenvolvimento do seu trabalho, recebeu medalha de ouro da Associação de Arquitetos e foi nomeado cavaleiro da Ordem de Arte e Letras da França.(Figura 9)



Fig.9 - Fachadas verdes de Patrick Blanc – França

Fonte: www.verticalgardenpatrickclanc.com/mainen.php - Data:06-04-2008.

Na cidade de Kassel na Alemanha, em 1983, foi lançada uma campanha junto aos moradores sobre o uso e benefícios de paredes verdes, com suporte técnico. O interesse da população sobre o assunto estendeu-se até as cidades de Munich, Berlim e Frankfurt. A parede verde pode ajudar a minimizar o calor no verão, mantendo temperaturas mais baixas e umidificando o ar através da evaporação e transpiração. No inverno a vegetação, trabalha como isolante térmico, que atinge uma porcentagem de até 30% quando a temperatura chega a 0°C na área externa. As paredes verdes provêm uma área grande de superfícies, capaz de filtrar poluentes das grandes cidades. O resultado é um clima mais equilibrado e agradável (JOHNSTON e NEWTON, 1993). (Figura 10)

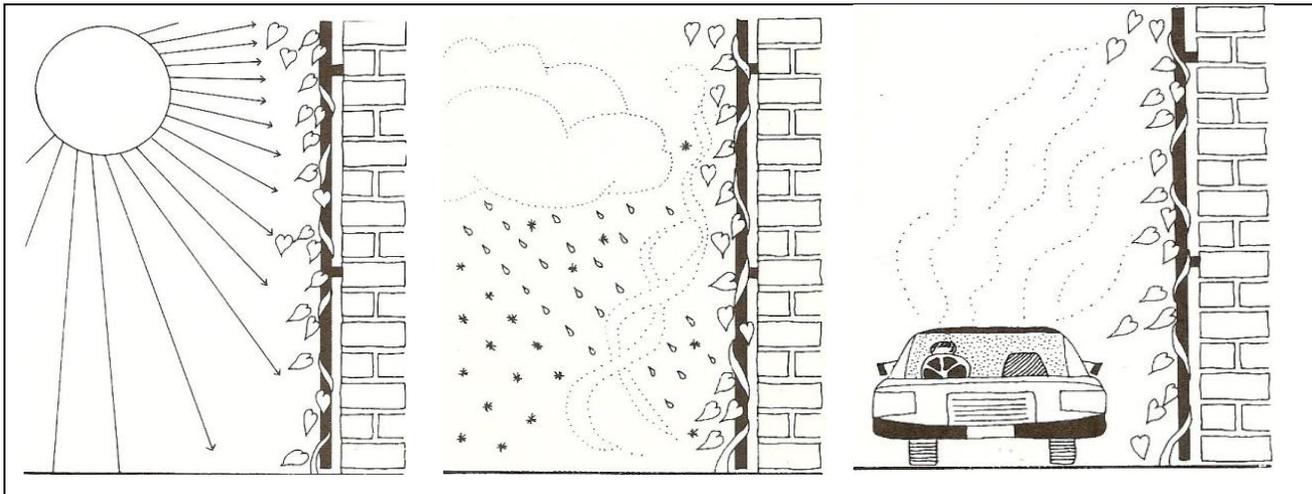


Fig.10 Parede verde protege da radiação solar, chuva, neve e absorve os poluentes do ar. Fonte: Johnston e Newton (1993).

De acordo com Givoni (1998), a vegetação contribui na arquitetura, na forma estética, um dos elementos mais compensadores, devido ao ponto marcante que exerce

uma paisagem que integra a edificação e o jardim, criando um ambiente receptivo ao usuário, assim a sensação de equilíbrio, harmonia e de conforto será transmitida na edificação.

O uso de trepadeira nas fachadas é uma possibilidade para obtenção de conforto térmico, através de um elemento natural, de fácil acesso, custo baixo e de simples manutenção. Para Köhler, 1993⁽¹⁾, apud, Dunnett e Kingsbury (2004) as trepadeiras podem reduzir as temperaturas do ambiente interno de uma edificação com o sombreamento proporcionado pela forração. Segundo o autor, as flutuações de temperatura na superfície da parede podem ser reduzidas em até 50%. Outro fator importante é a redução do vento frio, desconfortável no inverno, através dos entrelaçados da trepadeira.

As trepadeiras podem se fixar diretamente na superfície da edificação, ou podem ter auxílio de suportes como treliça, barras de ferro ou madeira fixada na parede, cabos de aço são alternativas para edificação moderna.

Para alguns projetistas, o sucesso e a segurança das fachadas verdes depende da seleção do sistema de suporte com sua instalação correta, para que a trepadeira possa alcançar pontos mais altos e o fechamento completo de toda área (DUNNETT, KINGSBURY, 2004). (Figuras, 11, 12, 13, 14)

(1) Köhler, M. 1993. Fassaden – und Dachbergrünung. Struttgart: Ulmer.

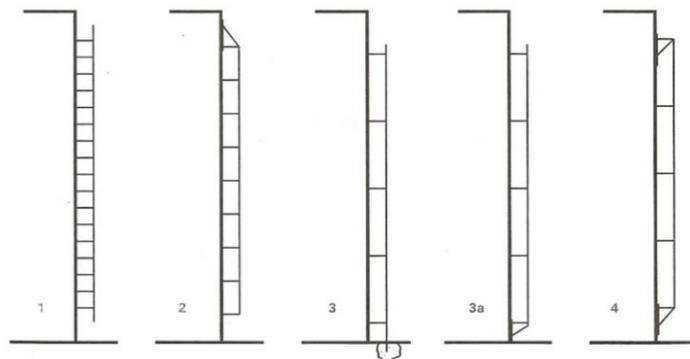


Fig.11 Tipos de sistemas de suportes para trepadeira na fachada.
Fonte: Dunnnett, Kingsbury,2004.



Fig.12 – Trepadeira sobre fachada e haste de ferro fixada na fachada.
Fonte: Johnston e Newton (1993).



Fig.13 Sistema de treliça tradicional de madeira e treliça moderna de metal.
Fonte: Dunnnett, Kingsbury,2004. Leenhardt e Lambertini, 2007.

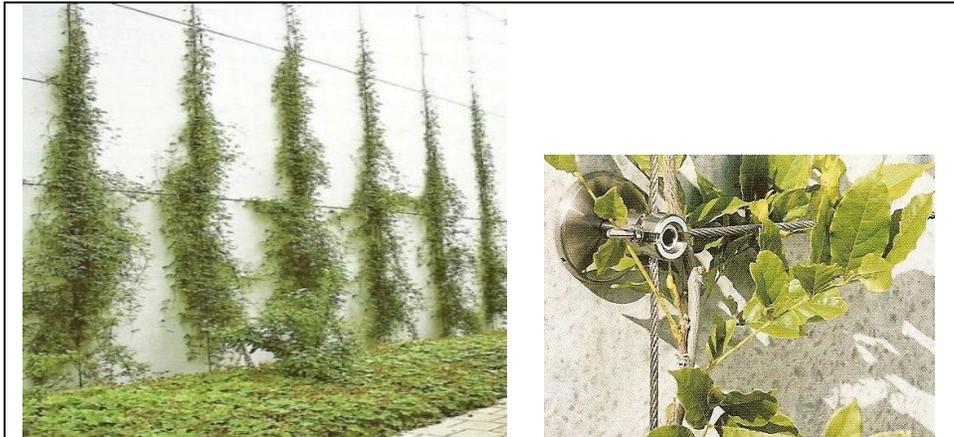


Fig.14 Fachada com sistema de cabo de aço e detalhe.
Fonte: Dunnett, Kingsbury,2004.

A implantação do edifício e sua orientação determinam a incidência solar e o ângulo de incidência da radiação sobre a fachada, os quais interferem na intensidade de calor e de luz solar direta. As fachadas Leste, Norte e Oeste, são as que recebem maior radiação solar, mas a fachada oeste, principalmente no verão, coincide com as horas de maior aquecimento.

Para Johnston e Newton (1993), a orientação é muito importante para a escolha correta da trepadeira na fachada. Há várias espécies com flores, mas as trepadeiras conhecidas como sempre-viva (hera, virginia), são sempre boas opções para edificação que queira ter proteção da radiação solar e das chuvas.

As paredes com cobertura por trepadeiras, são muito eficazes no lado leste e oeste da edificação, sendo também uma forma de proteção da radiação solar, chuvas e ventos, segundo Santamouris e Asimakopulos (1996).

Em um estudo realizado no sudeste do Reino Unido com trepadeira sobre treliça em fachadas, observou-se que, a orientação leste e oeste não influi no crescimento da

vegetação, e seu efeito sobre o conforto térmico se mantém o mesmo, positivo (IP et al, 2009).

Loh (2008) explica que as paredes verdes ou paredes vivas são tecnologia de sucesso em países como França, Alemanha, Japão, Cingapura, EUA e Canadá. Devido aos muitos benefícios positivos com o uso das paredes verdes, este sistema está ganhando interesse dos projetistas como uma nova tecnologia de revestimento de fachada em edifício. Com as mudanças climáticas, há um crescente interesse em usar paredes verdes como uma estratégia sustentável para o ambiente urbano, e que pode contribuir significativamente para o ambiente construído e como benefícios sociais e econômicos. O uso de paredes verdes em edificação é muito antigo, mas existem poucos dados técnicos disponíveis no momento, mas algumas pesquisas já indicam que pode melhorar o ambiente urbano, reduzindo o efeito de calor, como no ambiente construído.

Os autores Alexandri e Jones (2006), realizaram um estudo sobre paredes e telhados verdes e sua aplicabilidade em canyon urbano nas cidades de Atenas, Beijing, Hong Kong, Brasília, Montreal, Mumbai e Riyadh com variação climática, concluíram que a vegetação possui um papel importante para diminuição da temperatura do ar nos centros urbanos, e que a geometria e a largura do canyon, não interferem no resultado final desde que tenham paredes e telhados verdes.

Köhler (2008) afirma que as fachadas dos edifícios estão sob influências ambientais permanentes, como o sol e chuva ácida, envelhecem e podem em última instância danificá-las. Os sistemas de parede verde, podem proteger as fachadas e oferecer benefícios semelhantes àqueles conseguidos com a instalação de telhados verdes. Uma visão anterior da história, mostra que as vegetações em fachadas não são

uma nova tecnologia, mas podem oferecer benefícios múltiplos como um componente de projeto urbano e de edificação atual.

A edificação pode se beneficiar no conforto térmico através da vegetação com o seu sombreamento como proteção da radiação solar direta, indireta, difusa ou com o uso de uma segunda *pele*, trepadeira, principalmente em lugares que não possibilitam a existência de uma vegetação arbórea.

Valesan e Sattler (2008) em um estudo realizado no estado do Rio Grande do Sul, sobre a vegetação como segunda *pele* em um edifício, obtiveram um resultado satisfatório através de questionários aplicados aos moradores da edificação, no aspecto de isolamento térmico, manutenção e estética. Os moradores consideram que a vegetação (trepadeira) como revestimento de fachada, um bom isolamento térmico, de manutenção simples com poucas podas, esteticamente bonito no verão e no inverno um pouco feio, mas o edifício é referência no bairro.

Ariaudo et al (2009) em estudo no norte da Itália com paredes verdes, a fim de entender o significado físico, de que as paredes verdes reduzem a temperatura no verão, a primeira abordagem para definir este índice foi chamado de “método de temperatura” e segunda como “fluxo de calor” e o terceiro de “fator verde”. Elaboração de fórmulas para cálculos que possam sintetizar um índice capaz de caracterizar a ação de resfriamento da parede verde. Este tem como função fornecer para os projetistas um simples parâmetro para avaliar a redução da radiação solar na edificação.

3. METODOLOGIA

É por meio da geometria de insolação que se obtém o instrumental para mensurar os horários de insolação para orientações distintas de paredes em cada latitude particular. A proteção solar nas paredes é um recurso para promover os controles térmicos naturais.

Promover conforto térmico ao usuário para que ele possa desempenhar plenamente suas atividades em uma edificação que possui um bom aproveitamento dos recursos naturais como ventilação natural, sombreamento de fachadas, orientação quanto à insolação são algumas das soluções que podem contribuir para garantir boas condições de climatização a um edifício.

Esse trabalho visa à geração de subsídios através da coleta de dados reais da influência da vegetação no desempenho térmico em um ambiente construído, levando em consideração as variáveis físicas como temperatura do ar, umidade do ar, temperatura de globo, velocidade do ar, temperatura superficial de parede interna e externa.

Esta pesquisa consiste de um estudo de caso na cidade de Campinas, com edifício que possui trepadeira *Parthenocissus Triscuspidata* (hera-japonesa) na fachada. Contempla a análise das características construtivas e implantação do edifício no lote, a utilização da trepadeira na fachada, e a descrição do procedimento adotado para obtenção de dados, através de medições em construções idênticas, mas com um diferenciador, onde uma fachada possui trepadeira e outra não.

Com o objetivo de realizar um experimento em condições controladas, decidiu-se também pelo estudo em três células-teste na cidade de Campinas. A primeira, sem trepadeira na fachada, a segunda com trepadeira e a terceira com trepadeira sobre uma treliça e com afastamento de 20cm da parede.

O município de Campinas localiza-se em uma área de transição entre o Planalto Atlântico (região leste) e a Depressão Periférica (região oeste) do Estado de São Paulo, abrangendo uma área de aproximadamente 800Km², caracterizada pela alta taxa de urbanização e industrialização. Sua Latitude 25°53'20''S (Sul), Longitude 47°10'15''O (Oeste) e Altitude de 694m do nível do mar.

3.1 O Uso de Trepadeira nas Fachadas em Campinas

Na cidade de Campinas, foi realizado um levantamento sobre a utilização de trepadeira em fachadas. Primeiramente este levantamento foi realizado na sequência dos bairros mais antigos da cidade para os bairros mais recentes. Iniciou-se pelo Centro, Vila Industrial, Cambuí, Nova Campinas, Flamboyant, Castelo, Chapadão,

Taquaral, Chácara Primavera, Jd. Proença, Vila Santana, Jd. Eulina e nos distritos Souza, Joaquim Egidio, Barão Geraldo e nos bairros que compoem este distrito que são Cidade Universitária, Pq. das Universidades, Guará e Vila Santa Isabel.

Neste levantamento de campo foi encontrado algumas construções residenciais e comerciais que possuem trepadeira em suas fachadas. Em todas as construções a trepadeira utilizada é a *Parthenocissus Tricuspidata* (hera-japonesa).

Nas construções residenciais, ao conversar com os moradores, foi perguntado o porque da utilização da trepadeira na fachada ou em toda edificação. Alguns responderam que o uso de trepadeira é um costume de família, desde os tempos da casa da vovó, é um costume que passa de geração para geração. Outros moradores responderam que a trepadeira é bonita e que integra o jardim a casa e também alguns responderam que além da beleza tinham a sensação que a natureza transformava sua casa em um elemento vivo, como “ a casa verde em equilíbrio com o jardim se forma em uma única paisagem”. (Figura 15).

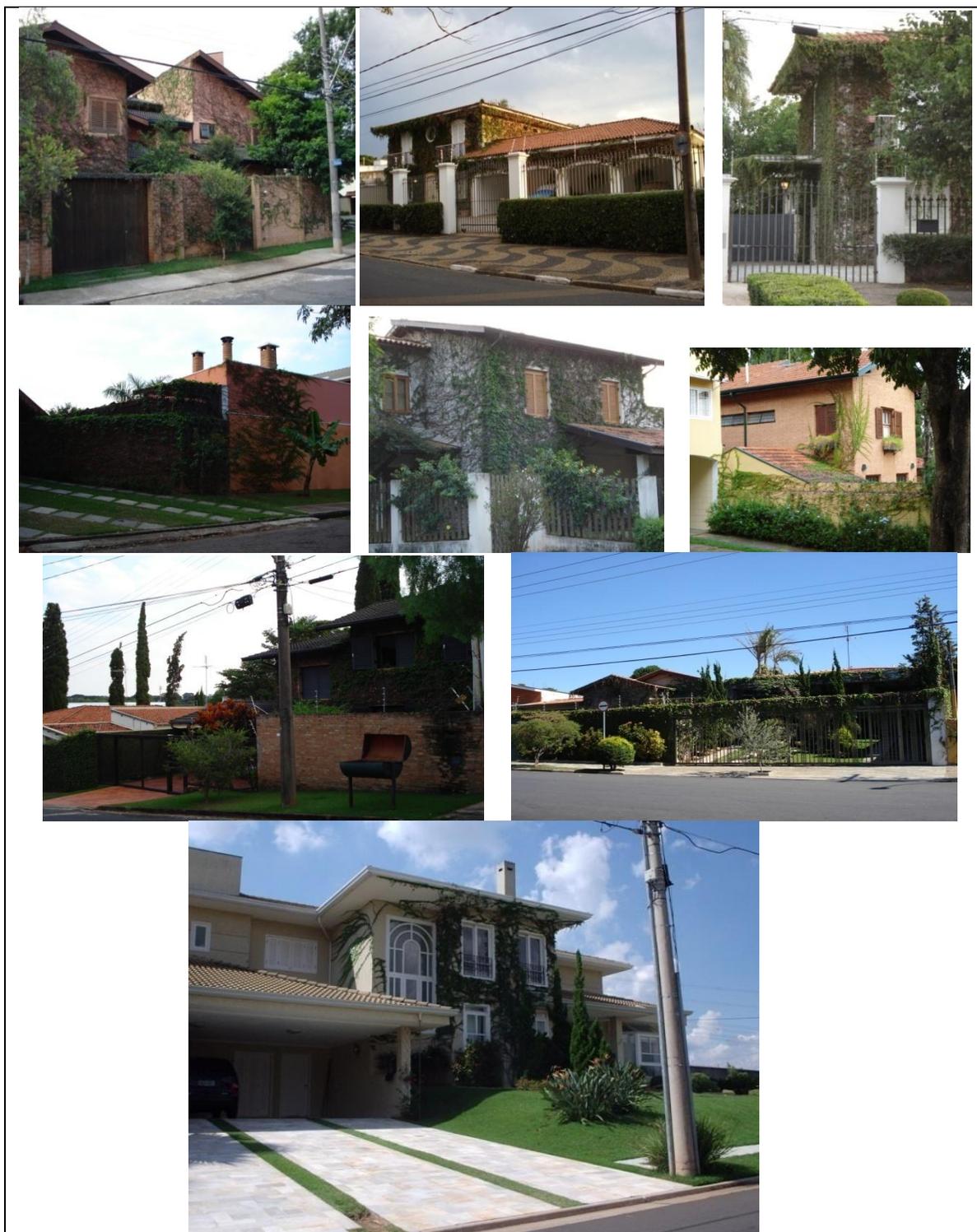


Fig.15 Edificações residenciais com trepadeira nas fachadas.

Também foi encontrada a utilização de trepadeira em fachada de edifício comercial. Ao conversar com alguns funcionários que trabalham nesses locais, a maioria disse que acha bonito e que este diferencial na fachada serve como um referencial na região em relação aos outros edifícios ao seu redor. (Figura 16)



Fig.16 Edificações Comerciais com trepadeira nas fachadas.

3.2 Levantamento e Seleção da Espécie Trepadeira

As trepadeiras são plantas de ramificação leve, flexível e permitem um crescimento apoiando-se em plantas arbóreas, arbustivas ou muros, suportes com treliças, arcos, pergolados, caramanchões. Na primeira etapa de sua vida, o seu crescimento é lento, até que se fixem a um apoio, passando a crescer rapidamente e alongando a distância entre os nós de seu caule. Essa flexibilidade deve-se à sua natureza: herbácea (caules verdes, frágeis e flexíveis), semi-herbácea ou lenhosa (caules rijos e com aparência de lenho).

As trepadeiras de caule flexível são muito utilizadas no paisagismo, em treliças de ferro, madeira ou plástico. Essas estruturas podem compor entre jardim e construção (exemplo: jardim e área de serviço, jardim e garagem, jardim e área íntima, entre outros). Outra solução encontrada nas residências é a utilização no aumento da altura de muro, onde telas metálicas são instaladas em quadros de estrutura metálica e parafusadas em cima do muro e a trepadeira recobre toda a área aramada, criando privacidade entre vizinhos.

Foi realizada uma pesquisa junto aos fornecedores de plantas do Ceasa-Campinas, Floricultura Campineira, MacFLora Floricultura e Produtora, que indicou as trepadeiras mais comercializadas. (Figura 17)

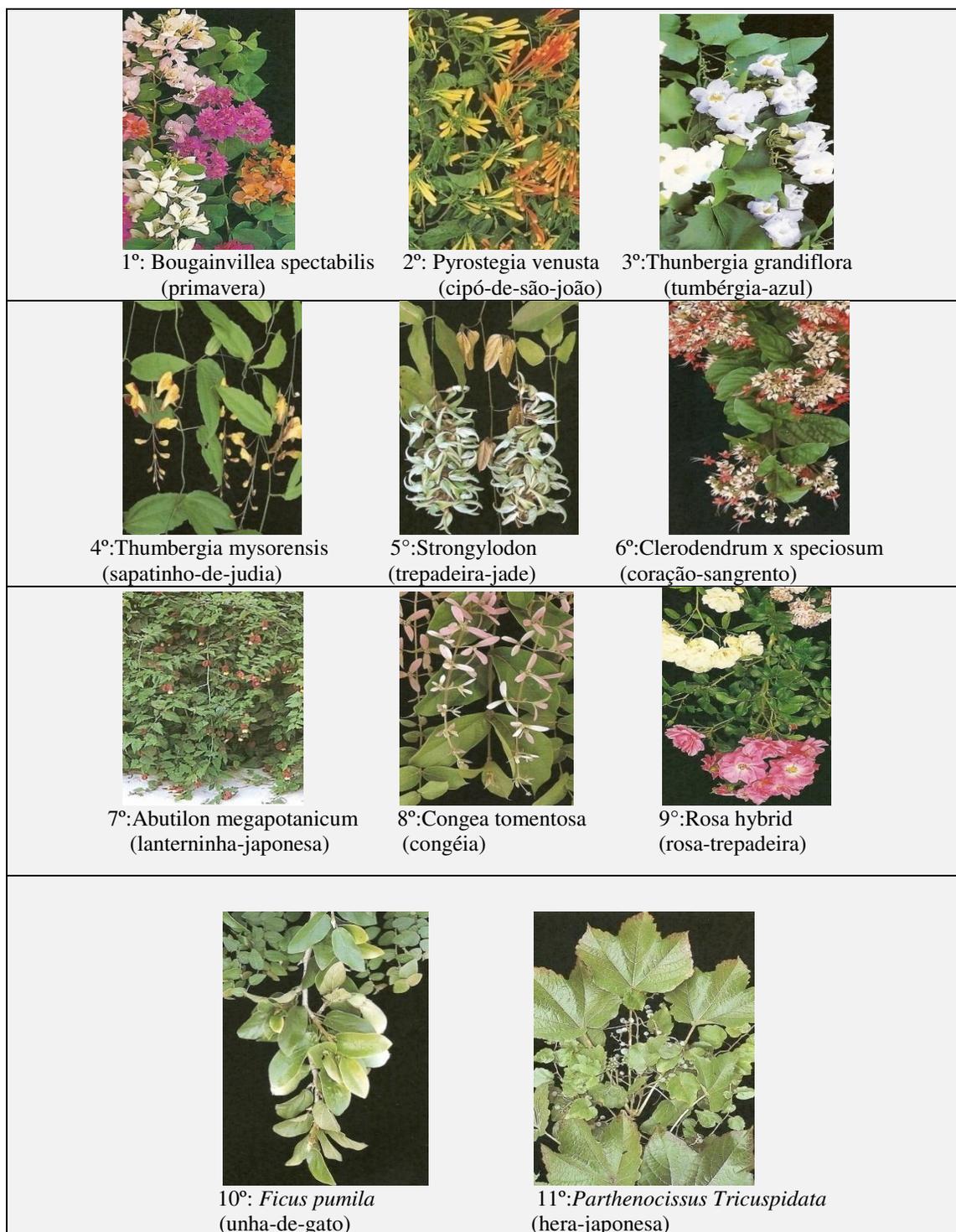


Fig.17 Trepadeiras comercializadas em Campinas

Fonte: Lorenzi e Souza (2001)

De todas as trepadeiras encontradas no mercado, apenas duas não possuem flores: *Ficus Pumila* (unha-de-gato) e *Parthenocissus Tricuspidata* (hera-japonesa). Observando as residências e prédios na cidade de Campinas, as trepadeiras mais utilizadas são realmente as que possuem flores, que são vistas em entradas das residências com tutores, treliças ou em cobertura de garagens, áreas de lazer, sobre pergolados. As trepadeiras como unha-de-gato e hera-japonesa, já são mais utilizadas para cobertura de muros, porém também se encontram exemplares na forração de fachadas de edificação, pois não precisam de nenhuma estrutura para se desenvolver.

De acordo com as características morfológicas, as trepadeiras são classificadas em três tipos:

- trepadeira cipó;
- trepadeira sarmentosa;
- trepadeira volúvel.

Para a fase experimental deste estudo, considerou-se adequado utilizar uma trepadeira sarmentosa, que possui um dispositivo de amarração, gavinhas ou raízes adventícias ou grampiformes, que se tornam órgãos de fixação em qualquer superfície. A trepadeira *Ficus Pumila* possui raiz que criam pontos de sustentação ao se expandirem após a sua penetração em fissuras, seja no solo ou em superfície de uma edificação. A trepadeira *Parthenocissus Tricuspidata* já possui raízes grampiformes ou adventícias, que produzem uma espécie de “cola” aderindo a qualquer superfície. Há outras espécies de trepadeira sarmentosa que utilizam até espinhos para se fixar em estruturas (JOLY,1987).

3.2.1 Trepadeira *Ficus Pumila* e *Parthenocissus Tricuspidata*

Ficus Pumila (unha-de-gato)

A trepadeira unha-de-gato é muito utilizada para forração de muro, mas precisa de um cuidado muito grande para mantê-la sempre jovem; as podas devem ser freqüentes para impedir que fiquem adultas, porque realmente ela acaba destruindo o muro com a força de seus galhos (LORENZI, 2001). (Figura18)



Fig.18 Forração de muro com *Ficus Pumila* (unha-de-gato).

Parthenocissus Tricuspidata (hera-japonesa)

A trepadeira hera-japonesa já possui um sistema muito interessante para o propósito deste estudo. As características da trepadeira são o sistema de escandente, com caule que pode atingir até 30m, lenhoso, com ramos muito longos, delgados e flexíveis, que se elevam apoiando-se em muros, fachadas, árvores, por meio de suas raízes adventícias ou grampiformes; são raízes aéreas com forma de grampos que tem por função a fixação dos vegetais em suportes ou paredes. No inverno caem as folhas,

não sem antes, nos climas temperados as bordas adquirirem cores avermelhadas e roxas (LORENZI, 2001). (Figura19)



Fig.19 Forração de muro com *Parthenocissus Tricuspidata* (hera-japonesa) e detalhe da raiz grampforme.

Devido a suas características morfológicas, optou-se pela hera japonesa como objeto de estudo. No período de primavera e verão, sua forração com folhas cobre toda a extensão da fachada, minimizando a radiação solar direta. Já no outono e inverno, suas folhas caem e permanecem os galhos e raízes, permitindo a radiação direta na fachada aquecendo a edificação. Sua manutenção é de simples manejo, apenas irrigação duas vezes por semana e adubação uma vez ao ano. Sua poda é para limitar a cobertura vegetal no espaço desejado e para a limpeza de folhas secas.

3.3 Medições das Variáveis Ambientais

Para esta pesquisa foi adotada a escala de microclimática que reflete a influência de elementos individuais como edifício e suas partes envolventes, permitindo avaliar as condições de tempo e não do clima desta área. No caso, é avaliado o grau de influência da trepadeira na atenuação da radiação solar e da variação da temperatura e umidade do local.

As variáveis ambientais coletadas nas edificações e nas células-teste foram: temperatura e umidade do ar, temperatura do globo, velocidade do ar, temperatura superficial das paredes internas e externas, com intervalos de 10 em 10 minutos. Nas células-teste também se utilizou o equipamento solarímetro, mas apenas em uma célula-teste que possui trepadeira sobre treliça.

As medições nas edificações foram realizadas no interior dos apartamentos e os moradores colaboraram com a pesquisa, evitando acidentes e transtornos para que os equipamentos não sofressem nenhum dano. Também foi aplicado um questionário aos moradores para avaliação de conforto térmico das duas edificações, realizada pelo método do voto Médio Estimado, utilizando-se o programa computacional Conforto 2.03 criado por Ruas (2002), onde se pode obter a porcentagem estimada de insatisfeitos.

As medições nas células-teste foram realizadas no interior de cada módulo, com os cuidados da pesquisadora.

1. Temperatura do ar e umidade: foram utilizados registradores digitais, da marca Testo. Realizam o registro automático dos valores no intervalo de 10 minutos. (Figura 20)



Fig.20 Registrador de temperatura de ar e umidade.

2. Termômetro de Globo: mede a temperatura de globo, que é usada para se determinar a temperatura radiante média. Este equipamento é uma esfera de cobre oca de aproximadamente com 1mm de espessura e com 152,4mm de diâmetro, na cor preto fosco, e com uma emissividade mínima de 0,95 (regulagem de equipamento padrão) e possui uma abertura na direção radial para o duto cilíndrico de 25mm de comprimento e 18mm de diâmetro, onde se insere o termômetro digital, da marca Testo (Figura 21)



Fig.21 Termômetro de Globo

3. Termoanemômetro: mede a velocidade ao ar. Devido à variação rápida da direção e velocidade do ar, as medições são bastante flutuantes, sendo necessário tirar-se uma média dos valores mais próximos ao horário considerado (Figura 22).



Fig.22 Termoanemômetro

4.Sensor de temperatura superficial digital: para a temperatura de superfície interna e externa das paredes.(Figura 23).



Fig.23 Sensor de temperatura superficial

Todos os equipamentos citados acima foram também utilizados nas medições das células-teste. Mas, na célula-teste que possui trepadeira sobre treliça com afastamento de 20cm da fachada foi utilizado o equipamento solarímetro. Este equipamento mede a irradiância média (kW/m^2) em lugares onde a incidência da radiação solar não é uniforme, como neste caso as folhagens criam uma barreira, também não é uniforme, na fachada.

5. Solarímetro de tubo

- modelo TSDELTA, conectado a um integrador de coleta automática dos dados. Este equipamento registra a radiação incidente na faixa de 350nm a 2500nm que abrange a região do visível ao infravermelho de onda curta. (Figura 24)



Fig.24 Solarímetro de tubo, Delta-T TS e Registrador Delta DL2

3.3.1 Método de Análise

Os conjuntos de dados, obtidos através dos equipamentos, mostram resultados dos parâmetros térmicos medidos simultaneamente, a cada 10 minutos, durante o dia e à noite, nos edifícios nos meses de março e junho/2009 e nas células-teste nos meses de janeiro e junho/2009.

Para análise dos dados, estudo de caso e estudo experimental, para melhor visualização foi elaborados tabelas e gráficos com os resultados das medições de temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do ar, temperatura superficial de parede interna e externa e a radiação solar. Também foram feitas análises estatísticas com os dados da medição do estudo de caso e do estudo experimental.

Estudo de Casos: Edifícios

Esse conjunto de dados contém as medições das variáveis térmicas em dois edifícios residenciais idênticos, sendo um com trepadeira na fachada e outro sem trepadeira. Também foi aplicado um questionário aos moradores para a avaliação de conforto térmico, utilizando o método do Voto Médio Estimado (VME) de Fanger (1972), para fins de aplicação às condições ambientais correntes nos edifícios. Sua realização foi através do programa computacional Conforto 2.03 criado por Ruas (2002), onde se pode obter a porcentagem estimada de insatisfeitos – VME (Voto Médio Estimado) e PEI (Percentual de Insatisfeitos).

Com os dados obtidos através das medições nos apartamentos com e sem trepadeira na fachada, e o resultado final do voto médio estimado e o percentual de insatisfeito dos moradores, possibilita em uma análise entre o usuário e atenuação da radiação solar incidente proporcionada pela trepadeira.

Estudo Experimental: Células-Teste

As medições foram realizadas simultaneamente nas três células-teste de construções idênticas. Esse conjunto de dados contém as medições das variáveis térmicas, sendo a primeira célula-teste sem trepadeira, a segunda com trepadeira e a terceira e última com trepadeira sobre treliça e afastada 20cm da fachada.

O uso do equipamento solarímetro na terceira célula-teste que possui trepadeira sobre treliça foi para obter a média da incidência da radiação e o grau de influência da trepadeira nesta fachada.

3.3.2 Análise Estatística

A metodologia utilizada consiste em comparar os valores obtidos nas medições, para as edificações e células-teste, para verificar se existe diferença significativa entre essas variáveis nas diferentes situações. Os conjuntos de dados foram analisados através de um teste de hipóteses para igualdade de médias de séries temporais, de acordo com Ferreira e Stute (2004).

Seja X_t uma variável de referência observada no tempo t discreto. Junto com X_t , observamos outras duas variáveis Y_t e Z_t , ambas dependendo de X_t . Aqui, estamos interessados em comparar as médias das variáveis Y_t e Z_t .

O Teste de comparação de médias foi utilizado para avaliar as hipóteses:

H_0 : A média da variável Y_t é igual a média da variável Z_t .

H_1 : A média da variável Y_t é maior que a média da variável Z_t .

Considere $\{X_t, t = 1, \dots, n\}$ uma série temporal estacionária, $\{Y_t, t = 1, \dots, n\}$ e $\{Z_t, t = 1, \dots, n\}$ séries temporais que dependam de $\{X_t, t = 1, \dots, n\}$. Definindo

$$\begin{aligned} D_t &= Z_t - Y_t \\ D_t &= Z_t - Y_t, \end{aligned}$$

$$\alpha_n(x) = n^{-1/2} \sum_{t=1}^n D_t I(X_t \leq x), \quad x \in \mathbb{R} \text{ e}$$

$$\tau_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (D_t - \bar{D})^2 ,$$

o teste rejeita a hipótese nula quando

$$S = \tau_n^{-1} \sup_x |\alpha_n(x)| \geq c_{1-\alpha} ,$$

$\tau_n^{-1} \sup_x \alpha_n(x) \geq c_{1-\alpha}$ onde $c_{1-\alpha}$ é o $(1-\alpha)$ percentil de $\sup_{0 \leq u \leq 1} B(u)$ e B é um movimento Browniano.

Os valores calculados, através da formula apresentada acima, fornece o valor limite (isto significa que o número que resultar da formula é o número limite mínimo estabelecido) e o nível de significância em porcentagem (%), ou seja, qualquer média variavel obtido através das medições de campo, para ter uma significância estatística, deve apresentar um valor igual ou maior estabelecido pela formula acima. Para essa análise, foi utilizado um programa computacional para obter resultados estatísticos (GENTLEMAN e IHAKA, 2008).

4. ESTUDO de CASO: EDIFÍCIO RESIDENCIAL

4.1 Descrição do Edifício Residencial

Inicialmente estabeleceu-se uma análise detalhada da edificação e da vegetação e todo o procedimento de medição adotado para a pesquisa de campo. Foram estudadas duas edificações de construção idêntica, de modo que o único parâmetro de diferenciação fosse a forração com trepadeira na fachada. A análise comparativa da influência da trepadeira nas edificações e o grau de conforto atingido foram realizados nos meses de março e junho.

As edificações analisadas são de uso residencial por estudantes, conhecido na cidade como moradia estudantil. Estão localizadas na cidade de Campinas, Distrito de Barão Geraldo, no bairro Cidade Universitário, Av. Prof^o. Atílio Martini com Rua Dr. Shigeo Mori, nº1485.

A implantação dos edifícios está em um lote de esquina, e suas aberturas (janelas), estão voltadas para o sudeste e noroeste. O projeto arquitetônico foi idealizado pelo arquiteto Jayme Cheque Junior. (Figura 25)

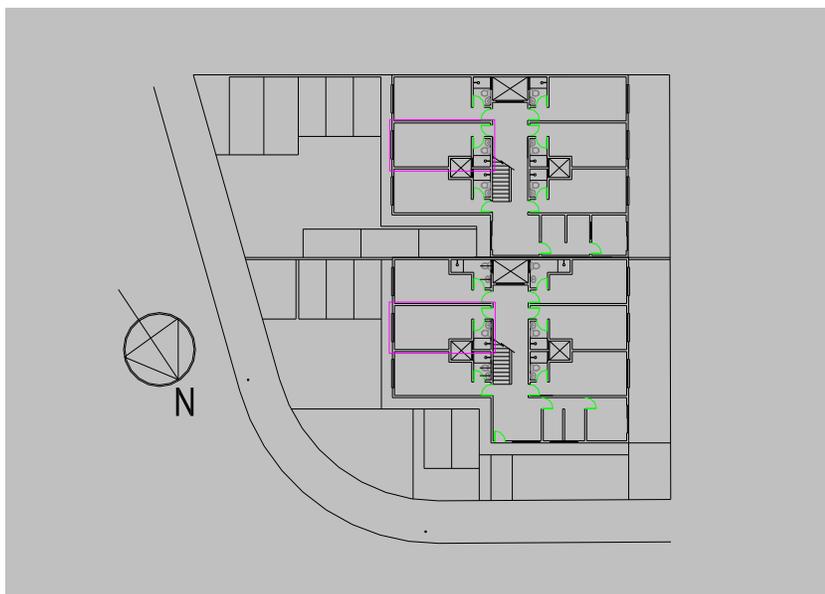


Fig.25 Implantação geral do edifício no lote.

Cada apartamento possui 21,00m² no total, com paredes de bloco cerâmico, reboco, reboco fino e no total a parede possui 19 cm de espessura. O piso interno é de cerâmica na cor clara. Entre os andares há laje de piso e no fechamento do ultimo andar, laje de forro e cobertura de telha cerâmica. O acabamento é pintura na área externa de cor amarelo claro e dentro dos apartamentos de cor branca. Este apartamento tem uma porta de entrada de madeira com pintura na cor branca (0,82X2,10 altura), uma porta para o banheiro com pintura na mesma cor (0,62X2,10 altura), uma janela principal com veneziana na cor branca (1,80X1,10 altura) e janela basculante no banheiro na cor branca (0,60X0,60 altura). A iluminação no apartamento é feita com um plafon grande com duas lâmpadas fluorescentes e um plafon pequeno com uma lâmpada fluorescente no banheiro. Em cada apartamento, vive apenas um morador.

São dois blocos com apartamentos, ambos com dois pavimentos. O primeiro bloco sem trepadeira na fachada e o segundo bloco com a trepadeira *Parthenocissus tricuspidata* (hera-japonesa). (Figura 26)



Fig.26 Fachadas do edifício em estudo.

As medições foram realizadas nos apartamentos nos meses de março e junho de 2009, com as instalações dos aparelhos registradores. O período de medições foi do dia 03 a 12 de março e nos dia 04 a 10 de junho. Foram feitas visando a análise em dois momentos e para confirmar o comportamento da trepadeira na fachada como minimizador de ganho de calor. (Figura 27)

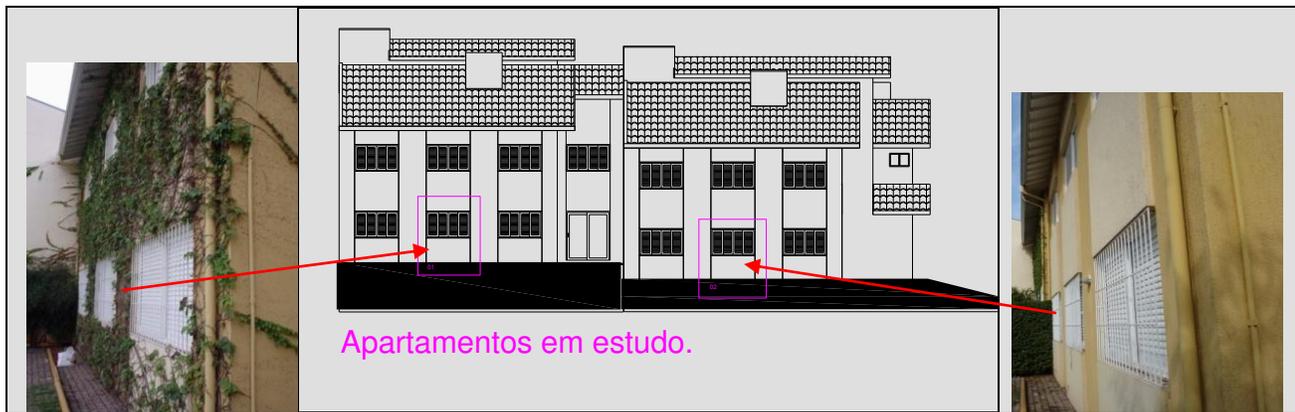


Fig.27 Fachada com e sem trepadeira e identificação dos apartamentos de estudo.

Os equipamentos, devido à dimensão do apartamento, foram instalados em baixo da janela, na fachada frontal voltada para Sudeste e as medições ocorreram, simultaneamente, nos dois apartamentos (Figura 28). Os equipamentos foram instalados em um único tripé, dentro dos apartamentos com os seguintes registradores:

- um registrador de temperatura e umidade, modelo 175-H1, Testo;
- um sensor de temperatura, colocado no interior do globo negro, modelo 175-1 n° 1038585174, Testo;
- um termômetro/anemômetro que registra a velocidade do ar, modelo 06351549, modelo 455, 405 V1, Testo;
- dois sensores de temperatura superficial de parede (interno/externo), modelo 06287507, Testo.

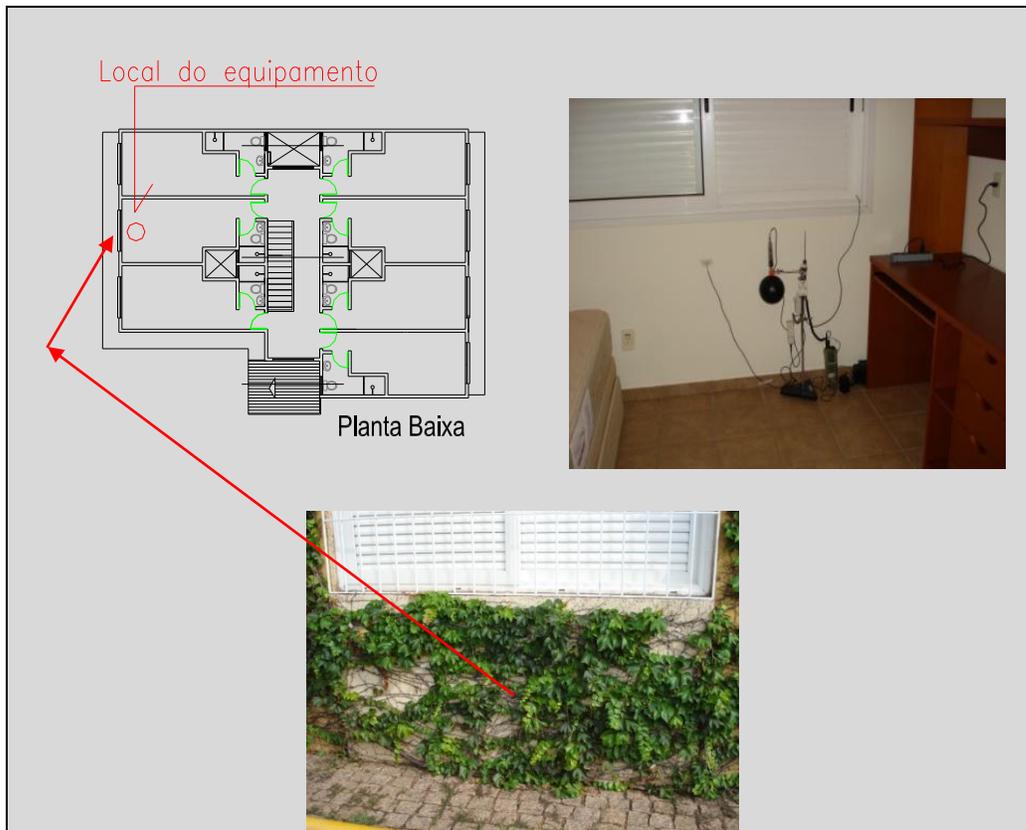


Fig.28 Local de instalação dos equipamentos.

Na área externa dos edifícios (Figura 29), colocou-se um tripé com os seguintes equipamentos:

- um registrador de temperatura e umidade, modelo 175-H1 n°9558, Testo;
- um sensor de temperatura, modelo 175-T2, Testo, colocado no interior do globo negro;
- um registrador digital conectado ao sensor de temperatura do globo, modelo 445, Testo.

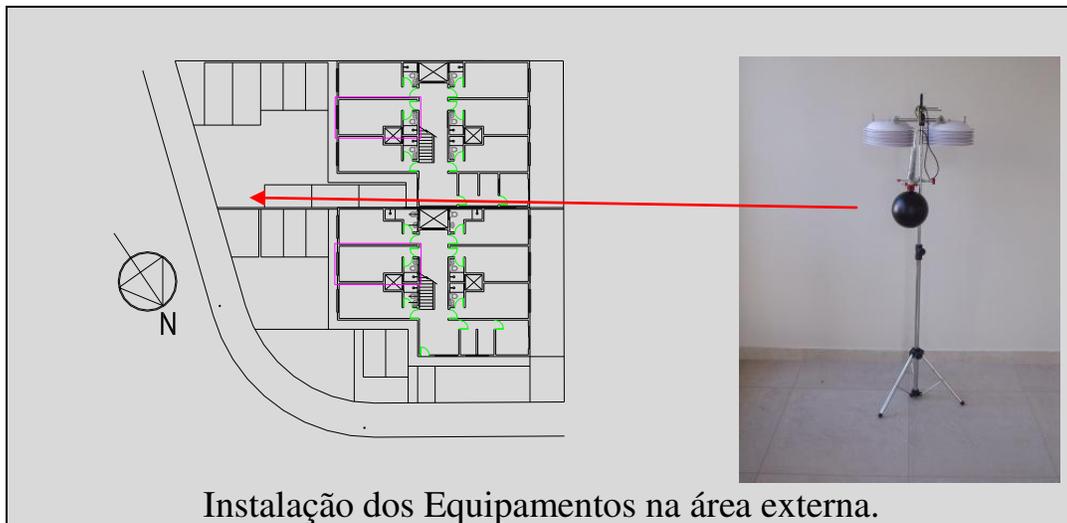


Fig.29 Local de instalação dos equipamentos.

4.2 Resultados

4.2.1 Resultados das medições de Março/2009

As figuras de 30 a 33 mostram os resultados das médias obtidas no período diurno e noturno, dias 03 a 12 do mês de março, e as tabelas 4 a 7 ambos com valores e horários de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, temperatura superficial interna e externa da parede. Foram excluídos das médias os dias em que os valores das variáveis ao final do período diferiram significativamente dos valores iniciais do período seguinte, prejudicando a continuidade dos resultados. Assim, foram excluídos três dias dos dez dias medidos.

Tabela 4 Temperatura do Ar – Edifícios: Março 03 a 12/2009.

Média Diária - Temperatura do ar - Período 03 a 12/03/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	22,6	23,2	24,6	26,3	28,1	29,9	32,6	36,1	36,8	34,7	34,7	32,1
S/Trep.	26	26,3	26,8	27,1	27,4	27,5	27,7	27,8	28	28,1	28,2	28,2
C/Trep.	24,2	24,5	25	25,6	25,9	26	26,4	26,6	26,7	26,8	26,8	26,9
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	29,7	29,8	28,2	27,1	26	25,3	24,7	24,2	23,6	23,1	22,9	22,7
S/Trep.	28,1	28,4	28,5	28,5	28,4	28	27,7	27,4	27,2	27	26,9	26,8
C/Trep.	27,2	26,8	26,6	26,3	26,1	26	25,9	25,7	25,5	25,3	25,1	24,8

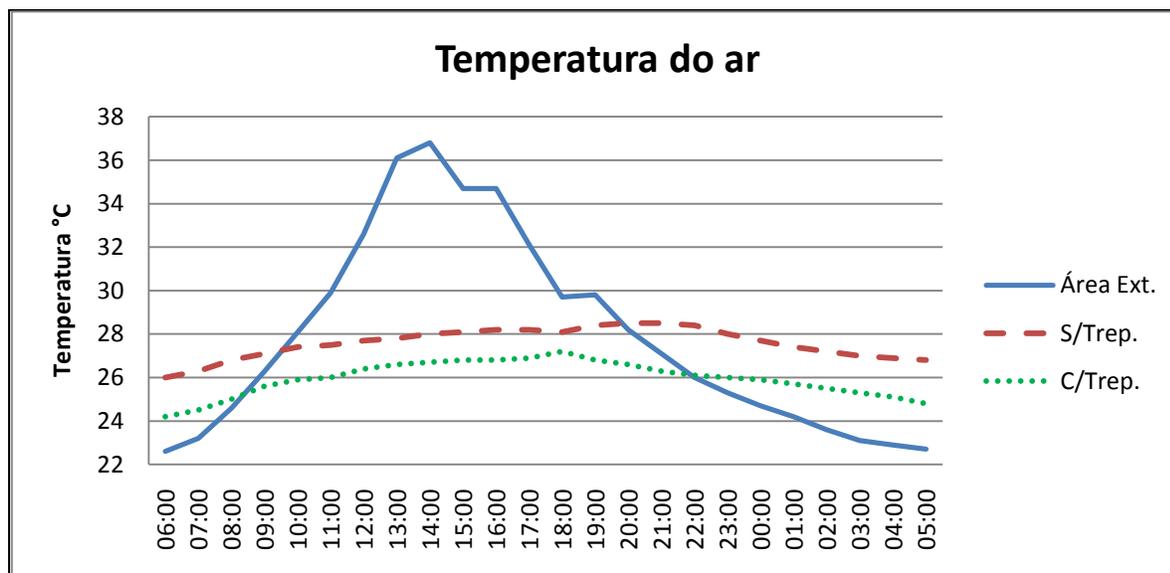


Fig.30 Temperatura o Ar – Edifícios: Março/2009.

Na área externa da edificação encontrou-se uma temperatura máxima de 36,8°C, no interior do apartamento sem trepadeira é de 28,0°C. No apartamento com trepadeira a temperatura chegou até 26,7°C. Uma diferença de temperatura entre a área externa com a temperatura do apartamento com trepadeira foi de 10,1°C e a diferença entre a temperatura do apartamento com trepadeira e sem trepadeira foi de 1,3°C, no período

diurno. No período noturno, a área externa da edificação mostrou uma temperatura máxima de 29,8°C. No interior do apartamento sem trepadeira a temperatura máxima é de 28,4°C e no apartamento com trepadeira a temperatura era de 26,8°C. Uma diferença de temperatura entre a área externa com a temperatura do apartamento com trepadeira foi de 3,0°C e a diferença entre a temperatura do apartamento com trepadeira e sem trepadeira foi de 1,6°C. (Figura30 e Tabela 4)

Tabela 5 Umidade do ar – Edifícios: Março 03 a 12/2009.

Média Diária - Umidade do ar - Período 03 a 12/03/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	89,7	88,1	84,1	78,3	70,4	63,7	51,8	45,3	42,6	42,2	45,1	51,8
S/Trep.	73	72,6	72,9	72	71,6	70,9	70	69	68,6	67,5	67	66,2
C/Trep.	80,6	80,7	80,8	80,6	80,4	79,5	78,3	77,1	76,1	75,4	75	74

Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	59,6	65,7	71,8	76,7	80,3	82,6	85,2	87,1	88,5	88,6	88,9	89,3
S/Trep.	66,1	65,8	66,5	66,7	67,9	69,3	71,2	71,5	71,7	71,9	72,3	72,4
C/Trep.	74,2	74,3	74,4	75,7	77,3	79,4	79,5	79,6	79,6	79,8	79,8	80

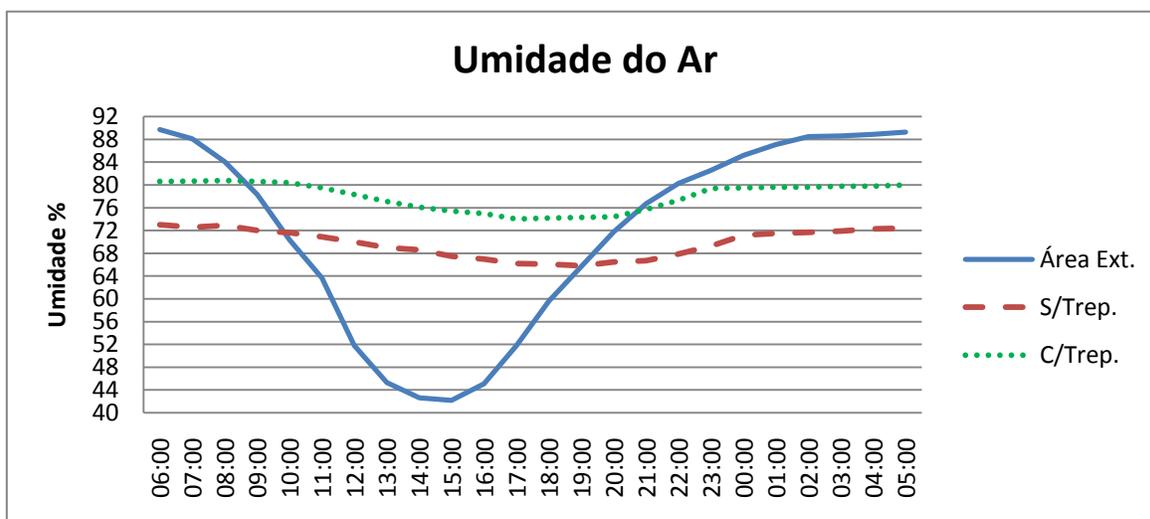


Fig.31 – Umidade do Ar – Edifícios: Março/2009.

A umidade do ar que permaneceu no período diurno e noturno com uma variação constante entre os apartamentos medidos. (Figura 31 e Tabela 5)

Tabel 6 – Temperatura de Globo – Edifícios: Março 03 a 12/2009.

Média Diária - Temperatura de Globo - Período 03 a 12/03/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	22,5	23,6	25,4	27,4	29,5	33,2	39,2	41,3	42,1	40,7	36,9	32,5
S/Trep.	25,6	26,1	26,6	27	27,3	27,4	27,6	27,8	28	28,1	28,2	28,3
C/Trep.	25,6	26,1	26,6	27	27,2	27,3	27,5	27,6	27,8	27,9	28	28
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	29,6	27,5	25,7	24,6	23,7	23,5	23,5	23,2	23,1	22,9	22,7	22,6
S/Trep.	28,1	28,1	28,1	28,1	27,9	27,6	27,2	26,9	26,7	26,4	26,3	26,1
C/Trep.	28,6	28,5	28,3	27,7	27,3	27,7	27,3	27	26,8	26,6	26,3	25,8

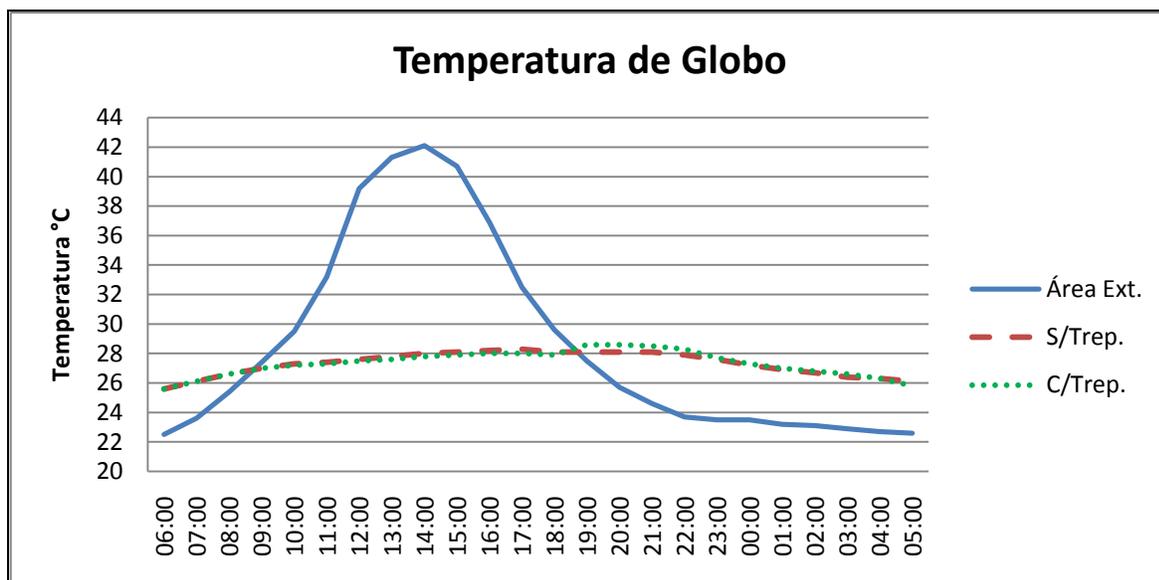


Fig.32 Temperatura de Globo – Edifícios: Março/2009

Neste gráfico a diferença entre as medidas de temperatura de globo, dos apartamentos com e sem trepadeira, se mantém sempre próxima, tanto no período diurno, quanto no noturno. (Figura 32 e Tabela 6)

Tabela 7 Temperatura superficial de parede interna/externa – Edifícios: Março 03 a 12/2009.

Média Diária - Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa - Período 03 a 12/03/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	22,6	23,2	24,6	26,3	28,1	29,9	32,6	36,1	36,8	34,7	34,7	32,1
Int.S/Trep.	26,2	26,3	26,6	26,9	27,3	27,7	28	28,2	28,4	28,6	28,8	28,8
Ext.S/Trep.	24,8	26,3	28,2	29,6	29,9	30,2	30,2	30,3	30,5	30,4	30,3	29,7
Int.C/Trep.	26,1	26,2	26,5	26,8	27,1	27,3	27,6	27,7	27,9	28	28,1	28,1
Ext.C/Trep.	25,1	26,8	27,6	28,5	29	29,1	29,2	29,4	29,4	29,3	29,1	28,6
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	29,7	29,8	28,2	27,1	26	25,3	24,7	24,2	23,6	23,1	22,9	22,7
Int.S/Trep.	28,8	29,2	29,1	29	28,8	28,5	28,1	27,8	27,6	27,3	27,1	27
Ext.S/Trep.	29,2	29,5	29,1	28,8	28,3	27,6	26,9	26,5	26,3	25,9	25,6	25,2
Int.C/Trep.	28,1	28,3	28,3	28,3	28,2	27,9	27,6	27,3	27,2	26,9	26,8	26,6
Ext.C/Trep.	28,1	28,7	28,4	28,2	27,9	27,3	26,8	26,5	26,2	25,8	25,7	25,5

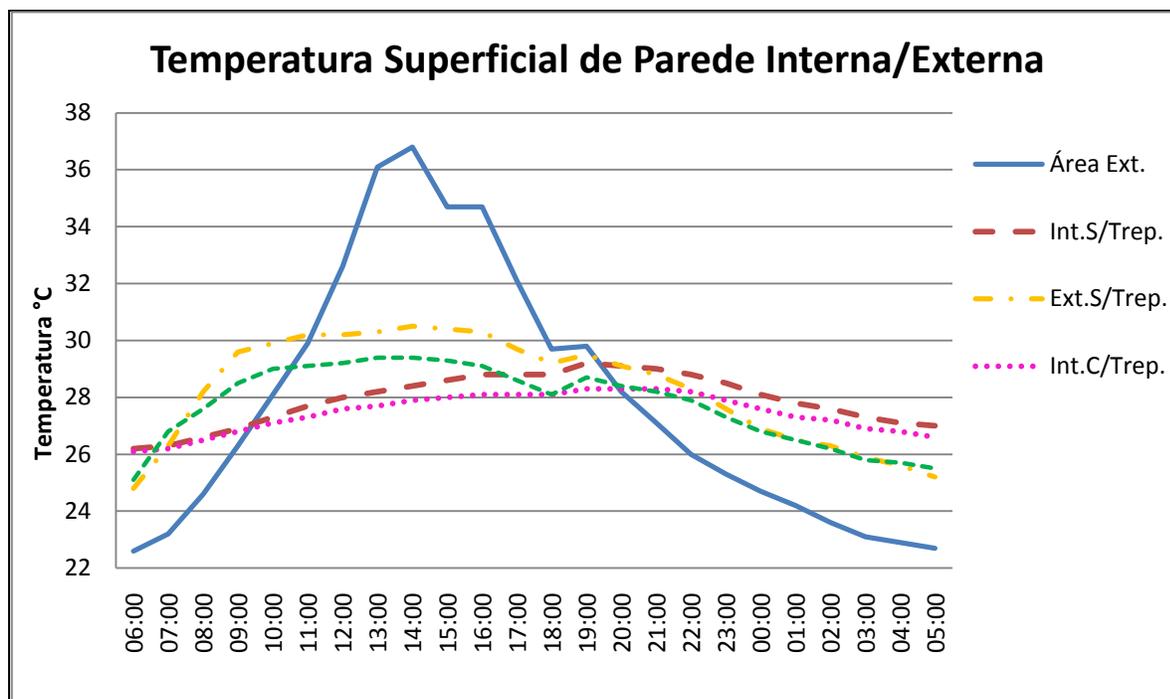


Fig.33 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa – Edifícios: Março/2009.

Com as temperaturas superficiais de parede externa no período diurno, percebe-se uma diferença de mais ou menos 1°C entre a fachada com e, sem trepadeira. No período diurno as temperaturas se mantêm com a mesma proporção. As temperaturas de parede interna das fachadas com e sem trepadeira no período diurno e noturno possuem uma diferença muito pequena, mas a fachada com trepadeira possui uma temperatura menor que a fachada sem trepadeira. (Figura 33 e Tabela 7)

4.2.2 Resultados das medições de Junho/2009

As figuras de 34 a 37 mostram os resultados das médias obtidas no período diurno e noturno, dias 04 a 10 do mês de junho e as tabelas 8 a 11 ambos com valores e

horários de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, temperatura superficial interna e externa da parede.

Tabela 8 Temperatura do Ar – Edifícios: Junho 04 a 10/2009.

Média Diária - Temperatura do Ar – Período 04 a 10 Junho/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	13,6	13,8	15,1	15,6	19,3	23,6	26,2	27,4	27,7	29	27,4	21,9
S/Trep.	18,5	18,4	18,2	17,9	18	17,9	18	18,2	18,7	19,3	19,5	19,1
C/Trep.	15,8	15,9	16,5	16,8	17,2	17,4	17,5	17,8	18,3	19	19,2	18,5
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	19,2	17,8	17,9	17,4	17,1	14,6	13	13	12,5	12,1	13,6	13,5
S/Trep.	19,1	19,1	19,1	19	18,9	18,8	18,7	18,6	18,6	18,5	18,4	18,3
C/Trep.	18,3	18,1	17,8	17,4	17,1	16,8	16,5	16,1	15,9	15,7	15,6	15,4

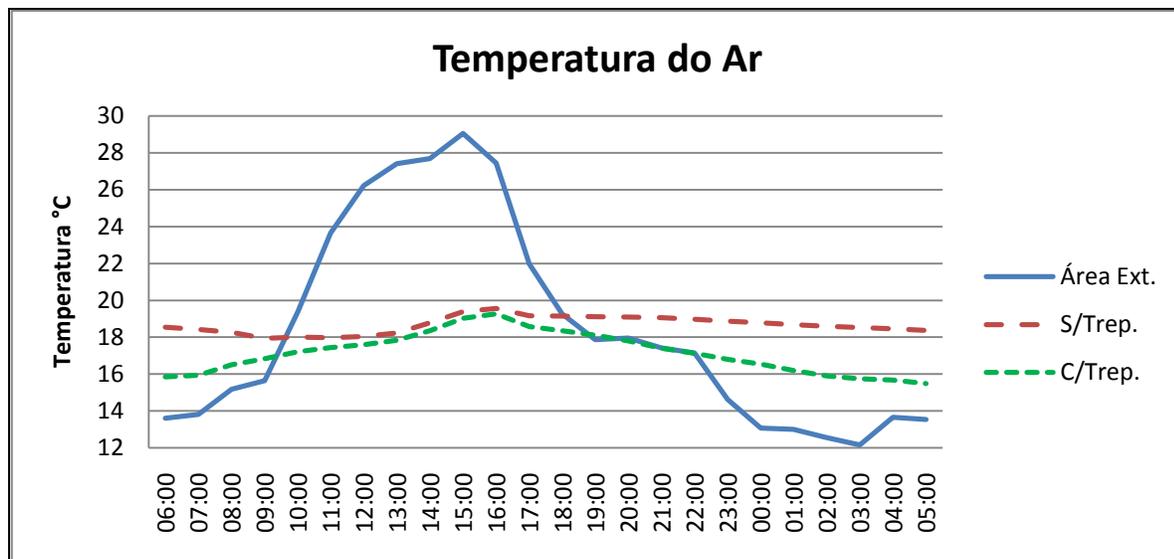


Fig.34 Temperatura do Ar – Edifícios: Junho/2009

Na área externa da edificação encontrou-se uma temperatura máxima de 27,7°C. No interior do apartamento sem trepadeira a temperatura máxima foi de 18,7°C e no

apartamento com trepadeira a temperatura chegou até 18,3°C. Uma diferença de temperatura entre a área externa e a temperatura do apartamento com trepadeira foi de 9,4°C. A diferença entre a temperatura do apartamento com trepadeira e sem trepadeira foi de 0,4°C, no período diurno. No período noturno, a área externa da edificação apresentou uma temperatura máxima de 19,2°C. No interior do apartamento sem trepadeira a temperatura máxima foi de 19,1°C e no apartamento com trepadeira a temperatura apresentou 18,3°C. Uma diferença de temperatura entre a área externa com a temperatura do apartamento com trepadeira foi de 0,9°C e a diferença entre a temperatura do apartamento com trepadeira e sem trepadeira foi de 0,8°C. (Figura 34 e Tabela 8)

Tabela 9 Umidade do Ar – Edifícios: Junho 04 a 10/2009.

Médias Diárias - Umidade do Ar – Período 04 a 10 Junho/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	89,6	89,8	85,7	79,3	64,6	50,8	44,2	42,2	40,8	38	40	49,9
S/Trep.	57,5	57,5	57,3	58,8	59,3	59,9	60,3	61,6	62,3	60,6	57,5	57,1
C/Trep.	70,4	70,2	69,5	68,9	67,7	66,4	65,5	65,5	65,2	63,4	61,1	61,2
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	59,2	64,4	68,8	71,4	75,9	82,6	88,5	91,8	93,9	95,3	94,3	90
S/Trep.	57,3	57,3	57,3	56,9	57,4	57,8	60,1	58,4	58,6	58,7	58,9	59,1
C/Trep.	62	62,5	63,8	65,6	66,4	68,2	69,5	70,6	71,5	70,3	72,1	72,5

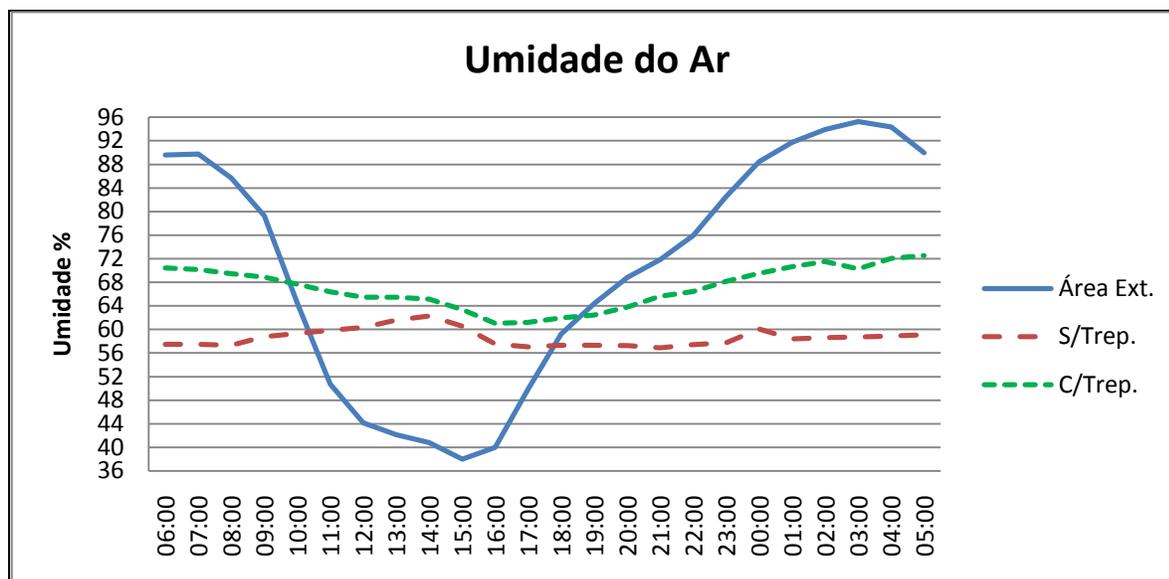


Fig.35 Umidade do Ar – Edifícios: Junho/2009

No período diurno, a fachada com trepadeira manteve uma umidade do ar com um percentual maior do que a área externa e a fachada sem trepadeira. No período noturno a área externa possui uma porcentagem maior em relação às fachadas com e sem trepadeira. (Figura 35 e Tabela 9)

Tabela 10 Temperatura de Globo – Edifícios: Junho 04 a 10/2009.

Médias Diárias - Temperatura de Globo –Período 04 a 10 de Junho/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	13	13,2	14,6	17,1	23,8	28,2	31	31,4	33,1	30,0	27,4	21
S/Trep.	18,4	18,4	18,3	18,1	18,1	18,2	18,1	18,4	18,9	19,5	18,5	19,5
C/Trep.	16,4	15,8	16,5	16,8	17,5	17,5	17,7	17,8	18,6	19,2	19,4	18,2
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	19,2	19	17,2	16,4	17,1	15,4	13,6	13	12,6	12,3	12,7	12,6
S/Trep.	19	19	18,9	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,5	18,4	18,3	18,3
C/Trep.	18	18	17,6	17,2	15,8	16,5	16,2	16,3	15,6	15,4	15,4	15,9

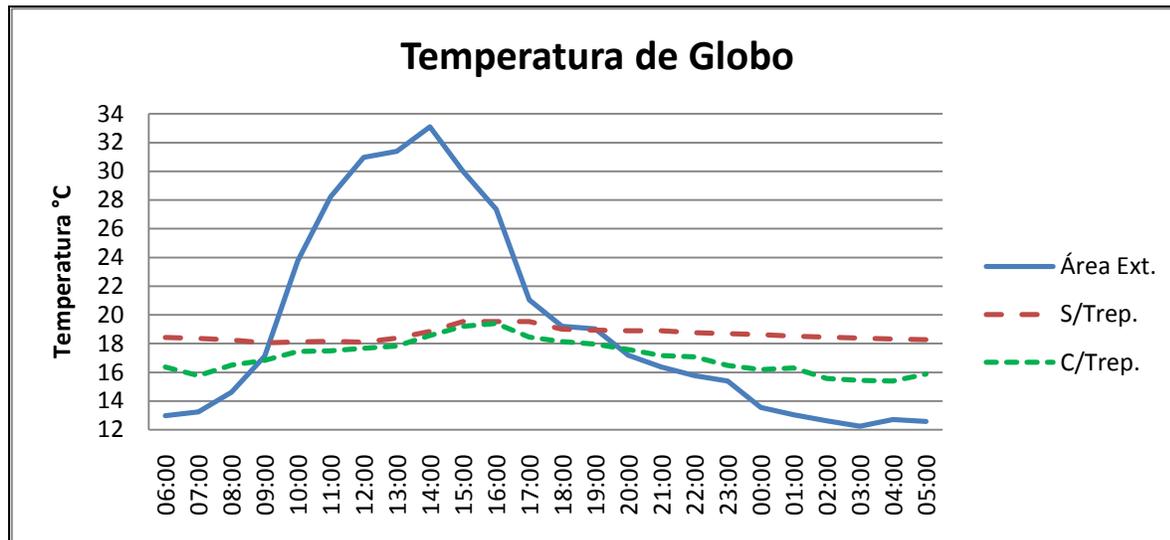


Fig.36 Temperatura de Globo – Edifícios: Junho/2009

No inverno, a temperatura de globo no período diurno, apresentou uma pequena diferença entre os apartamentos com e sem trepadeira. (Figura 36 e Tabela 10)

Tabela 11 Temperatura Superficial de Parede Intera/Externa – Edifícios: Junho 04 a 10/2009.

Médias Diárias - Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa - 04 a 10 Junho/2009 - Edifícios												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	13,6	13,8	15,1	15,6	19,3	23,6	26,2	27,4	27,7	29	27,4	21,9
Int.S/Trep.	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5	18,5	18,6	18,6	18,7	18,6	18,6	18,5
Ext.S/Trep.	16,4	16,4	16,8	17	17,4	17,8	18,1	18,4	19,1	19,6	19,4	18,6
Int.C/Trep.	16,6	16,2	17,5	17	17,3	17,3	17,7	17,8	18,3	19	19,3	18,5
Ext.C/Trep.	15,4	15,7	16,6	16,9	17,5	17,8	18,1	18,4	18,9	19,3	19,4	18,3

Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	19,2	17,8	17,9	17,4	17,1	14,6	13	13	12,5	14,1	13,6	13,5
Int.S/Trep.	18,4	18,3	18,3	18,2	18,2	18,6	18,3	18,2	18,1	18	17,9	17,8
Ext.S/Trep.	18,2	18	17,7	17,4	17,1	16,9	16,7	16,5	16,4	16,2	16,1	16
Int.C/Trep.	18,4	18,7	17,9	17,7	17,4	17,4	16,9	16,7	16,5	16,4	16,2	16,1
Ext.C/Trep.	17,9	17,6	17,2	16,8	16,4	16,1	15,8	15,6	15,3	15,1	15	14,9

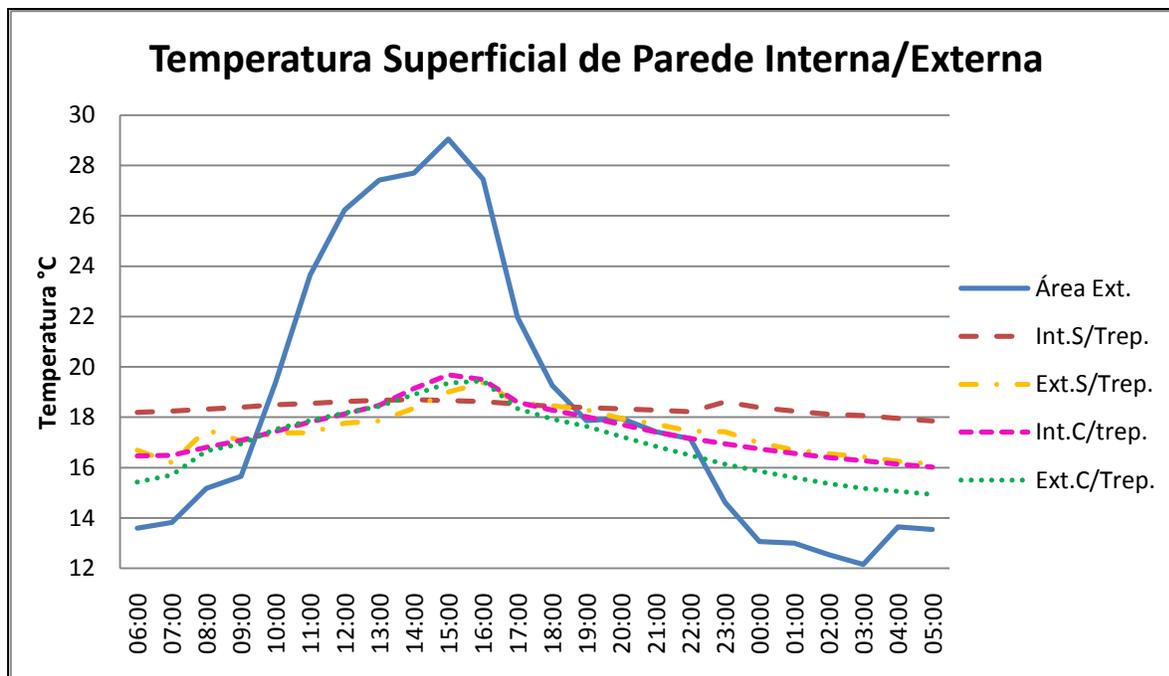


Fig.37 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa – Edifícios: Junho/2009

A temperatura superficial de paredes externas no período diurno apresentou uma diferença de mais ou menos de 0,2°C entre a fachada com e sem trepadeira, e na superfície interna a diferença de temperatura foi de 0,4°C. As temperaturas de parede interna das fachadas com e sem trepadeira no período noturno possuem uma diferença muito pequena, mas os resultados mostram que a fachada com trepadeira possui uma temperatura menor que a fachada sem trepadeira. (Figura 37)

4.3 Aplicação de Questionário e cálculo do VME.

No período da medição, do dia 03 a 12 de Março de 2009, foi aplicado um questionário aos moradores dos edifícios, com questões sobre: informações pessoais, vestimenta, atividade, sensação e preferência térmica, além de questões mais abertas sobre conforto visual e opinião do usuário sobre a presença ou não de trepadeira.

Para a avaliação de conforto térmico, utilizou-se o método do Voto Médio Estimado de Fanger (1972), para fins de aplicação às condições ambientais correntes nos edifícios. Com os dados dos questionários de moradores de apartamentos com e sem trepadeira na fachada e a média da temperatura de globo do mês de Março, foi utilizado o programa computacional Conforto 2.03 criado por Ruas (2002), onde se pode obter a porcentagem estimada de insatisfeitos – VME (Voto Médio Estimado) e PEI (Percentual de Insatisfeitos). O objetivo é possibilitar a avaliação do conforto térmico nos ambientes edificados a partir dos principais fatores intervenientes na sensação térmica das pessoas (taxa de metabolismo, isolamento térmico da roupa, temperatura radiante média, temperatura, umidade relativa e velocidade relativa do ar). A aplicação do questionário foi realizado no dia 09/03/2009 no período das 9:00h às 15:00h, na recepção do edifício, totalizando 12 questionários. (Tabela 12)

Foram utilizados os seguintes parâmetros:

- vestimenta: tênis, meia, calça jeans, camiseta de manga curta;
- atividade: sentado.

Esse tipo de questionário permite a comparação entre os dados coletados “*in loco*” através dos equipamentos e a sensação térmica dos usuários nestes ambientes.

O questionário indicou a sensação térmica do usuário e que ela corresponde aos resultados medidos nos apartamentos.

Tabela 12 – Questionário aplicado aos moradores

Questionário de Sensação Térmica			
Nome: _____			
Altura: _____ Peso: _____ Sexo: _____			
Local: _____ Horário: _____ Data: _____			
Qual é o seu vestuário hoje?			
<input type="checkbox"/> calça comprida	<input type="checkbox"/> bermuda		
<input type="checkbox"/> camiseta manga longa	<input type="checkbox"/> avental		
<input type="checkbox"/> camiseta manga curta	<input type="checkbox"/> meias		
<input type="checkbox"/> jaqueta	<input type="checkbox"/> sapato		
<input type="checkbox"/> tênis	<input type="checkbox"/> chinelo		
2.0 Qual a sua atividade neste momento?			
<input type="checkbox"/> sentado	<input type="checkbox"/> em pé		
<input type="checkbox"/> atividade com uma mão	<input type="checkbox"/> atividade com duas mãos		
<input type="checkbox"/> atividades com os pés	<input type="checkbox"/> atividades com o corpo		
3.0 Qual a sua sensação neste momento?			
<input type="checkbox"/> muito quente	<input type="checkbox"/> quente	<input type="checkbox"/> ligeiramente quente	<input type="checkbox"/> neutro
<input type="checkbox"/> ligeiramente frio	<input type="checkbox"/> frio	<input type="checkbox"/> muito frio	
4.0 Neste momento você prefere que este ambiente esteja?			
<input type="checkbox"/> muito mais quente	<input type="checkbox"/> mais quente	<input type="checkbox"/> pouco mais quente	
<input type="checkbox"/> muito mais frio	<input type="checkbox"/> pouco mais frio	<input type="checkbox"/> mais frio	
<input type="checkbox"/> neutro			
5.0 Qual o ambiente deste apartamento que você considera mais quente?			
6.0 Em que horário este desconforto ocorre?			
7.0 Qual o ambiente deste apartamento que você considera mais frio?			
8.0 Em que horário este desconforto ocorre?			
9.0 O que você fez ou faria para que este ambiente ficasse mais confortável?			
10.0 Hoje você utiliza equipamentos mecânicos (ventiladores, ar-condicionado, aquecedores, etc....) para melhorar o conforto deste apartamento?			
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não		
Onde e qual equipamento? _____			

Qual o período?			
<input type="checkbox"/> manhã	<input type="checkbox"/> tarde	<input type="checkbox"/> noite	<input type="checkbox"/> tempo todo
11.0 Qual a sua opinião a respeito da vegetação (trepadeira) na fachada do edifício?			
12.0 Você acha que a trepadeira pode contribuir para o conforto térmico da edificação?			
13.0 Qual a sua sensação neste momento olhando para o edifício com trepadeira e sem trepadeira, em relação ao conforto térmico?			
<input type="checkbox"/> confortável	<input type="checkbox"/> não confortável	<input type="checkbox"/> neutro	
14. Qual edifício que você mora?			
<input type="checkbox"/> com trepadeira	<input type="checkbox"/> sem trepadeira		

Quanto à atividade, no momento da aplicação do questionário, sentados. A sensação térmica no momento revelou: 1% muito quente, 1% ligeiramente frio, 19% neutro, 19% ligeiramente quente e 60% quente. (Figura 38)

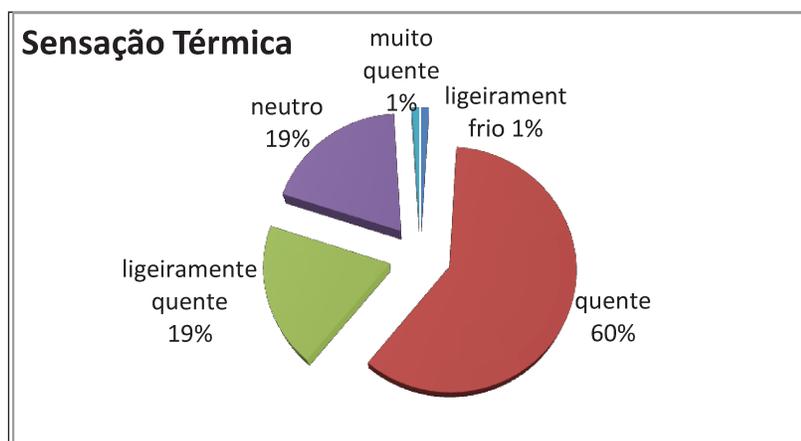


Fig.38 Sensação Térmica – Edifícios: Março/2009

Com 100% de respostas o dormitório foi classificado como o ambiente mais quente. Mas 70% o consideram nos horários das 12:00h até o anoitecer e 30% apenas nos horários das 11:00h às 14:00h. (Figura 39)

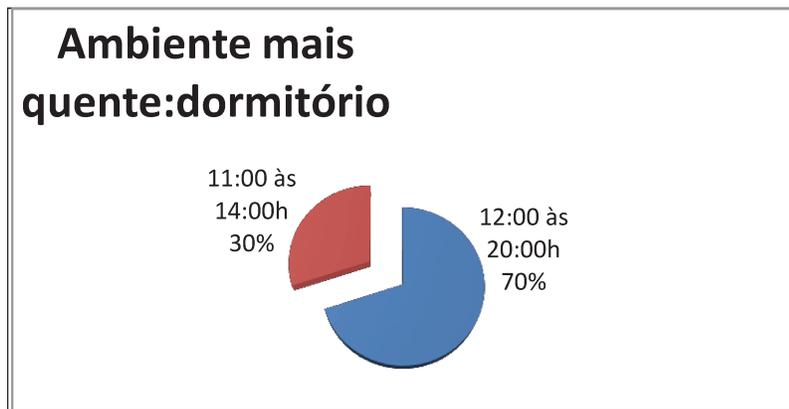


Fig. 39 Ambiente quente – Edifícios: Março/2009

Para melhorar o conforto térmico da área do dormitório os moradores utilizam o ventilador: 1% utiliza ventilador no dormitório durante a tarde e toda noite, 38% no período da tarde, 60% à noite e 1% não utiliza ventilador. O ambiente mais frio segundo 98% dos entrevistados foi o banheiro. 1% indicou a circulação interna entre os apartamentos e 1% na porta de entrada do apartamento. (Figura 40)

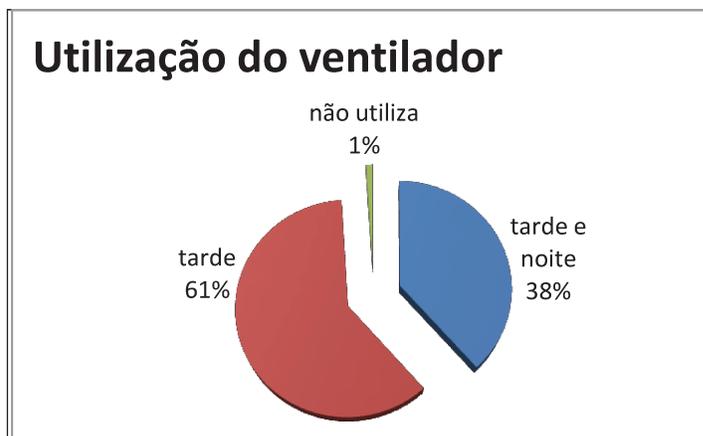


Fig.40 Equipamento de refrigeração – Edifícios: Março/2009

Nesta pesquisa com os moradores, 92% acreditam que a trepadeira não contribui para o conforto térmico da edificação, apenas um morador acha que a trepadeira na fachada pode contribuir na atenuação de ganho de calor. Um detalhe relevante: ele é morador do edifício com trepadeira.

Também na questão visual e estética, 50% consideram a fachada com trepadeira feia, principalmente no inverno, quando ela possui poucas folhas. 30% acham que é um diferencial, esteticamente bonito, e 20% responderam que é indiferente ter ou não trepadeira na fachada. (Figura 41)

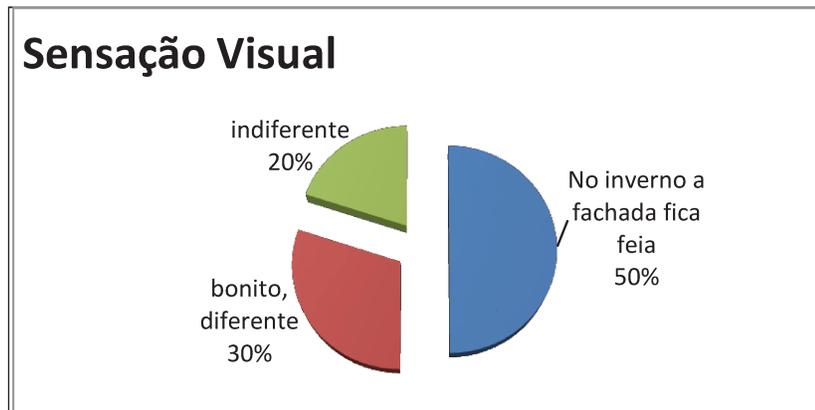


Fig.41 Sensação visual – Edifícios: Março/2009

O resultado do questionário aplicado ao programa computacional Conforto 2,03 mostrou que, entre 12:00h às 14:00h, ultrapassam o valor 3 de VME e estão 100% de insatisfeitos. Também se observou que os usuários consideram que há conforto térmico no período do início da manhã e, às vezes, no final do dia. (Tabela 13)

Tabela 13 – Resultado Voto Médio Estimado e Porcentagem Estimada de Insatisfeito.

Horário	TBS(°C)	Trm(°C)	Var(m/s)	UR(%)	M(met)	lcl(clo)	VME	PEI(%)
10:00	28,1	28,1	0,05	70,4	1,2	0,42	1,17	33
12:00	32,6	32,6	0,04	51,8	1	0,3	3,0	100
15:00	32,7	45,2	0,03	42,2	1	0,25	1,62	57

4.4 Análise dos Resultados

4.4.1 Analise dos resultados do mês de Março/2009

Coletados os dados nos apartamentos no mês de março, pode-se constatar que o apartamento com trepadeira, principalmente no período da tarde, mantém a temperatura no máximo 26,7°C e no apartamento sem trepadeira de 28,0°C, demonstrando a eficiência da trepadeira como minimizador de ganho de calor no ambiente construído. No início do período noturno as 19:00 horas, o apartamento sem trepadeira teve uma temperatura de 28,4 °C e o apartamento com trepadeira, 26,8°C.

No período do mês de março, a temperatura do ar externa teve uma variação de 22,6°C até 36,8°C e no apartamento sem trepadeira obteve uma variação de 26°C até 28,0°C. O apartamento com trepadeira obteve também uma variação de 24,2°C até 26,7°C. Mesmo no período mais quente do ano, a trepadeira mantém as temperaturas mais baixas ao longo do dia e da noite.

Em relação à temperatura de globo, o resultado obtido foi que o apartamento sem trepadeira está com a temperatura levemente superior do que o apartamento com trepadeira, no período do mês de março.

Comparando a umidade do ar registrada na área externa, no início da manhã o porcentual é mais alto do que os apartamentos, mas a partir das nove horas da manhã este valor vai caindo e o apartamento com trepadeira, mantém uma porcentagem de umidade maior do que o apartamento sem trepadeira.

Na medição da temperatura superficial da parede interna e externa, verificou-se que no período do mês de março, as temperaturas ficam próximas tanto do apartamento sem trepadeira como no apartamento com trepadeira. No apartamento sem trepadeira a temperatura máxima na superfície da parede interna é de 28,4°C e externa 30,5°C. No apartamento com trepadeira a temperatura máxima na superfície da parede interna é de 27,9°C e externa 29,4°C.

A velocidade do ar na área externa atingiu a media de 0,16m/s, e na área interna dos apartamentos foi de 0,01m/s no mês de março.

4.4.2 Analise dos resultados do mês de Junho/2009

Os dados coletados nos apartamentos do mês de junho mostram que o apartamento com trepadeira, principalmente no período da tarde, mantém a temperatura no máximo 18,3°C e no apartamento sem trepadeira de 18,7°C, demonstrando uma

diferença de temperatura muito pequena entre os dois apartamentos. A temperatura máxima do ar na área externa foi de 27,7°C.

No período de junho, a temperatura do ar externa teve uma variação de 13,6°C até 29°C, no apartamento sem trepadeira, de 18,3°C até 19,5°C e no apartamento com trepadeira também uma variação de 15,8°C até 19,2°C.

Em relação à temperatura de globo, o resultado obtido foi que o apartamento sem trepadeira está com a temperatura levemente superior do que o apartamento com trepadeira, no período do mês de junho.

A umidade do ar ao longo do dia teve médias descendentes como na área externa, chegando a 38%, já no apartamento sem trepadeira 57,1% e com trepadeira 61,1%. No período noturno as médias foram crescentes como na área externa com 90,0%, apartamento sem trepadeira 62,3% e com trepadeira 72,5%.

A temperatura superficial da parede externa do apartamento sem trepadeira teve uma variação de temperatura entre 16,0°C até 19,6°C e da parede interna uma variação de 17,8°C até 18,7°C. No apartamento com trepadeira, a superfície da parede interna teve uma variação de 16,1°C até 19,3°C e a temperatura da parede externa de 14,9°C até 19,4°C.

A velocidade do ar dentro dos apartamentos não ultrapassou o valor de 0,01m/s e na área externa de 1,04m/s, no mês de junho.

No mês de março os resultados foram positivos, demonstrando que as folhas da trepadeira podem minimizar o ganho de calor como um material isolante, ajudando a manter a temperatura mais baixa no ambiente interno em relação ao ambiente externo.

No mês de junho, a influência da trepadeira na fachada é muito pequena, pois sua temperatura ficou muito próxima do apartamento sem trepadeira.

4.4.3 Análise estatístico dos meses de Março e Junho/2009

A análise estatística dos resultados para os edifícios nos meses de Março e Junho foi considerando o nível de significância de 5%.

Através de simulações, foi encontrado o valor crítico $c_{1-\alpha} = 3,85$ para o nível de significância de $\alpha = 0,05$. Para a comparação das variáveis de temperatura do ar, umidade do ar, temperatura de globo e temperatura superficial de parede interna entre as construções com e sem trepadeira, foram utilizadas como variáveis de referência, respectivamente, as variáveis temperatura do ar externo, umidade do ar externo, temperatura de globo externo. Os resultados estão separados de acordo com cada conjunto de dados.

O teste foi aplicado a todas as variáveis em estudo. A aplicação do teste teve como resultado a rejeição da hipótese de igualdade de médias (valores da estatística S , seu limite mínimo é de 3,85, ou seja, o valor da média que for superior ao valor de 3,85 possui um resultado positivo) para todas as variáveis, como mostra a tabela 14. Isto é, há uma diferença estatística entre as médias dessas variáveis.

Tabela 14: Médias e valores das estatísticas S.

Variável	Março		Junho	
	Média	Estat. S, é > que 3,85	Média	Estat. S, é > que 3,85
Temperatura – Ed. sem trepadeira	28.052	7.2826	18.667	8.0710
Temperatura – Ed. com trepadeira	27.142		17.148	
Umidade – Ed. sem trepadeira	67.282	72.351	58.636	11.300
Umidade – Ed. com trepadeira	75.178		67.070	
Globo – Ed. sem trepadeira	28.046	8.6108	18.629	8.2356
Globo – Ed. com trepadeira	27.840		17.116	
Superfície interna – Ed. sem trepadeira	28.368	10.849	18.370	5.8469
Superfície interna – Ed. com trepadeira	27.810		17.497	

Pode-se observar que, tanto no mês de março quanto no mês de junho, há evidência de que a média da temperatura do ar do edifício sem trepadeira é significativamente maior que a média da temperatura do ar do edifício com trepadeira, ao nível de significância de 5%. O mesmo ocorre com a temperatura do globo e a temperatura superficial interna. Além disso, há evidência de que a média da umidade do ar do edifício com trepadeira é significativamente maior que a média da umidade do ar do edifício sem trepadeira.

4.4.4 Considerações finais para o estudo de caso

Para uma análise final, é importante considerar-se as médias das temperaturas ao longo de todo o dia. Esses resultados são apresentados nas tabelas 15 e 16, respectivamente para os apartamentos nos meses de março e junho. A análise da entrevista, com os moradores, permitiu comparar o índice de insatisfeitos nos horários que realmente atingiram os maiores valores de temperatura do ar nos apartamento e na área externa dos edifícios.

Os dados finais das medições realizadas nos edifícios no mês de Março levam-nos a observar que a média final de todos os dias e horas medidas, a temperatura interna do apartamento com trepadeira em relação à área externa, possui uma diferença de 1,9°C e entre apartamentos o valor de 1,6°C. Quanto à temperatura de globo, a área externa apresenta uma media superior aos apartamentos, mas a umidade relativa dos apartamentos são superiores em relação à área externa. As temperaturas superficiais de parede interna e externa, o apartamento que possui trepadeira na fachada obteve uma temperatura menor que o apartamento sem trepadeira. (Tabela 15)

Tabela 15 Resultado final das medições nos edifícios em Março.

Media final do mês de Março /2009.					
	Temp. Ar	Umidade	Globo	Int. Super.	Ext. Super.
Área Ext.	27,8	71,5	28,6		
S/Trep.	27,5	69,7	27,3	27,9	28,3
C/Trep.	25,9	78,0	27,2	27,4	27,7

Quanto às medições finais realizadas nos edifícios no mês de Junho, observa-se uma diferença de 0,7°C na temperatura interna do apartamento com trepadeira em relação ao apartamento sem trepadeira. Já a diferença de temperatura da área externa em relação ao apartamento com trepadeira é de 1,3°C. A temperatura de globo e a umidade relativa são superiores na área externa. As temperaturas superficiais de parede interna e externa, o apartamento que possui trepadeira na fachada obteve uma temperatura menor na superfície interna e uma temperatura maior na superfície externa comparando com o apartamento sem trepadeira. A trepadeira na fachada no período do inverno contribui na umidade do ar, e a temperatura do ar fica próxima a temperatura do ar externo da edificação. (Tabela 16)

Tabela 16 – Resultado final das medições nos Edifícios em Junho.

Media final do mês de Junho / 2009					
	Temp. Ar	Umidade	Globo	Int. Super.	Ext. Super.
Área Ext.	18,4	70,4	19,3		
S/Trep.	17,8	61,0	18,5	18,3	17,4
C/Trep.	17,1	67,0	17,0	17,4	19,9

Este estudo mostra que a vegetação traz benefícios ao microclima, reduzindo a temperatura do ar, da superfície interna da parede e aumentando a umidade do ar.

5. ESTUDO EXPERIMENTAL: CÉLULAS-TESTE

5.1 Descrição das Células-teste

As células-teste foram construídas, para se avaliar o efeito da trepadeira em condições controladas, ou seja, sem a interferência de aberturas de porta ou janela, como também da utilização da iluminação artificial e verificar as diferenças entre fachadas sem e com trepadeira e fachada com trepadeira sobre treliça.

A princípio construiu-se uma parede de tijolo comum 1,00comp.X1,00 altura e 0.10 espessura e complementando uma caixa sem fundo de madeira de 1,00X1,00X1,00 altura na cor branca, mas as medições realizadas mostraram resultados muito diferentes entre eles, talvez devido ao material escolhido, sua vedação entre a parede de tijolo e a caixa de madeira. Então optou-se por construir as células-testes, inteiras de tijolo comum, rebocadas e toda pintadas por dentro e por fora na cor branca. O fechamento na parte posterior é uma placa de MDF perfurada na cor branca e da parte superior em concreto e estrutura de ferro aramado, também com pintura na cor branca.(Figuras 42,43,44,45 e 46)

A primeira célula-teste não possui trepadeira, a segunda possui trepadeira na fachada e a terceira possui trepadeira sobre treliça com 0,20cm afastada da fachada. Nas células-teste todas as fachadas em estudo estão no sentido norte, devido ao espaço e a influência das construções envolventes.

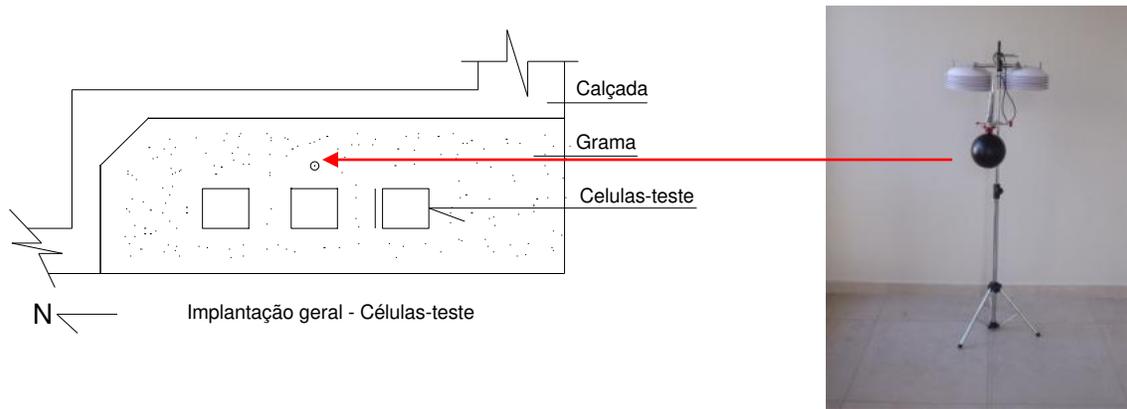


Fig. 42 Implantação – Células-teste e equipamento de medição da área externa.

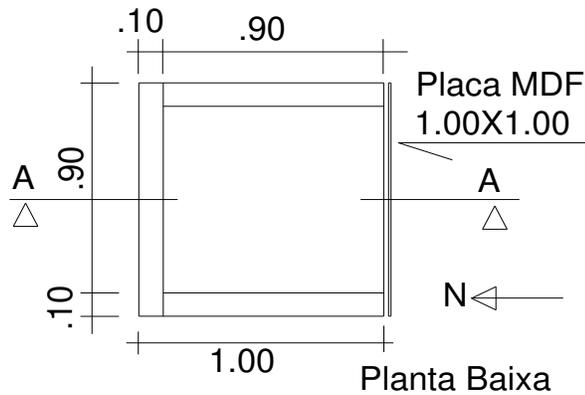


Fig.43 - Planta Baixa da Célula-teste.

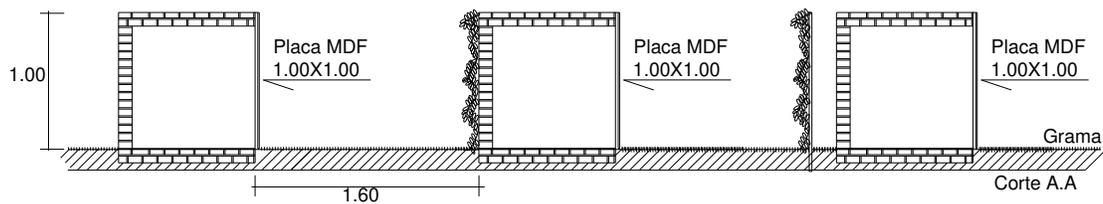


Fig.44 - Corte A.A – 1º Célula-Teste sem trepadeira, 2º com trepadeira e a 3º com trepadeira sobre treliça.

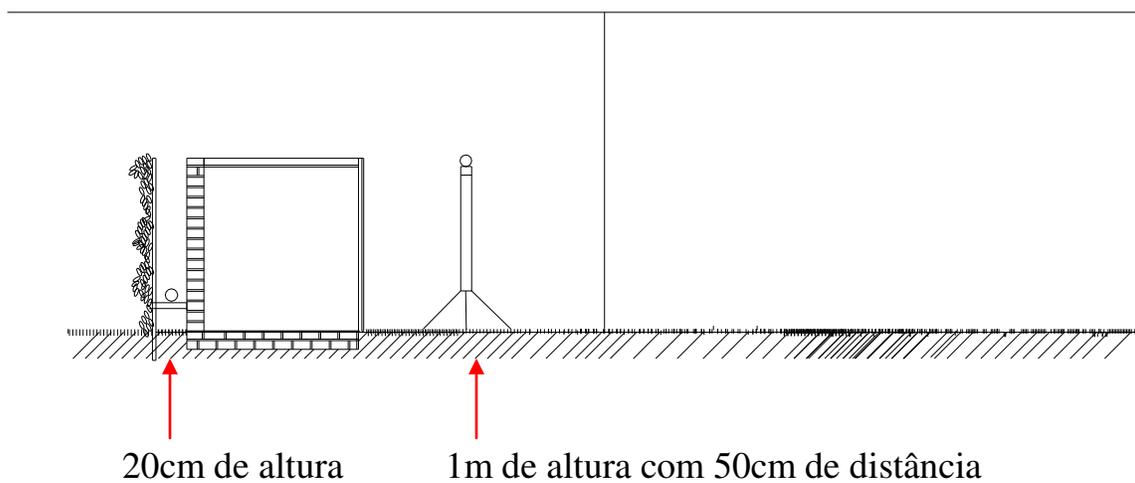


Fig.45 - Corte da 3ª célula-teste com trepadeira sobre treliça e localização dos solarímetros.



Fig.46 - Células-testes (Fachada frontal e posterior).

Os equipamentos foram instalados em um único tripé dentro das caixas para manter os mesmos mecanismos de medição em todos eles e também manter o mesmo critério que se utilizou nas medições nos apartamentos.

Nesta fase foram recolhidas medidas de temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura superficial das paredes interna e externa, velocidade do ar e a radiação incidente, através do solarímetro de tubo. As medições ocorreram no período de 09/01/2009 a 15/01/2009 e de 12/06/2009 a 18/06/2009, com mudas de trepadeira hera-japonesa na fachada norte, para a coleta dos dados de temperatura e umidade do ar,

temperatura do globo, velocidade do ar, temperatura superficial das paredes internas e externas, radiação incidente.

5.2 Resultados

5.2.1 Resultados das medições de Janeiro/2009

A primeira parte das medições das células-teste realizou-se no período de Janeiro de 2009. As leituras foram realizadas em sete dias, com intervalos de 10 a 10 minutos. As figuras de 47 a 50 mostram os resultados das médias obtidas no período diurno e noturno, dias 09 a 15 do mês de janeiro e as tabelas 17 a 20 ambos com valores e horários de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, temperatura superficial interna e externa da parede. Foram excluídos das médias os dias em que os valores das variáveis ao final do período diferiram significativamente dos valores iniciais do período seguinte, prejudicando a continuidade dos resultados. Assim, foram excluídos três dias dos sete dias medidos.

Tabela 17 Temperatura do Ar - Células-teste: Janeiro 09 a 15/2009.

Médias Diárias Temperatura do Ar – Período 09 a 15/01/2009 - Células-Teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	22,6	23,2	24,6	26,3	28,1	29,9	32,6	36,1	36,8	34,7	32,7	32,1
S/Trep.	26,0	26,3	26,8	27,1	27,4	27,5	27,7	27,8	28,0	28,7	29,2	29,6
C/Trep.	25,8	26,2	26,6	26,9	27,1	27,3	27,4	27,6	27,9	28,1	28,4	28,4
Trep./Trel.	21,9	21,7	21,7	22	22,8	25,1	27	28,5	29,5	30	29,9	28,2

Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	31,7	28,7	27,2	26,4	25,5	24,9	24,5	24,2	23,9	23,6	23,4	23,0
S/Trep.	29,2	29,2	28,1	28,3	28,4	27,6	26,9	26,5	26,3	26,1	25,9	25,7
C/Trep.	27,8	27,3	27,5	27,3	26,9	26,8	26,2	25,8	25,5	25,2	25,0	25
Trep./Trel.	28,1	27,6	26,6	26,0	25,3	24,5	23,9	23,5	23,1	22,9	22,6	22,3

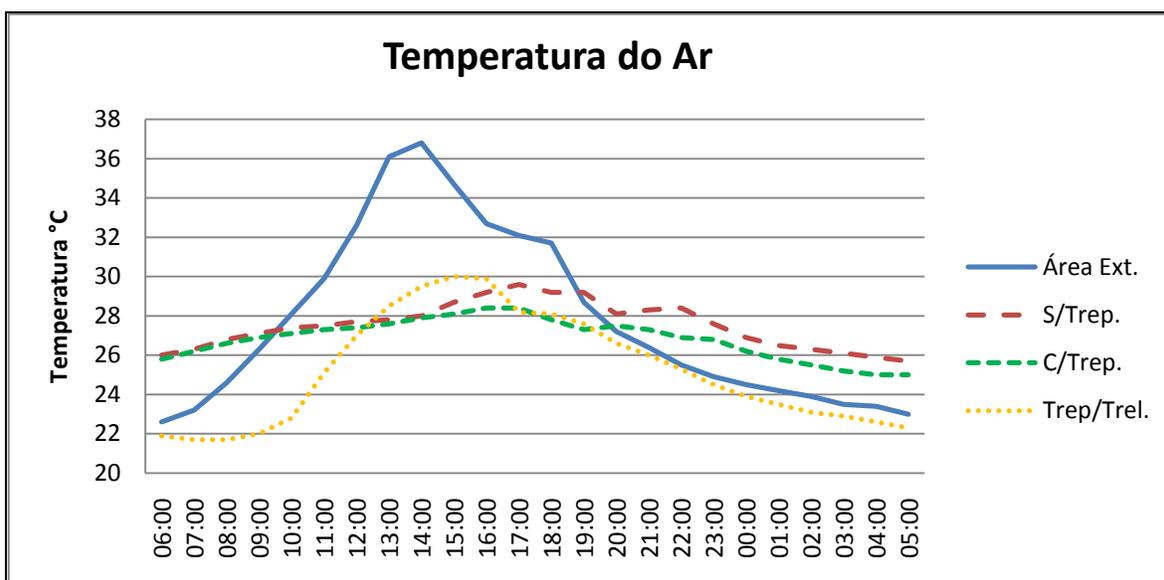


Fig.47 – Temperatura do Ar – Células-teste: Janeiro/2009

Neste gráfico observa-se que a célula-teste com trepadeira na fachada possui uma trajetória com menor temperatura ao longo do dia em relação às outras células-teste e também com a temperatura da área externa. A temperatura máxima da área externa é de 36,8°C, a célula-teste sem trepadeira 28,0°C, com trepadeira 27,9°C e a célula-teste com treliça e trepadeira chegou a 29,5°C.(Figura 47 e Tabela 17)

Tabela 18 Umidade do Ar - Células-teste: Janeiro 09 a 15/2009.

Média Diária - Umidade do Ar – Período 09 a 15/01/2009 - Células-Teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	84,3	83,2	81,4	78,3	75,5	65,3	60,0	56,2	52,8	50,4	50,4	49,4
S/Trep.	72,9	73,0	73,4	72,0	71,6	70,9	68,5	67,8	67,3	64,8	65,3	65,6
C/Trep.	80,6	80,7	80,8	80,6	80,4	79,5	78,3	77,1	76,8	75,4	75,0	74,0
Trep./Trel.	88,7	87,6	87,1	86,4	84,3	81,2	77,0	72,3	68,6	67,5	67,0	66,2
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	52,3	54,1	60,3	63,9	71,4	73,6	77,2	77,7	80,2	82,0	83,8	84,0
S/Trep.	66,5	66,1	67,3	67,9	68,2	69,4	71,7	71,9	72,1	72,5	72,8	73
C/Trep.	74,2	74,8	75,2	76,0	77,2	77,9	78,2	78,4	78,7	79,2	79,5	79,7
Trep./Trel.	66,1	73,2	74,5	78,1	79,9	82,8	84,0	85,7	86,9	87,1	87,3	87,6

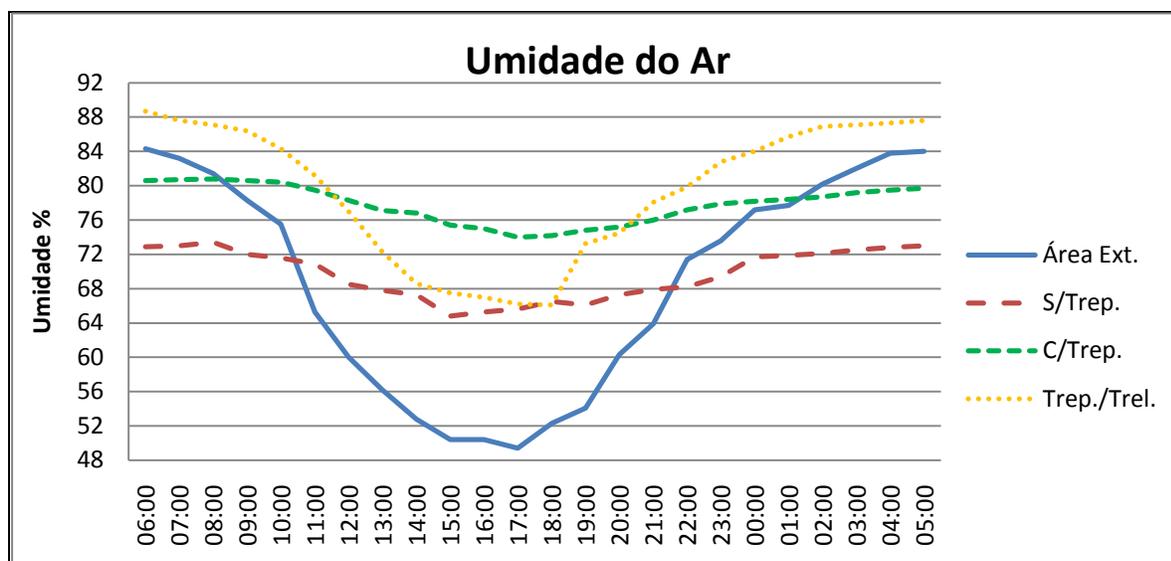


Fig.48 Umidade do Ar – Células-teste

A célula-teste que possui trepadeira sobre treliça, no período da manhã, obteve a maior porcentagem de umidade. No período da tarde a célula-teste com trepadeira na fachada atingiu a maior porcentagem. No período noturno a célula-teste com trepadeira sobre treliça e trepadeira na fachada, teve os maiores valores de umidade do ar. (Figura 48 e Tabela 18)

Tabela 19 Temperatura de Globo: Janeiro 09 a 15/2009.

Médias Diárias - Temperatura de Globo – Período 09 a 15/01/2009 - Células-Teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	22,5	23,6	25,4	27,4	29,5	33,2	41,3	42,1	40,7	36,9	32,5	29,6
S/Trep.	25,6	26,1	26,6	27,0	27,3	27,4	27,6	27,8	28	28,1	28,2	28,3
C/Trep.	25,0	25,8	26,1	26,7	27,2	27,3	27,5	27,6	27,8	27,9	28,0	28,0
Trep./Trel.	21,5	21,4	21,3	21,8	23,3	26,3	28,3	29,9	29,9	31,3	30,9	30
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	29,4	29,4	27,3	26,3	25,7	24,9	24,4	24,4	23,7	23,4	23,2	22,6
S/Trep.	28,1	29,1	28,9	28,4	27,0	27,1	27,4	26,0	26,6	26,9	25,9	25,7
C/Trep.	27,9	27,5	27,0	26,2	26,4	26,5	26,9	25,7	25,6	25,5	25,4	25,3
Trep./Trel.	30	28,2	26,4	26,1	25,3	24,3	23,6	23,1	22,7	22,4	22,1	22,0

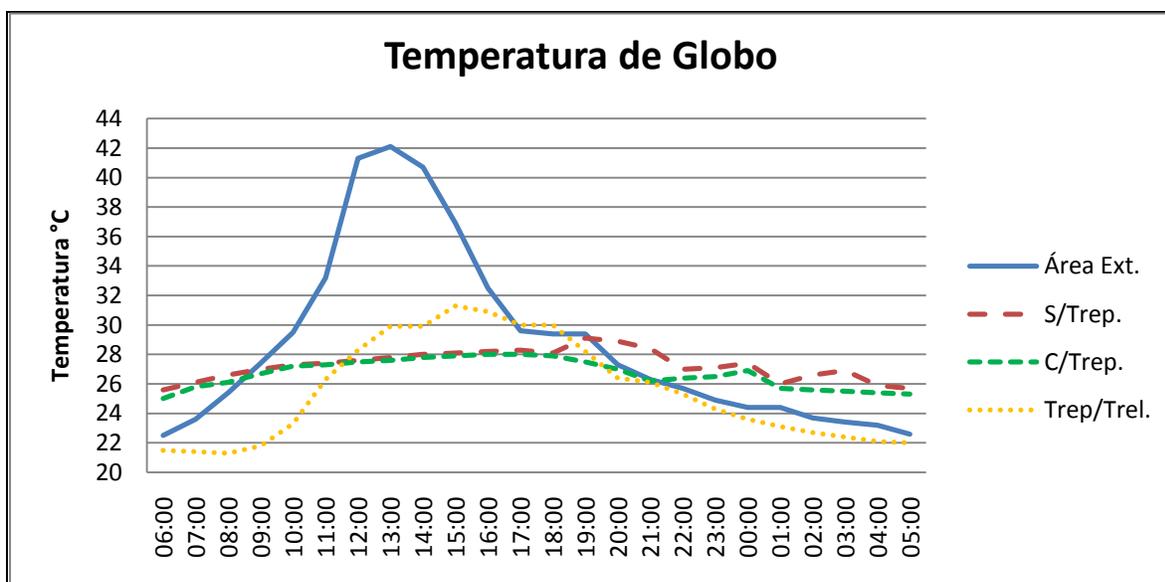


Fig.49 Temperatura de Globo – Células-teste

Segundo o gráfico de temperatura de globo, a célula-teste com trepadeira sobre treliça, no período da manhã possui as temperatura mais baixas e no período da tarde possui as médias de temperatura mais elevada, em relação as outras células-teste. (Figura 49 e Tabela 19)

Tabela 20 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa Células-teste: Janeiro 09 a 15/2009.

Médias Diárias - Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa – Período 09 a 15/01/2009												
Células-Teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	22,6	23,2	24,6	26,3	28,1	29,9	32,6	36,1	36,8	34,7	32,7	32,1
Int.S/Trep.	26,2	26,3	26,6	26,9	27,3	27,7	28	28,2	28,4	28,6	28,8	28,8
Ext.S/Trep	24,9	26,3	28,2	29,6	29,9	30,2	30,2	30,3	30,5	30,4	30,3	29,7
Int.C/Trep.	26,1	26,2	26,5	26,8	27,1	27,3	27,6	27,7	27,9	28,0	28,1	28,1
Ext.C/Trep.	25,1	26,8	27,6	28,5	29	29,1	29,2	29,4	29,4	29,3	29,1	28,6
Int.Trep/Trel	21,9	21,8	21,6	21,9	22,7	24,5	26,1	27,6	28,6	29,4	29,7	29,7
Ext.Trep/Trel	21,7	21,5	21,6	22,2	23,3	25,3	27,1	28,7	30	30,6	30,8	30,3

Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	31,7	28,7	27,2	26,4	25,5	24,9	24,7	24,2	23,9	23,6	23,4	23,0
Int.S/Trep.	28,8	28,5	28,3	27,8	27,3	26,1	26,4	26,7	26,8	25,2	25,7	25,9
Ext.S/Trep	29,2	29,2	28,2	28,4	28,5	28,5	27,8	27,3	26,8	26,5	25,1	25,5
Int.C/Trep.	28,4	28,7	28,8	28,0	28,3	28,3	28,7	27,0	27,6	27,3	26,6	26,6
Ext.C/Trep.	28,7	28,8	28,8	28,7	28,2	27,2	27,5	26,0	26,6	26,2	25,9	25,6
Int.Trep/Trel	30	29,2	28,5	27,5	26,8	26	25	24,3	23,8	23,3	22,8	22,6
Ext.Trep/Trel	30	29,1	28,1	27,1	26,5	25,5	24,5	23,9	23,6	22,9	22,6	22,3

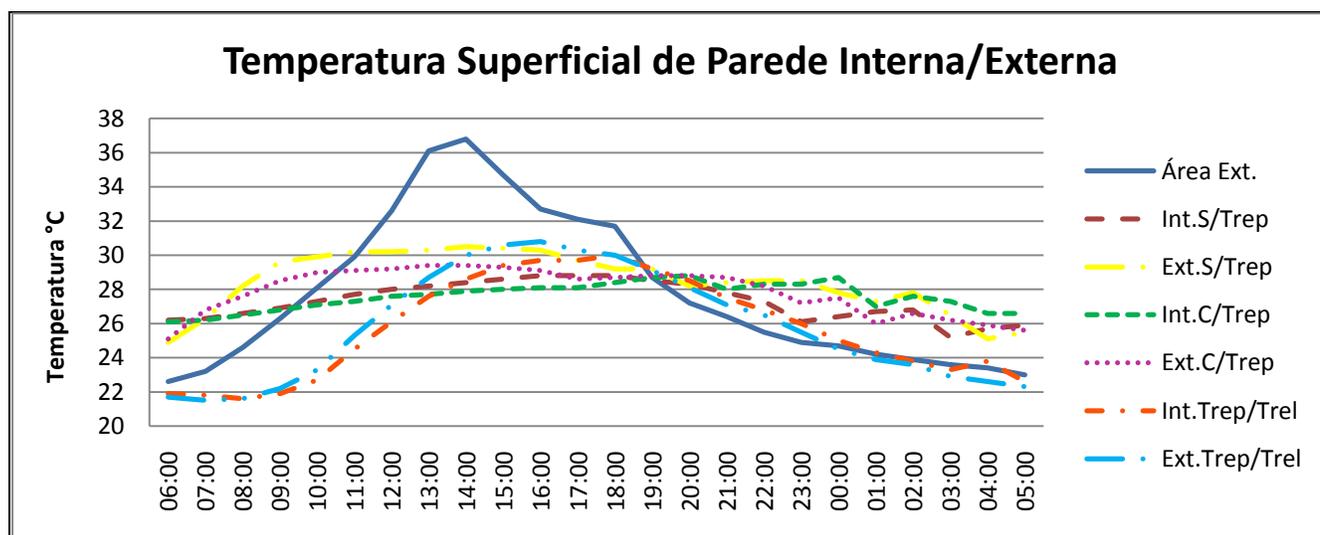


Fig.50 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa Células-teste

A temperatura interna da célula-teste com trepadeira na fachada apresentou os níveis mais baixos ao longo do dia e a célula-teste com trepadeira sobre treliça, atingiram valores de temperatura mais alta no período da tarde. A célula-teste sem trepadeira mantém ao longo do dia as temperaturas externas mais elevadas. No período noturno a célula-teste com trepadeira sobre treliça, possuía valores de médias diárias com temperatura mais baixa em relação às células-teste com trepadeira e sem trepadeira. (Figura 51 e Tabela 21)

Tabela 21 Solarímetro – Células-Teste: Janeiro 09 a 15/2009.

Solarímetro - Células-teste - Janeiro 2009							
Hora	06	07	08	09	10	11	12
0.20 m	0,003	0,019	0,034	0,066	0,096	0,11	0,144
1.00 m	0,01	0,066	0,175	0,321	0,389	0,333	0,403
Hora	13	14	15	16	17	18	
0.20 m	0,174	0,134	0,087	0,041	0,042	0,004	
1.00 m	0,384	0,333	0,262	0,143	0,066	0,01	

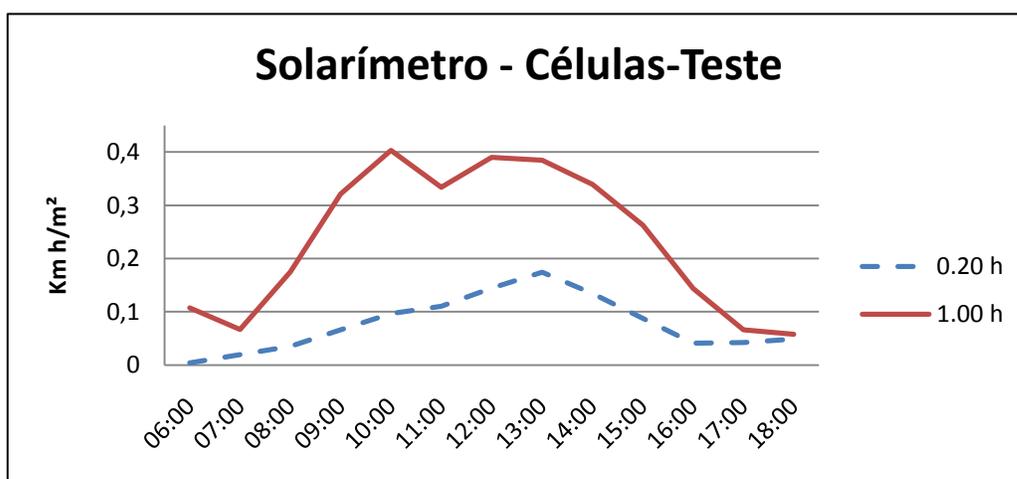


Fig.51 Solarímetro Células-teste

Este equipamento foi utilizado na célula-teste com trepadeira sobre treliça, para registrar a radiação incidente e neste período do mês de janeiro. A medição obteve-se uma média máxima de 0.403kWh/m² às 10 horas com 1.00 de altura (ao sol). Com 0,20 de altura (a sombra) obteve sua média máxima de 0,174kWh/m² às 13horas. (Figura 51 e Tabela 21)

Com a equação 01 (MENDONÇA ET AL, 1996), o resultado final foi a média da intensidade da radiação solar em W/m², e a equação 02 (BUENO-BARTHOLOMEI, 1998 - 2003) a porcentagem da intensidade de radiação solar. (Tabela 22)

Tabela 22 – Média da intensidade de radiação solar em valores horas.

Intensidade da radiação solar – Célula-teste com trepadeira sobre treliça							
hora	06	07	08	09	10	11	12
%	100	83,3	82,3	81,2	76,3	66,6	65
W/m ²	0,257	0,25	0,39	0,505	0,543	0,473	0,509
hora	13	14	15	16	17	18	
%	55,2	60,6	69,2	71,4	33,3	100	
W/m ²	0,476	0,449	0,425	0,352	0,274	0,256	

5.2.2 Resultados das medições de Junho/2009

A segunda parte das medições das células-teste realizou-se no período de Junho de 2009. As leituras foram realizadas em sete dias, com intervalos de 10 a 10 minutos. As figuras de 52 a 55 mostram os resultados das médias obtidas no período diurno e noturno, dias 12 a 18 do mês de junho e as tabelas 23 a 26 ambos com valores e

horários de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, temperatura superficial interna e externa da parede.

Tabela 23 Temperatura do Ar - Células-teste: Junho 12 a 18/2009.

Média Diária - Temperatura do Ar – Período 12 a 18/06/2009 - Células-teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	16,3	13,8	14,7	16,0	17,9	20,9	21,8	22,6	23,2	22,5	19,6	17,8
S/Trep.	14,4	14,2	14,2	14,8	15,6	16,6	17,5	18,4	18,9	19,0	18,8	18,1
C/Trep.	14,2	13,9	14,2	15,0	16,0	17,2	18,1	18,9	19,5	19,5	19,0	18,2
Trep./Trel.	14,6	14,5	14,5	15,2	16,5	18,3	19,4	20,2	20,6	20,6	19,6	18,5
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	17,2	17,5	17,8	17,6	17,5	17,3	17,2	17,1	16,9	16,8	17	16,5
S/Trep.	17,4	16,8	16,3	15,9	15,5	15,2	14,9	14,6	14,4	14,2	14,0	13,9
C/Trep.	17,4	16,8	16,2	15,8	15,4	15,0	14,7	14,5	14,2	14,1	13,9	13,8
Trep./Trel.	17,6	16,9	16,4	15,9	15,5	15,1	14,7	14,4	14,1	13,9	13,7	13,6

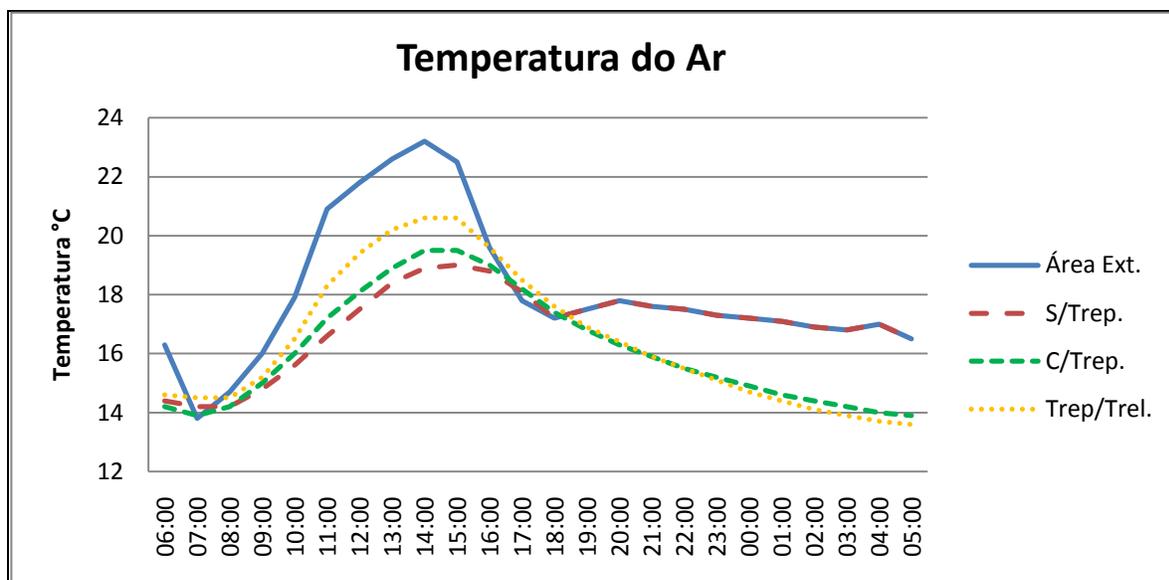


Fig.52 Temperatura do Ar – Células-teste

Na células-teste com trepadeira sobre treliça e com trepadeira na fachada, ao longo do dia, constatou-se que tiveram a temperatura maior em relação às células-teste

sem trepadeira na fachada. A temperatura máxima da área externa foi de 23,2°C. A célula-teste sem trepadeira 18,9°C. (Figura 52 e Tabela 23)

Tabela 24 Umidade do Ar Células-teste: Junho 12 a 18/2009.

Médias Diárias - Umidade do Ar – Período 12 a 18/06/2009 Células-teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	84,6	93,2	93,5	89,0	81,4	72,2	69,4	63,0	60,2	62,9	70,8	78,8
S/Trep.	90,2	91,2	92,4	92,3	91,7	90,8	90,9	88,6	87,5	86,7	86,7	88,1
C/Trep.	90,8	92,1	93,0	93,1	92,6	91,3	90,8	88,4	86,7	84,0	83,8	86,0
Trep./Trel.	94,7	95,0	96,6	97,4	97,5	95,1	92,1	87,6	84,9	81,5	81,2	84,3
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	84,2	84,7	84,7	85,4	85,7	86,2	86,5	86,7	87,0	87,1	87,2	87,3
S/Trep.	89,3	90,3	91,2	91,7	92,1	92,6	92,6	93,1	93,5	94,0	94,3	94,6
C/Trep.	87,9	89,5	90,4	91,4	92,1	92,7	93,3	93,7	94,1	94,5	94,8	95,0
Trep./Trel.	88,5	92,9	94,1	95,1	96,0	96,7	97,3	97,7	98,2	98,5	98,8	99,1

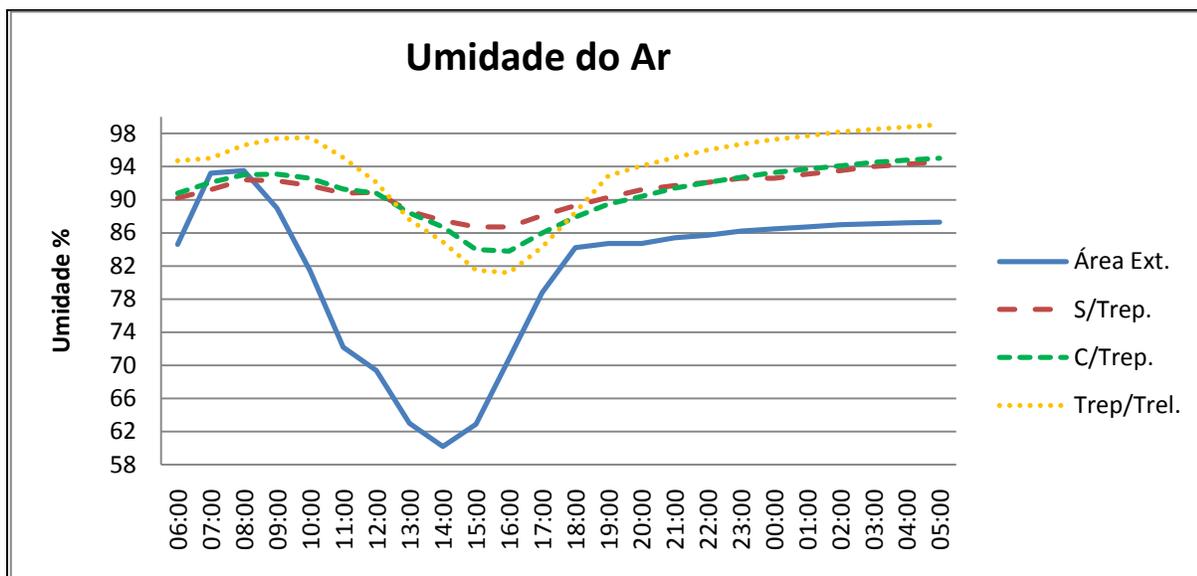


Fig. 53 Umidade do Ar – Células-teste

Na área externa ao longo do dia, perde-se a porcentagem de umidade do ar em relação às células-testes em estudos. No período noturno as células-teste mantêm as medidas de umidade muito próximas. (Figura 53 e Tabela 24)

Tabela 25 Temperatura de Globo Células-teste: Junho 12 a 18/2009.

Médias Diárias - Temperatura de Globo – Período 12 a 18/06/2009 - Células-teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	15,9	15,8	15,3	17,2	19,4	24,8	26,4	26,7	25,9	24,9	24,5	23,5
S/Trep.	14,0	13,9	14,0	14,9	16,1	17,3	18,6	19,6	20,1	19,9	19,1	18,2
C/Trep.	13,9	13,6	13,9	14,8	16,2	17,7	18,7	19,6	20,1	20,0	19,2	18,3
Trep./Trel.	13,8	13,7	13,7	14,7	16,5	18,8	20,1	21,1	21,3	21,0	19,6	18,3

Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	20,1	17,6	17,7	17,6	17,4	17,2	17,1	17,0	16,8	16,7	16,6	16,5
S/Trep.	17,4	16,6	16,0	15,6	15,2	14,9	14,5	14,2	14,0	13,8	13,7	13,5
C/Trep.	17,4	16,7	16,1	15,6	15,2	14,8	14,5	14,2	14,0	13,8	13,6	13,5
Trep./Trel.	17,3	16,5	15,9	15,4	15,0	14,6	14,3	14,0	13,8	13,6	13,4	13,3

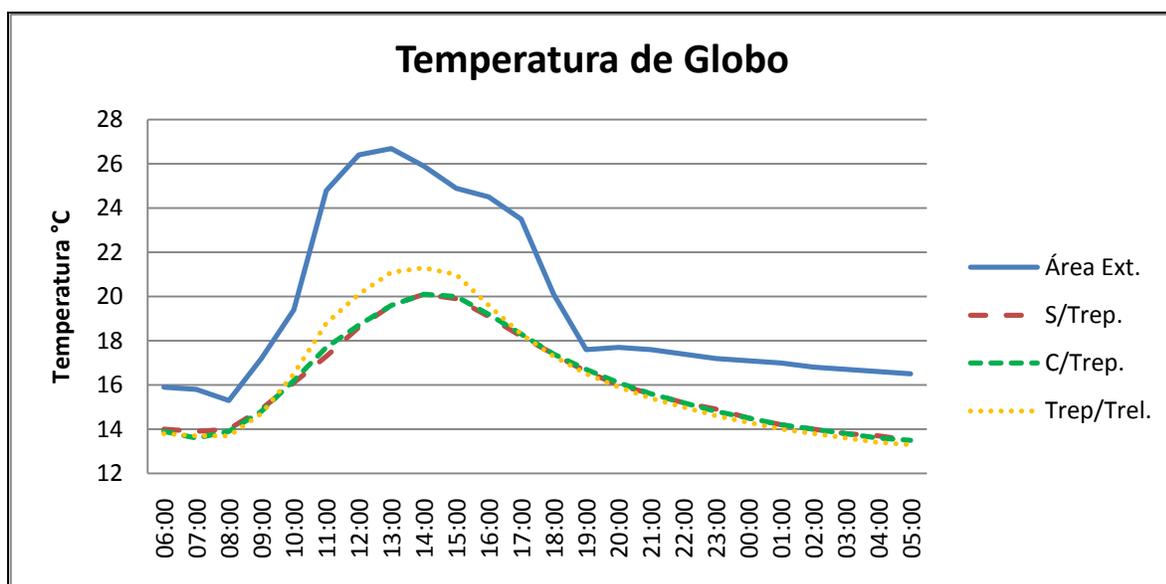


Fig. 54 Temperatura de Globo – Células-teste

A temperatura de globo, a célula-teste com trepadeira sobre treliça, no período diurno, apresentou os valores das médias diárias mais altas do que as células-teste com e sem trepadeira. (Figura 54 e Tabela 25)

Tabela 26 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa - Células-teste: Junho 12 a 18/2009.

Médias Diárias - Temperatura Superficial de Parede Intera/Externa –Período 12 a 18/06/2009 Células-teste												
Hora	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
Área Ext.	16,3	13,8	14,7	16	17,9	20,9	21,8	22,6	23,2	22,5	19,5	17,8
Int.S/Trep.	14	13,7	13,8	14,5	15,3	16,3	17,4	18,3	18,9	19	18,7	18,1
Ext.S/Trep.	13,9	13,7	14	14,9	15,9	17,7	19,9	19,1	20,4	20,1	18,8	18
Int.C/Trep.	14,1	13,6	13,7	14,3	15,2	16,4	17,5	18,4	19,2	19,5	19,3	18,6
Ext.C/Trep.	14	13,6	14	14,8	16,2	18,1	19,9	20,3	20,9	20,7	19,3	18,5
Int.Trep/Trel.	14,2	14	13,9	14,4	15,4	17	18,2	19,2	19,7	20	19,5	18,7
Ext.Trep/Trel.	14	13,8	14	14,7	16	17,7	19	19,9	20,5	20,3	19,4	18,5
Hora	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05
Área Ext.	17,2	17,5	17,8	17,6	17,5	17,3	17,2	17,1	16,9	16,8	16,9	16,5
Int.S/Trep.	17,5	16,8	16,3	15,8	15,4	15	14,7	14,4	14,1	13,9	13,7	13,6
Ext.S/Trep.	17,2	16,5	16,1	15,6	15,2	14,8	14,5	14,2	13,9	13,8	13,6	13,5
Int.C/Trep.	17,9	17,2	16,6	16,2	15,7	15,3	14,9	14,6	14,3	14	13,9	13,7
Ext.C/Trep.	17,7	17	16,4	15,9	15,4	15	14,7	14,4	14,1	13,9	13,7	13,6
Int.Trep/Trel.	18	17,3	16,8	16,3	15,8	15,4	15	14,7	14,4	14,2	14	13,8
Ext.Trep/Trel.	17,7	17	16,5	15,9	15,5	15,1	14,7	14,4	14,1	13,9	13,7	13,5

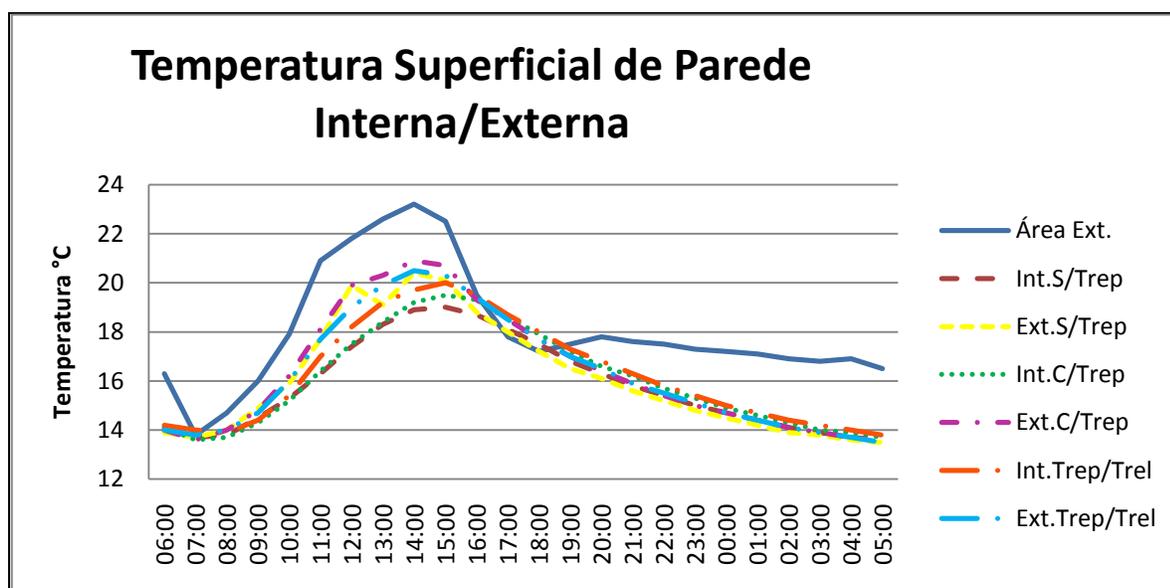


Fig.55 Temperatura Superficial de Parede Interna/Externa Células-teste

A temperatura interna das células-teste com trepadeira sobre treliça apresentou as temperaturas mais altas ao longo do dia e a células-teste com trepadeira na fachada, atingiram valores de temperatura mais alta do que a célula-teste sem trepadeira. No período noturno a temperatura superficial da parede interna, célula-teste com trepadeira sobre treliça, possui valores de médias diárias com temperatura mais alta em relação às células-teste com e sem trepadeira. (Figura 55 e Tabela 26)

5.3 Análise dos Resultados

5.3.1 Análise dos resultados do mês de Janeiro/2009

No período medido do mês de janeiro, as diferenças nas temperaturas do ar externas tiveram uma variação de 22,6°C até 36,8°C. A célula-teste sem trepadeira obteve uma variação de 26,0°C até 29,6°C, a célula-teste com trepadeira obteve uma variação de 25,8°C até 28,4°C e a célula-teste com trepadeira sobre treliça obteve uma variação de 21,7°C até 30,0°C. O melhor resultado foi da célula-teste com trepadeira, que mantém uma média de temperaturas ao longo do dia.

No período noturno as temperaturas também seguiram a tendência da temperatura do período diurno, onde a temperatura externa foi de 31,7°C. A célula-teste sem trepadeira atingiu 29,2°C, a com trepadeira 27,8°C e a célula-teste com trepadeira sobre treliça, 28,1°C.

Em relação à temperatura de globo, o melhor resultado obtido foi a temperatura da célula-teste com trepadeira sobre treliça, mantendo a média diária com temperaturas mais baixas.

Comparando as umidades relativas registradas na área externa e das células-teste, o percentual mais alto ao longo do dia foi obtido pela célula-teste com trepadeira sobre treliça, em seguida a célula-teste com trepadeira na fachada.

Na medição da temperatura superficial da parede interna e externa, verificou-se que no período do mês de janeiro, a temperatura superficial interna da célula-teste com trepadeira sobre treliça obtém a temperatura mais alta em relação às outras células-teste.

A velocidade do ar na área externa atingiu a máxima de 0,59m/s e a mínima de 0,01m/s.

O resultado da medição da intensidade de radiação no período medido, obteve uma média máxima de 0,543kWh/m² e a média mínima de 0,250kWh/m². Os valores foram obtidos em horários, e nos horários entre as 11:00 horas até 15:00 horas, teve uma variação de 55% à 69% , quantificando a influência da vegetação como barreira da radiação solar na fachada da célula-teste.

5.3.2 Análise dos resultados do mês de Junho/2009

Com os dados coletados nas células-teste do mês de junho, pode-se constatar que a célula-teste com trepadeira, principalmente no período da tarde, mantém a temperatura no máximo 19,5°C e na célula-teste sem trepadeira de 18,9°C, e a célula-teste com trepadeira sobre treliça 20,6°C, demonstrando uma diferença de temperatura muito pequena entre a célula-teste sem trepadeira em relação as células-teste que possui trepadeira. A temperatura máxima do ar na área externa foi de 23,2°C.

No período de junho, na medição de temperatura do ar externa teve uma variação de 13,8°C até 23,2°C e na célula-teste sem trepadeira obteve uma variação de 13,9°C até 19,0°C, a célula-teste com trepadeira 13,8°C até 19,5°C e a célula-teste com trepadeira sobre treliça 13,6°C até 20,6°C.

Em relação à temperatura de globo, o resultado obtido também no mês de junho, foi que a células-teste sem e com trepadeira manteve as mesmas variações e a célula-teste com trepadeira sobre treliça obteve muito pouca diferença.

A umidade do ar ao longo do dia teve médias descentes como na área externa com 60,2%, na célula-teste sem trepadeira 86,7% , com trepadeira 83,8% e na célula-teste com trepadeira sobre treliça 81,2%. No período noturno as médias foram crescentes como na área externa 87,3% , sem trepadeira 94,6% , com trepadeira 95,0% e com trepadeira sobre treliça 99,1%.

A temperatura superficial da parede externa da célula-teste sem trepadeira, uma variação de temperatura entre 13,5°C até 20,4°C e da parede interna uma variação de 13,6°C até 19,0°C. A célula-teste com trepadeira, a superfície da parede interna teve uma variação de 13,7°C até 19,5°C, a temperatura parede externa de 13,6°C até 20,9°C

e a célula-teste com trepadeira sobre treliça a parede interna é de 13,8°C até 20,0°C e externa 13,5°C até 20,5°C.

A velocidade do ar dentro das células-teste não ultrapassou o valor de 0,01m/s e na área externa de 0,78m/s, no mês de junho.

No mês de janeiro os resultados foram positivos, demonstrando que as folhas das trepadeiras direto na fachada ou sobre treliça, podem minimizar o ganho de calor como um material isolante, ajudando a manter a temperatura mais baixa no ambiente interno em relação ao ambiente externo. No mês de junho, a influência da trepadeira na fachada ou sobre treliça é muito pouca, pois sua temperatura ficou muito próxima da célula-teste sem trepadeira.

Com relação às médias obtidas nas células-teste, os resultados são positivos, devido à cobertura da trepadeira na fachada e trepadeira sobre treliça, mantendo a temperatura baixa na fachada no ambiente interno, principalmente no mês de janeiro.

5.3.3 Análise de Estatística

Na análise da estatística das células-teste nos meses de janeiro e junho, através dos cálculos, foi considerado o nível de significância de 5%.

Através de simulações foi encontrado o valor crítico $c1-\alpha = 3,85$ para o nível de significância de $\alpha = 0,05$. Para a comparação das variáveis de temperatura do ar,

umidade do ar, temperatura de globo e temperatura superficial da parede interna entre as células-teste com trepadeira sobre treliça, com e sem trepadeira, foram utilizadas como variáveis de referência, respectivamente, as variáveis da área externa de temperatura do ar, umidade do ar, temperatura de globo e temperatura superficial da parede externa. Os resultados estão separados de acordo com cada conjunto de dados.

O teste foi aplicado a todas as variáveis em estudo. A aplicação do teste teve como resultado a rejeição da hipótese de igualdade de médias (valores da estatística S maiores que 3,85) para todas as variáveis, como mostra a tabela 27. Isto é, há uma diferença estatística entre as médias dessas variáveis.

Tabela 27 Médias e valores das estatísticas S.

Variável	Janeiro		Junho	
	Média	Estat. S é > que 3,85	Média	Estat. S é > que 3,85
Temperatura – Cél. sem trepadeira	26.745	6.0965	16.023	1.4094
Temperatura – Cél. com trepadeira	26.073		16.108	
Umidade – Cél. sem trepadeira	73.680	7.6741	91.145	1.8371
Umidade – Cél. com trepadeira	79.113		90.951	
Globo – Cél. sem trepadeira	26.417	4.7899	16.095	0.9927
Globo – Cél. com trepadeira	25.968		16.105	
Superfície interna – Cél. sem trepadeira	26.775	10.676	15.847	4.8847
Superfície interna – Cél. com trepadeira	26.283		16.046	

Temperatura – Cél. sem trepadeira	26.745	4.4977	16.023	1.4094
Temperatura – Cél. com treliça	25.214		16.108	
Umidade – Cél. sem trepadeira	73.680	5.2326	91.145	1.8371
Umidade – Cél. com treliça	80.400		90.951	
Globo – Cél. sem trepadeira	26.417	2.7508	16.095	1.4438
Globo – Cél. com treliça	25.548		16.279	
Superfície interna – Cél. sem trepadeira	26.775	3.9134	15.847	7.6559
Superfície interna – Cél. com treliça	25.330		16.282	
Temperatura – Cél. com trepadeira	26.073	2.6788	16.108	----
Temperatura – Cél. com treliça	25.214		16.108	
Umidade – Cél. com trepadeira	79.113	1.5828	90.951	----
Umidade – Cél. com treliça	80.400		90.951	
Globo – Cél. com trepadeira	25.968	1.8986	16.105	1.4830
Globo – Cél. com treliça	25.548		16.279	
Superfície interna – Cél. com trepadeira	26.283	2.7599	16.046	5.4078
Superfície interna – Cél. com treliça	25.330		16.282	

Pode-se observar que no mês de janeiro há evidência de que a média da temperatura do ar, do globo e da superfície interna da célula sem trepadeira é significativamente maior que a média dessas temperaturas da célula com trepadeira e trepadeira sobre treliça, ao nível de significância de 5%. Há também evidência de que a média da umidade do ar da célula com trepadeira e trepadeira sobre treliça é significativamente maior que a média da umidade do ar da célula sem trepadeira. Porém, entre as células com trepadeira e com treliça, não houve evidência estatística

para rejeitar a hipótese de igualdade das médias das variáveis, ao nível de significância de 5%. Já no mês de junho, há evidência de que a média da temperatura superficial interna da célula com trepadeira e trepadeira treliça é significativamente maior que a média da temperatura superficial da célula sem trepadeira, ao nível de significância de 5%. Porém não houve evidência estatística para rejeitar a hipótese de igualdade das médias das outras variáveis entre células com trepadeira e trepadeira sobre ou treliça e sem trepadeira, ao nível de significância de 5%.

5.3.4 Considerações finais para o estudo experimental

Os resultados finais das medições realizadas nas células-teste no mês de Janeiro mostram que, a temperatura interna da célula-teste com trepadeira em relação à área externa, possui uma diferença de 0,9°C. A célula-teste com trepadeira sobre treliça mostra uma diferença de temperatura do ar com a área externa de 2,6°C. A temperatura de globo da célula-teste com trepadeira sobre treliça obteve a menor temperatura em relação à área externa e as outras células-teste. A célula-teste com trepadeira sobre treliça, alcançou a menor temperatura de superfície de parede interna e externa. Neste período a célula-teste com a maior porcentagem de umidade foi à célula-teste com trepadeira sobre treliça. Mas a célula-teste com trepadeira na fachada, também possui temperaturas menores do que a célula-teste sem trepadeira e da área externa. (Tabela 28)

Tabela 28 – Resultado final das medições nas Células-Teste em Janeiro.

Media Final do mês Janeiro / 2009					
	Temp. Ar	Umidade	Globo	Int. Super.	Ext. Super.
Área Ext.	27,7	68,6	28,7		
S/Trep.	27,5	69,6	27,2	27,3	28,3
C/Trep.	26,8	77,8	26,7	27,5	27,8
Trep./Trel.	25,1	79,4	25,5	25,6	25,8

No mês de Junho, as medições finais realizadas nas células-teste, a temperatura do ar interno da célula-teste com trepadeira sobre treliça atingiu o valor de 16,4°C, a temperatura de globo 16,2°C, umidade do ar com 93,3%, e a temperatura superficial de parede interna e externa com 16,2°C, todos com valores de temperatura obtiveram médias inferiores das demais células-teste e a umidade teve uma porcentagem maior em relação às outras células-teste. Os resultados da célula-teste com trepadeira na fachada também obteve valores bem próximos da célula-teste com trepadeira sobre treliça. (Tabela 29)

Tabela 29 – Resultado final das medições nas Células-Teste em Junho.

Media final do mês de Junho / 2009					
	Temp. Ar	Umidade	Globo	Int. Super.	Ext. Super.
Área Ext.	18,0	81,3	19,5		
S/Trep.	15,9	91,1	16,0	15,8	16,0
C/Trep.	16,0	90,9	16,0	16,0	16,3
Trep/Trel.	16,4	93,3	16,2	16,2	16,2

Para as edificações existentes ou projetos com fachadas ensolaradas, indicamos a implantação da trepadeira *Parthenocissus Tricuspidata* (hera-japonesa), com suporte de

treliça ou não, como minimizador da radiação solar, reduzindo os gastos de energia para o resfriamento das áreas internas.

7. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos neste estudo, definiu-se um método para caracterizar a trepadeira (planta ornamental) de acordo com sua capacidade de atenuar calor de uma edificação, quantificando-se os valores, de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, temperatura superficial de parede interna e externa e a intensidade da radiação solar nas células-teste. Observou-se a capacidade de adesão da trepadeira *Parthenocissus Tricuspidata* (hera-japonesa) cobrindo áreas nas dimensões de largura e altura da edificação. Também, outro ponto importante é a facilidade da manutenção de rega, poda e limpeza. A pesquisa com a trepadeira nas fachadas das edificações de Campinas, todos os moradores ou funcionários que utilizam os ambientes, confirmaram que a vegetação não traz umidade para a superfície externa e interna da construção. É importante considerar o uso de trepadeira nas fachadas leste, norte e oeste, para minimizar o ganho de calor.

Analisando os dados coletados nas edificações e nas células-teste, eles indicam que a trepadeira *Parthenocissus Tricuspidata* (hera japonesa), contribui para o conforto térmico de um ambiente construído, atenuando a radiação solar, reduzindo a temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura superficial de parede interna e externa e aumentando a umidade do ar, principalmente nos meses de janeiro, março e junho.

A arquitetura bioclimática busca uma arquitetura racional, mais harmoniosa com o entorno e a natureza. As recomendações da carta bioclimática para cidade de Campinas para o verão é o resfriamento do ambiente. Esse estudo demonstrou que, no uso do sistema de parede verde, fachadas com trepadeira e com trepadeira sobre treliça são igualmente indicadas. Para o inverno a recomendação é o aquecimento da edificação. Neste estudo obteve-se um resultado significativo, mas é necessário um estudo aprofundado em relação ao efeito da parede verde e a interferência com a velocidade do vento.

A coleta de dados sobre a velocidade do vento é de fundamental importância na avaliação de conforto térmico, pois pode produzir alterações no conforto humano conforme os deslocamentos da massa de ar. Observar-se que ao longo das medições realizadas, as características do vento mantiveram-se equilibradas, com velocidade média de 0,01m/s, nos ambientes internos, não produzindo alterações que pudessem interferir nos resultados apresentados neste estudo.

A análise estatística comprovou que a trepadeira influencia significativamente, a um nível de 5% na temperatura, umidade e temperatura superficial de paredes internas e externas das edificações, nos períodos medidos. Seu uso pode contribuir na qualidade do ambiente construído, minimizando o ganho de calor e contribuindo na vida das pessoas que utilizam estes espaços.

Na concepção de um projeto arquitetônico, é difícil encontrar uma espécie vegetal que se enquadre em todos os critérios desejados, como estética, resistência, manutenção, identificação do cliente, e principalmente, no controle da radiação solar, portanto o arquiteto deve avaliar todos os fatores que julgar mais importantes, se

possível, fazendo uma combinação deles para chegar a um resultado satisfatório com relação à qualidade térmica.

Espera-se, com os resultados, indicar a possibilidade de desenvolver projetos mais coerentes, do ponto de vista do conforto ambiental e eficiência energética, criando-se um maior equilíbrio climático e conforto térmico adequado no interior dos ambientes.

Para trabalhos futuros algumas sugestões:

- Medir e analisar o ciclo hidrológico⁽²⁾ da planta, a partir da evapotranspiração e do comportamento da umidade relativa ao longo do dia e noite;
- Desenvolver um método que determine o índice de área foliar para o ambiente construído;
- Medir a velocidade do vento no entorno da fachada, e analisar a influência da trepadeira no seu controle;
- Elaborar um método em função das características morfológicas da trepadeira e o uso em outros sistemas construtivos, como: cobertura, pérgola.
- Medir e analisar a influência da trepadeira em outros materiais como: vidro, concreto, superfícies com cores variadas e diferentes orientações como leste e oeste.
- Medir e analisar outras espécies de trepadeira.

⁽²⁾Silva et al(2006), explica as fases do desenvolvimento da vegetação que determina o coeficiente de evapotranspiração, através do equipamento, lisímetro.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L.V.; **Avaliação da Escala de Influência da Vegetação no Microclima por Diferentes Espécies Arbóreas**. Campinas, SP, 2007. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil - FEC, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

ALEXANDRI, E.; JONES, P.; Temperatura decreases in the urban canyon due to Green walls and Green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, Inglaterra, v.43, p.480-493, 2006.

AMORIM, C.N.D.; **Desempenho Térmico de Edificações e Simulação Computacional no Contexto da Arquitetura Bioclimática: Estudo de Casos na Região de Brasília**. Dissertação de Mestrado, Brasília, DF, 1998. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília – UnB.

ANDRADE, H.; **Clima Urbano – Natureza, Escala de Análise Aplicabilidade**. Finisterra, XL, 80, p.67-91, 2005.

ARIAUDO, F. ET AL; **Cooling Load Reduction by Green Walls: Results from an Experimental Campaign**. *Energy Efficiency and New Approaches*, Bayazit, Manioglu, Oral & Yilmaz, Istanbul Technical University, 2009. ISBN 978-975-561-350-5.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; **ABNT.NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e 111 diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

BUENO, C. L.; **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas.** Campinas, SP, 1998. 177 f. Dissertação de Mestrado; Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; **Influencia da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído.** Campinas, SP, 2003. 189 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP.

CARVALHO, M.M.; **Clima Urbano e Vegetação: Estudo Analítico e Prospectivo do Parque das Dunas em Natal.** Natal, CE. 2001. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRGN.

CHVATAL,K. M.S.;LABAKI,L.C.; KOWALTOWSKI,D.C.C.K.; **Caracterização de Clima**

Compostos de Diretrizes para o Projeto Bioclimático; O Caso de Campinas. ENCAC,1999.

www.fec.unicamp.br/~doris/pt/artigos/con_html/pdf/ENCAC_1999_-_clima_projeto.pdf – 12-08-2008.

DE PAULA, R.Z.R.; **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído.** Dissertação de Mestrado, Campinas, SP. 2004. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

DIMOUDI, A. NIKILOPOULOU, M.; **Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits.** Energy and Buildings, Inglaterra, v. 35, n. 1, p. 69-76, 2003.

DUNNETT, N. KINGSBURY, N. **Planting Green Roofs and Living Walls.** Portland, Oregon, USA. 2004. Timber Press, Inc. 1º Ed. p.254.

FANGER, P.O.; **Thermal Comfort.** Copenhagen:Danish Technical Press, 1970.244p.

FERREIRA, E.,STUTE, W.;**Testing for differences between conditional means in a time series context.** Journal of the American Statistical Association, 99 (1),p.169-174.

GIVONI, B.; **Climate Considerations in Building and Urban Design.** John Wiley&Sons, Inc.1998,464p.

_____. Man , climate and architecture. London: Applied Science Pub, 2ªEd.1981,482p.

GENTLEMAN,R.,IHAKA,R.; **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna,Austria.2008. The Statistics Department of the University of Auckland.

GOMES, M.A.S.;SOARES, B,R.; **A Vegetação nos Centros Urbanos: Considerações Sobre os Espaços Verdes em Cidades Médias Brasileiras**. Estudos Geográficos, Rio Claro,v1,nº 1, p.19-29, Junho, 2003. (ISSN 1678 – 698X).

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION, Geneva. ISO 7730. Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort. Geneva, 1994.

IP, K. LAM,M. MILLER, A.; **Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy**. Building and Environment (2009). The International Journal of Building Science and its Applications.Purdue University, USA. p.1-18.

IZARD, J-L, GUYOT. A. *Tecnologia y Arquitectura – Arquitectura bioclimática*. Mexico, D.F.: Gustavo Gili, 1983.

JOHNSTON,J. NEWTON,J.; **Building Green**. A Guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements. London, 1993. The London Ecology Unit. 1º Ed. p.95.

JOLY,A.B.; **Botânica – Introdução à Taxonomia Vegetal**. São Paulo,1987. Companhia Editora Nacional, Vol.4. 8ºed. p.777.

KÖHLER, M.; **Green Facades – A View Back and Some Visions**. Urban Ecosyst, 2008. P.421 – 436.

LABAKI, L.C. KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; **Projeto Padrão de Conjuntos Habitacionais de Campinas e seu Conforto Térmico: Análise de Possíveis Melhorias**. In: Qualidade e Tecnologia na Habitação. ENTAC, Rio de Janeiro, RJ. 1999. Anais,p.593-598.

LAMOTA,M.G; LABAKI,L.C.; Estudo do Clima de Campinas: A Dificuldade de Caracterização e Proposição de Recomendações de Projeto para Climas Compostos.60ª Reunião Anual da SBPC – Campinas – SP, 2008.

LEENHARDT, J.,LAMBERTINI, A. **Vertical Gardens**. London, 2007. Ed. Verbavolant.1ªEd. p.239.

LEENHARDT, J.; **Nos Jardins de Burle Marx**. São Paulo. Editora Perspectiva, 1996, 150p.

LOH,S.; Living Walls – A Way To Green The Built Environment. BEDP Environment Design Guide, 2008 p.1-7.

LOMBARDO, M.A.; Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

LOMBARDO, M. A.; **Vegetação e Clima**. In: Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, 3, Curitiba, 1999. Anais...Curitiba,1990,p.1-13.

LORENZI,H. SOUZA,H.M. **Plantas Ornamentais no Brasil. Arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Nova Odessa, SP. 3ªEd.2001.p,1088.

MACEDO, S.S.; **A vegetação como Elemento de Arquitetura**. Paisagem e Ambiente – vol.04. 1982, p.11-13.

MASCARÓ, L.R.; **Ambiencia Urbana**. Porto Alegre, Sagra, 1996,199p.

MATTHES, L.A.F.; Jardins:Origem, Evolução, Características e sua Interação com Jardins Botânicos. O Agrônomo, Campinas, SP. 2002. Vol.02 nº 54.p,29-32.

McPHERSON, G.; **Urban Tree Planting and Greenhouse Gas Reductions**. ARBORIST • NEWS, California, USA. Junho, 2007, p. 32-34. www.isa-arbor.com

MENDONÇA, E.D.D., CAMPELO, J.H.J., PRIANTE, N.F.; **Estimativa da Emissividade Atmosférica em Santo Antônio do Leverger – MT.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.4, nº2, p.63-71, 1996. ISSN 0104-1347.

MONTEIRO, C.A.F., MENDONÇA, F.; **Clima Urbano.** Ed.Contexto. São Paulo, SP., p.192, 2003.

MOURA, M.O.; ZANELLA, M.E.; SALES, M.C.L.; **Ilhas Térmicas na Cidade de Fortaleza – Ceará.** Boletim Goiano de Geografia, Goiânia – Goiás – Brasil. V28, nº2, p.33-44, Julho, 2008.

OKE, T.R.; The distinction between canopy and urban boundary-layer heat islands. Atmosphere. V.14, p.167-174, 1976.g

OLGYAY, V.; **Design with Climate – Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.** Princeton University Press, New Jersey, 1963.

OLIVEIRA, S.; ANDRADE, H.; ALCOFORADO, M.J.; VAZ, T.; **O Contributo Potencial dos Espaços Verdes para a Adaptação às Alterações Climáticas nas Cidades. O Exemplo de Dois Jardins de Lisboa.** Lisboa, Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 2008. (<http://www.ceg.ul.pt/urbklim/index.html>)12/09/2008.

PEIXOTO, M.C.; LABAKI, L.C.; SANTOS, R.F. **Conforto Térmico em Cidades: Avaliação do Efeito da Arborização no Controle da Radiação Solar.** In: ENTAC 95 (Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído), Rio de Janeiro, 1995. Anais...1995.p.629-634.

PEZZUTO, C.C.; **Avaliação do Ambiente Térmico nos Espaços Urbanos. Estudo de Caso em Campinas.** Campinas, SP, 2007. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil - FEC, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

RIVERO, R.; **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural.** Porto Alegre: D. C.Luzzatto editores, 1986.

RODRIGUES, L.N., SEDIYAMA, G.C., MARTINEZ, M.A., MARTINS, H.J.; **Estimativa do Albedo com Base em Dados Discretos.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v,5 n.2, p.223-225, 1997.

ROMERO, M. A. B.; Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo: P.W.,2001.

RORIZ, M.; Psicrom 1.0 – Relações Psicométricas. UFSCAR. São Carlos, SP. 2004.

RORIZ, M. ZBBR 1.1 – Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros. UFSCAR. São Carlos, SP. 2004.

RUAS, A.C.; **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho.** Fundacentro. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Campinas, SP.1999.

RUAS, A.C.; **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificadas e sua aplicação num software.** Tese de Doutorado, Campinas, SP.2002. Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D.; **Passive Cooling of Buildings.** Londres: James &James, 2001. 472 p.

SILVA, T.J.A.; FOLEGATTI, M.V.;SILVA, C.R.; JUNIOR, J.A.; PIRES, R.C.M.; Evapotranspiração e Coeficientes de Cultura do Maracujazeiro Amarelo Conduzido sob Orientações de Plantio. Piracicaba, 2006.

TALAIA, M.A.R.; **O Conforto Humano e as Alterações Ambientais:Um Estudo de Caso em Ambiente Quente.** Aveiro, Portugal (2007). Departamento de Física – Universidade de Aveiro.

TORRES, S.; LISBÔA,T.A.; BARBIRATO, G.M. **Microclimas em Ruas e Praças em Maceió, AL.** Encac (Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído) – Codeti, Curitiba, PR, 2003, Brasil.

VALESAN,M. SATTTLER,M.A.; GreenWalls and their Contribution to Environmental Comfort: Envionmental Perception in a residential Building. Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 2008.

ZUYLEN,G.V.; **Tous Les Jardins Du Monde.** Itália, 1994. Editora Lloyd. 1ºed. p175. ISBN: 2-07-053241-0.