

ANÁLISIS TÉRMICO DE CUBIERTA VEGETAL EN DOS MÓDULOS DE ENSAYOS CONSTRUIDOS EN FLORIANOPOLIS - BRASIL.

Alberto Lohmann¹, Fernando Barth².

Laboratorio de Sistemas Constructivos – LABSISCO

Programa de Pos-grado en Arquitectura e Urbanismo – PósArq

Universidad Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis

Tel. 48- 3721 9797 – Fax 48-3721 9550 e-mail: arqlohmann@gmail.com, ferbarth@arq.ufsc.br.

RESUMEN: En este trabajo se muestran los resultados de las mediciones de temperatura y humedad monitoreadas en dos prototipos construidos con placas cementicias de madera mineralizada proveniente de regiones de forestación controlada. Los sensores fueron instalados en prototipos con las mismas dimensiones, siendo uno con cubierta de forjado de hormigón y tejas de fibrocemento, en el otro con cubierta vegetal, orientados hacia el norte. Los análisis comparativos permiten identificar mejoras en el comportamiento térmico del prototipo con cubierta vegetal durante la situación de verano para la región de Florianópolis, sur de Brasil. Estos resultados pueden contribuir al desarrollo de los sistemas de cubierta vegetal para la región y para difundir este sistema constructivo, principalmente en construcciones existentes, sin que se agregue mucho peso en la estructura de la edificación.

Palabras clave: cubierta vegetal, análisis térmico, sistema constructivo.

INTRODUCCION

La cubierta vegetal es un sistema bastante utilizado en la arquitectura vernácula por representar una solución constructiva que protege los ambientes interiores y permite la utilización de la cubierta como jardín. A partir de la mitad del siglo XX, ocurrió un fuerte desarrollo de los sistemas de cubiertas, entre ellos las cubiertas vegetales, donde se obtuvo reducción de peso, mejoras en el aislamiento térmico y su constructividad.

Las cubiertas vegetales pueden ser clasificadas de acuerdo con las especies vegetales empleadas. Las cubiertas vegetales intensivas suelen utilizar diversas especies vegetales de pequeño y gran porte. Según Trebilcock (1998) las cubiertas extensivas en general utilizan especies vegetales rastreras que cubren totalmente el suelo, exigen por ello poca cantidad de tierra lo que permite reducir el peso de la cubierta. En este trabajo fue elegida la cubierta vegetal extensiva en función de su reducido peso, facilitando por ello su aplicación como una alternativa para las construcciones existentes.

Con esto objetivo se buscó en este trabajo construir dos prototipos con dimensiones reducidas, que fueron utilizados como célula-teste para monitorear el ambiente interior. En la construcción fueron empleadas placas cementicias de madera mineralizada (PCM) como encofrado permanente en la producción de pilares, vigas y forjados de hormigón armado. La madera utilizada en la fabricación de las placas PCM son provenientes de forestación controlada y reciben un tratamiento previo con solución mineral. La resistencia térmica determinada por Güths (2006) para una placa PCM de 25mm revocada en una cara es de 0,242 m²K/W.

Las mediciones de temperatura y humedad en los dos módulos de ensayos fueron monitoreadas en situación de verano, para permitir los análisis comparativos de la radiación solar incidente en los dos tipos de cubierta. Los equipos empleados fueron tres sensores de humedad y temperatura, tipo H8-HOBO® (Onset Computer Corporation, 2007) siendo que uno de ellos presenta, además de la medición de temperatura y humedad, dos sensores de temperatura externos incorporados, utilizados para medir los efectos de estratificación del aire interno de la construcción.

Antes de la colocación de la cubierta vegetal los dos módulos de ensayo fueron monitoreados de modo a verificar la uniformidad de desempeño higrotérmico, pues ellos fueron construidos con las mismas dimensiones y materiales. Posteriormente uno de los prototipos recibió la cubierta con teja de fibrocemento y el otro la cubierta vegetal. Las mediciones fueron realizadas simultáneamente durante tres días de cielo despejado, para permitir los análisis comparativos de sus desempeños.

¹ Alumno del Programa de Pos-graduación en Arquitectura e Urbanismo

² Profesor Dr. Coordinador del Laboratorio de Sistemas Constructivos

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS MÓDULOS DE ENSAYOS

El proyecto del módulo de ensayo presenta una superficie construida de 2,05x3,00 m y la cubierta presenta inclinación de 8° y esta posicionada a 2,60m de altura, como muestra la figura 1a y 1b. Las dimensiones son reducidas en función de las restricciones económicas del proyecto. Sin embargo permitió evaluar los desempeños de los ambientes con razonable aproximación a viviendas populares construidas en la región de Florianópolis. Los dos prototipos presentan las cubiertas orientadas hacia el Norte y fueron construidos próximos al Laboratorio de Sistemas Constructivos en la Universidad Federal de Santa Catarina.

El sistema de la cubierta vegetal prevé un forjado de hormigón armado que utiliza placas PCM como encofrados permanentes y distintas capas. Sobre el forjado fue colocada una membrana butílica revestida con aluminio que garantiza la estanqueidad e impide la penetración de las raíces en el forjado. Fue empleada una membrana textil con función de filtrar y evitar la pérdida del sustrato en el desagüe. Sobre esta membrana, fue colocada una capa de 3cm de arena y arcilla expandida con el fin de mejorar el aislamiento térmico y producir cierta absorción y retención de agua, como puede ser observado en la figura 1c. Por fin, fue colocada una capa de 5cm de tierra y 2cm correspondiente al césped obtenido en el propio lugar de la construcción.



Figura 1: a-Planta baja del prototipo; b-Vista lateral izquierda; c-Detalle constructivo de la cubierta vegetal.

En el montaje de los módulos de ensayos fueron utilizadas placas PCM con dimensiones de 100x260cm y 2,5cm de espesor, como muestra la figura 2a. Las placas fueron atornilladas entre si formando una pared doble con 12cm de cámara de aire, permitiendo la construcción de los pilares y vigas en el interior de la pared, conforme muestra la figura 2b. Las paredes fueron pintadas de color blanco, de modo de disminuir la absorción térmica y minimizar los efectos de las paredes en el desempeño de los prototipos. El primer prototipo recibió cubierta de forjado y teja de fibrocemento y el segundo fue revestido con la cubierta vegetal, como muestra la figura 2c.



Figura 2: a-Montaje de las placas PCM; b-Detalle de la armadura de pilar y viga de la cubierta; c-Finalización de los prototipos.

El césped existente en el lugar fue elegido por ser una solución ya adaptada al microclima, además de ser una solución bastante económica que también puede ser utilizada en viviendas populares.

ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Los datos de temperatura y humedad fueron obtenidos por medio de tres sensores, dos de los cuales se posicionaron en el centro de cada módulo de ensayo y el último en el ambiente exterior, protegido de la acción del sol y del viento. Un sensor tipo H8-HOBO® con dos sensores adicionales de temperatura fue posicionado en el interior del prototipo con cubierta vegetal para poder medir las diferencias de temperatura provocadas por el efecto de convección en el aire interior. Las mediciones fueron realizadas entre los días 10 y 14 de octubre de 2007, en un periodo con cielo totalmente despejado.

Las temperaturas exteriores presentaron variaciones entre 20 y 31°C y las medidas de temperatura en el interior de los módulos de ensayos varían entre 22 y 25 °C. En el gráfico de la figura 3, se puede observar que las temperaturas en el prototipo con cobertura vegetal presentaron amplitudes más pequeñas que las observadas en el prototipo con tejas de fibrocemento. También se puede observar un retardo térmico de aproximadamente dos horas, lo que indica un mejor desempeño térmico en función del aumento del aislamiento y de la inercia térmica obtenida con la cubierta vegetal.

Se debe destacar que en la cubierta con teja de fibrocemento existe una cámara de aire, cuyo comportamiento es variable en función del flujo de calor que durante la noche es ascendente y durante el día es descendente. Este cambio en el flujo de calor produce pequeña variación en la resistencia de la cámara de aire. Durante el día, la diferencia entre las temperaturas máximas

en el interior de los dos prototipos fue 1,2 °C más baja en la cubierta vegetal. Durante la noche, la temperatura interior del prototipo con cubierta vegetal fue de apenas 0,4 °C más alta que en el otro prototipo. Así, la amplitud térmica del prototipo con cubierta vegetal es más pequeña que el prototipo con cubierta con teja de fibrocemento. También se puede concluir que la cubierta vegetal es más eficiente con respecto a las temperaturas interiores durante el día que durante la noche.

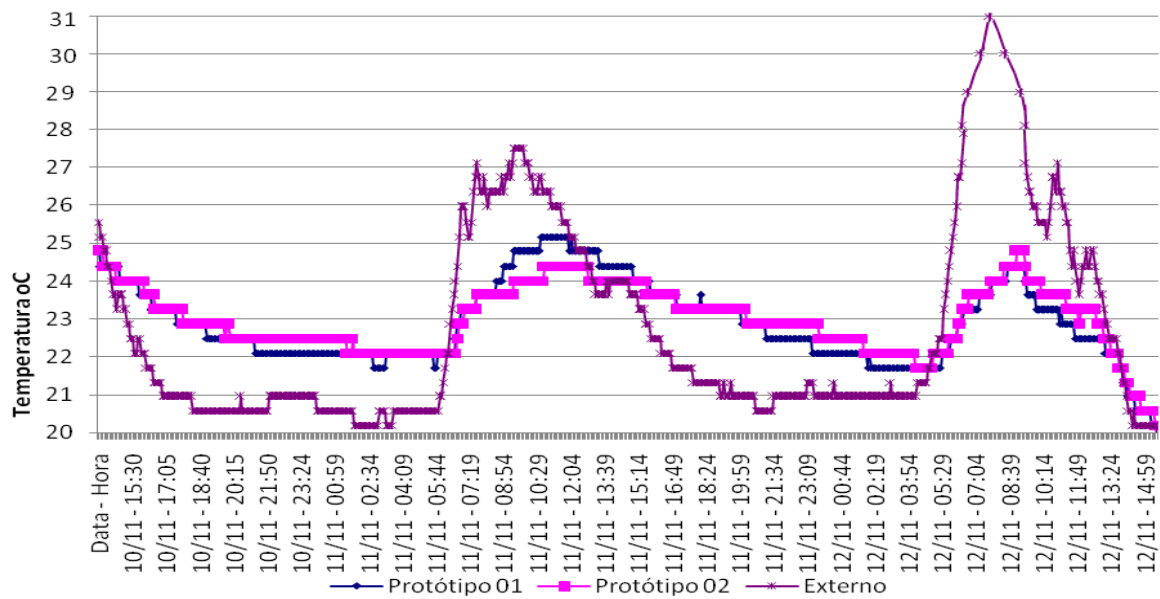


Figura 3: Temperaturas medidas en el interior de los prototipos con tejas de fibrocemento (01) y con cubierta vegetal (02).

Las mediciones de humedades fueron obtenidas con los mismos sensores en el mismo período de las mediciones de temperatura. La humedad absoluta en el interior de los dos prototipos presenta valores diarios bastante variables. Ciertos momentos superan en 1g/m^3 la humedad absoluta del ambiente exterior. En otros momentos los valores medidos en el interior de los prototipos son cerca de 3g/m^3 más bajos que la humedad absoluta del aire exterior. En la figura 4, se puede observar que las humedades absolutas en el interior de los prototipos suelen acompañar las variaciones de la humedad absoluta del aire exterior. Sin embargo, no se puede identificar en este gráfico una influencia determinante de la cubierta vegetal en las variaciones de humedad absoluta en el interior del módulo de ensayo.

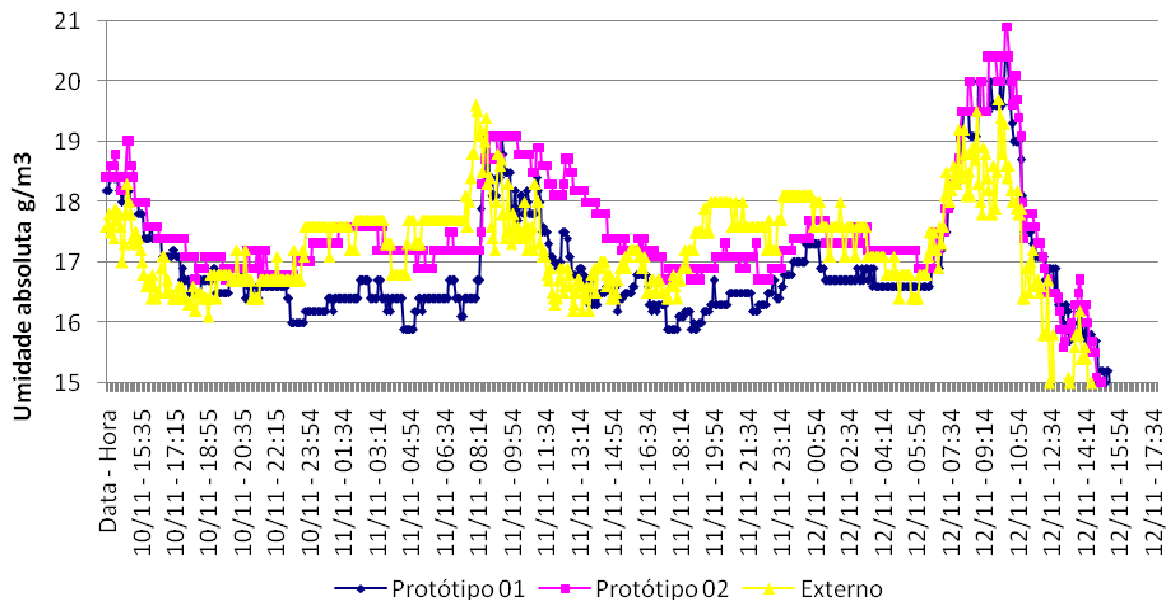


Figura 4: Humedades medidas en el interior de los prototipos con tejas de fibrocemento (01) y con cubierta vegetal (02).

En función de las variaciones de humedad medidas en los módulos de ensayos durante este corto período, se recomienda que en futuras mediciones sean medidas las humedades durante un período más largo de tiempo, para poder identificar si existe una contribución más efectiva de la cubierta vegetal en régimen de humedades absolutas en el aire interior del prototipo.

CONCLUSIONES

La construcción de los dos módulos de ensayos similares permitió realizar simultáneamente las mediciones de temperatura y humedad, a modo de poder comparar la influencia de la cubierta vegetal en el desempeño térmico de los ambientes interiores. De este modo los prototipos fueron utilizados como célula teste para obtener las medidas de temperatura y humedad. El análisis comparativo de las amplitudes de temperatura señala cierta mejoría en el desempeño térmico del prototipo con cubierta vegetal. Este tipo de cubierta incrementa el aislamiento térmico y también aumenta la inercia y consecuentemente, el retardo térmico. En las mediciones de temperatura en el módulo con cubierta vegetal fue posible identificar una atenuación de cerca de 1°C, valor un poco abajo del esperado para este experimento. Probablemente la repetición de estos experimentos en módulos con dimensiones más grandes puede presentar valores de atenuación térmica más significativos.

Los resultados de los análisis comparativos de humedad absoluta en el interior de los dos módulos de ensayos no mostraron de forma suficientemente representativa que haya contribución que la cubierta vegetal pudiera aportar. Entretanto, mediciones en un periodo más largo pueden permitir análisis más profundado del desempeño higrotérmico.

Por tratarse de un trabajo pionero en la región, se puede decir que la cubierta vegetal puede contribuir a la mejora del desempeño térmico de las edificaciones en la región de Florianópolis. Sin embargo, se hace necesario desarrollar los sistemas de cubierta vegetal, a modo de considerar otras variables del micro clima, ampliar la retención del agua de la lluvia en la cubierta y utilizar otras especies vegetales de la región. Estas alternativas pueden ampliar los tipos constructivos empleados en la región y difundir la utilización de las cubiertas vegetales como solución económica para mejorar el confort térmico y reducir el consumo energético de las edificaciones.

REFERENCIAS

- MINKE, G. Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos. Montevideo: Fin de Siglo, 2004. 85 p.
- Onset Computer Corporation. "HOBO® H8 Family: User's Manual". Disponível em: <
http://www.onsetcomp.com/support/manual_pdfs/loggers/2016_G_MAN_HO8.pdf>. Acesso em: 09 de agosto de 2007.
- TREBILCOCK, M. E. Appropriate technologies for the design of green roofs. São Paulo, SP. 1998. 7 p. In: NUTAU, São Paulo, 1998.
- GUTHS, Saulo. Relatório de medição de condutividade térmica. Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas de Materiais- UFSC. 2006. Disponível em: <<http://www.epexind.com.br/certificados.html>>. Acesso em: 09 de agosto de 2007.

ABSTRACT

This paper shows the results of the higro-thermal measurements monitored in two prototypes built with mineralized wooden plaques with cement from regions controlled forestation. Sensors were installed in prototypes with same dimensions, one covered with a concrete roof slab and fibre cement tiles, and the other with green roof, oriented to the north. The comparative evaluation can identify improvements in the thermal behaviour of the prototype with green roof during summer situation in the Florianopolis region, southern Brazil. These results can contribute to the development of green roof systems in the region, spreading this system constructive mainly in existing buildings, without adding much weight in the building structure.

Keywords: green roof, higro-thermal performance and constructive system.