

EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA INTERNA DE UNA CASA DE MADERA EN WOODFRAME: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE ITAPEVA-SP

EVALUATION OF THE INDOOR RELATIVE HUMIDITY OF A WOODEN HOUSE IN WOODFRAME: CASE STUDY AT ITAPEVA-SP CITY, BRAZIL

Juliano Souza Vasconcelos ⁽¹⁾, Victor Almeida De Araujo ⁽²⁾, Carlos M Gutiérrez Aguilar ⁽³⁾,
Juliana Cortez Barbosa ⁽⁴⁾

(1) Engenheiro industrial madeireiro, UFSCar/São Carlos-SP.Brasil.

(2) Engenheiro industrial madeireiro y estudiante de doctorado, USP-ESALQ/Piracicaba-SP. Brasil.

(3) Mg. Diseñador Industrial, docente Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia y estudiante de doctorado, Universidade Federal da Bahia UFBA, Salvador, Brasil.

(4) Dra Profesora Universidade Estadual Paulista - UNESP - Engenharia Industrial Madeireira - Itapeva - SP Brasil.

Dirección de contacto: carlosgutierrez@itm.edu.co

Código de identificación: T7-09

Resumen

La humedad relativa del aire dentro de una habitación es un factor relevante para determinar el confort humano en una edificación. Este estudio evalúa la importancia de la verificación de la humedad relativa interior de construcciones de madera fabricadas con la técnica *woodframe*. La construcción evaluada se encuentra en el campus de Itapeva de la Universidad Estatal Paulista, en el Estado de Sao Paulo. En este estudio se presenta el comportamiento de la humedad en el interior de esta construcción *woodframe* en un período de evaluación ininterrumpida entre abril y diciembre, que comprende 259 días. Los resultados de la humedad relativa media se trataron estadísticamente después de la recolección de los datos realizado por un termo-higrómetro. Este instrumento se inserta dentro de la sala de la construcción *woodframe* durante el período analizado y presenta una humedad relativa interior promedio de 59,0%, con una desviación estándar de 7,8566. La humedad promedio fue comparada con la norma brasileña NBR-16401-2. El análisis de los resultados indica que la humedad relativa obtenida está dentro de la norma. En otros análisis, a través de los índices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la humedad relativa en esta construcción de madera está dentro de la norma ideal. Esta evaluación demostró que, en Brasil, la construcción *woodframe* conserva la humedad relativa interior en un nivel aceptable por la OMS.

Palabras clave: humedad relativa; ambiente interno; construcción en madera; *wood frame*

Abstract

The air relative humidity of an internal room is a relevant factor to determine the human comfort of a building. This study evaluates the importance of the verification of the indoor relative humidity of wooden constructions of wood frame technique. The built environment evaluated is located in the campus of Itapeva of São Paulo State University, at the São Paulo State. In this study is presented the behavior of the indoor humidity in this wood frame building to an uninterrupted evaluation period among April and December, comprising 259 days. The results of this average relative humidity were statistically treated after the data survey realized by a thermo-hygrometer. This instrument was inserted within the room of this wood frame building during this analyzed period, and it presented an average indoor relative humidity of 59.0%, with the standard deviation of 7,8566. Through the average humidity was possible to compare with the Brazilian standard NBR-16401-2. The analysis of the results points out that the relative humidity obtained is within the standard. In other analysis, through the indexes of the World Health Organization (WHO), the relative humidity in this wooden building is within the ideal standard. This evaluation showed that, in Brazil, the wood frame construction preserves the indoor relative humidity in acceptable levels by the WHO.

Keywords: relative humidity; indoor room; wooden building; *wood frame*

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Itapeva, así como otras localidades de gran altitud localizadas en el Estado de Sao Paulo, como Campos do Jordão, Apiaí y Botucatu, puede registrar temperaturas negativas durante el invierno. Otro aspecto de la meteorología que puede ser observado durante estos meses fríos consiste en la inversión térmica, la cual causa la niebla y la neblina. Estos factores contribuyen para la reducción de la visibilidad y la elevación del índice de la humedad relativa del aire. Durante los periodos matutinos este índice puede alcanzar valores mayores al 90%, y en los periodos vespertinos tal índice decrece, pudiendo registrar valores para la humedad relativa de hasta 40%.

La humedad relativa en ambientes cerrados puede influir en la calidad de las actividades que se realizan en estos. Por tal razón, se nota la necesidad de un estudio específico que indique el contenido de humedad relativa interna en las casas, de un modo general.

Como en el Brasil el mercado de casas de madera está en expansión, impulsado por sus ventajas de sustentabilidad, esta evaluación indicará el comportamiento en relación a la humedad para casas de madera de la tipología *woodframe* en la región de Itapeva.

La humedad es una propiedad física que se debe tener en cuenta en una construcción, ya que al tener una humedad alta por largos períodos de tiempo pueden aparecer hongos y moho generando no solo una apariencia negativa a la construcción sino también la posibilidad de contraer enfermedades.

Por otro lado, si la humedad relativa del aire dentro de la habitación es baja (menor al 30%), se pueden ocasionar problemas respiratorios y otras enfermedades.

1.1 Objetivo

El trabajo tiene como objetivo la evaluación de la humedad relativa del ambiente interno de una construcción en *woodframe*, para verificar su calidad, conforme a la metodología determinada por la Organización Mundial de la Salud.

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 Madera

Canadian Wood Council (2004) define que la madera es un material higroscópico y semi-poroso. O sea, absorbe humedad y se hincha cuando las condiciones ambientales son húmedas y libera humedad y se contrae en períodos secos.

Esta habilidad de liberar o absorber humedad busca alcanzar un contenido de humedad que esté en equilibrio con el ambiente alrededor.

Como parte de este proceso natural, la madera puede absorber grandes cantidades de agua antes de alcanzar el nivel de humedad favorable al crecimiento de hongos deterioradores. La variación del contenido de humedad lleva a la madera a sufrir con el encogimiento y/o la hinchazón además del surgimiento de hongos y moho (Canadian Wood Council, 2004). [1]

2.2 Humedad

La humedad influencia fuertemente el desempeño y la durabilidad de los materiales de construcción y, por tanto, la transferencia de la humedad es un aspecto importante para la construcción y manutención de las edificaciones (Çencel, 2009). [2]

ASHRAE (2009) especifica que el contenido de humedad de una muestra de aire está dado como la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco en la muestra. [3]

El aire atmosférico puede ser definido como una mezcla de aire seco y vapor de agua y la presión atmosférica es la suma de la presión del aire seco y de la presión del vapor de agua, que es llamada P_v . El aire puede contener apenas una determinada cantidad de humedad, donde, la razón entre la cantidad real de humedad en el aire y una determinada temperatura es llamada humedad relativa. La

humedad relativa del aire varía entre “cero” para el aire seco, hasta 100% para el aire saturado que no puede contener más humedad. La presión parcial del vapor de agua en el aire saturado es llamada presión de saturación P_{sat} . (Çencel, 2009). [2]

Esta presión de saturación consiste en la presión de ebullición del agua a una temperatura específica.

Así, la cantidad de humedad en el aire es especificada por la expresión:

$$\varphi = \frac{P_v}{P_{sat}} \quad (1)$$

La humedad de un ambiente es el resultado de la cantidad de humedad producida en el interior de la construcción, de la humedad relativa del aire al exterior y de la tasa de cambio del aire proporcionado por el edificio.

La humedad es uno de los factores más importantes para la madera porque ocasiona cambios en la estabilidad dimensional. [4]

En este estudio de caso será discutida la humedad relativa en el interior de una construcción en *woodframe* localizada al suroeste paulista, en Brasil.

Moreto (2006) indica que el municipio de Itapeva se sitúa a una altitud de 684 a 720 metros, con una temperatura media anual de 20,3°C, una precipitación pluviométrica del orden de 1.467,5 mm/año y una humedad relativa del aire de 76%. [5]

2.3 Parámetros de confort

Roriz (1987, *apud* Michaloski 2002) dice que una edificación será considerada confortable cuando atiende simultáneamente a un conjunto de factores tales como: niveles de iluminación, ruido, temperatura del aire, temperatura superficial, humedad relativa, ventilación, funcionalidad, tipo de vestuario utilizado por los usuarios de la habitación, entre otros factores. [6] [7]

La norma brasilera NBR 16401-2/2008 estipula como parámetros ambientales aceptables aquellos susceptibles de producir sensación de confort térmico en 80% o más de las personas de un grupo homogéneo. Se consideran grupos homogéneos de personas aquellas con ropa típica de la estación y ejerciendo actividades sedentarias.

El confort térmico en un determinado ambiente puede ser definido como la sensación de bienestar experimentada por una persona como resultado de la combinación satisfactoria, en ese ambiente, de la temperatura radiante promedio (TRM), la humedad relativa (HR), la temperatura ambiente (TA) y la velocidad relativa del aire (VA) con la actividad realizada allí y con la vestimenta usada por las personas. [8]

La Organización Mundial de Salud determina rangos de confort y de cuidados para que no ocasione daños a la salud humana. Esos rangos comprenden tres categorías: *ideal*, con humedad relativa del ambiente encima del 60%; *estado de atención*, para el rango de 30% a 60%; y, *alerta*, cuando se llegan a humedades debajo del 12%. [9]

Los factores de eliminación del calor del cuerpo humano son influenciados por la temperatura del aire, la ventilación del ambiente y la vestimenta usada por las personas. La baja humedad relativa permite al aire relativamente seco absorber la humedad de la piel rápidamente, y así, conseguir también de forma rápida la eliminación del calor del cuerpo. Lo contrario, también puede ocurrir. [8]

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Composición da sala de madera

De acuerdo con Stamato (2008), las etapas de fabricación de las salas fueron: preparación de la base de hormigón, pre fabricación de las paredes, montaje de las paredes y las cerchas del tejado, instalación de aislante de humedad tipo Tyvek en las paredes externas, fijación de los tableros de

OSB (Oriented Strand Board) como cobertura debajo el tejado, colocación de las mantas de fibra de vidrio y revestimiento de aluminio como aislante térmico y acústico del tejado (Alumisol). Posteriormente vinieron: instalación de las ventanas, instalación de las tejas, revestimiento externo tipo Estuco, instalación eléctrica, instalación de las mantas térmicas tipo *Wallfelt*, fijación de los revestimientos externos en madera de pino tratada tipo *siddings*, aplicación de yeso en las paredes, instalación del piso, pintura de las paredes internas y aplicación del revestimiento de las áreas externas. [10]

En la figura 1 se muestran algunas de las etapas de la construcción de la sala de madera y su composición.



Figura 1: Etapas de la construcción de la sala de madera. Créditos: Guilherme Correa Stamato.

3.2 Obtención de datos de la humedad en las salas de madera en *woodframe*

Después de obtener los datos de la humedad interna de las salas de madera, se hizo el levantamiento de la literatura para comparar con los datos obtenidos y tener información de la influencia de la humedad relativa en los ocupantes de la sala.

En la habitación de *woodframe* fue instalado un termo-higrómetro, obteniendo datos relevantes de humedad relativa interna de la sala. La humedad relativa es registrada e impresa en un disco, con una escala de hora en hora, en tiempo real, con una duración de 32 días (Figura 2). Los datos fueron colectados en los meses de abril hasta diciembre totalizando 259 días.

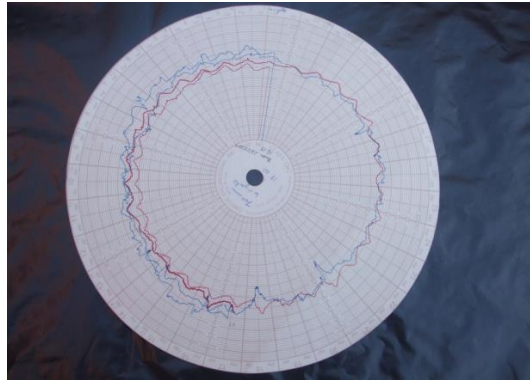


Figura 2: Tarjeta en el formato de disco usado en un termo-higrómetro.

El dispositivo fue colocado en una esquina de la construcción para no perjudicar el funcionamiento del mismo, así como el desplazamiento de los usuarios (Figura 3).

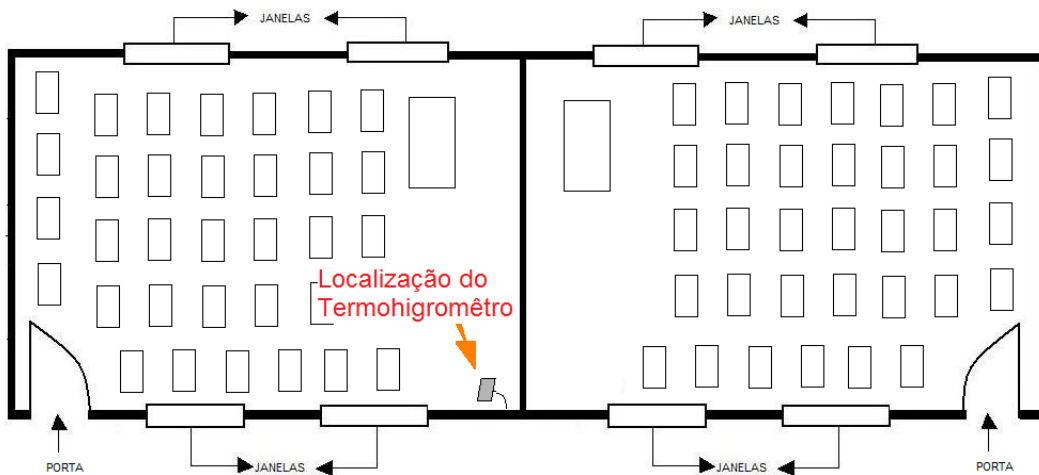


Figura 3: Esquema de la construcción de la sala de madera, representando la localización del dispositivo de medición de la humedad interna y la disposición de los muebles.

La Figura 4 representa el posicionamiento real del equipo en la sala.



Figura 4: Localización del aparato de medición de la humedad ambiente.

Con el equipo se registró en el disco de papel la humedad interna, en % (en azul), como muestra la Figura 5.

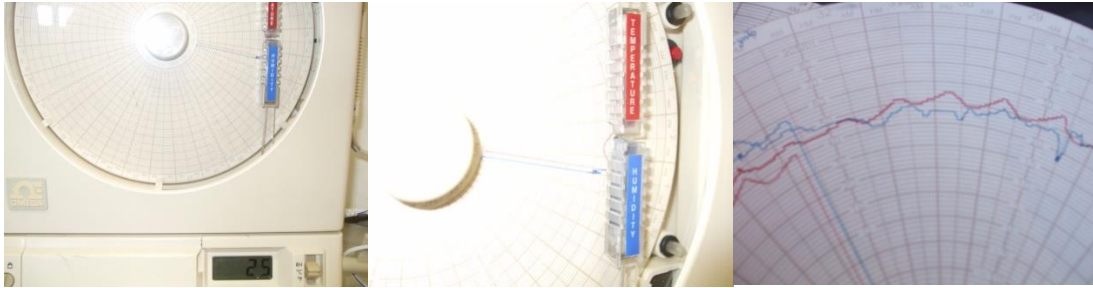


Figura 5: Registro de la temperatura y la humedad interna en el disco de medición del termo-higrómetro

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los valores obtenidos en el disco del termo-higrómetro para la medición de la humedad interna de la construcción de madera en *woodframe* son presentados en la Figura 6. En esta, se observan las curvas de los valores máximo, mínimos y medios obtenidos para la humedad relativa interna, así como los estándares estipulados por la Organización Mundial de la Salud para las condiciones de confort interno dadas por: “ideal”, “estado de atención” y “alerta”.

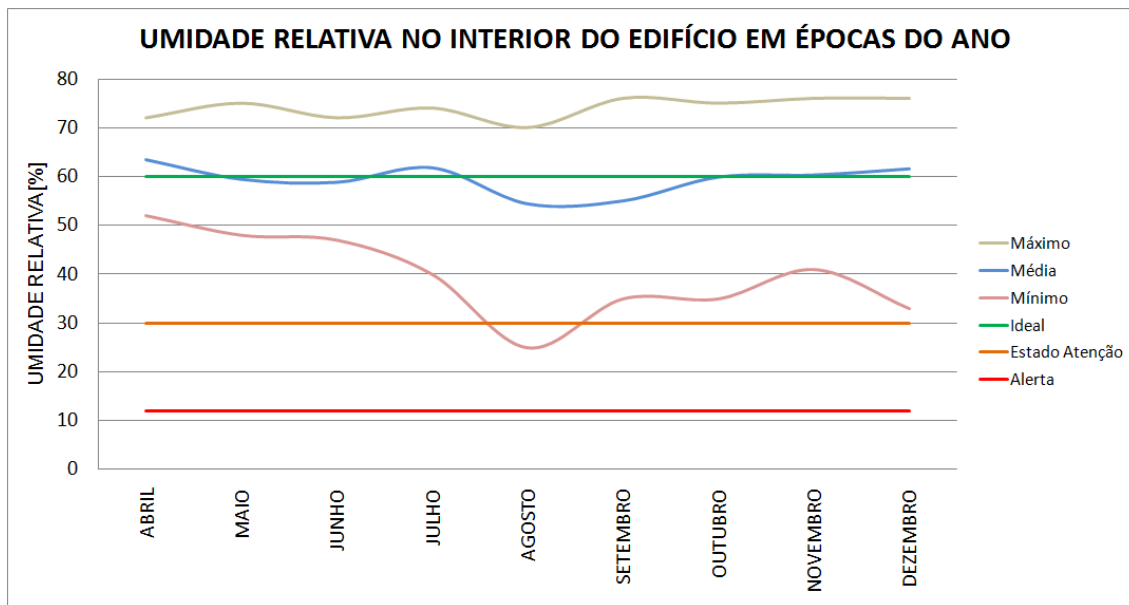


Figura 6: Gráfico con el registro de la humedad relativa interna del aire para el *woodframe* durante el período comprendido entre abril y diciembre.

Por tratarse de una región que está localizada en la zona subtropical, Itapeva presenta gran amplitud térmica y un clima ameno.

En el gráfico queda demostrado que las humedades relativas máximas fueron mayores al 70% y las mínimas tuvieron un registro superior al 30%, con la excepción del mes de agosto, considerado un mes crítico de sequía, dado por una época seca en la mayor parte de Brasil.

La humedad relativa media registrada en esta evaluación demuestra que la edificación de madera está en el rango de 60%, y que, de acuerdo a los estándares de la Organización Mundial de la Salud es ideal para el confort humano sin daños a la salud de los ocupantes de la habitación.

Como se puede observar en la Figura 6, en ningún momento la humedad interna llegó al estado de alerta, indicando que el *woodframe* conserva las condiciones de humedad en niveles aceptables. Esta indicación comprueba que una construcción en *woodframe* también es una buena alternativa constructiva para climas subtropicales, como el de Brasil.

Además de esto, los datos de la humedad media están dentro de la NBR 16401-2/2008 que estipula el rango de 60% a 65%.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen: Profesor Doctor Gustavo Ventorim por el préstamo del termo-higrómetro, Wesley Regly por el auxilio en la colecta y digitalización de los datos obtenidos por el termo-higrómetro.

6. REFERENCIAS

- [1] CWC. Managing Moisture and Wood. Building Performance Series. N. 6. Ottawa, Canadá: Canadian Wood Council, 2004. 12 p.
- [2] Çencel, Yunus A., Transferência de calor e massa: uma abordagem prática. São Paulo, Brasil: McGraw-Hill, 2009. 3 ed. 904 p.
- [3] Ashrae. 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals. Atlanta, Estados Unidos: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009. 983 p.
- [4] Galvão, A. P. M.; Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. IPEF. n 11, p 53-65. 1975.
- [5] Moreto, A. L. R. Características Química, Mineralógica e Tecnológica dos Filitos da Região de Itapeva-SP Empregados na Indústria de Cerâmica. Curitiba, 2006, 106 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná–UFPR. Curitiba: UFPR, 2006.
- [6] Roriz, M. Zona de Conforto Térmico – Um estudo comparativo de diferentes abordagens. São Carlos, 1987. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil: USP, 1987.
- [7] Michaloski, A. O. Avaliação do Desempenho Térmico por Meio de Simulação Computacional de Habitações Populares Implantadas na Vila Tecnológica de Curitiba. Curitiba, 2002, 218 p. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná–CEFET. Curitiba: CEFET, 2002.
- [8] Ruas, Á. C.; Conforto térmico nos ambientes de trabalho. Ministério do Trabalho. FUNDACENTRO. 1999. 97 p.
- [9] <http://www.who.int/en/>
- [10] <http://www.unesp.br/cpa/noticia.php?artigo=3057>