



## **ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO TÉRMICO EM COBERTURAS NA REGIÃO DE FLORIANÓPOLIS**

**Alberto Lohmann (1); Fernando Barth (2)**

(1) Arquiteto, Mestre em Tecnologia do Ambiente Construído - PosArq, UFSC, arqlohmann@gmail.com

(2) Doutor, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo - UFSC, ferbarth@arq.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Sistemas Construtivos, Florianópolis - SC, 88040-900, Tel: (48) 3721-5184

### **RESUMO**

A cobertura vegetal é uma opção para melhoria do desempenho térmico da edificação, por aumentar a sua inércia térmica, reter a água da chuva, pela evapotranspiração e elevar o seu isolamento térmico. Este trabalho consiste na avaliação comparativa do desempenho térmico em dois protótipos com sistemas de coberturas de laje, telhas de fibrocimento e cobertura vegetal. Os protótipos são voltados ao Norte solar e distanciados de modo a evitar sombreamentos. As medições de temperatura, externas e internas foram realizadas com equipamentos HOBOTM de modo a determinar a influência da cobertura vegetal no desempenho térmico da edificação. Os resultados desta pesquisa possibilitam verificar as melhorias propiciadas pela cobertura vegetal e contribuir para a difusão deste sistema construtivo como opção de coberturas alternativa para região Florianópolis.

Palavras-chave: Cobertura vegetal, desempenho térmico, sistema construtivo.

### **ABSTRACT**

Green roofs are an option for improving the thermal performance of the building, by increasing its thermal inertia, retaining rainwater, evapotranspiration and increasing its thermal insulation. This work is consists in a comparative performance heat evaluation in two prototype with roof slabs, tile roof and green roof. The prototypes are oriented to the North solar and distanced to avoid shading. The measurements of temperature, external and internal were performed with HOBOTM equipment to determine the influence of vegetation on the thermal performance of the building. The results of this research enable to verify the improvements offered by green roofs and contribute to the spread of this constructive system as an option for roofing alternative to region of Florianopolis.

Keywords: Green roof, thermal performance e constructive system.

## 1. INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal é um sistema utilizado pelo ser humano há milhares de anos, com o objetivo primordial de criar áreas ajardinadas nas construções. Segundo Dunnet e Kingsburry (2003) a partir da metade do século XX, ocorreu um salto tecnológico nos sistemas de coberturas vegetais, deixando de ser um problema de jardinagem e tornando-se um problema de engenharia e seu emprego tem como objetivos principais a diminuição do rigor térmico da edificação, retenção de água pluvial e seu efeito estético.

Segundo Trebilcock (1998) as coberturas vegetais são classificadas, segundo as espécies utilizadas, em intensiva e extensiva. As coberturas intensivas são utilizadas como jardins, pois tem maior espessura de solo para uma variedade maior de vegetação. Já a extensiva se utiliza de vegetais rasteiros, reduzindo a espessura de substrato e conseqüentemente a carga na estrutura da edificação. Nesta pesquisa se escolheu a cobertura vegetal extensiva pois tem baixo peso, tornando-se uma opção em reformas de edificações já existentes sem que haja um aumento da estrutura do telhado.

Em pesquisas de temperatura no interior de ambientes, Morais (2004) compara as medições entre uma cobertura vegetal com 22cm de espessura de substrato e uma cobertura em laje impermeabilizada. A diferença entre as máximas temperaturas do ar no interior dos ambientes foi de 1,2°C no inverno e 3,8°C no verão.

Tabela 1 – Temperaturas internas do ar (tbs) nos sistemas de cobertura (Fonte: LIMA *et al.*, 2006)

	tbs (°C) cerâmica	tbs (°C) aço galvanizado	tbs (°C) fibrocimento ondulada 6mm	tbs (°C) laje concreto	tbs (°C) cobertura leve verde	temp ar ext (°C)
<b>Máxima</b>	30.4	45.0	31.0	34.7	28.8	34.0
<b>Média</b>	24.1	26.5	24.5	27.1	22.4	27.2
<b>Mínima</b>	15.2	11.5	14.4	14.8	16.2	12.7
<b>A (Amplitude térmica)</b>	15.2	33.4	16.5	19.9	12.6	21.4

Já o estudo de Lima *et al.* (2006), foi construído cinco protótipos com diferentes sistemas de cobertura para avaliação térmica simultânea e comparativa. A espessura do substrato utilizada na cobertura vegetal desta pesquisa foi de 10cm. Os resultados de desempenho térmico da Tabela 1, demonstram que a cobertura vegetal tem uma amplitude térmica menor entre os sistemas propostos no estudo.

## 2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo analisar comparativamente o desempenho higrotérmico obtido em diferentes coberturas construídas sobre dois protótipos na região de Florianópolis.

## 3. MÉTODO

O trabalho avalia comparativamente as temperaturas e umidades internas dos protótipos obtidas durante um período de três dias. Esta análise ocorre em duas etapas: a primeira é a obtenção dos dados entre cobertura com laje e cobertura vegetal e a segunda entre a cobertura vegetal e cobertura com telhas de fibrocimento.

### 3.1. Características dos protótipos

Para a análise construiu-se dois protótipos de 2,05x3,00m com placas cimentícias de madeira mineralizada (PCM) e cobertura inclinada a 8° e laje maciça, segundo figuras 01, 02, 03 e 04. As medidas dos protótipos seguiram a modulação das placas, com dimensões de 1,00x2,60x0,025m, ficando retangular para aumentar o perímetro das vedações verticais, aproximando-se das edificações que têm maior área de fachadas do que de cobertura.

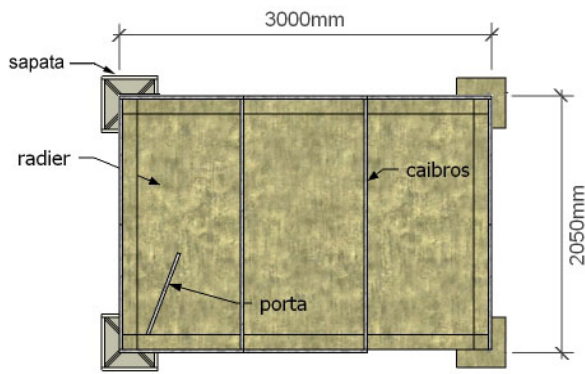


Figura 01 - Planta

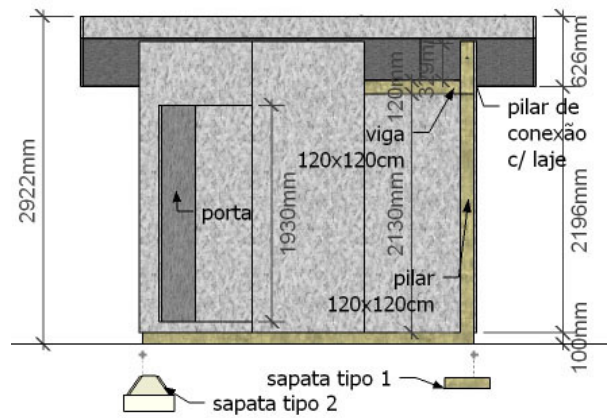


Figura 02 - Vista posterior

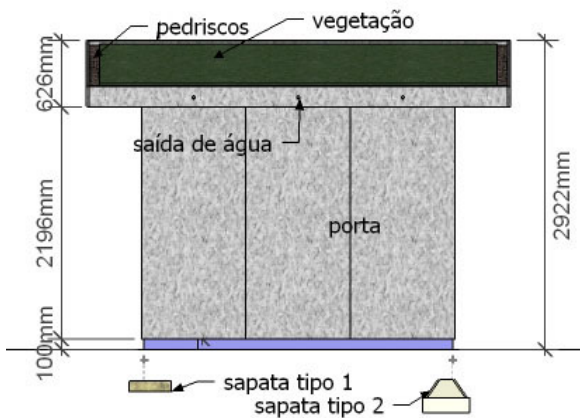


Figura 03 - Vista frontal

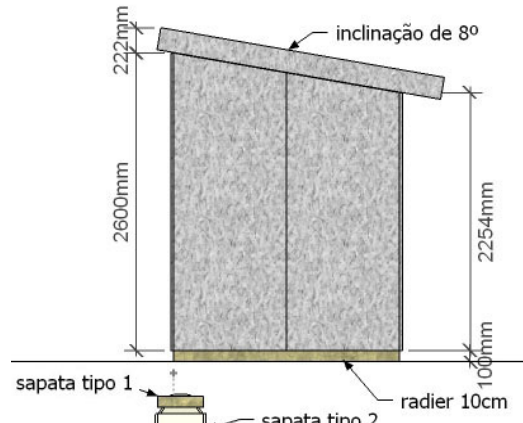


Figura 04 - Vista lateral

As paredes do protótipo são duplas, espaçadas conforme a medida da estrutura de concreto armado dos pilares e vigas com 12cm de espessura. Isto permitiu que as chapas internas e externas se tornassem formas e paredes simultaneamente e também um bom desempenho térmico dado pela câmara de ar não ventilada entre as chapas internas e externas. Assim, a espessura da parede final é de 17cm, sem revestimento argamassado.

A cobertura dos protótipos é de laje de concreto com forro de PCM servindo como forma incorporada para a concretagem da laje. Após a cura da laje de concreto foi realizada a construção da cobertura vegetal em um dos protótipos para a primeira análise, entre laje e cobertura vegetal. Segundo Minke (2003) as camadas necessárias para uma cobertura extensiva inclinada são impermeabilização, proteção contra raízes, e substrato com capacidade de retenção de água. Utilizou-se nos protótipos uma impermeabilização com manta aluminizada, tendo o alumínio como proteção contra as raízes, membrana filtrante que evita a perda de nutrientes do solo, substrato com argila expandida para aumentar a capacidade de armazenamento de água e leivas de vegetação existente no local (conforme figuras 05 e 06).

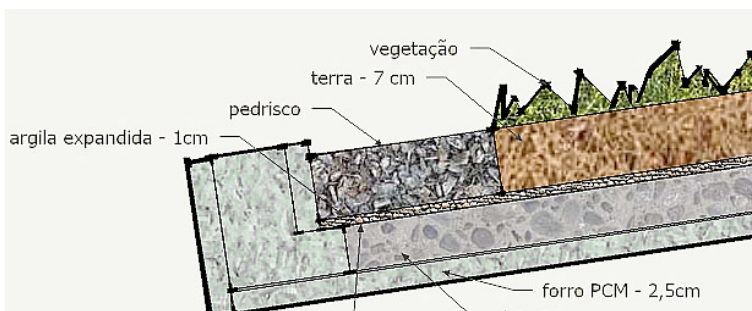


Figura 05 - Detalhe das camadas utilizadas na cobertura



Figura 06 - Construção da cobertura vegetal.

Os protótipos estão posicionados com a face inclinada da cobertura para o Norte solar, com espaçamento de aproximadamente 4m entre eles, evitando o sombreamento de um protótipo sobre o outro, deixando-os em iguais condições de exposição solar, principalmente em situação de inverno, onde o ângulo solar é de aproximadamente 32° as 12:00h.

### 3.2. Medições higrotêmicas comparativas entre os protótipos

Para a medição de temperatura e umidade utilizou-se três aparelhos HOBO® família H8, sendo dois deles com sensores de temperatura e umidade e o outro com mais dois sensores de temperatura externos ao aparelho. Os aparelhos foram colocados sobre um pedestal com metade da altura do pé direito e no centro geométrico dos protótipos (Figura 07). Também foi colocado um aparelho medindo as temperaturas e umidades externas afim de compará-las com as temperaturas internas. Com o objetivo de facilitar a leitura, foi nomeado os protótipos segundo a figura 08.

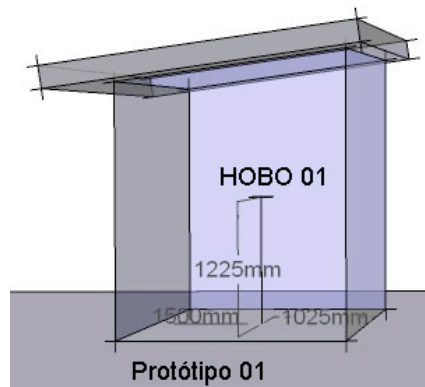


Figura 07 - Localização dos aparelhos



Figura 08 - Localização dos protótipos

As medições foram realizadas simultaneamente entre os aparelhos e nos dois protótipos no período de 11 de setembro a 28 de outubro de 2007, de acordo com as etapas descritas a seguir:

- Medições higrotêmicas simultâneas entre a laje e a cobertura vegetal, demonstrando sua eficiência em valores absolutos;
- Medições higrotêmicas simultâneas entre o telhamento de fibrocimento e a cobertura vegetal com o objetivo de comparação entre as duas soluções construtivas;
- Análise dos dados obtidos através do programa BoxCar Pro versão 4.0.7.0 da Onset Computer Corporation. Esse programa computacional gera os gráficos necessários e exporta os dados para arquivos em formato "txt".

A programação do aparelho se dá conectando o mesmo ao computador através de uma porta *serial*. Utilizando o comando *launch*, configura-se a hora de início e o intervalo de tempo entre as medições, que, conseqüentemente, calcula o horário de término. Após a medição, novamente se conecta o aparelho ao computador e, através do comando *Readout logger*, geram-se os gráficos com a escolha dos dados que se deseja demonstrar.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Medições higrotêmicas entre laje e cobertura vegetal

As medições de temperatura e umidade ocorreram entre os dias 02 e 04 de outubro de 2007, com dias de céu aberto e protótipos fechados, sem que houvesse trocas de fluxo de ar entre o ambiente interno e externo.

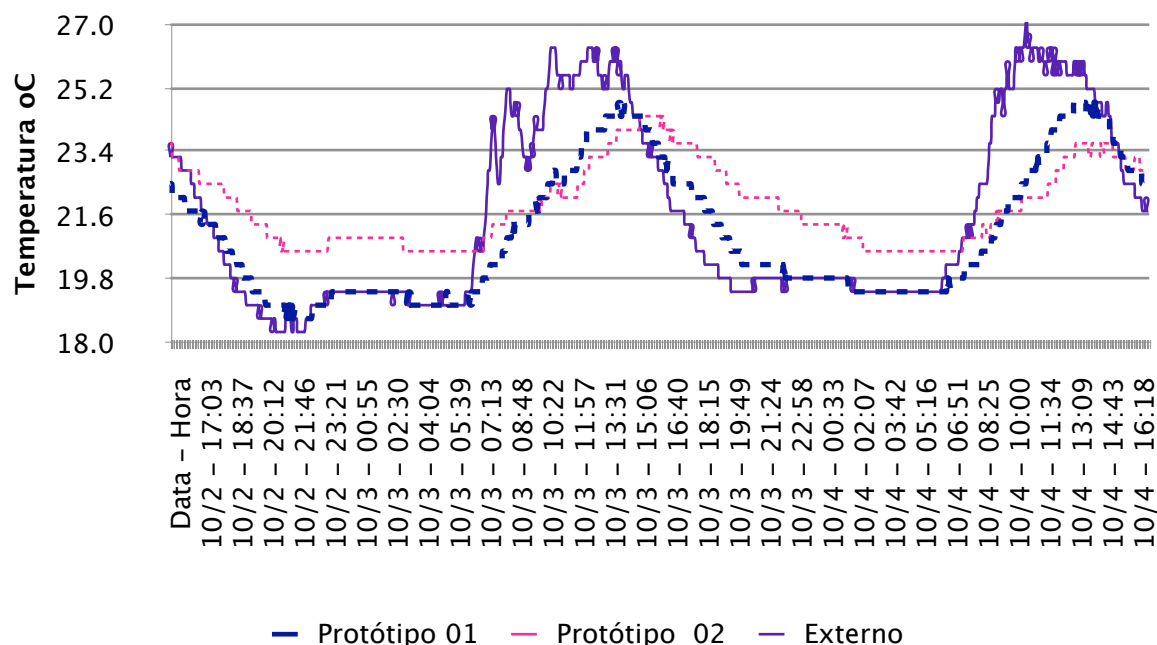


Gráfico 1 - Medições comparativas de temperaturas entre a laje e a cobertura vegetal

No Gráfico 1, pode-se observar que as temperaturas dos protótipos 01 e 02 apresentaram pequenas diferenças durante o período. A cobertura vegetal, nas situações de fluxo de calor ascendente, mantém a temperatura interna com aproximadamente 1°C de diferença, ou seja, perde menos calor para o ambiente externo. Também pode-se observar, na primeira crista do gráfico, que o atraso térmico da cobertura vegetal em relação à laje, foi de aproximadamente 2 horas. A maior diferença entre os dados obtidos foi às 20h e 19min do primeiro dia, com 2,29°C a mais no protótipo 02.

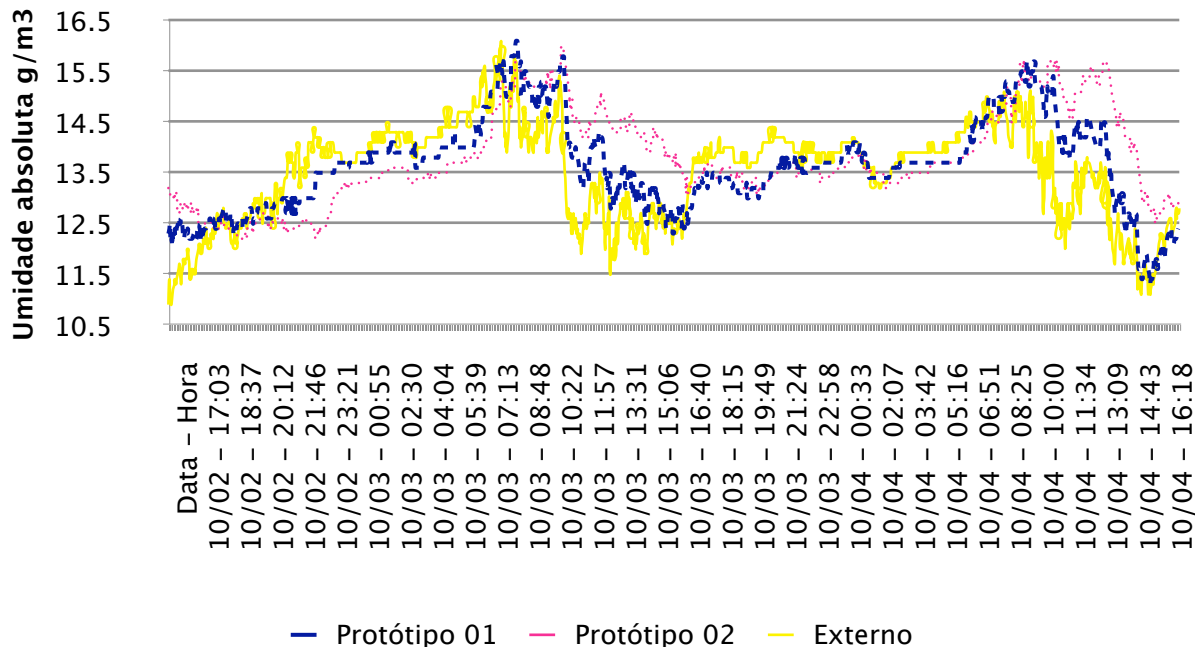


Gráfico 2 - Medições comparativas de umidade absoluta entre a laje e a cobertura vegetal

As medições de umidade absoluta, apresentadas no Gráfico 2, mostram que as umidades absolutas no interior dos protótipos têm uma diferença maior às 15h e 16min no último dia de medição com 2,1g/m³ ou 15,33%. A cobertura do protótipo 02, composta por uma manta impermeabilizante, mantém a umidade no seu interior, reduzindo as trocas de umidade entre os ambientes internos e externos. Também nota-se que as umidades absolutas nos protótipos 01 e 02 tendem a se igualar no final da tarde e no começo da manhã. Isso acontece porque as trocas de vapor de água entre exterior e interior no protótipo 01 são maiores, devido à menor resistência térmica e maior porosidade da superfície.

As medições demonstram um melhor desempenho higrométrico do protótipo 02, pois a laje está protegida por uma camada de impermeabilização, uma camada de substrato e de vegetação, possibilitando uma menor transmitância térmica. Essa permeabilidade da laje exposta, observada nos dados obtidos de umidade absoluta, mostra a necessidade de impermeabilização, mesmo com a inclinação de 8°.

#### 4.2. Medições higrotérmicas entre cobertura vegetal e telhamento de fibrocimento

Entre os dias 11 e 13 de outubro de 2007, foram obtidos os valores higrotérmicos na cobertura vegetal e na cobertura com telhas de fibrocimento. As medições ocorreram logo após a construção da cobertura de fibrocimento.

Essas medições seguiram os padrões já utilizados nas duas medições anteriores, com uma pequena modificação, retirando os dois pontos externos do HOB0® 03 que mediam o processo de estratificação do ar dentro do protótipo com cobertura vegetal.

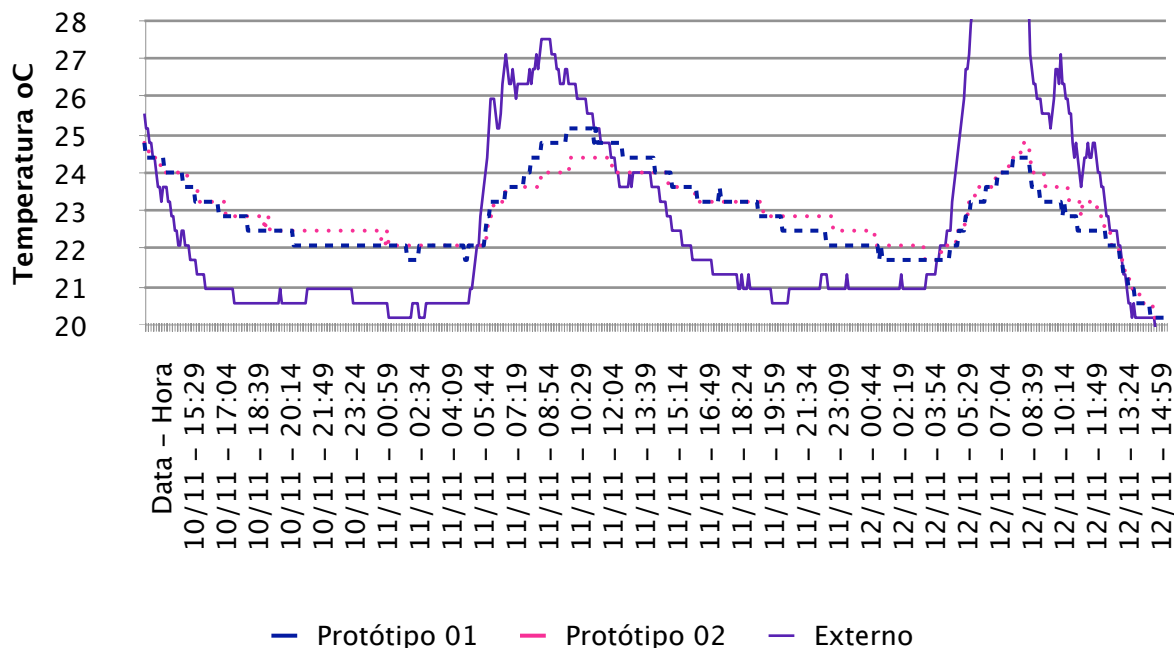


Gráfico 3 - Medições comparativas de temperatura entre telhamento e cobertura vegetal

O Gráfico 3 mostra as medições de temperaturas dos protótipos, podendo se observar uma pequena diferença entre o desempenho térmico. No período entre o início das medições até as 7h da manhã. No dia 13 de outubro, a cobertura vegetal apresentou uma melhor resistência e atraso térmico, com uma diferença entre a temperatura na crista da primeira curva de 1,16°C, ou seja 4,61%. Na situação de fluxo de calor ascendente, a cobertura vegetal também se manteve melhor em relação à outra, com 0,39°C a mais nas temperaturas mais baixas localizadas no vale da curva.

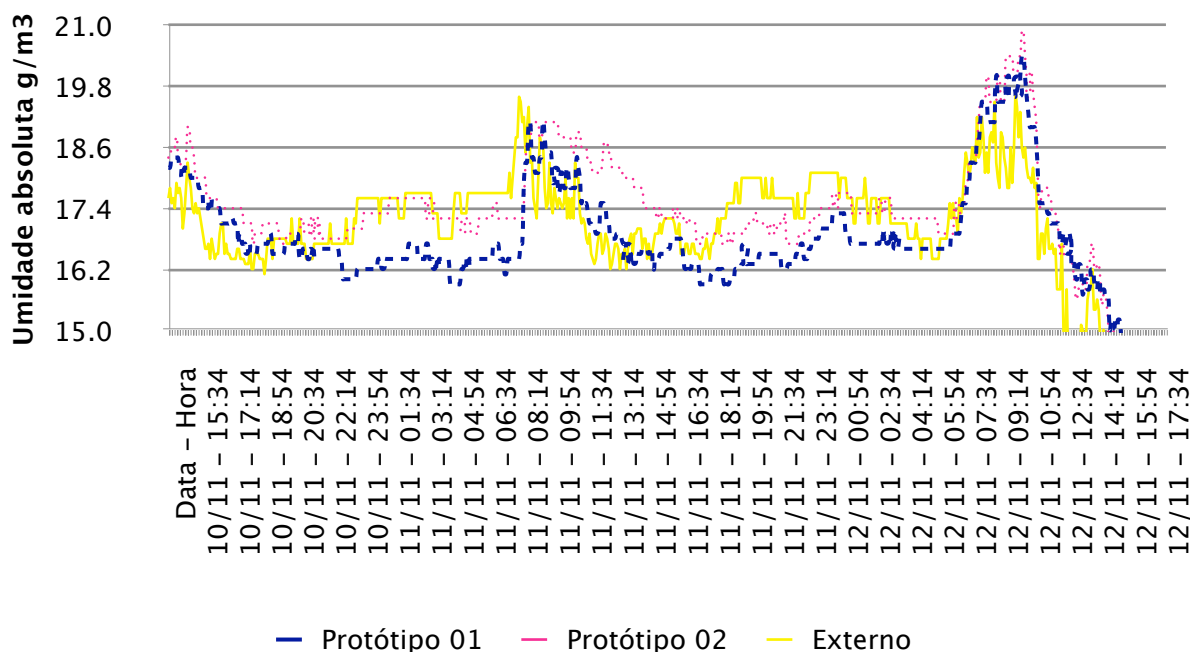


Gráfico 4 - Medições comparativas de umidade absoluta entre telhamento e cobertura vegetal

As medições de umidade absoluta do Gráfico 4 mostram uma grande diferença, com valores ora maiores para cobertura vegetal ora maiores para a de fibrocimento. A maior diferença se deu às 13h e 50min do primeiro dia de medição, com  $1,7\text{g/m}^3$  ou 9,44% a mais no protótipo 02, que apresentou uma menor troca entre o ambiente externo e interno.

Por muitas vezes, as temperaturas do telhado de fibrocimento mantiveram-se abaixo da cobertura vegetal, mas com o aumento da umidade externa, a umidade absoluta no seu interior acompanhou esse aumento, igualando-se ao da cobertura vegetal, cuja curva não acompanhou exatamente os movimentos da curva de umidade absoluta externa. Essa relação mostra que a cobertura de fibrocimento oferece uma maior troca com o ambiente externo, como na medição anterior entre laje e cobertura vegetal.

## 5. CONCLUSÕES

Neste artigo buscou-se medir a diferença entre uma cobertura vegetal, uma cobertura com laje e uma com telhas de fibrocimento. Através dos resultados pode-se notar que a cobertura vegetal não mostrou grande diferença de desempenho higrotérmico, comparando com o sistema de cobertura de fibrocimento.

As medições foram satisfatórias, demonstrando que a cobertura vegetal extensiva, com pouco substrato para torná-la leve, tem um bom desempenho térmico comparando com a cobertura de laje, mas pouca diferença em relação a cobertura com fibrocimento.

Por tratar-se de uma trabalho pioneiro na região de Florianópolis, pode-se dizer que a cobertura vegetal é uma boa opção em reformas de edificações, substituindo a cobertura existente por uma vegetal. Mesmo sem ganhos significativos de desempenho térmico em coberturas com estas configurações, as vantagens do sistema de cobertura vegetal como área permeável no terreno, retenção de água e utilização de materiais com baixo consumo energético fazem uma opção sustentável para edificações.

## 6. REFERÊNCIAS

- DUNNET, N; KINGSBURY, N. "Planting green roofs and living walls". Portland, Oregon: Tiber Press, 2004.
- LIMA, M. P; ARANTES, D; VECCHIA, F. "Avaliação do comportamento térmico de coberturas verdes leves (CVLs) aplicada aos climas tropicais". Disponível em: <[http://www.shs.eesc.usp.br/pessoal/docentes/pesquisas/14/tetoverde/referencias\\_bibliograficas.html](http://www.shs.eesc.usp.br/pessoal/docentes/pesquisas/14/tetoverde/referencias_bibliograficas.html)>. Acesso em: 01 de dezembro de 2006.
- MINKE, G. "Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos". Montevideo: Fin de Siglo, 2004. 85 p.
- MORAIS, C. S. "Desempenho térmico de coberturas vegetais em edificações na cidade de São Carlos – SP". 2004. 100 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- TREBILCOCK, M. E. "Appropriate technologies for the design of green roofs". São Paulo, SP. 1998. 7 p. In: NUTAU, São Paulo, 1998.