

Técnicas para melhorar a durabilidade da construção em terra

Rute Eires^{1†} & Aires Camões¹

C-TAC, *Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil*
Azurém, P - 4800-058 Guimarães, Portugal

Maria Ponte²

Universidade de Coimbra, Departamento de Arquitectura, Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Coimbra Portugal

Resumo

Um das principais fragilidades da construção em terra é a sua durabilidade face à ação da água, seja pelas chuvas, inundações ou ascensão da água por capilaridade, situações que acontecem sobretudo em países com elevado índice de pluviosidade. Contudo, as construções vernaculares têm demonstrado que é possível construir de forma durável, apesar de este conhecimento parecer ter sido esquecido ao longo dos anos. Por outro lado também têm sido desenvolvidas novas tecnologias para compactação, estabilização e impermeabilização de solos para melhorar a durabilidade da construção em terra. Todavia, a sustentabilidade da solução construtiva pode ser comprometida pelo uso excessivo de cimento ou materiais excessivamente impermeabilizantes. Neste artigo, pretende-se identificar e avaliar estratégias para proteção face à ação da água que têm sido utilizadas desde a Antiguidade até aos nossos dias. Deste modo, será possível perceber como inúmeros edifícios construídos em terra foram preservados ao longo de séculos, resistindo a condições climáticas severas.

1. INTRODUÇÃO

Construir um edifício que seja resistente aos efeitos nocivos da água é um desafio intemporal da arquitetura e no caso da construção em terra o desafio torna-se ainda maior. Esta foi sempre uma questão central na construção vernacular, a grande diferença está no modo em como é encarada. Antigamente, a erosão era aceite como uma parte integrante da vida, pois a cultura e os hábitos permitiam a manutenção periódica das estruturas (Ponte, 2013). A chuva lavava as paredes, que traziam à superfície as gravilhas, diminuindo a erosão com o tempo (Walker *et al.*, 2005). No Alentejo, por exemplo, uma zona de Portugal com grande tradição construtiva em terra, as casas eram anualmente caiadas, protegendo a parede

¹ Professor (a)

[†] Autor para correspondência (rute@civil.uminho.pt)

² Arquiteta

das intempéries. No entanto, o contexto atual não permite a constante manutenção dos elementos construtivos.

Além disso, as proteções recomendadas para a construção em terra são muitas vezes consideradas limitativas ao nível da forma, (Walker *et al*, 2005), e a solução dada pela incorporação de aditivos na mistura é considerada inadequada ou insuficiente (Houben & Guillaud, 2006).

Assim, procuram-se novas soluções que permitam a viabilização da construção em terra no contexto atual e que alterem o preconceito gerado em torno do material. Para tal, procurou-se perceber como se pode, num contexto contemporâneo, tornar um edifício de terra resistente à ação da água, seja através das formas da arquitetura e dos detalhes construtivos, seja pela adequada seleção e aplicação de outros materiais de construção em conjunto com o material terra. Deste modo, apresentam-se estratégias arquitetónicas e formas de estabilização do material terra que têm vindo a ser aplicadas com sucesso na construção tradicional promovendo a sua durabilidade.

2. ARQUITECTURA E DETALHES CONSTRUTIVOS

Tradicionalmente, existem alguns métodos de proteção e pormenorização que constituem as bases do “*savoir bien construire en terre*” (Houben & Guillaud, 2006). A utilização destes princípios permite proteger os elementos em terra da ação das chuvas e da absorção da água, principalmente da água que ascende por capilaridade quando em contacto com o solo (Eires, 2012). Assim, é aconselhada a construção de um telhado protetivo e de um embasamento e fundação impermeáveis, “um bom chapéu e umas boas botas”, como forma de evitar a possível acção danosa da água nos edifícios.

Outra proteção poderá ser a utilização de materiais de revestimento nas paredes exteriores, uma “pele”, que poderá funcionar como camada de sacrifício ou mesmo como elemento mais resistente às intempéries e de maior durabilidade, à semelhança do revestimento utilizado em coberturas planas ou em arco.

2.1. Cobertura e beirados ou “bom chapéu”

A construção de um telhado protetivo evita a ação direta da chuva nos muros, que vai arrastando consigo as partículas de menor dimensão, levando à diminuição da coesão do material e consequente desgaste (Houben & Guillaud, 2006).

Em zonas de grande pluviosidade, a parte superior das paredes é um dos pontos que poderá sofrer maior erosão pela água se não for devidamente protegido. Como tal, é comum e conveniente a utilização de coberturas inclinadas com outro material de construção durável e com avanço além das paredes exteriores, protegendo as mesmas e evitando que a água escorra sobre elas. Segundo Walker, em zonas de exposição normal, as paredes até 3 metros de altura devem ser protegidas com um telhado que se prolonga pelo menos 40 cm depois da linha da fachada, em zonas de grande exposição, deve ser aplicada a máxima proteção, ou seja, a cobertura deve avançar para cerca de 1/3 da parede (Walker, 2005).

No entanto, em climas mais secos é comum o recurso a coberturas planas ou em arco revestidas em terra e, neste caso, são utilizadas argamassas de revestimento como proteção, sendo reforçadas ou substituídas periodicamente.

2.2. Fundações e embasamentos ou “boas botas”

A humidade presente no solo de fundação é um dos principais causadores de patologias nas construções. Logo a conceção das fundações e do embasamento constituem

pontos de especial atenção nos detalhes construtivos e materiais a utilizar (Eires, 2012). As patologias associadas ao embasamento prendem-se, maioritariamente, com a presença da água na base dos muros que leva à perda de resistência mecânica e facilita o aparecimento de eflorescências salinas (Houben & Guillaud, 2006).

Nas fundações deve ser garantida a construção de uma base impermeável e resistente, até a uma altura superior à cota do terreno, como forma de dificultar a ascensão da água por capilaridade na parede. Os materiais mais utilizados são o betão ciclópico, a alvenaria de pedra e, atualmente, o betão armado.

Relativamente aos embasamentos, além destes evitarem a ascensão da água por capilaridade tem ainda a função de proteger as paredes do respingar das gotas de água que caem do beirado e se projetam do chão para a parede (Teixeira & Belém, 1998), principalmente perante pavimentos exteriores impermeáveis (Walker *et al*, 2005). Por este motivo, deverá existir uma relação entre a dimensão do balanço do beirado e do embasamento (Teixeira & Belém, 1998). Esta proteção inferior impede também o impacto de outras forças como do choque de veículos (Houben & Guillaud, 2006). A altura do embasamento deve ser definida de acordo com a necessidade, ou seja, com a quantidade de água que se deposita no solo e com a altura do piso interior (Minke, 2006), no entanto deve apresentar um mínimo de 0.30 a 0.60 de altura (Teixeira & Belém, 1998).

Para o embasamento têm sido utilizadas alvenarias de pedra, tijolo cerâmico, blocos de betão prefabricados, blocos de terra compactados com maior quantidade de cimento ou betão armado. Por vezes o embasamento é ainda rebocado para maior proteção (Eires, 2012).

Um pormenor importante a considerar consiste na forma de resolver a ligação entre a parede de terra e o embasamento. Este ponto deve ser pensado de modo a que a chuva, ao escorrer na parede, não encontre uma barreira e crie uma zona crítica e de provável estagnação e infiltração (Minke, 2005). Por vezes, é ainda introduzida uma película impermeabilizante entre os dois materiais, bloqueando a ascensão da água e de possíveis sais (Minke, 2005 e Walker *et al*, 2005).

2.3. A pele

Sempre que o local de construção tenha índices de pluviosidade consideráveis é pertinente proteger as paredes construídas em terra, sobretudo se o solo utilizado não for por si mesmo resistente (. Esta proteção tem sido realizada de diferentes maneiras, dando mais ou menos resistência e expressão a esta “pele”.

A parede exterior pode ser revestida por um material menos resistente, que se degrada antes da estrutura e pode ser facilmente substituída (Rodrigues & Faria, 2004), funcionando como uma “superfície de sacrifício” (Sanna & Giorgio, 2011).

Por outro lado, este revestimento pode ser feito mediante a utilização de rebocos mais hidrófugos e resistentes às intempéries, por intermédio da aplicação de um impermeabilizante ou outro material, desde que a respiração natural da parede não seja comprometida (Minke, 2005).

Têm sido também utilizados outros materiais de revestimento mais resistentes à ação da água do que a terra, na proteção das paredes exteriores. São exemplos a pedra, o tijolo cerâmico, a madeira, os azulejos e, na atualidade, os polímeros e os têxteis. A sua aplicação pode ser feita diretamente na superfície da parede ou, pelo contrário, destacada da mesma, assumindo uma expressão arquitetónica diferente da que a associada à construção em terra tradicional.

2.4. Outros pormenores construtivos

Existem outros detalhes que poderão contribuir para a durabilidade da construção em terra apresentando-se aqui alguns exemplos.

O reforço das paredes é importante no sentido de melhorar as resistências mecânicas e de evitar o aparecimento de fissuras e posteriores infiltrações de água ou mesmo a desagregação do material exposto às intempéries. Na construção tradicional portuguesa (neste caso, taipa ou adobe), sobretudo quando utilizada terra demasiado arenosa com pouca coesão, eram incorporados outros materiais (na mistura ou entre fiadas horizontais) como pedaços de telhas, tijolos cerâmicos ou pedra, por vezes envolvidos em argamassa à base de cal. Também era comum utilizar argamassa de cal e areia em camadas como reforço da parede (Correia & Merten, 2003 e Teixeira & Belém, 1998).

Os contornos de vãos, de portas e janelas, as juntas e as ligações entre materiais de diferentes naturezas correspondem a pontos de maior fragilidade à ação da água. Tradicionalmente em Portugal, na construção em taipa, era comum a aplicação de argamassas de cal a revestir as fachadas principais ou apenas os pontos de maior suscetibilidade. Por sua vez, as ligações entre diferentes materiais eram frequentemente reforçadas com barro, que funcionava como elemento de união. Assim as madeiras, por exemplo, eram envolvidas numa pasta de argila, evitando a sua degradação perante a humidade (Correia & Merten, 2003).

É, também, necessário proceder ao correto dimensionamento e reforço estrutural dos vãos no sentido de evitar o aparecimento de fissuras que são um caminho aberto para a passagem da água. Sendo, também, importante o revestimento das laterais dos vãos, peitoris e soleiras, uma vez que estão mais expostos à ação das chuvas. Neste caso é comum a utilização de diversos materiais como madeira, pedra, tijolo queimado ou betão.

A proteção face à água também deve ser tida em conta no interior dos edifícios com revestimentos adequados ou recorrendo à utilização de outros materiais de construção nas zonas húmidas como casas de banho e cozinhas, nomeadamente junto de lavatórios e banhos.

3. DESENHAR COM A EROSÃO – O ENGENHO DE ALGUNS POVOS

O Homem ancestral sabia que a durabilidade das construções era garantida por uma proteção superior e inferior, aliada a uma manutenção regular. No entanto, para construir umas “boas botas” e um “bom chapéu”, são necessários materiais resistentes, como pedra ou madeira, materiais muitas vezes indisponíveis nas zonas mais desérticas (Fontaine & Anger, 2009). Se hoje os elementos de proteção são omissos por uma questão estética e formal, como reagiam os povos antigos perante a falta de recursos naturais? As construções do Mali ou do Burkina Faso são reconhecidas pela sua aparência particular, mas, na verdade, as suas formas escondem algo mais do que uma simples vontade estética. A observação da Natureza definiu a forma das construções.

3.1. Mesquita do Djennè no Mali

Os nativos do Mali, conscientes da degradação típica das construções, optaram por criar formas que se adaptassem à própria erosão. Assim, as fachadas da Mesquita de Djennè no Mali, construída entre 1906 e 1907, foram erguidas com várias torres ogivais que evitam a estagnação de água nos topos e adequam-se à própria erosão natural dos solos (Fontaine & Anger, 2009). Na verdade, tal como mostra a Figura 1, estas formas particulares assemelham-se muito às formas naturais da terra, quando moldada pela ação cíclica da água (Ponte, 2013). Na zona inferior, a fundação e o embasamento são substituídos por uma base robusta em

várias camadas de terra, e que permite também aos habitantes acederem às estacas de madeira, ao mesmo tempo, estes elementos servem de andaimes que permitem a manutenção anual após a época das chuvas (Fontaine & Anger, 2009).



Figura 1 – Relação entre a forma das torres da Mesquita de Djennè (esquerda) e a erosão natural do solo (direita). Créditos: Fontaine & Anger, 2009 e Agata Terrao, 2012.

3.2. Casas Obus de Musgum

Nos Camarões, as casas Obus de Musgum, apresentam uma forma ogival e uma expressão esculpida ao nível do reboco, que parece ser estritamente decorativa (ver Figura 2). Todavia, tanto a forma como o trabalho exterior, são fruto de opções de desenho intencionalmente funcionais. A forma ogival permite uma maior estabilidade e conforto térmico interior e, à semelhança de Djennè, permite a diminuição do impacto da chuva nas paredes. Os relevos exteriores, para além de servirem como andaimes para a manutenção após a época das chuvas, permitem desviar as gotas de água e diminuir a sua velocidade (Fontaine & Anger, 2009). No fundo, o reboco exterior interage diretamente com a sua própria agressão (Ponte, 2013).



Figura 2 – A decoração funcional das Musgum Houses. Créditos: Fontaine & Anger, 2009 (esquerda) e Designboom, 2010 (direita).

Desta forma, a debilidade do material pode ser encarada como um desafio com o qual a arquitetura pode interagir. A erosão é aceite como um processo natural, que interage com os próprios elementos, moldando as suas formas. Esta é uma abordagem reconhecida nas formas vernaculares antigas, onde a forma e a estética se cruzam, transformando uma característica negativa do material na própria expressão da arquitetura (Ponte, 2013); o que Martin Rauch (escultor e construtor que trabalha com o material terra) chama de “desenhar com a erosão”

(Kapfinger & Simon, 2011). Apesar de pouco disseminada, esta aceitação da erosão passa a ser um “novo” motivo arquitetônico (Ponte, 2013).

3.3. Stones Village da Arábia Saudita

Outra abordagem diferente pode ser vista na Stones Village na Arábia Saudita, onde nas paredes de terra são introduzidas fileiras de pedra salientes com uma pequena inclinação, formando linhas horizontais com intervalos regulares (ver Figura 3). Estes elementos proporcionam a diminuição da velocidade da água das chuvas que, por vezes, cai com grande intensidade na região (Dethier, 1982).



Figura 3 – Stones Village na Arábia Saudita. Créditos: Fifasaad

Esta abordagem utilizada na Arábia Saudita é também possível observar em alguns exemplos de arquitetura contemporânea, nomeadamente na casa de Rauch (desenhada por Rauch e Roger Boltshauser e construída em 2008), um edifício que tem vindo a inspirar outros projetos (Ponte, 2013). Estes projetistas utilizaram o efeito funcional e estético criado por lâminas salientes da fachada com a introdução de finas peças de argila cozida entre as camadas de terra. Estas peças acabam por abrandar o escoamento da água, evitando o desgaste excessivo da superfície (Kapfinger *et al*, 2011).

Através destes exemplos, é possível entender que a fragilidade do material terra pode ser encarada como um desafio com que a arquitetura pode interagir.

4. EXEMPLOS DE ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA EM TAIPA

Os exemplos aqui apresentados são relativos à construção em taipa, uma vez que tem sido a técnica de construção em terra mais utilizada na arquitetura contemporânea.

4.1. A taipa no mundo

Ao nível internacional, o desejo de renovação das formas deu origem a duas abordagens mais significativas.

Uma abordagem consiste na necessidade de proteção assumida, sendo muitas vezes os elementos protetivos explorados como um motivo de desenho ou conceptual. Os métodos tradicionais não têm forçosamente que ser considerados limitativos ou ultrapassados. As “boas botas”, o “bom chapéu” e a “pele” são encarados como princípios que respeitam o material e que permitem uma nova expressão arquitetónica (Ponte, 2013). Seguem-se exemplos de alguns projetos contemporâneos com este tipo de abordagem:

- Na Capela da Reconciliação em Berlim, dos Arquitetos Reitermann e Sassenroth e do construtor Martin Rauch, a proteção foi providenciada pela criação de um percurso interior entre a taipa e a pele exterior de madeira, protegendo a terra do contacto com os agentes de erosão (ver Figura 4 - a);
- Nas habitações criadas por Françoise Jourda e Gilles Perraudin em Isle d'Abeau, foi construída uma leve cobertura, em polycarbonato e aço que protege as maciças paredes de taipa e cuja ligeireza a torna quase impercetível. A cobertura é ainda apoiada numa estrutura em betão exterior às paredes, enfatizando a sua fragilidade (ver Figura 4 - b);
- No edifício de entrada do Eden Project no Reino Unido, foi desenhada uma grande cobertura em aço, que protege as paredes de taipa não estabilizada da ação da chuva. Aqui, mais uma vez a proteção é transformada num motivo de desenho, permitindo um contraste entre os materiais tradicionais e as possibilidades do aço (ver Figura 4 - b).



Figura 4 – Capela da Reconciliação, habitações em Isle d'Abeau e Eden Project. Créditos: Rael, 2009.

Outra abordagem será o abandono dos métodos tradicionais de proteção, que passam a ser substituídos por elementos de menor expressão ou por metodologias mais sofisticadas, que procuram compensar a fragilidade criada pela exposição dos elementos em terra (Ponte, 2013). Entre estas metodologias encontram-se: a adição de produtos (Walker *et al*, 2005); a compactação mecânica; a utilização de cofragens que evitam a formação de juntas horizontais, etc. (Minke, 2006). Recorre-se cada vez mais a fachadas desprovidas de reboco, embasamentos baixos ou impercetíveis, assim como à ausência de proteção superior (Ponte, 2013).

Esta abordagem permite obter uma arquitetura mais minimalista, onde as paredes ganham o aspeto de planos verticais de terra, desprovidos de qualquer proteção sendo a terra valorizada pelas suas qualidades estéticas e conceptuais. Este conceito permite haver maior flexibilidade no desenho dos edifícios (Ponte, 2013).

No entanto, estas abordagens estão muitas vezes relacionadas com a utilização excessiva de produtos, adicionados à terra ou aplicados na superfície, por vezes inadaptados à natureza do material (Walker *et al*, 2005 e Houben & Guillaud, 2006). O recurso a aditivos industriais é uma prática cada vez mais comum (Walker *et al*, 2005). Além disso, alguns aditivos são demasiado impermeabilizantes e dificultam a permeabilidade ao vapor de água, uma característica essencial para manter as paredes de terra com a humidade adequada e promover a salubridade no interior dos edifícios (Eires, 2012).

4.2. A taipa em Portugal (Alentejo)

A adoção de uma “atitude protetiva” é uma marca ainda hoje presente no Alentejo, com as típicas coberturas e embasamentos que evitam a ação negativa da água e da humidade nas estruturas (Ponte, 2013).

Verifica-se uma prevalência dos métodos tradicionais de proteção que confere aos edifícios uma maior integração com a tradição e o local. A maioria das construções contemporâneas apresenta ainda o telhado e o embasamento protetivo, enquanto a pele começa a ser excluída pontualmente. No entanto, denota-se uma vontade geral em trazer a taipa para um contexto contemporâneo, levando à associação entre atitudes mais protetivas e outras de maior exposição. Recorrem-se a novas linhas e novos materiais, que assumem e afirmam uma diferença temporal (Ponte, 2013). Seguem-se alguns exemplos:

- Na habitação unifamiliar Pica Noz, em Odemira, desenhada pelo Arq. Henrique Screck, prevalece precisamente esta atitude, onde a taipa é protegida superior e inferiormente, deixando algumas zonas expostas, evidenciando a técnica construtiva e a própria textura do material (ver Figura 5 - a);
- Na habitação unifamiliar do Vale da Vela em Odemira, projetada pelo Arquiteto Miguel Peixinho, foi adotada uma longa cobertura que cria um alpendre e, ao mesmo tempo, protege as paredes de terra parcialmente expostas (ver Figura 5 - b);
- Na casa no Carvalho, desenhada pelo Arquiteto Alexandre Bastos, coexistem várias soluções, sendo associadas vários zonas com reboco com zonas de total exposição. O revestimento dos pontos de maior fragilidade, tais como as aberturas ou as vigas, provocam um efeito contrastante entre a patine da cal e a expressão texturada da terra (ver Figura 5 - c).



Figura 5 – a – Casa Pica Noz. Créditos: Ponte, 2013; b - Vale da Vela. Créditos: Arq. Miguel Peixinho; e c - Casa no Carvalho. Créditos: Ponte, 2013.

Por outro lado, começam a ser construídos edifícios de carácter “mais minimalista” onde, à semelhança do que se passa no estrangeiro, os telhados, os embasamentos e os rebocos são eliminados da sua conceção e substituídos por elementos de menor expressão. As coberturas começam a ser planas e o topo dos muros rematado por materiais mais resistentes do que a terra. O mesmo acontece com a proteção inferior que vai perdendo dimensão tornando-se quase impercetível. As camadas de sacrifício também são eliminadas e a taipa é totalmente exposta (Ponte, 2013). De acordo com estes princípios encontram-se alguns exemplos:

- Na habitação unifamiliar em Beja, desenhada pelo Arquiteto Bartolomeu Costa Cabral, verifica-se o abandono da cobertura protetiva sendo, no entanto, mantida a pele de revestimento numa mistura de terra e cal aérea. A expressão natural da taipa é valorizada num muro independente e exterior, por sua vez totalmente desprotegido, tendo sido aditivado com um produto hidrófugo (ver Figura 6 - a);

- A Herdade do Rocim projetada pelo Arquiteto Carlos Vitorino, apresenta também uma total exposição da taipa, com elementos que providenciam apenas a mínima proteção, um rufo metálico e um embasamento de poucos centímetros. No entanto, há que referir a estabilização da terra com cimento branco (ver Figura 6 - b);
- Na E.T.A.R de Évora (Estação de tratamento de águas residuais) desenhada pelo Arquiteto João Correia, verifica-se também a total exposição das paredes de terra, com as mínimas proteções, mas associadas a um agente hidrófugo. Mais uma vez, esta abordagem relaciona-se com a valorização da taipa ao nível estético e conceptual (ver Figura 6 - c).



Figura 6 – a - Casa em Beja; b - Adega de vinho Herdade do Rocim; e c - E.T.A.R de Évora.
Créditos: Ponte, 2013.

5. ESTABILIZAÇÃO DO MATERIAL TERRA PARA AUMENTAR A DURABILIDADE

Entre os estabilizantes mais utilizados na construção em terra desde a Antiguidade encontra-se a cal. Este material tem sido adicionado ao solo para construção de paredes em terra e para preparação de argamassas à base de terra, utilizando-se diferentes tipos de cal, sendo sobretudo utilizada cal aérea hidratada, Ca(OH)_2 , ou cal viva, CaO (Eires, 2012). O principal propósito desta adição é incrementar as resistências mecânicas e a resistência à ação da água. Este aumento pode ser explicado através da reação de carbonatação que ocorre na cal na presença de CO_2 , mas também pela reação pozolânica entre partículas de argila presentes no solo e cal (Santos, 2010 in Eires, 2012).

A incorporação de biopolímeros na construção em terra, também tem sido utilizada a fim de melhorar o seu comportamento face à ação da água. Existem inúmeros exemplos de biopolímeros que têm sido usados como complemento estabilizante do solo. Alguns são de origem vegetal, tais como farinhas, amidos, gomas, cato, óleos, ceras ou resinas de plantas, outros de origem animal, como gorduras animais, soro de leite, caseína, claras de ovos, sangue, excrementos e urina (Eires *et al.*, 2010). No presente texto os biopolímeros são considerados como polímeros de origem natural e biológica, sem qualquer tipo de síntese laboratorial. Entre estes biopolímeros, os óleos ou gorduras, têm sido os mais utilizados para tornar os edifícios em terra mais impermeáveis. Estes materiais são sobretudo incorporados na hidratação da cal, mediante dois métodos distintos na sua preparação. Pode ser por simples hidratação, juntando-se óleos ou gorduras com a cal e a quantidade adequada de água para a hidratação, adicionando-se posteriormente essa mistura no solo a ser estabilizado, ou pode ser

utilizado um processo chamado "hidratação a quente", misturando simultaneamente o solo ou areia argilosa com óleos e gorduras com a água necessária (Eires, 2012).

Em termos históricos, a hidratação de cal com óleos já foi citada por Vitruvius, que mencionou sobre tubos de barro para a água o seguinte: "as juntas terão de ser revestidas com uma mistura de cal viva e óleo", Vitruvius (século I a.C.). No século XVI, o refugo de óleo de baleia, que era utilizado na iluminação da época, era utilizado como aditivo hidrófugo. Este óleo com cal formava um material chamado "*gala-gala*", comumente usado nos Açores e Brasil (Veiga, 2008 in Eires, 2012). Em Portugal, a cal viva hidratada a quente com óleos ou gorduras também era usada para estabilizar as paredes de terra ou argamassas. Foi mencionado também este tipo de uso em edifícios tradicionais construídos em terra e madeira em Lisboa (CML, 2005 in Eires, 2012). Relativamente à conexão entre a cal e os biopolímeros é referido por Čechová que em ambientes básicos, por exemplo, em argamassas à base de terra e cal ou em solo estabilizado com cal, com a adição de óleos ou gorduras os triglicéridos, presentes na sua constituição, quando hidratados, resultam em sais insolúveis de cálcio de ácidos gordos. Estes sais são hidrófugos e conectam-se bem com o cálcio da cal e proporcionando maior repelência à água (Čechová, 2009).

Na Universidade do Minho, foi desenvolvido um trabalho de pesquisa sobre o estudo da estabilização de solo com cal e biopolímeros, adaptando o conhecimento antigo para melhorar a durabilidade relacionada com a ação da água. O principal objetivo do estudo era conseguir uma estabilização do solo adequada para a construção com terra compactada (taipa ou blocos de terra compactados, BTC) sem revestimento adicional, obtendo boa durabilidade contra a ação da água sem comprometer o potencial estético do material da terra.

Desta forma, desenvolveu-se um estudo geral relacionado com a incorporação de biopolímeros (amido de milho, farinha de trigo, açúcar, óleo de linhaça, glicerol, caseína, óleo de cozinha usado e compostos de água de pasta de celulose e de palha) e aditivos minerais (hidróxido de sódio, silicato de sódio, alúmen, cloreto de cálcio, cloreto de sódio e borato de sódio). A percentagem adicionada de biopolímeros fixou-se em 0,4% e 1,0% da massa de solo e a percentagem de aditivos minerais foi 0,1%. Os principais resultados obtidos, relativamente à absorção de água por capilaridade e resistência à compressão no estado saturado, mostraram que, entre os biopolímeros testados, os óleos proporcionavam um melhor comportamento e entre os aditivos minerais testados o hidróxido de sódio apresentava melhores resultados, (Eires, 2012).

Foi também testada a estabilização de solo com: cal viva (CV), cal hidratada (CH) e cimento (C) (4% da massa de solo por cada estabilizante), óleo de cozinha usado (O) (1,0% da massa de solo), e a adição simultânea de hidróxido de sódio (CV_NaOH e CV_O_NaOH) (0,1% da massa de solo), cujos principais resultados se encontram na Figura 7, Eires (2012).

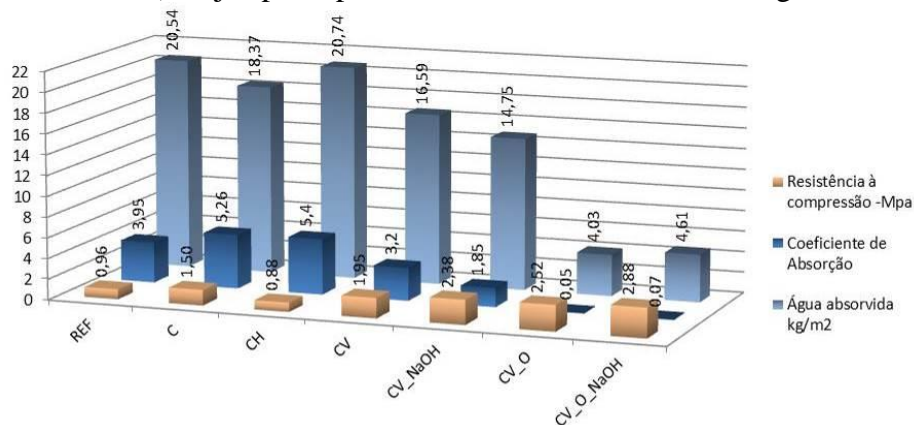


Figura 7 – Resistência à compressão, coeficiente de absorção de água e água absorvida (56 dias). Créditos: Rute Eires

Estes resultados mostram que o solo estabilizado com cal viva mostrou um melhor desempenho, acima de tudo, com a adição de óleo de cozinha usado e hidróxido de sódio.

Comparando o solo de referência, não estabilizado (REF), com as composições de solo com cal viva (CV) os resultados dos ensaios de resistência à compressão revelam: um aumento de 102% sobre a resistência devido à estabilização com cal viva; um aumento de 131% com adição complementar de óleo (CV_O); e um aumento de 150% com adição simultânea de óleo e de hidróxido de sódio (CV_O_NaOH). As composições com cal viva e óleo também mostraram um bom desempenho na absorção de água por capilaridade (diminuição de água absorvida em cerca de 95%).

Em testes de erosão acelerada, usando um jato em *spray* para simular a ação de chuva, estas composições de cal viva com óleo também apresentaram bons resultados, com uma erosão reduzida, apresentando uma redução da erosão face ao solo de referência de 99,5% (Eires, 2012).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que os povos antigos sabiam que a durabilidade das construções era assegurada através de uma proteção superior e inferior, combinada com uma manutenção regular. Deste modo, tal como o Homem ancestral era capaz de se adaptar às condições locais, recorrendo apenas aos poucos meios que tinha à disposição, como os materiais naturais, o engenho e a arte, na contemporaneidade o desafio de potenciar a durabilidade da construção em terra pode ser motivo de inspiração para a arquitetura. Com um projeto arquitetónico criativo é possível construir com terra, mesmo em áreas de deserto (com falta de recursos naturais) ou em áreas de elevada pluviosidade.

Além disso, o conhecimento antigo da estabilização de terra, usado adequadamente e bem adaptado às novas tecnologias, pode permitir formas inovadoras para melhorar a durabilidade e o desempenho da construção em terra.

Verifica-se que o uso de cal viva melhora a estabilização do solo, aumentando as resistências mecânicas e melhorando o comportamento face à ação da água. A adição suplementar de óleos melhora ainda mais esta performance da cal viva, obtendo-se um bom comportamento na redução de absorção da água por capilaridade e na resistência às chuvas. De modo geral, poderá concluir-se que ao estabilizar o solo adequadamente será possível melhorar o desempenho dos edifícios de terra face à ação da água.

7. REFERÊNCIAS

Boltshauser, R. et al, Kapfinger, O. & Simon, A. *Haus Rauch: a Model of Advanced Clay Architecture*, Ed. Basel: Birkhauser (2011).

Čechova, Eva, *The effect of linseed oil on the properties of lime-based restoration mortars*, Doutoramento em Ciência para a Conservação, Universidade de Bolonha (2009).

CML, Camara Municipal de Lisboa, *Baixa Pombalina: bases para uma intervenção de salvaguarda*, Edicao Camara Municipal de Lisboa – Pelouros do Licenciamento Urbanistico, Reabilitacao Urbana, Planeamento Urbano, Planeamento Estrategico e Espacos Verdes (2005).

com/architecture/musgum-earth-architecture>, acedido em 2013 (2010).

Correia, M. & Merten, J., *A taipa alentejana: sistemas tradicionais de protecção*, in proceedings II SIACOT - Seminário Iberoamericano de Construção com Terra, Madrid: Ed. Digital Media (2003).

Designboom, Musgum Earth Architecture, Disponível em: <<http://www.designboom.com/architecture/musgum-earth-architecture>>, acessado em 2013 (2010).

Dethier, J., *Des Architectures de Terre ou l'avenir d'une tradition millénaire*. Ed. Paris: Centre George Popidou, Centre de Céation Industrielle (1982).

Eires et al, *Optimização do desempenho de construção em terra com recurso a biopolímeros*. in proceedings Terra em seminário, 6º ATP/ 9º SIACOT, Coimbra: Ed. Argumentum (2010).

Eires, R., *Construção em Terra: Desempenho melhorado com incorporação de biopolímeros*, Tese de doutoramento, Guimarães: Universidade do Minho (2012).

Fontaine, L. & Anger, R., *Batir en Terre: du grain de sable à l'architecture*. Grenoble: Editions Belin / Cité des sciences et de l'industrie (2009).

Houben, H. & Guillaud, H., *Traite de Construction en Terre*. Ed. CRA Terre, Marseille: Editions Parenthesis (2006).

Minke, G., *Building with Earth - Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Ed. Basel, Berlin, Boston: Birkhäuser (2006).

Minke, G., *Manual de Construcción en Tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*, Ed. Uruguay: Fin de Siglo (2005).

Ponte, M., *Arquitetura de Terra: o desenho para a durabilidade nas construções*. Dissertação de mestrado. Coimbra: Universidade de Coimbra (2013).

Rodrigues, M. & Paulina S. F. de Faria. *Argamassas de Revestimento para Alvenarias Antigas - Contribuição para o estudo da influência dos ligantes*. Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil. Universidade Nova Lisboa – Departamento de Engenharia Civil. Lisboa (2004).

Sanna, U. & Giorgio, P., *I Materiali dell'Edilizia Storica e Moderna*, Università degli studi di Cagliari (2011).

Teixeira, G. & Belém, M., *Diálogos de edificação: técnicas tradicionais de restauro*, Publicação, Porto: Centro Regional de Artes Tradicionais, CRAT (1998).

Veiga, Eliane, *Arquitetura luso brasileira e suas relações com a toponímia - Toponímia e fragmentos da Arquitetura Tradicional de herança portuguesa: Algumas certezas, alguns mitos e certos equívocos*, Coloquio 260 anos de herança acoriana, Florianópolis – Santa Catarina, Brasil, Setembro (2008).

Vitruvius Pollio, Marcus, *De architectura ou "Dez livros sobre a arquitetura de Vitruvio"* – Livro II, em Vitruvius: On Architecture, disponível em <http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Vitruvius>, acessado em 2011, texto original do autor escrito no século I a.C.

Walker, P. et al, *Rammed Earth: design and construction guidelines*, Ed. Watford: BRE Bookshop (2005).