

Avaliação de Desempenho de Painéis em Taipa de Mão: Edificações Experimentais de Habitação 001 e 002 em São Carlos - SP

Performance Evaluation of Wattle and Daub Wall Panels: Experimental Residential Buildings 001 and 002 in São Carlos - SP

Hector Yudi Yokoyama Inafuku, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (Habis USP).

hectoryudi@usp.br

Akemi Ino, Profa. Dra. Do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU USP), Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (Habis USP).

inoakemi@sc.usp.br

Resumo

Entre os anos de 1998 e 1999, duas unidades experimentais de habitação foram construídas na USP São Carlos (SP), com o intuito de pesquisar o uso de tecnologias de baixo carbono em projetos de habitação social. Em ambas as unidades, foram projetados e executados painéis modulares pré-fabricados em taipa de mão como um de seus subsistemas de vedação experimentados, tendo base modular de 75cm e altura de 2,40m, com estrutura de *pinus* serrado. A presente pesquisa, propõe avaliar o desempenho dos painéis com enfoque na durabilidade, a partir da definição e verificação do atendimento de requisitos e critérios de desempenho, considerando características de detalhes projetuais e de implantação. Esta verificação é realizada com a identificação visual das manifestações patológicas, como fissuras, manchas e destacamentos sob a superfície dos painéis, por fotografias da fachada via voo de drone.

Palavras-chave: Taipa de mão; Construção com terra; Avaliação de Durabilidade

Abstract

Between 1998 and 1999, two experimental housing units were built at USP São Carlos (SP) with the aim of researching the use of low-carbon technologies in social housing projects. In both units, prefabricated modular panels were designed and executed in wattle and daub, with a modular base of 75 cm and a height of 2.40 m, using sawn pine as one of their experimental sealing subsystems. This research proposes to evaluate the performance of the panels with a focus on durability, by defining and verifying the fulfillment of performance requirements and criteria, considering design and implementation detail characteristics. This verification is established through the visual identification of pathological manifestations, such as cracks, stains, and detachment on the surface of the panels, using photographs of the facade taken by drone flights.

Keywords: *Wattle and Daub; Earth construction; Durability Evaluation*

1. Introdução

Entre os anos de 1998 e 1999, na Universidade de São Paulo, Campus São Carlos (SP), foram construídas duas Unidades Experimentais de Habitação, como parte da pesquisa “Habitação Social: Concepção Arquitetônica e Produção de Componentes em Madeira de Reflorestamento e em Terra Crua”, financiado pela FAPESP (Proc. 95/9716-9) [1].

A construção desses edifícios teve como objetivo pesquisar o uso de tecnologias de baixo carbono em habitação social, seus processos construtivos no canteiro de obras e o desempenho desses sistemas ao longo do tempo. As duas Unidades Habitacionais, 001 (1999) e 002 edificada primeiro em 1998 (Figura 1), foram construídas utilizando um sistema estrutural de pilares e vigas em eucalipto serrado associado a três tipos de sistemas de fechamento: terra-palha, taipa de mão e colchão de ar.



Figura 1: Unidades Experimentais de Habitação 001 (Esquerda-vista leste) e 002 (Direita-vista oeste)
Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

A “taipa de mão”, também conhecida como "taipa de sapo" e "pau-a-pique", de acordo com a Rede Ibero Americana de Arquitetura e Construção com Terra (PROTERRA), se enquadra como uma “técnica mista”, terminologia esta utilizada para identificar as técnicas que tem como princípio a presença de um sistema estrutural, o entramado, sendo de madeira ou bambu, que suporta o enchimento e revestimento de terra (GARZÓN, 2011) [2]. Por se tratar de uma técnica que apresenta matéria prima abundante, não gerar resíduos na ausência de componentes industrializados, requer baixa energia e ter baixa emissão de carbono para a sua produção, (JOAQUIM, 2015) [3], ambientalmente, a técnica mista pode ser considerada uma técnica sustentável e uma alternativa para o setor da construção civil.

A técnica mista foi utilizada em ambas as Unidades Habitacionais a partir de painéis pré-fabricados. Na Unidade 001, foram experimentados painéis medindo 3,00 x 2,40m e 1,50 x 2,40m, de pilar a pilar, com a interface (painel-pilar) preenchida com resina de mamona (Figura 2). Na Unidade 002, foram utilizados quatro painéis modulares medindo 0,75 x 2,40m para preencher o vão de 3m. A interface (painel-pilar e painel-painel) em junta seca foi resolvida colocando mata-juntas (2,5 x 5,0 cm) em ripas de madeira (Figura 3).

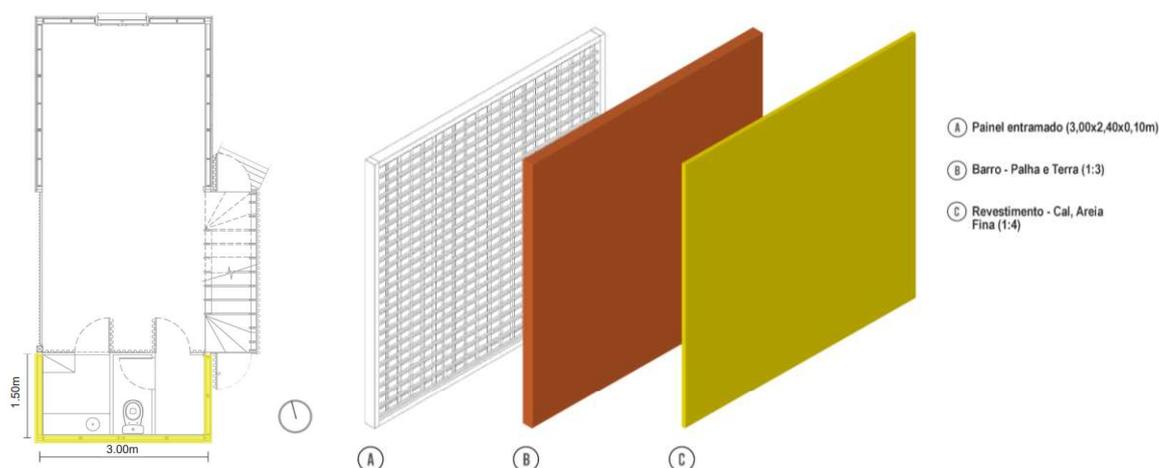


Figura 2: Planta e detalhamento dos painéis em taipa de mão da Unidade 001 (Nomads) Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

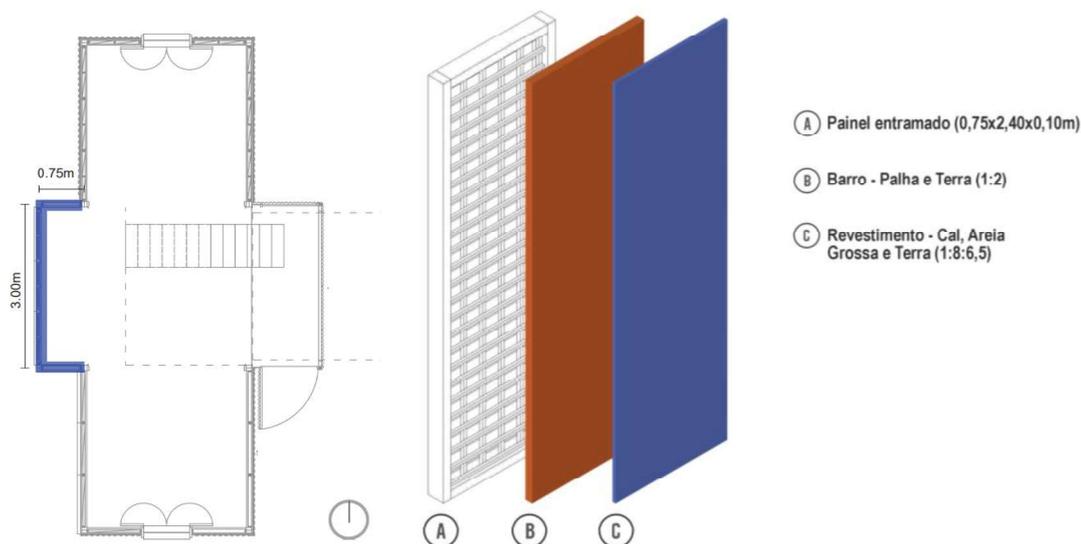


Figura 3: Planta e detalhamento dos painéis em taipa de mão da Unidade 002 (Habis) Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

Como proposto inicialmente em 1995, este artigo tem como objetivo avaliar a durabilidade dos 9 painéis aplicados na Unidade 001 e dos 18 painéis modulares utilizados na Unidade 002, ambas empregando a taipa de mão.

Assim como qualquer outro sistema construtivo, a taipa de mão prescinde durante todo o processo de construção, atenção a seus detalhes construtivos como proteção contra as ações do tempo e de características de implantação para que após a sua ocupação, as edificações mantenham a sua funcionalidade e durabilidade (LOPES, 1998) [4]. Portanto, a análise feita nesta pesquisa não considera os painéis como objetos isolados, mas tendo em vista a relação entre as características específicas de projeto, produção, operação e manutenção do edifício como elementos fundamentais para a compreensão de seu desempenho em durabilidade.

2. Procedimentos Metodológicos

A metodologia utilizada foi adaptada de Souza (1981) [5] seguindo as seguintes etapas:

- a) Identificação da Exigência de Usuário;
- b) Caracterização das edificações e suas condições projetuais;
- c) Caracterização das condições de exposição (implantação);
- d) Estabelecimento dos requisitos (qualitativos) e dos critérios de desempenho (quantitativos) a serem atendidos;
- e) Desenvolvimento de planilhas de identificação das manifestações patológicas e análise de suas possíveis causas;
- f) Avaliação do desempenho com verificação do atendimento dos requisitos e critérios estabelecidos.

Dentre as diversas exigências do usuário aplicáveis a edificações listadas pela ISO/DO 6241, que servem como base para a avaliação de desempenho no método de SOUZA (1981) [5], a definida para a presente pesquisa foram as Exigências de Durabilidade.

Para compreender o desempenho dos edifícios ao longo de sua vida útil, é necessário elencar o conjunto de ações que atuam sobre eles, assim como essas se relacionam com suas particularidades de projeto. Os respectivos dados foram coletados a partir de visitas técnicas acompanhadas da constante leitura e revisão dos relatórios de pesquisa elaborados entre 1996 e 2000 para a FAPESP (Proc.95/9716-9), que descrevem detalhadamente as etapas de construção, estabelecendo a caracterização dos edifícios, seu design e condições de exposição.

Para avaliar a durabilidade dos painéis de técnica mista dos dois edifícios, foram definidos requisitos (qualitativos) e critérios (quantitativo) a serem atendidos.

Os requisitos estabelecidos se constituem a partir da integridade do revestimento, sendo inadmissível a presença de frestas entre os painéis e a estrutura principal de madeira, desprendimento do reboco expondo a estrutura interior do entramado e a presença de fissuras, sendo o critério admissível para a presença de frestas e fissuras de que sejam inferiores a 1mm de espessura

A verificação dos critérios e requisitos é realizada por uma análise visual das manifestações patológicas, incluindo fissuras, manchas e desprendimentos. Para isso, modelos fotogramétricos das edificações foram desenvolvidos a partir de fotografias das fachadas por meio de voos de drone. Para esta pesquisa, um drone de modelo "Dji Mavic Air 2" (Figura 4) foi pilotado com autorização da prefeitura do campus.



Figura 4: Drone Mavic Air 2 capturando as fachadas da Unidade 001 Unit (Esquerda), Foto capturada (Direita). Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

A fotogrametria foi elaborada utilizando o software de processamento de nuvens de pontos *Agisoft Metashape Pro* e posteriormente editada no software *Cloud Compare* (Figura 5) no Laboratório de Desenho Digital do Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU-USP).

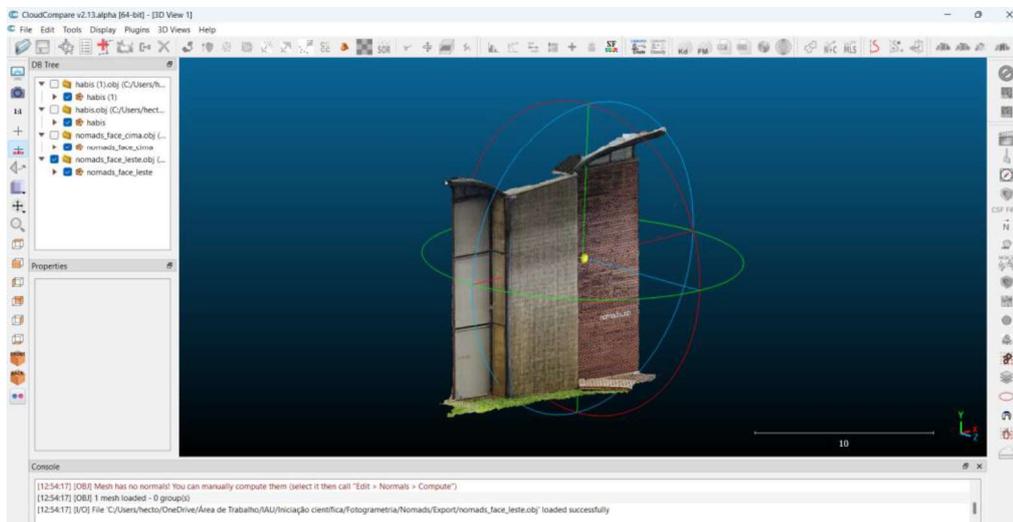


Figura 5: Modelo tridimensional da face Leste do 001 no software Cloud Compare. Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

Por fim, foi desenvolvido uma planilha de identificação das manifestações patológicas, levantadas durante a pesquisa, juntamente com todos os dados coletados de implantação e de projeto. Cada painel passou então pelo processo de verificação e classificação com base no atendimento ou não aos requisitos e critérios definidos.

3. Resultados

Um dos produtos da pesquisa é a planilha de identificação de patologias, que além dos registros dos defeitos observados em cada fachada, contém dados sobre o edifício a ser avaliado, como sua localização, planta baixa e perspectiva. A planilha também contém a caracterização do projeto do painel com sua composição em camadas (Figura 6 e 7).



Figura 6: Fichas de Identificação de Manifestações Patológicas da Unidade 002 Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

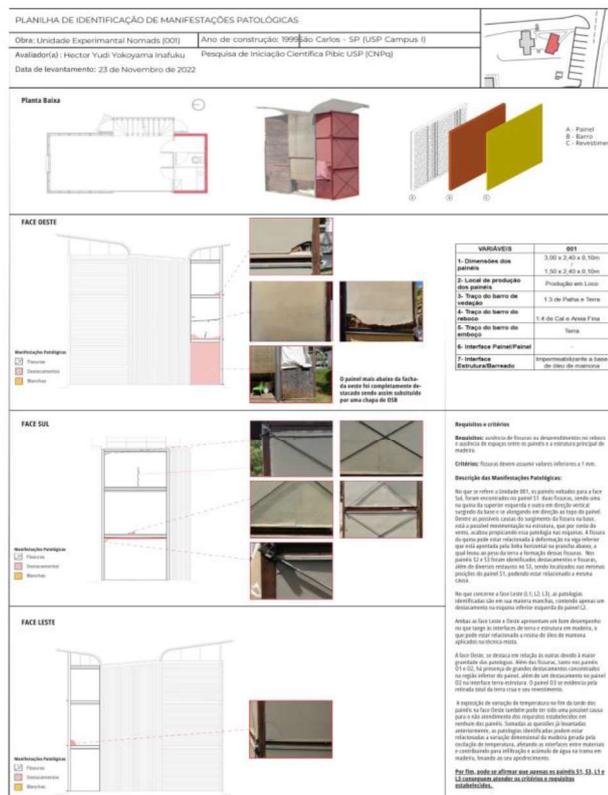


Figura 7: Fichas de Identificação de Manifestações Patológicas da Unidade 001 Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

A Unidade 002, de 2 pavimentos, conta com 12 painéis modulares de 0,75 x 2,40m e 6 de 0,75 x 0,30m posicionados nas faces Norte, Oeste e Sul (Figura 2).

A Unidade 001, de 3 pavimentos, apresenta um total de 9 painéis inteiros com as dimensões: 3,00 x 2,40m na face Sul; 1,20 x 2,40m nas faces Leste e Oeste.

Dos nove painéis avaliados do 001, quatro atenderam todos os requisitos e critérios estabelecidos, sendo dois situados na face Sul e dois na face Leste. Os 3 painéis da face Oeste não atenderam aos requisitos.

No 002, do total de 18 painéis avaliados, apenas quatro atenderam os requisitos e critérios definidos, sendo três presentes na face Sul e um na face Norte. Os painéis da face Oeste, foram completamente destacados, a parede do pavimento inferior foi substituída por vedação em chapa OSB sobre o quadro de madeira serrada.

4. Análises dos Resultados

Em uma análise comparativa, as dimensões e a quantidade de manifestações patológicas do 002 foram significativamente maiores, tendo 6 manchas, 13 fissuras e 14 destacamentos, em contraposição ao 001, com 5 manchas, 6 fissuras e 5 destacamentos (Tabela 1). Ao todo, apenas 22% dos painéis do 002 atenderam aos critérios e requisitos estabelecidos, enquanto que no 001 foi de 44%.

Tabela 1: Síntese da Avaliação de Desempenho dos painéis de taipa de mão das Unidades 001 e 002

Edificação	Painéis Avaliados	Manifestações Patológicas			Painéis que atendem os Critérios e Requisitos
		Manchas	Fissuras	Destacamentos	
001	9	5	6	5	4 (44%)
002	18	6	13	14	4 (22%)

Fonte: Elaborado pelos Autores (2022)

A avaliação dos painéis das unidades experimentais após os 25 anos de exposição sem manutenção, indica que as fachadas Sul e Leste da Unidade 001 e a fachada Sul da Unidade 002 tiveram desempenho aceitável, sem manifestações patológicas identificadas, o que indica a importância da orientação em relação ao sol.

A durabilidade da taipa de mão depende muito da execução e do detalhamento construtivo bem feito das interfaces entre os painéis e o barro. Sendo a umidade o principal fator de deterioração da taipa (LOPES, 1998) [4], o destacamento quase total da fachada Oeste da Unidade 002 está relacionada à solução adotada em painéis modulares de 75cm com as juntas dos quadros expostas e coberto com uma mata-junta em ripa de madeira. Com a exposição à alta radiação solar e as variações dimensionais ocorridas na madeira ocasionaram a infiltração e acúmulo de água de chuva, provocando o início do apodrecimento da madeira da trama, e consequente perda da sustentação causando o destacamento da terra.

Desta forma pode-se concluir que a principal causa da diferença de desempenho entre as duas edificações esteja relacionada à adoção de painéis modulares de 75cm com os quadros expostos, o que difere da solução de painel único de 3m vedando o vão total de pilar a pilar, a solução adotada para Unidade 001.

Outro aspecto a ser destacado na Unidade 001 foi o uso da resina de mamona na interface entre o revestimento e o pilar, um componente flexível que possibilitou absorver a dinâmica das alterações dimensionais distintas dos dois materiais, evitando o surgimento das frestas entre o painel (terra) e o pilar de madeira, garantindo o bom desempenho ao longo de 25 anos.

5. Considerações Finais

A técnica-mista, apesar de apresentar inúmeras qualidades em termos econômicos, técnicos, sociais e ambientais, assim como qualquer outro processo construtivo, é imprescindível o planejamento prévio, em que seja realizado um estudo de implantação e análise da viabilidade técnica visando o melhor desempenho, durabilidade e funcionalidade da edificação (LOPES, 1998) [4].

Após cerca de vinte e cinco anos de uso, a pesquisa que gerou as Unidades Experimentais de Habitação 001 e 002 continua como objeto de pesquisa, permitindo inúmeras investigações sobre o desempenho dos 5 subsistemas (estrutura, vedação, esquadrias, cobertura e instalações) como foi proposto no projeto de Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes da FAPESP. Cabe destacar que os fatores das condições de exposição foram cruciais para o desempenho das técnicas-mistas no subsistema de vedação. Para isso, na etapa de projeto, é imprescindível que sejam elaborados instrumentos, técnicas e processos construtivos que permitam garantir que as paredes em taipa de mão apresentem a durabilidade e desempenho desejado, considerando as condições de exposição que serão expostas.

Compreendendo a taipa de mão como uma técnica ainda muito estigmatizada, sendo muitas vezes associada a ‘pobreza e insalubridade’, pelo senso comum, o estudo científico sobre esta técnica tradicional permite contribuir para o combate a essas percepções prejudiciais e equivocadas e abrir novas perspectivas para mudança necessária na construção civil, que buscam soluções mais sustentáveis e menos predatória.

Referências

- [1] INO, Akemi; SHIMBO, Ioshiaqui; TRAMONTANO, Marcelo. Projeto Jovens Pesquisadores Proc. FAPESP nº 95/9716-9, "Habitação Social: Concepção Arquitetônica e Produção de Componentes em Madeira de Reflorestamento e em Terra Crua". 2000.
- [2] GARZÓN, Lucía Esperanza. "Técnicas mistas". **Técnicas de construção com terra**, Bauru - SP, Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011. Disponível em: <<https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>>
- [3] JOAQUIM, Bianca dos Santos. "TERRA E TRABALHO: O lugar do trabalhador nos canteiros de produção da Arquitetura e Construção com Terra". Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Carlos, 2015
- [4] LOPES, Wilza Gomes Reis; INO, Akemi. Taipa de Mão no Brasil: Levantamento e análise de construções. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Carlos, 1998
- [5] SOUZA, Roberto de. Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, São Paulo, 25 a 28 de Outubro de 1981. Anais... São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981, v1 p 247-256
- [6] INAFUKU, Hector Yudi Yokoyama. "Avaliação de Desempenho de painéis em Taipa de mão: Edificações Experimentais de Habitação 001 (Nomads) e 002 (Habis)". In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA USP - SIICUSP, São Carlos, Universidade de São Paulo, 2023.