

---

## **RELATÓRIO DE ACESSORIA TÉCNICA DE APOIO AO PROJETO DE PRESERVAÇÃO E RESTAURO DO MUSEU HISTÓRICO E PEDAGÓGICO DAS MONÇÕES, EM PORTO FELIZ-SP.**

### **1. Introdução**

Ainda hoje, quando os profissionais da área se deparam com a necessidade de restauração de patrimônio edificado em terra, carecem de informações precisas sobre os procedimentos mais adequados a serem tomados. Nos trabalhos publicados sobre o restauro de arquitetura e construção com terra, três aspectos se destacam: definição do material a ser utilizado, compreensão do sistema construtivo e, sempre, a teoria a ser adotada.

Na área da preservação e restauro, a água é um dos principais agressores das edificações em terra. Apesar da simplicidade dos sistemas construtivos no momento da construção, a preservação e restauração da edificação de terra, sob o ponto de vista da técnica, é bastante exigente, pois a terra é um material de grande complexidade devido ao comportamento físico-químico diversificado dos seus argilominerais e, no sistema construtivo da taipa, existe a dificuldade técnica na repetição da execução dos moldes. Isto implica na necessidade de muita investigação e muito cuidado nos procedimentos de intervenção em patrimônios arquitetônicos de terra.

A principal característica física da terra para análise da taipa é sua distribuição granulométrica. De maneira genérica, os solos mais indicados para a taipa de pilão são os arenosos. Entretanto, mesmo para solos com distribuição granulométrica semelhantes, têm-se grande variabilidade de resultados que pode ser atribuída principalmente às características da argila e, em alguns casos, a classificação da areia. Ao analisar a distribuição granulométrica do solo, além de observar a quantidade de areia e de finos, que é a soma das quantidades de silte e argila, para discernir sobre sua apropriação, também deve ser verificada a distribuição de sua curva granulométrica, pois é ela que irá indicar a possibilidade de uma maior massa específica.

Para a análise química do material, visando sempre a compatibilidade no caso de intervenção restaurativa que venha a repor o material ou mesmo reconstruir novos painéis engastados aos remanescentes é necessário serem feitos os ensaios de identificação e da quantidade de aglomerantes. Também, a

dependendo do projeto, deverá ser feita a determinação do argilomineral predominante por meio do ensaio como a difratometria de raios-X ou outros métodos que possibilitem tal caracterização.

## **2. Escopo**

O objetivo desse relatório é determinar o atual estado de conservação das taipas de pilão que sustentam o segundo pavimento e determinar a necessidade e o grau de interferência no restauro desses elementos.

## **3. Termos e definições**

Para os efeitos deste relatório, aplicam-se os seguintes termos e definições.

### **a. Taipa**

Técnica construtiva de compactação de terra umedecida, em camadas sucessivas, verticalmente, dentro de fôrmas removíveis, com o auxílio de compactador. Podem ser adicionados proporções de estabilizantes em que a terra permaneça como matriz e permitam atender às exigências determinadas.

### **b. Parede estrutural**

Elemento laminar vertical de fechamento e de divisão da edificação capaz de suportar o peso próprio e as demais cargas atuantes na edificação, sejam acidentais ou permanentes.

### **c. Parede de vedação**

Elemento laminar vertical de fechamento e de divisão da edificação sem função estrutural.

### **d. Terra**

Solo extraído com características físicas e químicas apropriadas para a construção.

### **e. Aglomerante**

Material usado para melhorar o desempenho da taipa quanto aos parâmetros de engenharia.

### **f. Massa específica aparente seca**

Relação entre a massa seca (kg) e o volume total ocupado pela terra compactada (m<sup>3</sup>).

---

g. Sistema de fôrma

Conjunto composto por fôrmas, estrutura de suporte provisória e peças complementares com a função de conformar a mistura a ser compactada.

#### **4. Arquitetura de terra**

Arquitetura e construção com terra é o termo empregados para designar toda edificação em que o solo é o principal material da edificação. Para fazer uma construção com terra, o solo deve ser estabilizado com adição de materiais aglomerantes e/ou por meio de esforços físicos. No Brasil, ao longo de toda sua história, os sistemas construtivos com terra mais usados são adobe, pau a pique e taipa de pilão ou simplesmente “taipa”. O uso de cada sistema está diretamente ligado ao desenho da edificação, ao tipo de solo disponível, ao clima e à cultura construtiva de cada região.

A arquitetura e construção com terra têm uma longa história. Monumentos construídos com esse material, em diferentes momentos históricos e com as mais diversas técnicas, resistem ao tempo em todos os continentes. No Brasil existem algumas obras do século XVII, como as poucas partes restantes da muralha de Salvador e muitos edifícios construídos nos séculos XVIII e XIX, como a Igreja de Nossa Senhora da Ajuda em Itaquapecetuba e a Capela de Nossa Senhora da Ajuda em Guararema.

Fica claro que as construções com terra têm importante papel na história da arquitetura e, portanto, na história da técnica das construções no Brasil. Mais ainda, essa arquitetura, que gerou importantes monumentos, tem grande valor para a memória do povo brasileiro e, mesmo hoje, faz parte da cultura construtiva em alguns lugares do Brasil.

A taipa é um sistema em que a terra é estabilizada por compactação e, na maioria das vezes, com acréscimo de algum aglomerante que melhore as características do material compactado. O processo consiste em extrair e destorroar a porção necessária de solo, secá-lo ao ar e misturar, se for o caso, com o aglomerante. Acrescenta-se água à mistura até a umidade de compactação, coloca-se essa mistura dentro de um sistema de forma (Figura 1) para, finalmente, compactar até a massa específica aparente seca ideal, usando pilões manuais ou, atualmente, compactadores mecânicos.

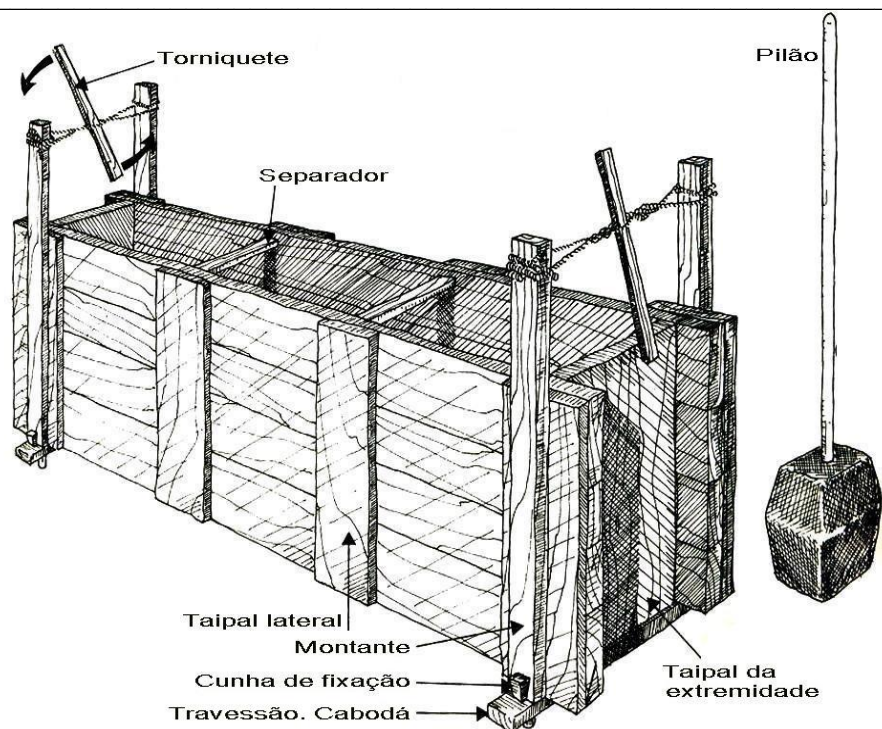


Figura 1: Sistema histórico de forma para taipa denominado de taipal.

Para alcançar a melhor qualidade numa estrutura de taipa, é necessário conhecer o solo usado, os materiais aglomerantes, a fôrma e o processo de compactação que será empregado. Na construção, deve ser controlada não apenas a umidade, mas também a energia de compactação, para que se atinja a compacidade ideal. Esses cuidados melhoram a qualidade do elemento construído.

Outro ponto de suma importância é compreender as características de sistema construtivo para que esse atinja seu melhor desempenho no desenho da arquitetura. A taipa possui alta resistência à compressão, baixa resistência à tração, pequeno módulo de elasticidade e isotropia transversal.

No restauro, o conhecimento sobre o sistema construtivo, sobre o solo utilizado e sobre o aglomerante com o qual foi feita a mistura precisa ser ainda maior. É indispensável estudar os agentes e as causas do processo de degradação antes de qualquer medida de preservação. No caso de elemento estrutural, é preciso verificar, principalmente, a tensão ao qual esse está submetido. Somente assim, independentemente da escola de restauro adotada no projeto, é que se poderá chegar a bons resultados.

---

## 5. Solo

O solo resulta de uma combinação de diferentes materiais de origem, características diferenciadas de relevo, climas diversos, ação de distintos organismos e diferentes tempos de exposição às intempéries. Algumas vezes, um fator tem maior influência sobre a formação do solo do que os outros. Contudo, todo solo é, em geral, resultante da ação combinada de todos os cinco fatores de formação.

O solo precisa ser classificado para que se possa, assim, explorar suas propriedades e ser usado de maneira mais adequada, tanto para a arquitetura de terra contemporânea como para a restauração de monumentos arquitetônicos. É importante que se faça tanto a classificação física, referente à granulometria, como a classificação mineralógica.

Os minerais que determinam as características do solo podem ser classificados como primários ou secundários. Os minerais primários herdados da rocha constituem a maior parte das frações silte e areia. São em geral silicatos, principalmente quartzo e feldspato, além de minerais acessórios: turmalina, zircão, ilmenita etc. Os minerais secundários são formados no decorrer da alteração, são representados essencialmente pelos argilo-minerais.

## 6. Metodologia

Para a análise dos elementos em arquitetura de terra foram feitas duas visitas técnicas e retirada amostra do material constituinte da taipa para caracterização do solo e determinação do peso específico e sua correlação com parâmetros de engenharia.

A terra usada na construção das taipas foi analisada por meio de caracterização físico-química feita no Laboratório do Departamento de Ciência do Solo – ESALQ - USP. A distribuição granulométrica dessa amostra, como apresenta a tabela 1, demonstra que as taipas do monumento foram construídas com ótimo conhecimento técnico empírico, com quantidades adequadas de grossos e finos e boa distribuição das quantidades de tamanhos de partículas para atingir a necessária compacidade do material e consequentemente bom desempenho da taipa.

Tabela 1: Análise física do solo constituinte da amostra de taipa.

Partículas	Percentuais
Areia Muito Fina	6,9%
Areia Fina	25,5%
Areia Média	17,4%
Areia Grossa	2,5%
Areia Muito Grossa	0,1%
Areia Total	52,4%
Argila (c/ disp)	27,6%
Silte	20,0%

O solo usado no fabrico das taipas e do pau a pique devem ser comparados com solo coletado do terreno junto a edificação, evitando-se as áreas de aterro e de Horizonte A Antrópico por meio de caracterização físico-química. É esperado que sejam o mesmo solo, com iguais características, ou seja, que o solo usado na construção dos elementos em terra foi extraído do próprio canteiro de obra, o mais comum e racional para construções em terra da época. Caso isso seja comprovado, esse resultado indica que ao serem feitas complementações e consolidações dos elementos em terra, seja usado o solo do Horizonte B do terreno adjacente ao monumento.

A Caracterização química da amostra, apresentada na tabela 2, devido as baixas quantidades de Cálcio e Magnésio, indica que provavelmente o solo não foi estabilizada com o uso de cal magnesiana ou dolomítica, o que diminui a expectativa quanto aos resultados do desempenho da taipa.

Tabela 2: Análise química do solo constituinte da amostra de taipa.

Determinações	Quantidades
pH CaCl <sub>2</sub>	3,9
M.O. Colorimétrica g.dm. <sup>-3</sup>	6
P Resina mg.dm. <sup>-3</sup>	9
K Resina mmolc.dm. <sup>-3</sup>	2,7
Ca Resina mmolc.dm. <sup>-3</sup>	7
Mg Resina mmolc.dm. <sup>-3</sup>	6
H+Al SMP mmolc.dm. <sup>-3</sup>	42
SB mmolc.dm. <sup>-3</sup>	15,7
CTC mmolc.dm. <sup>-3</sup>	57,7

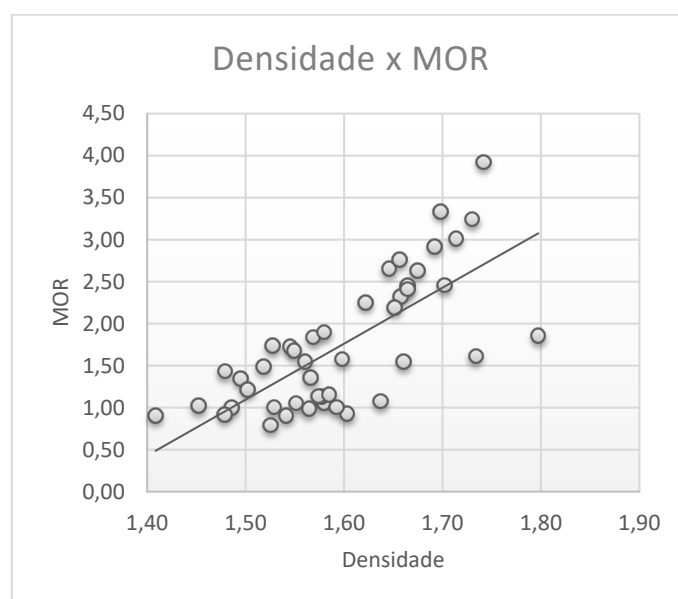
Para a comprovação da hipótese do solo não ser estabilizado com aglomerante na construção do monumento deverá ser feito o ensaio simples de argamassa. O traço provável apontado nessa análise indicará a mistura que deverá ser usada no preenchimento de lacunas das taipas.

Para mensuração da resistência das paredes de taipa foi verificada, junto ao Laboratório do Departamento de Ciência do Solo – ESALQ – USP, as densidades apresentadas na tabela 3. No cálculo da tensão devem ser considerados a área de influência do piso, a carga das paredes de taipa de mão do segundo pavimento (o peso específico das paredes de taipa de mão são aproximadamente 1,6 kg/cm<sup>3</sup>) da área de influência da cobertura, somado ao peso próprio da taipa.

Tabela 3: Densidades e densidade média da amostra de taipa.

Identificação	Ds(g/cm <sup>3</sup> )
CP 1	1,79
CP 2	1,81
CP 3	1,79
Média	1,80

Ao estabelecer a correlação entre a densidade média e a resistência a compressão de paredes de taipa de pilão usando dados publicados, apresentados no Gráfico 1, foi verificada que a resistência a compressão das taipas do monumento deve estar próxima de 22 kgf/cm<sup>2</sup>.



---

## Conclusões

Na visita realizada no dia 26 de outubro, devido a todos os panos internos e externos do monumento serem rebocados, não foi possível ser verificado a existência de trincas na taipa. Os desaprumos constatados estão presentes desde a última aplicação de reboco, pois esse apresentava poucas trincas.

A perda da seção do frechal e de suas sambladuras, consumidos por xilófagos, causam um momento fletor na base das paredes de taipa, provavelmente, são a causa do desaprumo desses elementos.

Na visita realizada no dia 23 de novembro, quando foi retirado o reboco de alguns panos, foi possível constatar a presença de grandes trincas nas taipas. Todavia todas as trincas observadas parecem ter ocorrido a muitos anos, preenchidas com cacos cerâmicos, típico do período colonial, e, portanto, não terem causado a perda da capacidade de sustentação das taipas.

Apesar de provavelmente não terem sido estabilizadas com cal, as taipas do monumento foram bastante bem construídas. Isso é perceptível pelo padrão das espessuras das camadas, sempre em torno de 10 cm, o que mostra um controle do grau de compactação durante a execução da obra. Tal cuidado também é perceptível na compactação feita com o pilão em cunha, uma técnica que aumenta o adensamento do material e cria uma maior superfície de contato entre as camadas.

Fica claro que o monumento sofreu diversas reformas desde sua construção. Nessas reformas foi alterado o desenho da fachada frontal e provavelmente a configuração da estrutura original em taipa com a inserção de diversos elementos estruturais e arquitetônicos.

Fica claro também que a principal causa dos problemas presentes nas taipas, assim como nas estruturas de madeira foram as infiltrações ocorridas, e ainda presentes, durante o longo período de existência do monumento sem a devida manutenção.

Feitos os preenchimentos das lacunas para a reconstituição da seção das taipas, a consolidação das trincas, e dimensionadas as cargas dentro da tensão de até 22 Kgf/cm<sup>2</sup>, não há dúvida da possibilidade de, caso determinado no projeto de preservação e restauro, sejam retirados todos os elementos espúrios e as taipas voltem a atuar como sistema estrutural.




É essencial, antes da recomposição da taipa, que se faça um trabalho de pesquisa do objeto a ser reconstituído assim como obter a definição conceitual do tipo de intervenção a ser feita. O corte tecnológico apontado neste trabalho não implica que se deva, em qualquer situação, caminhar em direção à reconstituição de qualquer taipa histórica sem que estas questões tenham sido resolvidas.

Com o solo preparado, a reconstituição da taipa deve ser feita, sempre que possível, recuperando a técnica tradicional usada em sua construção. A recuperação da técnica construtiva tradicional em taipa de pilão revelou-se eficaz na reconstituição de taipas históricas apresentados em diversos trabalhos.

---

Esse relatório foi elaborado e é de responsabilidade da **TAIPAL – construções em terra**, nome fantasia da FATO arquitetura Ltda, registrada sob CNPJ 05.129.532/0001-47 e CAU 19255-4, propriedade do Arquiteto Ms. André F. Heise e do Arquiteto Ms. Márcio V. Hoffmann.

Piracicaba, dezembro de 2020.



TAIPAL - construções em terra