

## COMPORTAMENTO TÉRMICO DE COBERTURA VERDE UTILIZANDO A GRAMA *BRACHIARIA HUMIDICOLA* NA CIDADE DE SÃO CARLOS, SP

**Nixon César de Andrade (1); Maurício Roriz (2)**

Universidade Federal de São Carlos

Departamento de Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

Via Washington Luís, Km 235, São Carlos, SP - Fone (16) 3351-8262 r.232

(1) deandraden@bol.com.br; (2) m.roriz@terra.com.br

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a eficiência térmica de uma cobertura ajardinada com a grama braquiária (*Brachiaria humidicola*), uma vegetação densa, comparando-a com a de uma cobertura tradicional (laje exposta), utilizando-se para isso uma célula-teste localizada no Departamento de Ecologia da Universidade Federal de São Carlos, na qual foi realizada recentemente uma pesquisa similar, mas que utilizou a grama esmeralda (*Zoysia japonica*), uma vegetação rasteira. Considerando-se os dados obtidos por meio de monitoramentos de temperaturas e umidades relativas, em diferentes épocas do ano, analisou-se o comportamento térmico destes diferentes sistemas de coberturas. Os resultados indicam que, submetido ao clima local, este tipo de cobertura apresenta ótimo desempenho, particularmente por amortecer as temperaturas das superfícies externas e internas da cobertura.

**Palavras-chave:** Coberturas Verdes, Estratégias Passivas de Condicionamento Térmico, Arquitetura Bioclimática.

### ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the thermal efficiency of a green roof with “braquiária” grass (*Brachiaria humidicola*), which is a dense vegetation, and compare it with the traditional roof (concrete slab), using a cell test at the Department of Ecology at the Federal University in São Carlos. Recently, similar research was done at the same university, however “esmeralda”grass (*Zoysia japonica*)- a short vegetation- was used. Considering data obtained by measuring temperatures and relative humidity in different months of the year, the thermal performance of these different systems of roofs was analysed. The results show that when exposed to the local climate, this type of roof performs very well, particularly to reduce the temperatures of the external and internal surfaces of the roof.

**Keywords:** Green Roofs, Passive Strategies of Thermal Conditioning, Bioclimatic Architecture.

### 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura é também consequência das diferenças climáticas de regiões, precisando priorizar esta condição para resolver os problemas quanto ao conforto térmico da habitação.

Para amenizar essa situação, diversas soluções construtivas são utilizadas por engenheiros e arquitetos, mas deve-se entender que a cobertura é o elemento da edificação que recebe maior incidência da radiação solar.

A cobertura de uma edificação é geralmente uma vedação opaca que constitui a maior parcela da envolvente do espaço interno sobre a qual incidem os agentes térmicos do clima (RIVERO, 1985).

O impacto da radiação solar em dias claros de verão, a perda de calor durante a noite e o inverno, a chuva e a neve afetam a cobertura mais que qualquer outra parte da construção. Em regiões e estações frias, seu efeito no clima interno depende quantitativamente de sua resistência térmica. Entretanto, em ambientes com temperaturas elevadas, acredita-se que, na maioria dos casos, a cobertura foi incorretamente projetada (GIVONI, 1976).

As chamadas coberturas verdes (com vegetação) podem constituir alternativas viáveis para minimizar as altas temperaturas do interior das edificações, provocadas pela radiação solar excessiva, além de auxiliar as cidades a controlar inundações, melhorar a qualidade do ar, prolongar a durabilidade da cobertura, fornecer habitat para a fauna selvagem e reduzir custos de energia.

## 2. COBERTURAS VERDES

### 2.1 Definição

Há várias definições para coberturas verdes considerando-se o tipo de solo, vegetação, custo e manutenção.

Em geral, cobertura verde é um sistema formado por camadas contínuas de solo e vegetação, construído sobre uma cobertura tradicional (HENDERSON, 2003).

### 2.2 Composição

As coberturas verdes são formadas, basicamente, pelos seguintes componentes (Figura 2.1):

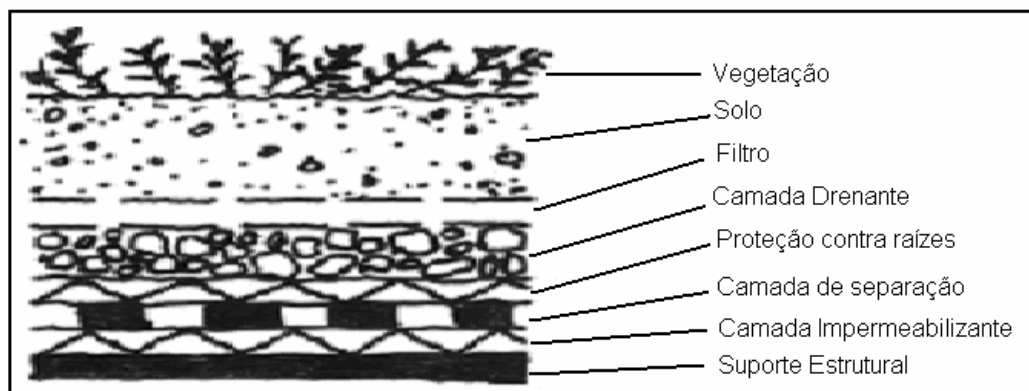


Figura 2.1 : Camadas componentes de uma cobertura verde. Fonte: NGAN, 2004.

### 2.3 Tipos de Coberturas Verdes

Conforme o seu porte, as coberturas verdes podem ser classificadas em :

*Intensivas*: caracterizam-se por terem camadas de solo maiores que 20cm; plantas, arbustos e árvores de médio e grande porte, que exigem um ambiente de desenvolvimento mais complexo, estrutura reforçada (devido às cargas entre 700 e 1200kg/m<sup>2</sup>) e manutenção rigorosa (CORREA e GONZALEZ, 2002).

*Extensivas*: caracterizam-se por terem uma camada mais delgada de solo, com espessura entre 8 e 12cm e carga média equivalente a 100kg/m<sup>2</sup>, plantas de pequeno porte, como as autóctones, por serem mais resistentes a pouca ou nenhuma manutenção (CORREA e GONZALEZ, 2002).

## 2.4 Isolamento Térmico

Bass e Baskaram (2003), analisaram uma célula-teste, montada no Instituto de Pesquisa em Construção na cidade de Ottawa, com sensores posicionados em diversas camadas da cobertura verde. Após a análise, notou-se que a temperatura da superfície externa da cobertura comum teve uma variação de 46°C e a da cobertura verde variou 6.5°C. No outono e no inverno a cobertura verde teve melhor desempenho porque bloqueou o vento e diminuiu a perda de calor por convecção.

Morais (2004), realizou uma pesquisa para verificar o comportamento térmico de uma cobertura verde, em célula-teste, submetida ao clima da região de São Carlos, em situação de inverno e de verão. Para tanto, foram monitoradas as lajes de coberturas com e sem vegetação. As análises foram ordenadas de modo a comparar os desempenhos térmicos das coberturas em cada uma das situações, separadamente, e entre uma situação e outra. No inverno a cobertura verde apresentou uma amplitude térmica média 70% menor que a da cobertura sem vegetação. No verão, entre as temperaturas do ar nos ambientes internos às coberturas ocorreram diferenças de até 5°C. Os valores obtidos mediante as comparações indicaram um desempenho mais satisfatório da cobertura verde, a qual se manteve mais estável e resistente às flutuações térmicas diárias, tanto no inverno quanto no verão. Estes resultados indicaram que a cobertura ajardinada dispõe de importante potencial de aplicação no clima considerado, sendo solução de custo relativamente baixo e podendo contribuir efetivamente para melhorar o conforto ambiental e a eficiência energética do ambiente construído.

## 2.5 Cálculo do Desempenho Térmico de Coberturas Verdes

Del Barrio (1998), desenvolveu modelos matemáticos específicos para cada componente de uma cobertura verde (estrutura, solo e vegetação), os quais podem ser usados na análise do comportamento termodinâmico de coberturas ajardinadas.

### 2.5.1 Modelo para a Estrutura

Supõe-se que a estrutura ou suporte da cobertura verde seja uma camada de material sólido e homogêneo com propriedades termofísicas constantes.

A equação do fluxo térmico nesta condição em uma direção é:

$$\rho c_p \frac{\partial T_s(z,t)}{\partial t} = \lambda_s \frac{\partial^2 T_s(z,t)}{\partial t^2} \quad [\text{Eq. 01}]$$

onde  $T_s(z,t)$  representa a temperatura ao longo desse componente (°C),  $\rho$  é a densidade (kg/m<sup>3</sup>),  $c_p$  é o calor específico (kJ/kg°C), e  $\lambda_s$  a condutividade térmica do material (W/m°C).

### 2.5.2 Modelo para o Solo

O solo é um meio poroso em que três fases podem ser distinguidas: a fase sólida (minerais e material orgânico), a líquida (água) e a gasosa (ar e vapor d'água). Qualitativamente, pode-se afirmar que em solos insaturados, o calor será transportado nestas três fases. Os respectivos mecanismos dominantes serão: condução nas fases sólida e líquida, convecção nas fases líquida e gasosa e calor latente transferido pela difusão do vapor entre os poros.

De acordo com as seguintes hipóteses:

- 1) o fluxo térmico ocorre em uma única direção;
- 2) a fase sólida é homogênea e isotrópica, e suas propriedades não dependem da direção do fluxo;

- 3) as fases líquida e gasosa estão sempre em equilíbrio;  
 4) os poros são considerados pequenos, a pressão total constante e o ar entre eles desprezível,  
 a equação do fluxo térmico nestas condições pode ser escrita como:

$$\rho c_p(\omega, T) \frac{\partial T(z, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \{ [\lambda(\omega, T) + \Lambda D_{vT}(\omega, T)] \frac{\partial T(z, t)}{\partial z} + \Lambda D_{v\omega}(\omega, T) \frac{\partial \omega(z, t)}{\partial z} \} \quad [\text{Eq. 02}]$$

$$\frac{\partial \omega(z, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \{ D_{\omega}(\omega, T) \frac{\partial \omega(z, t)}{\partial z} + D_T(\omega, T) \frac{\partial T(z, t)}{\partial z} \} - \frac{\partial K(z, t)}{\partial z} + \phi(z, t)$$

onde  $T(z, t)$  é a temperatura média nos poros ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $\omega(z, t)$  a mistura volumétrica,  $\rho c_p(\omega, T)$  a capacidade térmica ( $\text{kJ m}^{-2} \text{K}^{-1}$ ),  $\lambda(\omega, t)$  a condutividade térmica efetiva ( $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ),  $\Lambda$  o calor latente de vaporização ( $\text{J kg}^{-1}$ ),  $D_{vT}(\omega, T)$  o coeficiente não isotérmico de difusividade de vapor ( $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1} \text{K}^{-1}$ ),  $D_{v\omega}(\omega, T)$  o coeficiente isotérmico de difusividade de vapor ( $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $D_{\omega}(\omega, T)$  o coeficiente isotérmico de difusividade de massa (vapor+líquido) ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $D_T(\omega, T)$  o coeficiente não isotérmico de difusividade de massa (vapor+líquido) ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1} \text{K}^{-1}$ ),  $K(z, t)$  a condutividade hidráulica ( $\text{m s}^{-1}$ ) e  $\phi(z, t)$  representa a umidade absorvida pela raiz do vegetal.

Assumindo constante a mistura entre os componentes do solo, a equação (2) torna-se mais simplificada:

$$\rho c_p(\omega, T) \frac{\partial T(z, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \{ [\lambda(\omega, T) + \Lambda D_{vT}(\omega, T)] \frac{\partial T(z, t)}{\partial z} \} \quad [\text{Eq. 03}]$$

### 2.5.3 Modelo para a Vegetação

De acordo com os seguintes processos:

- 1) radiação solar absorvida pelas folhas;
- 2) trocas da radiação de ondas longas entre as folhas e o céu, as folhas e a base e as próprias folhas;
- 3) transferência de calor por convecção entre as folhas e o ar entre elas, e entre a base e o ar entre as folhas;
- 4) evapotranspiração nas folhas: evaporação da água das folhas, difusão do vapor para a superfície das folhas e transporte de vapor por convecção da superfície das folhas para o ar;
- 5) evaporação e/ou condensação de vapor d'água na base e transferência de vapor por convecção entre a base e o ar;
- 6) transferência de calor e vapor por convecção entre o ar no interior da vegetação e o ar livre,

as equações que determinam o fluxo térmico são:

$$(\rho c)_p dLAI \frac{dT_p}{dt} = \phi_{rad.sol} + \phi_{rad.TIR} + \phi_{conv.p-a} + \phi_{tran.p-a}$$

$$(\rho c)_a L \frac{dT_a}{dt} = \phi_{conv.a-p} + \phi_{con.a-g} + \phi_{conv.a-\infty}$$

$$\rho a L \frac{d\theta_a}{dt} = \phi_{vap.a-p} + \phi_{vap.a-g} + \phi_{vap.a-\infty} \quad [\text{Eq. 04}]$$

onde  $T_p$  é a temperatura das folhas (K),  $T_a$  a temperatura do ar (K),  $\theta_a$  umidade específica do ar ( $\text{kg kg}^{-1}$ ),  $(\rho c)_p$  a capacidade térmica específica das folhas ( $\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$ ),  $d$  a espessura média das folhas (m), LAI o índice de área da folha,  $(\rho c)_a$  a capacidade térmica específica do ar ( $\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$ ),  $\rho_a$  a densidade do ar ( $\text{kg m}^{-3}$ ),  $L$  a altura da camada vegetal (m),  $\phi_{\text{rad, sol}}$  a radiação solar absorvida pelas folhas ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{rad, TIR}}$  o fluxo de radiação térmica nas folhas ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{conv, p-a}}$  o fluxo de calor sensível entre a folhagem e o ar em seu interior ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{trans, p-a}}$  o fluxo de energia proveniente da transpiração das folhas ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{conv, a-p}}$  o fluxo de calor sensível entre a folhagem e o ar em seu interior ( $\phi_{\text{conv, a-p}} = -\phi_{\text{conv, p-a}}$ ) ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{conv, a-g}}$  o fluxo de calor sensível entre o ar no interior da folhagem e o solo ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{conv, a-}\infty}$  o fluxo de calor sensível entre o ar no interior da folhagem e o ar livre ( $\text{W m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{vap, a-p}}$  o fluxo de vapor entre a folhagem e o ar em seu interior ( $\text{kg m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{vap, a-g}}$  o fluxo de vapor entre o ar no interior da folhagem e o solo ( $\text{kg m}^{-2}$ ),  $\phi_{\text{vap, a-}\infty}$  o fluxo de vapor entre o ar no interior da folhagem e o ar livre ( $\text{kg m}^{-2}$ ).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 A Célula-Teste

A célula-teste foi construída sobre a laje de uma edificação existente no Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCar, *campus* da cidade de São Carlos, região central do Estado de São Paulo.

Essa edificação possui dois ambientes separados ao meio, por uma parede. O sistema construtivo é composto de alvenaria de bloco cerâmico de 8 furos e revestida com argamassa sob pintura acrílica nas vedações verticais laterais e frontal e, lajes pré-moldadas de concreto com camada de regularização em argamassa, nas vedações horizontais. A vedação posterior é composta por elementos vazados em toda sua extensão (Figura 3.1).



**Figura 3.1: Panorama da edificação onde está implantada a cobertura verde**

Nesta célula-teste foi realizada recentemente uma pesquisa similar com a grama esmeralda, a qual foi substituída pela grama braquiária (Figura 3.2).



**Figura 3.2: Panorama dos canteiros com as gramas esmeralda e braquiária**

### 3.2 Material Utilizado nos Monitoramentos

Para monitorar as condições higrotérmicas ambientais, foi adotado um sistema eletrônico de aquisição de dados, constituído por aparelhos registradores de temperatura e umidade relativa do ar e temperatura superficial, modelo HOBO<sup>®</sup>, os quais são programáveis em intervalos de tempo pré-fixados.

De modo a evitar interferências que prejudicassem a identificação das variáveis medidas, os aparelhos foram posicionados estrategicamente à sombra e no interior de recipientes de alumínio, estes com pequenas aberturas que permitissem a livre circulação do ar.

As variáveis medidas foram as seguintes:

Tbs (°C): temperaturas do ar interno e externo ao protótipo;

TSI (°C): temperatura superficial interna das lajes;

UR (%): umidade relativa do ar.

Os dados de temperatura superficial interna das lajes foram obtidos mediante sensor externo (conectado diretamente no HOBO<sup>®</sup>) com ponta de aço inoxidável e à prova d'água.

Para melhorar o contato e eliminar o ar entre o sensor e a laje, o mesmo teve sua ponta preenchida com pasta térmica e foi fixado na laje com fita adesiva e fio de nylon.

Os dados climáticos mensais, bem como os de radiação solar e de ventos, foram obtidos junto à estação climatológica da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC e do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – CRHEA / Universidade de São Paulo.

### 3.3 Jardim 1.1 – Temperaturas Superficiais em Vegetação

Os dados referentes às temperaturas superficiais externas das lajes foram estimados por intermédio do programa Jardim 1.1 – Temperaturas Superficiais em Vegetação (RORIZ, 2003), que adota um modelo de cálculo baseado no método de Penman-Monteith, cuja equação determina a taxa de evapotranspiração da água em plantas e no solo.

De acordo com o arquivo de dados, o programa calcula os valores das variáveis envolvidas e gera dois tipos de gráfico: um com as curvas de temperaturas do ar e superficiais externas nas duas coberturas e, outro, com as curvas de irradiações extraterrestre, global, de onda longa, líquida e energia de evaporação. As equações, melhor explicadas, e suas respectivas referências são apresentadas no próprio programa.

### 3.4 Posição do Sol

Durante a fase de desenvolvimento da grama, observou-se que em certos locais no canteiro, a vegetação apresentava um maior crescimento. Isso se deve à desigualdade de distribuição de luz sobre o canteiro, pois a presença de edificações ao redor do mesmo faz com que haja um sombreamento em determinados locais e horários ao longo do dia (Figura 3.3).

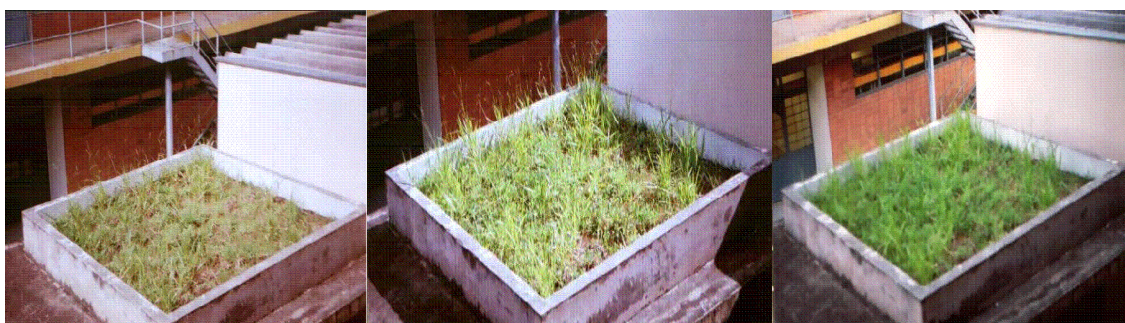


Figura 3.3 : Posições do sol pela manhã, início e fim de tarde

### 3.5 Medições

Após o treinamento no uso e instalação dos aparelhos registradores, as medições foram iniciadas. Estas foram realizadas em três períodos durante o ano de 2006, sendo nos meses de junho, julho e agosto, para a situação de inverno e, novembro, para a situação de verão.

### 3.6 Tratamento Estatístico dos Dados

De modo a permitir conclusões sobre os desempenhos térmicos dos sistemas de coberturas enfocados, o tratamento estatístico dos dados deste trabalho teve por fim efetuar análises comparativas entre os dados obtidos com as medições; àqueles estimados pelo programa Jardim 1.1 e os resultados dessas três análises.

## 4. RESULTADOS

A fim de obter dados relativos à evolução térmica das lajes, os aparelhos registradores foram programados para realizar varreduras de temperatura do ar interno e externo à edificação, umidade relativa do ar e temperatura superficial interna das lajes, a cada 15 minutos, 24 horas por dia.

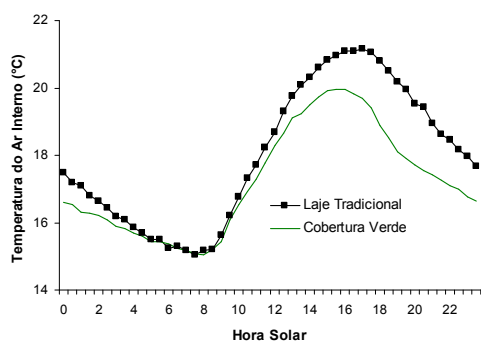
Para obtenção dos dados internos à edificação, as variáveis ambientais foram medidas em um ponto de cada cobertura. Os aparelhos foram instalados em dois conjuntos formados, cada um deles, por um registrador de temperatura e umidade relativa do ar, inserido num recipiente de alumínio, e de temperatura superficial, obtida com o cabo sensor instalado nas faces internas das lajes, onde a incidência solar sobre a grama predomina durante todo o dia. Os dados externos de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos a partir de um aparelho, inserido em um recipiente de alumínio, instalado no edifício à frente da célula-teste.

Após as medições, os valores registrados pelos aparelhos foram adaptados para hora solar, calculando-se a média desses valores para cada hora, obtendo-se assim o dia médio.

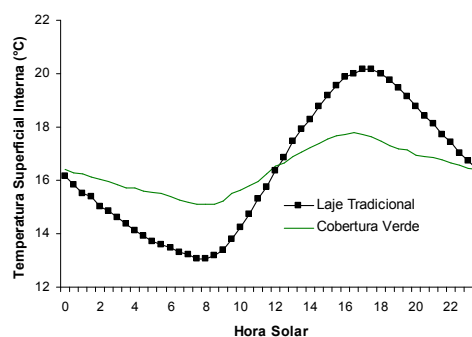
Devido à grande área de aberturas (elementos vazados), não foram significativas as diferenças entre temperaturas do ar externo e do ar interno dos dois ambientes nas duas primeiras medições (Figuras 4.1 e 4.4). Entretanto, na terceira medição, expressivas diferenças foram reveladas (Figura 4.7).

### 4.1 Primeira Medição

Os dados referentes à primeira medição foram registrados no período de 14 a 23 de junho de 2006, caracterizando uma situação de inverno.



**Figura 4.1: Temperatura Interna do Ar  
Dia Médio do período 14 a 23/06/06**

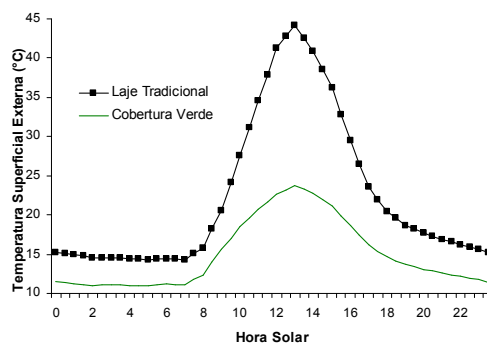


**Figura 4.2: Temperatura Superficial Interna  
Dia Médio do período 14 a 23/06/06**

A temperatura superficial interna da laje tradicional apresentou maiores oscilações diárias, com máxima de 20.15°C, enquanto que a da cobertura verde foi de 17.79°C. As amplitudes médias, de 7.10°C e de 2.67°C, da laje tradicional e cobertura verde, respectivamente, evidenciaram o melhor desempenho da cobertura verde (Figura 4.2).

Comparada com a temperatura superficial externa da laje tradicional, a temperatura superficial externa da cobertura verde sofreu variações térmicas muito menores. A maior diferença entre elas foi de 20.46 °C (Figura 4.3).

Percebe-se pelo gráfico ao lado que o período medido foi menor que os dois anteriores, pelo motivo de falta de dados de radiação solar fornecidos pelo CRHEA, os quais são necessários para a obtenção dessa temperatura que é estimada pelo programa Jardim1.1 descrito anteriormente.

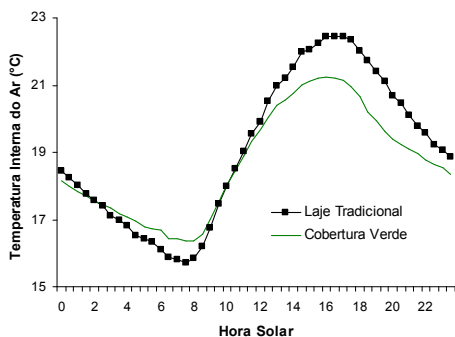


**Figura 4.3: Temperatura Superficial Externa Dia Médio do período 18 a 23/06/06**

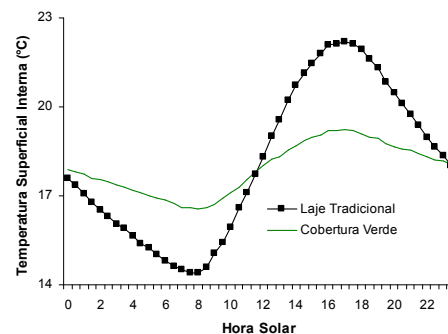
## 4.2 Segunda Medição

Os dados referentes à segunda medição foram registrados no período de 25 de julho a 07 de agosto de 2006, caracterizando outra situação de inverno.

Assim como já era esperado, a temperatura superficial interna da laje tradicional apresentou maiores oscilações diárias, com máxima de 22.18°C, enquanto que a da cobertura verde foi de 19.24°C. As amplitudes médias, de 7.77°C e de 2.67°C, da laje tradicional e cobertura verde, respectivamente, evidenciaram o melhor desempenho da cobertura verde (Figura 4.5).



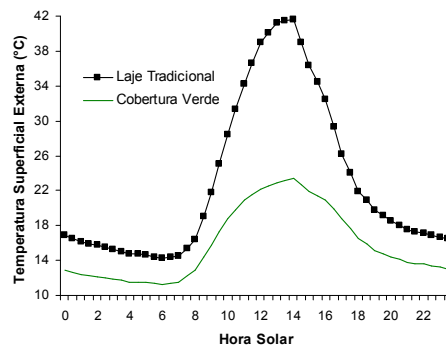
**Figura 4.4: Temperatura Interna do Ar Dia Médio do período 25/07 a 07/08/06**



**Figura 4.5: Temperatura Superficial Interna Dia Médio do período 25/07 a 07/08/06**

A temperatura superficial externa da laje tradicional apresenta uma amplitude bem maior quando comparada com a temperatura superficial externa da cobertura verde, com uma diferença de até 18.31°C entre elas (Figura 4.6).

Por falta de dados de radiação solar fornecidos pelo CRHEA, a temperatura superficial externa para essa medição, foi estimada, através do programa Jardim 1.1, para um período menor que as temperaturas anteriores.



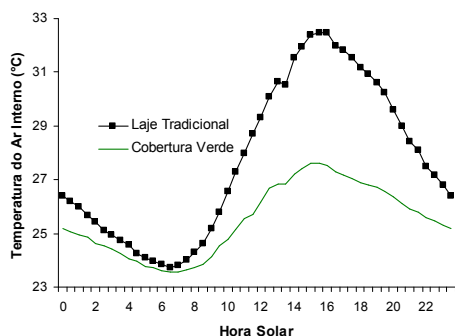
**Figura 4.6: Temperatura Superficial Externa Dia Médio do período 25 a 30//07/06**



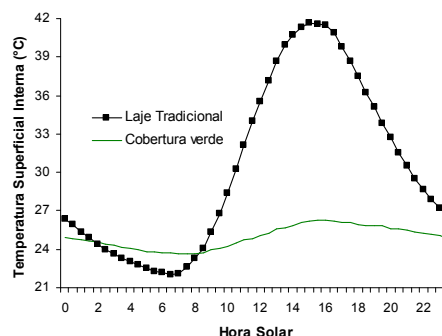
### 4.3 Terceira Medição

Os dados referentes à terceira medição foram registrados no período de 17 a 26 de novembro de 2006, caracterizando uma situação de verão.

Nesta medição, as temperaturas registradas são maiores que nas outras duas, fato observado pela temperatura superficial interna da laje tradicional, que apresentou maiores oscilações diárias, com máxima de 41.64°C, enquanto que a da cobertura verde foi de 26.23°C. As amplitudes médias, de 19.66°C e de 2.60°C, da laje tradicional e cobertura verde, respectivamente, evidenciaram o melhor desempenho da cobertura verde (Figura 4.8).



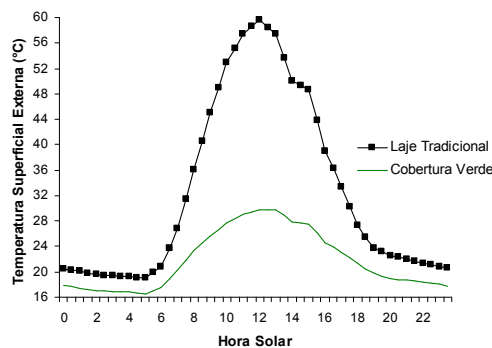
**Figura 4.7: Temperatura Interna do Ar**  
Dia Médio do período 17 a 26/11/06



**Figura 4.8: Temperatura Superficial Interna**  
Dia Médio do período 17 a 26/11/06

Percebe-se que a temperatura superficial externa da cobertura verde sofreu variações térmicas muito menores quando comparada com a temperatura superficial externa da laje tradicional, sendo a maior diferença entre elas de 29.85°C (Figura 4.9).

Novamente, a temperatura superficial externa foi estimada pelo programa Jardim 1.1, e num período menor que as outras temperaturas desta medição, pela falta de dados de radiação solar fornecidos pelo CRHEA.



**Figura 4.9: Temperatura Superficial Externa**  
Dia Médio do período 17 a 23/11/06

## 5. CONCLUSÕES

Ao analisar-se as temperaturas internas na situação de calor, percebe-se que há uma contribuição significativa da cobertura verde, porque com a incidência do sol, a evapotranspiração do vegetal retira calor da cobertura, resfriando a superfície do teto.

Quanto às temperaturas superficiais internas percebe-se que o melhor desempenho foi da cobertura verde, principalmente na situação de calor, no qual há uma diferença de até 16°C entre as duas coberturas, fato provocado pelo sombreamento, inércia e refrigeração evaporativa, proporcionados pela cobertura verde.

Nas temperaturas superficiais externas, a vegetação apresenta temperaturas bem menores que a laje tradicional, caso observado nas três medições e, justificado pela capacidade da vegetação de reduzir o ganho de calor por irradiância solar de ondas curtas, uma consequência do efeito de refrigeração evaporativa.

Pretende-se ainda realizar medições em outras épocas do ano para observar o comportamento desse tipo de cobertura. Além disso, serão feitas comparações com os dados obtidos nessas medições e na pesquisa anterior para verificar as diferenças entre os amortecimentos das temperaturas provocados pela cobertura verde com as duas espécies vegetais implantadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASS, B.; BASKARAN, B. *Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban áreas*. National Research Council Canada – NRCC 46737 / 2003. Disponível em <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/irepubs>>. Acesso em: 30/01/2006.
- CORREA, C.B.; GONZÁLEZ, F.J.N. *O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas*. In: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo - NUTAU, Pró-reitoria de Pesquisa, Universidade de São Paulo, São Paulo / 2002.
- DEL BARRIO, E.P. *Analysis of the green roofs cooling potential in buildings*. Energy and Buildings, v.27, nº 02, p.179-193. Abril / 1998.
- GIVONI, B. *Man, Climate and Architecture*. 2ª edição. Londres. Ed. Applied Science Publishers LTD / 1976.
- HENDERSON, B. *Human-Driven Extensive Greenroof Design*. Virginia Polytechnic Institute & State University. Blacksburg / 2003.
- MORAIS, C.S. *Desempenho térmico de coberturas vegetais em edificações na cidade de São Carlos*. Dissertação de Mestrado. UFSCar. São Carlos / 2004.
- NGAN, G. *Green roof policies: tools for encouraging sustainable design*. Landscape Architecture Canada Foundation – LACF / 2004. Disponível em: <<http://www.csla.ca/eng/engdocs/lacf.html>>. Acesso em: 30/01/2006.
- RIVERO, R. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. 1ª edição. Porto Alegre. Ed. Luzzato / 1985.
- RORIZ, M. *Jardim 1.1 – Temperaturas Superficiais em Vegetação*. Versão 1.1. JARDIM.EXE. São Carlos, 2003. Aplicativo. 264KB.