

## CARACTERIZAÇÃO DA TAIPA DA SERRA DE MONCHIQUE

**Pedro Emanuel Cabrita Neves Bexiga\* e Alfredo Manuel Gonçalves da Silva Braga**

Gabinete de Apoio Técnico de Faro

Rua Coronel António dos Santos Fonseca Lt.6-6ºEsq, Edif. Omega, 8000-257 Faro, PORTUGAL

Tel: +351 289 863 484, E-mail: [pedrobex@sapo.pt](mailto:pedrobex@sapo.pt)

Universidade do Algarve, Área Departamental de Engenharia Civil,

Campus da Penha 8005-139 Faro, PORTUGAL

Tel: +351 289 800 154 e +351 919 359 123; E-mail: [abraga@ualg.pt](mailto:abraga@ualg.pt)

**Tema 2:** Materiais e Comportamento

**Palavras-chave:** Taipa, Resistência, Ensaios

### Resumo

A construção em terra e, especialmente em taipa, apesar de ter sido uma técnica construtiva muito implementada nas regiões do centro e do sul do país, é hoje quase desconhecida. Não obstante lhe serem reconhecidas características de bom comportamento térmico e acústico, de boa resistência ao fogo e inegável qualidade ecológica, continua a ser uma técnica pouco utilizada e muito pouco estudada. Torna-se, por isso, imperioso e urgente recolher e divulgar os conhecimentos práticos das poucas pessoas ainda vivas que assim construíram, os mestres taapeiros, enquanto a transmissão directa dos seus testemunhos é possível.

Com as potencialidades científicas e tecnológicas actualmente disponíveis, podemos e devemos, responsabilmente, aprofundar esse conhecimento empírico. É nessa perspectiva que se apresentam os resultados dos ensaios de caracterização da terra, da Serra de Monchique, utilizada na construção em taipa, designadamente em termos de análise granulométrica e resistência mecânica à compressão, à flexo-tracção e ao corte, na busca do processo de estabilização mais adequado, que possa garantir superior capacidade de resistência face à acção sísmica, questão em que a construção em terra sempre apresentou debilidades. Procedeu-se à comparação dos métodos tradicionais de reforço estrutural para melhorar o comportamento sísmico, existentes nas construções da Serra de Monchique, com as mais recentes orientações de estudos internacionais nesta área. Apresentam-se, ainda, os efeitos resultantes do sismo ocorrido em 1969, nas edificações em taipa ali existentes, visando uma reflexão sobre o comportamento real destas estruturas, os seus pontos fracos, mas também as suas potencialidades.

Pretende-se contribuir para a consciencialização da necessidade de uma regulamentação eficiente e fundamentada, que viabilize a continuidade desta técnica construtiva e que garanta, simultânea e inequivocamente, condições de segurança aos seus utilizadores.

### 1. Introdução

Pretende-se com o presente artigo promover a divulgação dos resultados de caracterização do solo da Serra de Monchique (1), averiguando a resistência mecânica que as construções em taipa podem proporcionar e os métodos de estabilização mais apropriados na execução de construções novas, visando a optimização da capacidade sísmo-resistente de construções em que esta técnica construtiva seja adoptada, com solos do tipo cascalho siltoso com areia e finos, ML (siltoso de baixa plasticidade) ou OL (orgânico de baixa plasticidade), segundo a classificação unificada revista. Apresentam-se os métodos tradicionais de reforço estrutural, existentes nas construções do concelho de Monchique, evidenciando pontos comuns com as orientações mais recentes de estudos internacionais sobre reabilitação e reforço sísmico.

Pretende-se assim mostrar as potencialidades desta técnica e fomentar a discussão sobre a necessidade de implementação de legislação que garanta as condições de segurança das novas construções. A satisfação de exigências funcionais de habitabilidade, designadamente ao nível do conforto, terá de ser acompanhada por

requisitos fundamentados de segurança estrutural, quer em construções antigas, quer em obra nova, que importa assegurar ao longo do respectivo tempo de vida expectável.



Fig.1 - Equipamentos utilizados, maquina de CBR Triaxial-tester T4010 Electronic e maquina de ensaio de argamassas Form+Test Seidner, tipo 505/200/10DM. (Bexiga 2007: 117). Fotos do autor

## 2. Caracterização da resistência mecânica da taipa da Serra de Monchique

Para o estudo de caracterização dos solos da Serra de Monchique, foram escolhidas cinco diferentes localizações, em pontos convenientemente distribuídos, em todo o concelho. Posteriormente à análise granulométrica efectuada sobre esses solos, optou-se por seleccionar os dois solos mais diferenciados, de acordo com o fuso granulométrico recomendado pelo CRAterre, para utilização em taipa. O denominado solo II (Vale da Junça), correspondendo praticamente à granulometria ideal preconizada, e o solo V (limite do concelho com Silves), pela sua dissemelhança com essa granulometria de referência, tendo sido, sobretudo, sobre as amostras destes que se efectuaram os ensaios de caracterização da capacidade resistente.

Uma vez que a definição da capacidade resistente da taipa, não dispõe ainda de normalização que estipule indicadores essenciais para a parametrização de todos os factores que podem influenciar os resultados finais, como a dimensão dos provetes, o modo de aplicação da carga e a velocidade de aplicação, a duração do período de cura ou o número mínimo de provetes a ensaiar, torna-se muito difícil comparar estudos de fontes diversas. Este é um aspecto que é necessário ter em conta, pois a adopção de parâmetros distintos, resulta na obtenção de valores de ensaio substancialmente dispares, mesmo quando se estudam amostras idênticas.

Devido a estas limitações, foram consideradas normas de ensaio existentes. No caso da compressão (E197-Proctor, compactação leve em molde pequeno) adoptando-se a dimensão de provete de 12 x 7 x 6.5 [cm]. Posteriormente, os resultados obtidos foram aferidos com ensaios standard da mesma norma, tendo-se constatado a correlação entre os procedimentos adoptados. Utilizaram-se, ainda, duas normas relativas a argamassas, a NP EN 1052-1 para a determinação da resistência à compressão e a NP EN 1052-2 para a determinação da resistência à flexão. O equipamento disponível para estes ensaios designa-se por Form+Test Seidner e permite realizar sucessivamente os dois ensaios anteriormente referidos, primeiramente o ensaio à flexão sobre provetes com 40 x 40 x 160 [mm], obtendo-se a tensão na fibra traccionada mais afastada e depois, o ensaio à compressão sobre as duas metades resultantes daquele. (Fig.1)

Determinou-se uma baridade máxima entre 1900-1930 kg/m<sup>3</sup>, um teor óptimo entre 13.4% e 13.6% e uma capacidade resistente elevada, com valores de compressão compreendidos entre 2.56 e 2.72 MPa. Assim e de acordo com os parâmetros de avaliação da baridade do CRATerre (2), este solo poder-se-á classificar como satisfatório para a execução de taipa. Por outro lado, apresenta valores de resistência à compressão superiores a algumas das amostras de solos do Alentejo, analisadas no estudo "Construção em terra crua no Baixo Alentejo - Portugal Tecnologia e materiais apropriados para zonas rurais", que recorreu à mesma norma Proctor para avaliação da resistência à compressão.

Numa primeira avaliação, os requisitos mínimos de resistência à compressão, também são cumpridos segundo as normas internacionais (3) que regulamentam a resistência mínima à compressão das estruturas de terra, respectivamente superior a 15 kg/cm<sup>2</sup>, segundo a Reef (CSTB) de 1945, superior a 24 kg/cm<sup>2</sup>, segundo USA (Uniform building code U.S.A) de 1958 e superior a 12 kg/cm<sup>2</sup>, segundo a Norma Peruana para adobes (Technical building Standarte NTE E.080) de 2000 (3) (4). Ressalvando-se, no entanto, que, uma vez que se trata de normas com procedimentos distintos, a comparação de resultados dever ser considerada meramente indicativa.

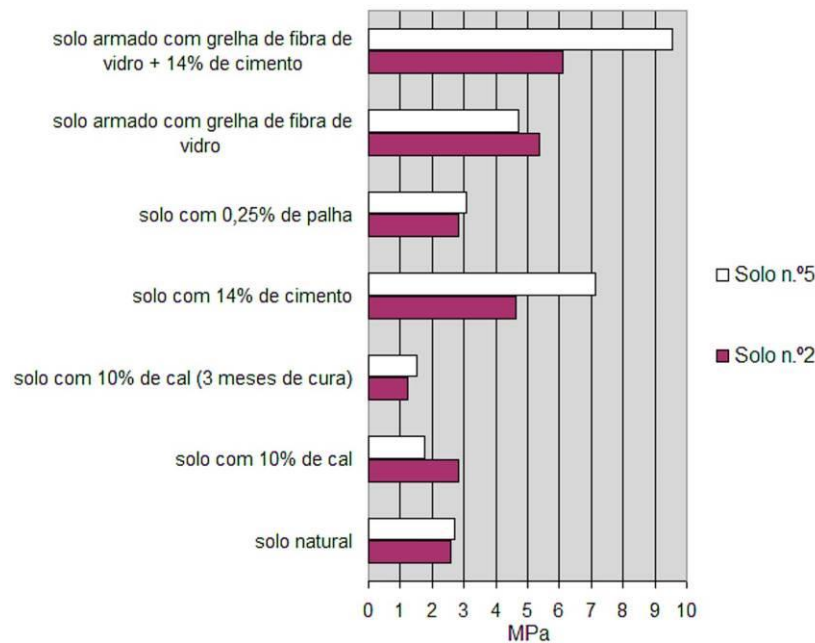


Fig.2 - Gráfico comparativo dos resultados relativos aos solos n.º 2 e n.º 5, da segunda série de ensaios. Gráfico do autor.

### 3. Estudo de métodos de estabilização do solo

Definida a metodologia de trabalho, primeiramente procedeu-se a realização de uma série de ensaios para teste, de várias misturas com diferentes percentagens de adição, tendo sido experimentada a utilização de cal, cimento, palha, fibra de coco, fibra de vidro e, finalmente, a introdução de um reforço com rede de fibra de vidro. A partir dos resultados destes ensaios iniciais, foram seleccionadas as adições com os valores mais favoráveis para a realização de segunda série de testes, visando a obtenção de resultados mais representativos de cada adição.

Nesta última série de ensaios, foram testados provetes de solo natural e provetes estabilizados com 14% de cimento, 10% de cal com 1 e 3 meses de cura e amostras de solo armado com rede de fibra de vidro e solo armado, conjuntamente, com rede de fibra de vidro e 14% de cimento. Os melhores resultados, obtiveram-se para provetes reforçados com armadura de rede de fibra de vidro (reforço tipo II) 5.36 MPa a 4.72 MPa e para as soluções de adição de 14% de cimento (reforço tipo I) 4.62 MPa a 7.12 MPa. De realçar que a junção destas duas técnicas (reforço tipo III) 6.11 MPa a 9.55 MPa, apresentou uma maior resistência, registando cumulativamente, o maior aumento da resistência à compressão (2.3 a 3.5 vezes), à tracção (6 vezes) e ao corte (2 a 3.5 vezes), superando as amostras restantes e parecendo indiciar uma maior capacidade resistente à acção sísmica. (Fig.2)

Os resultados obtidos apontam a viabilidade de incrementar a resistência sísmica da construção em terra, através da implementação desta técnica de reforço em construções novas, designadamente em zonas de elevada perigosidade sísmica, como é o caso da área a que este estudo se reporta.

#### **4. Levantamento de técnicas locais de reforço e reparação**

Encontraram-se alguns procedimentos tradicionais de reforço estrutural que, pela complexidade das soluções utilizadas, ultrapassam as regras básicas de boa prática construtiva, demonstrando um conhecimento empírico e um engenho assinaláveis, designadamente:

- Interligação cuidada entre elementos construtivos de coberturas e paredes-mestras, possibilitando uma melhor resposta estrutural conjunta.
- Introdução de coroamento parcial na parte superior das paredes e posterior execução de viga de coroamento em betão, para melhoria das condições de ligação entre paredes.
- Reforço de cunhais, através da inclusão de elementos de madeira ou pedras de elevada dimensão.
- Construção de paredes exteriores com arrasto, para aumentar a estabilidade estrutural de construções de dois pisos em taipa.
- Reforço da taipa com inserção de argamassa de cal nas juntas, de forma a incrementar a resistência ao corte.

Identificaram-se, ainda, outras técnicas de reabilitação e reforço aplicadas em fase posterior, tais como:

- Colocação de esticadores e linhas para contenção periférica de paredes, visando remediar a ocorrência de anomalias. Desligamentos em cunhais com acentuada fissuração vertical ou rotações de paredes de fachada.
- Reforço de paredes através da colocação de contrafortes, viabilizando a estabilização de cunhais medianamente danificados, ou a falta de verticalidade das próprias paredes.
- Contenção de paredes com alvenaria de pedra e reforço de base de parede com poial elevado, em estabilização de paredes severamente danificadas com perda da ligação em cunhais e na base, apresentando grande instabilidade por rotação. (Fig.3)



Fig.3 - Exemplos de técnicas de reforço estrutural. Fotografias do autor.

## 5. Comparação dos métodos tradicionais com estudos recentes

Diversos estudos realizados testaram a adição de estabilizantes à terra, como fibras, cimento, cal, areia e outros, com o objectivo de melhorar o comportamento de construções em terra, seja em taipa ou em adobe. Outros estudos debruçaram-se sobre soluções de reforço estrutural em construções de adobe, designadamente na América do Sul. Sobre a aplicação interna de elementos verticais e horizontais, convenientemente afastados entre si a uma distância compreendida entre 0.50 m a 1.00 m ou, em alternativa, a aplicação de redes de metálicas ou poliméricas, inseridas ou não num revestimento de argamassa. Poder-se-á, ainda, indicar a aplicação de canas no interior de adobes, referidas em diversos artigos de Vargas (1978), Torrealva (1985), Ottazzi et al. (1988), Bariola et al. (1988).

Mais recentemente, na investigação realizada para o relatório final "Shake table teste services for Getty seismic adobe and project terra" (4), foram ensaiados, em mesa sísmica, dois modelos à escala real de construção em adobe, com uma dimensão em planta de 3 x 3 m, em que se adoptaram soluções de reforço exterior à base da aplicação de canas e cordas de fibras naturais (modelo 1) e a aplicação de reforço exterior, com rede de polietileno "TENSAR BX1200", revestida a argamassa de cimento e areia (modelo 2). Os resultados assim obtidos, comparativamente com outros sistemas de reforço, permitiram evidenciar a enorme vantagem do reforço integral das paredes por aplicação exterior de redes. Essa vantagem é marcante, quer se trate de um reforço parcial e localizado com lintéis, quer de sistemas mais complexos através da introdução de pórticos constituídos por elementos verticais e horizontais, pilares e vigas de betão armado. A implementação destes reforços, ao introduzir zonas com uma rigidez incomparavelmente superior à da terra crua, seja adobe, seja taipa, vai provocar a incompatibilidade de comportamento estrutural conjunto. Sendo o módulo de elasticidade do betão armado muitíssimo superior ao da terra, não se estranhará a enorme degradação nas zonas de interface, onde a concentração de esforços é enorme. Observa-se ainda, através do ensaio anteriormente referido, em acelerações sísmicas mais elevadas, na ordem de 1.2 g, a destruição das paredes em virtude de um

efeito mecânico que se pode traduzir por um vigoroso “martelar” ocasionado pela rigidez do lintel de coroamento.

Verifica-se, assim, alguma consonância entre as técnicas empíricas tradicionais de reforço e de reparação com a mais recente filosofia de reabilitação e reforço, designadamente a resultante de estudos efectivados na América do Sul e, especificamente, na Universidade Católica do Peru, pelo Professor Júlio Vargas. Trata-se de uma vasta região, extremamente pobre, com inúmeras construções rudimentares em adobe que reflectem essa pobreza e, desgraçadamente, com uma elevada sismicidade. Ao longo dos anos, foram implementadas diversificadas soluções de reforço, resultantes da solidariedade de organizações dos países cientificamente mais evoluídos nesta área, e puderam-se observar os efeitos reais desse trabalho, pelo facto de terem ocorrido abalos sísmicos posteriores.

A confirmação atempada das hipóteses formuladas, aliada à disponibilidade experimental, designadamente a existência de mesas sísmicas de apreciável dimensão, a competência científica dos técnicos e as sinergias desenvolvidas, permitem encarar com a máxima confiança e consideração os estudos citados.

## 6. Danos registados no concelho em resultado do sismo de 1969

Procurando correlacionar o bom comportamento da taipa da região subjacente a este estudo, apresenta-se a informação recolhida pelos técnicos da antiga Direcção-Geral dos Serviços de Urbanização de Faro, que procederam ao preenchimento de fichas de “Inquérito aos prejuízos causados pelo sismo de 28-2-69 em habitações no Algarve”, cuja quantificação dos estragos constitui uma importante base para a análise do real comportamento das edificações em taipa da região, face um sismo de magnitude conhecida.

Esta informação, composta por um total de 39 casos, dos quais só existem 29 fichas devidamente documentadas, mostra que os danos registados em construções de terra constituíram uma percentagem de 6.9%, ou seja, apenas 2 casos documentados, respectivamente em Fornalha - Alferce e em Forno Velho – Marmelete, correspondendo a danos de fissuração em paredes, em ambos os casos, e estragos em cobertura e ruína de parede exterior em Alferce. (Fig.4)

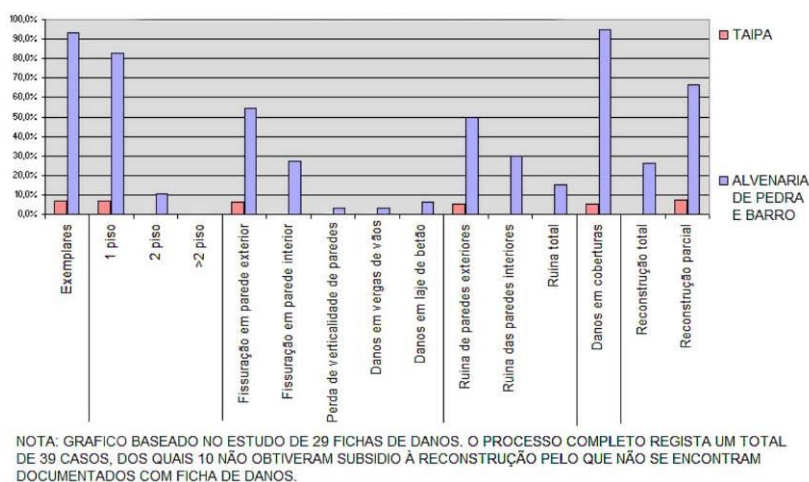


Fig.4 - Quadro resumo do inquérito aos estragos causados em Monchique pelo sismo de 28/2/69. Gráfico do autor.

Estes dados apontam para um comportamento sísmico da taipa superior ao que lhe é habitualmente atribuído na actualidade, evidenciando a importância do domínio da técnica construtiva e da qualidade da própria taipa da região.

## 7. Conclusões

A recolha documental a que se procedeu na presente investigação, de resto concordante com a experimentação preliminar realizada, permite constatar a actual existência de condições concretas para que, doravante, se possam adoptar, em zonas de perigosidade sísmica, critérios adequados de reforço estrutural sísmo-resistente, na construção em terra crua.

A implementação de soluções de reforço em estruturas de taipa é viável e imprescindível, encontrando-se plenamente comprovada por diversas investigações internacionais já efectuadas e actualmente disponíveis. Estes estudos têm apontado a necessidade de otimizar as condições de ligação entre elementos estruturais, seja entre paredes, seja destas com as fundações ou com as coberturas, promovendo o funcionamento da estrutura como um todo, um conjunto monolítico e reduzindo conseqüentemente as deformações.

De entre os diversos métodos indicados, alguns revelam-se especialmente recomendados, pela sua maior compatibilidade, mais reduzido nível de intrusão nas estruturas originais e por representarem soluções tendencialmente mais reversíveis. Embora a implementação destas soluções se possa fazer recorrendo a um único método, os melhores resultados podem ser obtidos pela articulação conjunta de vários destes. Dadas as suas características, podem ainda ser empregues, tanto na reabilitação da arquitectura vernacular, como do património classificado, uma vez que respeitam as orientações das cartas internacionais de reabilitação.

Essas metodologias são:

- Aplicação de reforço estrutural, pela implementação de reboco armado, por exemplo com grelhas de polietileno e ligação entre as duas faces por conectores.
- Ligação entre paredes e reforço dos cunhais, com execução de viga de coroamento de pequena rigidez, incluindo ligação por chumbadores entre a viga e o topo das paredes de taipa.
- Ligação entre paredes, através de estrutura porticada de cobertura em madeira, para limitação das deformações da estrutura.

As construções em terra crua apresentam características próprias, que interessa respeitar escrupulosamente, ao nível conceptual dos diferentes projectos e da respectiva coerência com a execução, quer se trate da própria construção inicial, quer aquando de posteriores trabalhos de reabilitação. É importante não introduzir elementos estruturais de natureza e comportamento muito diferente da estrutura original, para não resultarem incompatibilidades, sobretudo aquando da actuação de acções dinâmicas. A madeira, ao apresentar um módulo de elasticidade e uma massa comparativamente inferiores a outros eventuais materiais de reforço, constitui uma excelente possibilidade. Apresentam-se, ainda, os efeitos resultantes da acção sísmica ocorrida em 1969, nas edificações em taipa da Serra de Monchique, visando uma reflexão sobre o comportamento real destas estruturas, os seus pontos fracos, mas também as suas potencialidades. Potencialidades que aconselham uma regulamentação eficiente e fundamentada, que viabilize a continuidade desta técnica construtiva, mas garantindo inequívocas condições de segurança aos seus utilizadores.

## Bibliografia

- AAVV (2000): *National Building Standards- Peru adobe code - Technical building standard NTE E.080*, Lima, Peru.
- ARGUMEDO, Roberto (1990): "Criterios y técnicas de restauracion aplicadas en los monumentos de adobe en el Peru" em *Actas da 6ª conferência internacional de conservação da arquitectura de terra/ Adobe 90 Preprints*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, US.
- DIRECÇÃO-GERAL DOS SERVIÇOS DE URBANIZAÇÃO (1969): "Câmara Municipal de Monchique" em *Inquérito dos Estragos causados ao Concelho de Monchique pelo Sismo de 28/2/69*, Direcção-Geral dos Serviços de Urbanização, Faro, Portugal.
- HOUBEN, Hugo [et al.] (1989): *Traité de construction en terre-L'encyclopédie de la construction en terre vol.I*. Editions Parenthèses, Marseille, France.
- HOUBEN, Hugo [et al.] (1979): *Construire en terre*, Ed. Alternatives, Paris.
- MOTA, Maria; Piedade, Antonio (1999): "Construção em terra crua no Baixo Alentejo-Portugal Tecnologia e material apropriados para zonas rurais", em *Livro-Jornada sobre Construções em Terra aditivada*, ISNT, Lisboa, Portugal.
- NEUMANN, Júlio (1992): *Tapial Sismo-resistente*. CENAPRED, Navapalos, Espanha.
- TOLLES, E.Leroy (1990): *Overview of the Getty Adobe Research of the 1990's*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, US.
- TORREALVA, Daniel (2005): "Shake tables test services for Getty seismic adobe project and project Terra-Final report" em *Agreement number 0600031872*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

## Notas

- (1) BEXIGA(2007) - A arquitectura de terra na Serra de Monchique-Bases para a conservação futura. Dissertação de Mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico, Évora: Universidade de Évora, 2007 p.119.
- (2) HOUBEN, Hugo [et al.] - Construire en terre. Paris: Ed. Alternatives, 1979. p. 172.
- (3) Idem, p. 186-187.
- (4) AAVV - Peru adobe code - Technical building standart NTE E.080, Lima (Perú): National Building Standards, 2000. p. 20.
- (5) TORREALVA, Daniel - Agreement number 0600031872 "Shake tables test services for Getty seismic adobe project and project Terra-Final report", Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005. p. 31.

## Currículos

Pedro Emanuel Cabrita Neves Bexiga, engenheiro civil, Cese-Curso de Estudos Superiores Especializados em Engenharia Civil (1998), Mestrado em Recuperação do Património Arquitectónico e Paisagístico (2007).

Alfredo Manuel Gonçalves da Silva Braga, licenciado em Engenharia Civil, doutorando em Reabilitação Arquitectónica e Urbana na Universidade de Sevilha, docente na Área Departamental de Engenharia Civil, na Universidade do Algarve