

ANÁLISIS DE LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA CRUDA EN EL ALGARVE

Alfredo Manuel Braga

Departamento de Engenharia Civil - Universidade do Algarve
Campus da Penha, 8005-139 Faro, Portugal
Te. (+351) 289 800 100; E-mail: abraga@ualg.pt

Ana Teresa Graça

Departamento de Engenharia Civil - Universidade do Algarve
Campus da Penha, 8005-139 Faro, Portugal
Te. (+351) 289 800 100; E-mail: atgraca@ualg.pt

Tema 6: Investigación sobre Materiales y Tecnologías para la Conservación y Arquitectura Contemporánea.

Palabras clave: Tierra cruda, tapial, ensayos, conservación.

Resumen

La tierra cruda, como material de construcción, es utilizada por el hombre desde hace miles de años y continúa siendo en la actualidad una de las formas más generalizadas de edificar a nivel mundial.

El estudio de la construcción de tierra se justifica por diversas razones. En primer lugar, por la necesidad de preservar un patrimonio cultural y arquitectónico insustituible. En segundo lugar, por constituir el único recurso disponible en los países llamados "subdesarrollados" y por último, porque representa una alternativa ambiental, social y económicamente sostenible, que debe ser promovida a través del uso convincente de materiales naturales, locales y reciclables.

En Portugal, las principales técnicas constructivas con la tierra cruda son el tapial, el adobe y el "tabique" (similar a la quincha peruana). En el Algarve, la región más al Sur, es el tapial lo que predomina, ya sea en términos de pequeñas construcciones rurales, ya sea en la construcción de grandes fortificaciones militares.

Se ha realizado una investigación del patrimonio construido en tierra en toda esta provincia, sobre todo en términos tipológicos y dimensionales, así como de los aspectos estructurales y constructivos y se han recogido "in situ" muestras tomadas de los propios edificios, procediendo más tarde en el laboratorio, a la caracterización física y mecánica de estos materiales y al análisis de sus capacidades constructivas.

Se han reconocido las patologías principales y los agentes de deterioro, el agua y la acción sísmica, así como las disposiciones constructivas introducidas para disminuir los efectos de la degradación.

A partir del análisis de los datos recogidos localmente y de los varios ensayos realizados en laboratorio, se han retirado conclusiones para obstar a la vulnerabilidad manifestada y asociar los conocimientos empíricos transmitidos a través de los siglos con los desarrollos científicos y tecnológicos actuales, teniendo como objetivo la conservación y la rehabilitación del Patrimonio existente.

1. INTRODUCCIÓN

La tierra cruda aparece como uno de los primeros materiales que se han utilizado en la construcción de abrigos durante miles de años, prácticamente en todo el mundo, en los más distintos lugares, en casi todas las culturas y civilizaciones, y que continúa hoy en día siendo una práctica constructiva difundida.

Junto con la indudable disponibilidad e insignificante costo, la extraordinaria plasticidad de este material permite una multiplicidad de formas y la diversidad de procesos de

construcción posibilita la existencia de numerosos ejemplos de uso, especialmente en los países llamados "en desarrollo". (Gomes, 2008, p. 1).

Portugal no es una excepción, observándose todavía un abundante patrimonio de edificios en tierra cruda, ubicados en todo el territorio, pero con mayor propagación en el Sur, tanto en edificios civiles como en construcciones de carácter militar (Bruno, 2005, p. 39), (Coutinho, 2001, p. 168).

Esta presentación refleja sucintamente la investigación que se está desarrollando con el propósito de identificar y caracterizar un conjunto extenso y hermoso de edificios patrimoniales civiles que, si se abandonan a las inclemencias del clima y sin una adecuada rehabilitación, estarán en permanente peligro de desaparición. Por otro lado, el reconocimiento de las fragilidades y las pruebas realizadas con tierra recogida "in situ", permiten averiguar si la construcción en tierra cruda puede constituir una alternativa sosteniblemente inteligente y técnicamente viable para construir en la actualidad.

2. CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN PORTUGAL

La construcción con tierra ha sido una práctica común durante siglos, hasta la primera mitad del siglo XX, cuando apareció la avasalladora preponderancia del hormigón. Portugal tiene uno de los más importantes heredades edificadas con tierra cruda de toda Europa, siendo posible identificar edificios ubicados en todo el país, mediante tres técnicas diferentes de construcción, el adobe, el tabique y el tapial (Torgal, 2009, p.15), (ver Fig. 1).



Fig. 1 – Edificios de adobe, tabique y tapial. (Créditos: Braga, 2007)

El adobe es un bloque de tierra cruda secado al sol cuya superposición permite la construcción de paredes. Los edificios de adobe predominan en la zona costera occidental y aunque haya edificios de adobe en otras regiones, es en la provincia de "Beira Litoral" y específicamente en la ciudad de Aveiro donde la construcción en adobe está más diseminada, pudiéndose observar magníficos ejemplos de edificios de "Art Nouveau". En la propia ciudad se estima que entre el 20 y el 25% de los edificios son de adobe y en toda la provincia, el porcentaje estimado se amplía hasta el 35 o el 40% (Varum, 2008, p. 24).

La técnica constructiva del tabique consiste en la fijación de listones colocados verticalmente y luego otros horizontales, de madera o caña, haciendo un entramado relleno de tierra y, algunas veces, de piedras y fibras vegetales. Las construcciones de muros resistentes en tabique se encuentran en particular, en la zonal interior del norte y del centro del país, especialmente en los municipios de Chaves, Bragança, Arouca, Idanha Nova, Alpedrinha, Castelo Branco, Barca de Alva y Benafim . En Brasil es llamado "pau a pique" o "taipa de fasquio", un sistema de construcción similar, ejecutado por los portugueses. Quincha, por ejemplo en Perú, o bajareque, por ejemplo en Colombia, designan un sistema de construcción idéntico.

Finalmente, el sistema constructivo del tapial, es abundante en el Sur, principalmente en las regiones del Alentejo y del Algarve (en el límite Sur del país). Este sistema constructivo consiste en la ejecución "in situ" de bloques de tamaño apreciable, debidamente compactados en el interior de moldes (tapiales) de madera, lo que va propiciar una construcción prácticamente monolítica.

3. EL TAPIAL EN EL ALGARVE

En el Algarve, la zona en que esta investigación se centra, se observan construcciones de tierra cruda en toda su extensión, principalmente ejecutadas con la técnica constructiva del tapial, en construcciones militares y en edificaciones civiles. Esto ocurre sobretodo en el denominado "Barlavento" (zona Oeste, donde soplan los vientos predominantes del Suroeste).

3.1 Construcciones militares

Se señalan varios ejemplos de construcciones militares, en particular las murallas de antiguas fortificaciones árabes, como Castelo Belinho, Silves, Salir, Faro, Cacela Velha o el Castelo de Paderne. Este castillo, con sus imponentes murallas, se localiza en el centro del Algarve y se edificó durante el siglo XII, en el periodo almohade del Garb al-Andaluz. Constituía una de las diversas fortificaciones de una línea defensiva destinada a controlar una antigua vía romana (Magalhães, 2008, p. 40). Recientemente ha sido objeto de obras de rehabilitación parcial con utilización de dos métodos constructivos, tapial actual y tierra proyectada.

Entre las características arquitectónicas de los edificios destinados principalmente a la defensa, obviamente distintas de los reservados para la vivienda, destaca su diferente escala. Por ejemplo, se observan espesores de los muros superiores a un metro y medio, más del triple de los espesores de las paredes de los edificios de habitación, como se referirá abajo, lo que permite alturas más amplias y vencer vanos muy superiores. Los bloques presentan dimensiones de, aproximadamente, 2.65 x 1.80 x 0.90 [m], para longitud, anchura y altura, respectivamente, cuando comparativamente podemos señalar para los utilizados en edificaciones civiles, 1.5 x 0.5 x 0.5 [m]. Las juntas, tanto las horizontales como las verticales, constituidas esencialmente por cal aérea, son amplias y bien evidentes, con el fin de simular las estructuras de piedra, para poder ser interpretado por los asaltantes como una supuesta mayor capacidad defensiva.

Al mismo tiempo, la propia constitución particular de la tapia, denominada tapia militar, distinta de la tapia civil, destaca por su alta resistencia, necesaria para un eficiente desempeño defensivo. La introducción de un porcentaje apreciable de cal a la tierra, origina un tremendo endurecimiento de los bloques, lo que permite, a largo plazo, una "petrificación" de la tierra así añadida, después de un lento proceso de carbonatación de la cal (Braga, 2007, p. 2).

3.2 Construcciones civiles

La investigación desarrollada se inició con la realización de diversos viajes a toda la región del Algarve, para el reconocimiento y el análisis de inúmeras edificaciones tradicionales, con el fin de caracterizar el patrimonio construido todavía existente. La indagación que se realizó, ha quedado registrada en fichas de identificación elaboradas a ese efecto. En cada ficha está planteada la ubicación exacta y la caracterización arquitectónica y constructiva, incluyendo la descripción de las principales patologías y los elementos de refuerzo estructural implementados, así como el plano y la documentación fotográfica.

Construidas fundamentalmente en los últimos años del siglo XIX y primera mitad del siglo XX, están hoy en día, en su mayoría, completamente abandonadas,

evidenciando un acentuado estado de degradación, sin ningún tipo de cubierta que permita proteger mínimamente las paredes.

Son, en la mayoría de los casos, modestos edificios con usos diversos, desde pequeños corrales para proteger a los animales y recoger los cereales y otros productos agrícolas, a menudo viviendas familiares con una sola planta baja, siendo muy raro tener dos pisos (ver Fig. 2). Las plantas son, por lo general, rectangulares, aunque en los molinos y silos agrícolas sean circulares (Correia, 2007, p. 37).



Fig. 2 – Castelo de Paderne y dos edificaciones civiles en Algarve, Portugal. (Créditos: Graça, 2009)

En la siguiente imagen se indica el porcentaje de edificios de tapial observados en cada una de las provincias (ver Fig. 3). Es interesante señalar que el área donde hay un mayor porcentaje de viviendas con tierra, corresponde a una mayor amenaza sísmica, de acuerdo con lo establecido en el Eurocódigo 8 - Diseño de estructuras sismorresistentes (NP EN 1998-1, 2010).

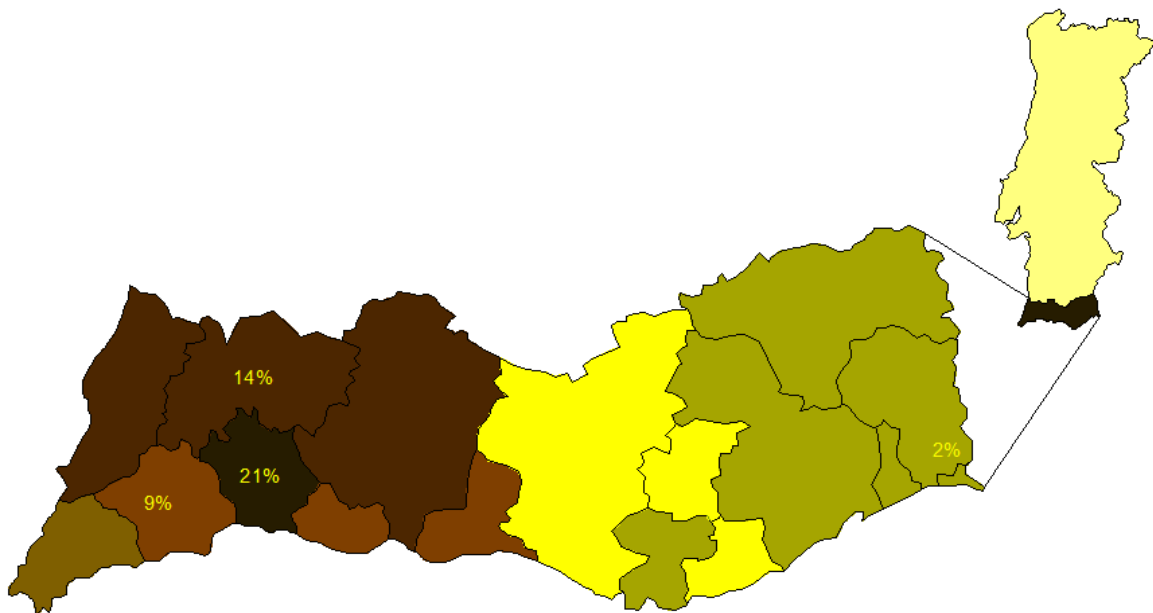


Fig. 3 – Distribución en porcentaje de los edificios en tapial identificados en Algarve, Portugal. (Créditos: Braga, 2010)

Los edificios en tapial identificados se encuentran principalmente en las zonas rurales, donde algunos están aislados, mientras que otros están reunidos en pequeños aglomerados. En las zonas urbanas, todavía se pueden observar, pero es cada vez más difícil encontrarlos, porque la “valoración” de los espacios propicia diferentes utilidades, con la generalizada demolición de las edificaciones tradicionales y su

sustitución por edificios más valorados, de hormigón. Por otro lado, la existencia de revocos también impide, a menudo, su reconocimiento.

Las construcciones tradicionales se caracterizan por la regularidad de la planta con un número muy reducido de aberturas de pequeña dimensión. Con frecuencia hay sólo dos o tres aperturas para el exterior, lo que corresponde a una o dos pequeñas puertas de acceso y a una o dos ventanas dispuestas en la fachada principal o en fachadas opuestas para asegurar alguna ventilación.

El espesor de los muros exteriores de tapial varía normalmente entre los 40 y 60 cm, con más frecuencia entre los 45 y 55 cm. Los bloques de tierra tienen un tamaño medio de 1.5 m de longitud y 0.5 m de altura, compactados en capas de 8 a 12 cm. Para la conexión de los bloques, se hacen juntas, ya sean horizontales o verticales, constituidas por la propia tierra o un mortero de tierra y cal, especialmente en las juntas horizontales. Bajo los muros y sobre la cimentación, existen sobrecimientos que suelen ser de piedra caliza o pizarra, con una altura variable entre 25 y 90 cm.

La dirección preferencial de la fachada principal es el Sur, estando más del 80% de los edificios orientados entre los cuadrantes este y oeste. Más de la mitad de las construcciones tiene una superficie menor de 100 m², algunas incluso tienen un área inferior a 50 m². La compartimentación es reducida y se obtiene principalmente mediante una pared maestra de tapial, que sostiene la cubierta y al mismo tiempo separa dos compartimentos. Cuando hay otras paredes interiores son generalmente de adobe con un espesor de 20 cm.

Las cubiertas son mayoritariamente de dos vertientes con una pendiente entre el 20 y el 35%. Presentan una estructura de madera que se compone de varas de pino o de eucalipto con un diámetro de 8 cm, apoyadas sobre los muros periféricos y sobre la pared maestra, cuando existe; o en su defecto, sobre una viga cumbrera de madera, generalmente de roble, cuadrada o circular con una dimensión de 25 cm. Es rara la existencia de armaduras de madera, que permiten anular la transmisión de acciones horizontales resultantes del peso de la cubierta. Por lo general, bajo las tejas tradicionales curvas, en barro cocido rojo, existe un forro en cañas o listones de madera.

Las principales dificultades, además de las patologías derivadas de la falta de mantenimiento y el abandono de los edificios, consisten en la presencia de humedades y en las consecuencias de acciones horizontales, ya sean las ocasionadas por la cubierta o las resultantes de la actividad sísmica.

La presencia de agua, resultante en particular del ascenso capilar a partir del suelo o derivada de infiltraciones provenientes de la acción directa del agua en los paramentos, especialmente cuando la lluvia viene condicionada por el viento, justifica la necesidad de implementar soluciones constructivas apropiadas. La utilización de sobrecimientos en la parte de abajo de los muros, de tejados con aleros salientes, de revocos con mortero de cal y la estabilización de la propia tierra con la adición de cal, pueden resolver un problema que sólo la ocurrencia de inundaciones puede tornar insoluble, de ahí la necesidad de una cuidadosa selección del sitio de implantación.

El comportamiento estructural deficiente a acciones horizontales se traduce en la manifestación de daños graves, incluso en el colapso parcial o total de las edificaciones. Evidenciando las preocupaciones que han resultado de las debilidades estructurales, se constata la existencia de soluciones expeditas de refuerzo, con el objetivo de proporcionar a la estructura un mejor desempeño con respecto a las acciones horizontales.

Contribuyendo a aumentar la inercia de las paredes, el reforzamiento ocurre a través de la introducción de contrafuertes dispuestos en general en fachadas opuestas, que funcionan como sujeción de los muros, a fin de evitar su rotación hacia el exterior. Para asegurar la conexión de los varios paneles de pared, se utilizaban vínculos de acero colocados en el interior de los muros que actúan como armadura pasiva o cintas colocadas periféricamente en la parte exterior de las paredes.

4. ENSAYOS REALIZADOS

Se llevaron a cabo múltiples ensayos en el Laboratorio de la Construcción, del Departamento de Ingeniería Civil, de la Universidad de Algarve, para la caracterización mecánica del tapial como material estructural, con la tierra obtenida de varios edificios que por su estado de abandono y deterioro permitieron que se recogiera el material para el análisis, sin causar mayores daños.

A falta de una legislación específica para la tierra, la caracterización mecánica se basa en las pruebas reglamentarias de materiales similares a través de los procedimientos existentes para cumplir con sus condiciones específicas.

Inicialmente se procedió a la determinación de su composición, de acuerdo con las especificaciones para el análisis del tamaño de tamizado (E 239 1970) y se verificó que la distribución cuantitativa de las diferentes fracciones constituyentes quedaba, casi siempre, entre las fracciones límite recomendadas por los investigadores del grupo de CRATerre para tierra apisonada (Doat, 1979, p.172).

La cuantificación de las propiedades mecánicas del material, es decir, la resistencia a la compresión, a la tracción por flexión y al cortante, así como la determinación del respectivo módulo de elasticidad, se realizó mediante ensayos, sea de pequeños bloques de tierra retirados directamente de las construcciones, sea de muestras ejecutadas en el laboratorio con el material recogido "in situ", en particular, los prismas 160 x 40 x 40 [mm], cubos con 200 [mm] de arista, muretes simples de 500 x 200 x 200 [mm] y muretes triples constituidos por tres capas superpuestas, con una dimensión total de 500 x 200 x 600 [mm].

Se realizaron los siguientes ensayos de compresión:

- Bloques pequeños de tierra removidos de los edificios, de acuerdo a la norma que se refiere a los bloques de fábrica y que, después de la corrección de las caras con mortero, han permitido obtener valores medios de 3.35 N/mm² a la compresión uniaxial, con un máximo y un mínimo de 6.48 y 1.26, respectivamente (NP EN 772-1, 2002).
- Mitades de los prismas de 160 x 40 x 40 [mm], (después de la prueba inicial a la tracción por flexión), adaptando el procedimiento recomendado en la norma destinada a morteros de cemento, utilizando el equipo "FORM + TEST SEIDNER PRUFMASHINEN, TYPE 505/200/10DM1". La resistencia media a la compresión obtenida ha sido de 2.19 N/mm², con los valores máximo y mínimo de 2.72 y 1.63, respectivamente (NP EN 196-1, 2006).
- Cubos de 200 [mm] ensayados en la prensa "SEIDNERTYPE WP 300 EM 3, N ° 554" de acuerdo con la normativa estándar existente para las unidades de fábrica (NP EN 772-1, 2002). La resistencia media a la compresión de 1.36 N/mm² se obtuvo con una desviación estándar de 0.29.
- Muretes simples con dimensiones de 500 x 200 x 200 [mm], adaptación del procedimiento normativo vigente para las fábricas (NP EN 1052-1, 2002). La dotación media de 1.09 N/mm² se obtuvo, con máximos y mínimos de 1.28 y 0.91, respectivamente.

La determinación del módulo de elasticidad se realizó mediante ensayos de muretes triples, en un equipo del Laboratorio, con un sistema digital de adquisición de datos, controlado por un programa informático desarrollado por el Ingeniero João Estevão, profesor en la UAIG que permite obtener una gráfica en tiempo real con la relación entre las tensiones, expresada en N/mm^2 , aplicadas a través de la célula de carga y las extensiones obtenidas con las mediciones de dos transductores de desplazamiento lineal.

El módulo de elasticidad (E_i), corresponde al módulo secante obtenido de la relación entre la variación de la tensión y la variación media de las extensiones correspondientes (ε_i) obtenidas en los transductores de desplazamiento. La gráfica se muestra en la Figura 4 y la tensión (cociente entre la fuerza de compresión aplicada y la respectiva área de aplicación, F_i/A_i) considerada es de un tercio de la tensión máxima alcanzada, como se indica en la fórmula (1), según las disposiciones de la norma (NP EN 1052-1, 2002):

$$E_i = \frac{F_{i,max}}{3 \times \varepsilon_i \times A_i} \quad [N / mm^2] \quad (1)$$

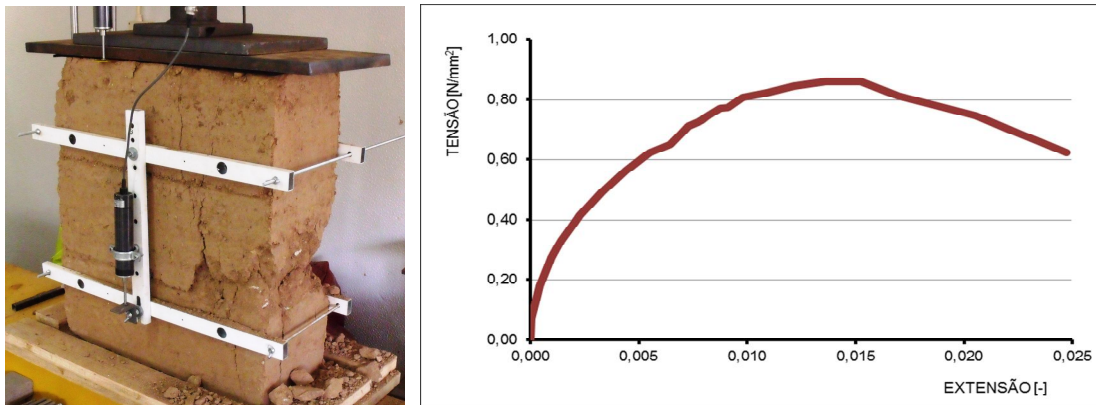


Fig. 4 – Determinación del módulo de elasticidad de un murete de tapial. (Créditos: Braga, 2011)

El valor calculado para el módulo de elasticidad es de $256 N/mm^2$, 294 veces superior a la resistencia máxima a la compresión obtenida en el mismo ensayo, $0,87 N/mm^2$.

Para la obtención de la resistencia a la tracción por flexión, se hicieron ensayos con los prismas ya referidos de $160 \times 40 \times 40$ [mm], haciendo de nuevo la adaptación de las disposiciones de la norma destinada a morteros de cemento (NP EN 196-1, 2006). Este ensayo ha permitido obtener una resistencia media de $0.49 N/mm^2$, con un máximo y un mínimo de 0.54 y 0.38, respectivamente. Esto refleja una resistencia media a la tracción por flexión, de alrededor de un 22 % en comparación con el valor medio obtenido a la compresión.

Se procedió también a la evaluación de pequeños muretes de tapial a la flexión con $500 \times 200 \times 200$ [mm], adaptando las prescripciones de la norma sobre el método de ensayo de fábricas (NP EN 1052-2, 2002), (ver Fig. 5).



Fig. 5 – Ensayo de tracción por flexión de un bloque de tierra. (Créditos: Braga, 2011)

El valor medio obtenido de 0.22 N/mm^2 , representa una resistencia a la tracción por flexión de 20 % en comparación con la resistencia a la compresión de los muretes triples.

La resistencia al cortante ha sido efectuada a través del ensayo preconizado por la norma de determinación de la resistencia inicial de las fábricas al cortante y con el sistema de adquisición de datos anteriormente mencionado. La superposición de tres bloques de tierra cruda con dimensión de $500 \times 200 \times 200 \text{ [mm]}$, simulaba la ejecución de tapial, haciendo una altura total de 600 mm (ver Figura 6).

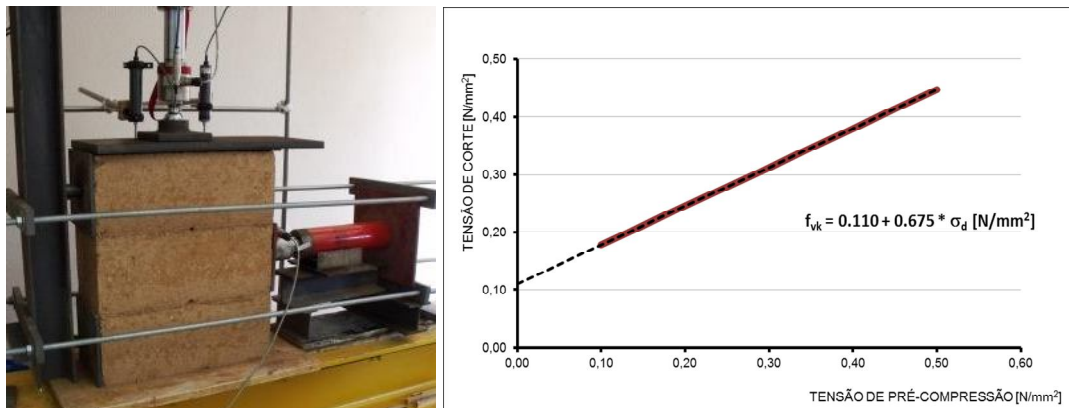


Fig. 6 – Ensayo de determinación de la resistencia inicial al cortante y el ángulo de fricción interna. (Créditos: Braga, 2011)

Utilizando las cargas de pre-compresión de 0.1, 0.3 y 0.5 N/mm^2 se han obtenido los valores representados en la figura arriba, los valores característicos de resistencia inicial al cortante de 0.110 N/mm^2 y ángulo de fricción interna de 34° , cuya tangente es de 0.675. Esos valores son correspondientes a 80% de los valores medios obtenidos experimentalmente (NP EN 1052-3, 2005).

5. CONCLUSIONES

La utilización de la tierra cruda representa, por una parte, la única alternativa para proporcionar, a aquellos que económicamente apenas tienen nada, una edificación donde sus familias puedan vivir con dignidad. Por otra, proporciona la posibilidad de edificar construcciones muy atractivas y refinadas, tanto por sus características de

bienestar y de comodidad, como por su potencialidad plástica y por la dimensión humana que ofrece.

La construcción con tierra, combinando los conocimientos ancestrales de cada cultura con el desarrollo tecnológico actual, puede considerarse a partir de ahora como una alternativa fiable - por sus potencialidades estéticas, ecológicas y económicas y por sus propiedades térmicas, acústicas e higrométricas - a los materiales hoy en día hegemónicos y perniciosos, de una industria de construcción que contribuye decisivamente al deterioro que ha estado assolando nuestro mundo.

De todos modos, esto no es algo milagroso. Más allá de las indudables ventajas, también tiene vulnerabilidades significativas, particularmente en relación a la humedad y a las acciones horizontales.

En Portugal, se constata que no existe regulación alguna sobre la construcción con tierra cruda, lo que ocurre también en la mayoría de los países. Sin embargo, hay otros países como Perú o Nueva Zelanda que son casos paradigmáticos a reproducir. Es indispensable establecer criterios objetivos para los procedimientos, los ensayos normalizados y el control de calidad.

En Algarve, hay un alto riesgo sísmico (el más alto de Portugal continental) y las consecuencias, aunque poco frecuentes, no se pueden evitar sólo con buenas intenciones. El comportamiento frágil del material recomienda el uso de una solución estructural con la ductilidad suficiente para garantizar un comportamiento eficaz ante la incidencia de las acciones sísmicas. La presencia de un esqueleto de madera, similar a la solución implementada por los portugueses con posterioridad al terrible seísmo de 1755, la llamada "gaiola pombalina," puede ser una solución eficiente.

Por otro lado y con algún optimismo, se constata como hechos aparentemente paradójicos, que ni el Castelo de Paderne, a consecuencia del seísmo de 1755, de magnitud 8.9 (?), ni las construcciones civiles a causa del terremoto de 1969, de magnitud 7,3 se derrumbaron por completo, a pesar de los daños sufridos. (Braga, 2010, p. 2).

Con la investigación que se está desarrollando para la caracterización mecánica del material, se pretenden obtener datos precisos para permitir análisis numéricos dinámicos no lineales, lo que combinado con ensayos reales de simulación sísmica, posibilitará una optimización del diseño estructural, la prevención de los colapsos de los edificios y la consecuente pérdida de vidas humanas, originados por la ocurrencia de eventos sísmicos significativos.

6. Bibliografía

Gomes, M. I.; Brito, J.; Lopes, M. (2008). *Segurança das construções em terra crua face à acção sísmica. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia*. Maputo.

Bruno, P. (2005). *Taipa militar, fortificações do período de domínio muçulmano. Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

Coutinho, V. (2001). *Dinâmica defensiva da costa do Algarve - Do período islâmico ao século XVIII*. Instituto de Cultura Ibero-Atlântica.

Torgal, F. P.; Eires, R. M.; Jalali, S. (2009). *A Construção em Terra*. Guimarães: Universidade do Minho.

Varum, H.; Costa, A.; Pereira, H.; Almeida, J.; Rodrigues, H. (2008). Caracterização do comportamento estrutural de paredes de alvenaria de adobe. *Revista da Associação portuguesa de Análise Experimental de Tensões*. Aveiro.

Magalhães, N. (2008). *Algarve - Castelos, Cercas e fortalezas*. Faro: Letras Várias, Edições e Arte.

Braga, A. M. (2007). *Compatibilidade Milenar (A TERRA E A CAL). 5º Seminário da arquitectura de terra em Portugal*. Aveiro.

Correia, M. (2007). *Taipa no Alentejo*. Lisboa: Argumentum.

IPQ (2010) *NP EN 1998-1. Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1970). *Solos. Análise granulométrica por peneiração húmida. Especificação E 239-1970*. Lisboa: LNEC.

Houben, H.; Doat, P.; Hays, A.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1979). *Construire en terre*. Paris : Ed. Alternatives et Parallèles. CRATerre.

IPQ (2002) *NP EN 772-1. Métodos de ensaio para blocos de alvenaria. Parte 1: Determinação da resistência à compressão*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

IPQ (2006) *NP EN 196-1. Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

IPQ (2002) *NP EN 1052-1. Método de ensaio para alvenaria. Parte 1: Determinação da resistência à compressão*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

IPQ (2002) *NP EN 1052-2. Método de ensaio para alvenaria. Parte 2: Determinação da resistência à flexão*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

IPQ (2005) *NP EN 1052-3. Métodos de ensaio para alvenaria. Parte 3: Determinação da resistência inicial ao corte*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

Braga, A. M.; Estêvão, J. M. C. (2010). Os sismos e a construção em taipa no Algarve. *8º Congresso de sismologia e engenharia sísmica*. Aveiro: Sísmica 2010.

Curriculum

Alfredo Manuel Braga. Ingeniero civil. Profesor de la Universidade do Algarve en Tecnologías de la Conservación y de la Rehabilitación y Rehabilitación de Edificios. Titular del Diploma de Estudios Avanzados y candidato a Doctor por la Universidad de Sevilla en Rehabilitación Arquitectónica y Urbana. Perito en evaluación de patología constructiva. Investigador del SICA.

Ana Teresa Graça. Ingeniera civil. Profesora invitada de la Universidade do Algarve en Edificações y Oficinas e Preparação de Obras. Candidato a Maestro en Ingeniería Civil, con la especialidad en Construcción, por la Universidade de Évora, edición UALG.