



## ENGENHARIAS

**Panorama histórico do combate à umidade na Construção Civil: das paredes de adobe à aurora do Terceiro Milênio*****Historical panorama of moisture fighting in Civil Construction: from the walls of adobe to the aurora of the Third Millennium***Yuri Mariano Carvalho<sup>1</sup>, Vivian Gemiliano Pinto<sup>2</sup>**RESUMO**

O combate à umidade em edificações humanas é um processo antigo, que remonta ao nono milênio antes de Cristo. O desenvolvimento técnico-científico empreendido pelas mais diversas civilizações da humanidade, como mesopotâmicos, romanos e chineses, acabou por levá-los a descobrir e aplicar inúmeras matérias-primas diferentes em suas obras com o intuito de manter a umidade fora de suas construções. A Idade Média, porém, não trouxe significativos avanços no tema, identificando-se somente no século XVIII nova impermeabilização com material betuminoso, cerca de 3500 anos após os primeiros registros de uso, em terras babilônicas. Neste contexto, o presente trabalho buscou traçar um quadro histórico dos materiais e técnicas construtivas adotadas no decorrer dos séculos, desde a antiga Mesopotâmia até o século XXI. Coube, ainda, um destaque à realidade brasileira a partir do período colonial, com o intuito de incentivar o combate à umidade em edificações desde o projeto inicial da construção.

**Palavras-chave:** Manutenção de edifícios; impermeabilização; patologia das construções; história da Arquitetura.

**ABSTRACT**

*The fight against dampness in human buildings is an ancient process dating back to the ninth millennium before Christ. The technical-scientific development undertaken by the most diverse civilizations of mankind, such as mesopotamians, romans and chinese, led them to discover and apply countless different raw materials in their works to keep moisture out of their constructions. The Middle Ages, however, did not bring significant advances to the area, occurring only in the XVIII century new waterproofing with bituminous material, about 3500 years after the first use records, on babylonian lands. In this context, the present work sought to draw a historical picture of the materials and construction techniques adopted over the centuries, from ancient Mesopotamia to the 21st century. It was also a highlight of the Brazilian reality from the colonial period, in order to encourage the fight against humidity in buildings since the initial construction project.*

**Keywords:** Building maintenance, waterproofing, building pathology; history of Architecture.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, Juiz de Fora/MG - Brasil. E-mail: [yuri.mariano@engenharia.ufjf.br](mailto:yuri.mariano@engenharia.ufjf.br)

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais/ IF SUDESTE MG - Câmpus Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG - Brasil. E-mail: [vivian.pinto@ifsudestemg.edu.br](mailto:vivian.pinto@ifsudestemg.edu.br)



## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade humana, desde a aurora da civilização, atuou como força motriz para que o homem buscasse criar tecnologias e construções que as sanasse. Com o decorrer do tempo e o desenvolvimento das mais variadas estruturas, desde casebres de barro a arranha-céus de aço, a humanidade acabou por acumular uma vasta bagagem científica e tecnológica que permitiu-lhe avançar no ramo da construção civil. O desenvolvimento, todavia, veio acompanhado da necessidade constante de se tratar as patologias construtivas que se manifestavam sobre as edificações erguidas. (FREITAS, 2013).

Na Babilônia, por volta de 2250 a.C., o Código de Hammurabi definia severas punições aos construtores que executassem uma obra e esta viesse a ruir ou a apresentar erros construtivos. (HAMMURABI, 1904). Já nos dias de hoje, a investigação em busca da origem de falhas e de defeitos construtivos e dos responsáveis pelos mesmos é muito mais complexa devido à grande variedade de materiais e de elementos construtivos que compõe o atual panorama da construção civil (FREITAS, 2013), cada qual reagindo de uma forma ao ambiente externo.

Inserida nesse cenário de patologias em construções, a umidade é listada como o maior agente degradante em edificações e o de mais comum atuação (HENRIQUES, 1994), sendo responsável por cerca de 76% de todas as patologias construtivas (FREITAS, 2013) devido às suas várias formas de manifestação. Mesmo sendo de grande relevância para a manutenção da vida no planeta devido às suas propriedades químicas e físicas, a água atua como o agente de maior ação degradante em construções, devendo ser combatida desde as etapas iniciais de projeto até o processo de manutenção a fim de minimizar custos. (CARVALHO; PINTO, 2018). O grande gasto despendido ao se tratar esse tipo de patologia quando já instalada em uma construção, como ressaltado em estudos do Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI) e do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), é um indicativo da premência de se realizar de forma correta a impermeabilização dos bens edificados visando a não manifestação de umidade posteriormente. (KLÜPPEL; SANTANA, 2000; IBI, 2017).

Todavia, a preocupação com a ação danosa da água sobre elementos construtivos não é uma problemática exclusiva da Idade Contemporânea, visto todas as edificações já erigidas pelo homem ao longo da História terem estado sujeitas à ação de chuvas e/ou de águas subterrâneas, exceto nos casos de construções em condições climáticas mais secas. Diante do exposto, buscou-se no presente trabalho traçar um panorama histórico das formas de prevenção adotadas pelas mais diversas civilizações ao redor do mundo contra a ação danosa da água sobre obras humanas. Atentou-se, principalmente, às práticas construtivas empreendidas e aos materiais com propriedades impermeabilizantes utilizados, de forma a estudar a evolução desse cenário com o decorrer do tempo.



## 2. A EVOLUÇÃO DAS PRÁTICAS DE PROTEÇÃO CONTRA A UMIDADE NO MUNDO

### 2.1. CIVILIZAÇÕES DO ORIENTE PRÓXIMO

As patologias oriundas de umidade sempre foram um desafio para o homem na execução de suas obras. Nas escavações realizadas no sítio arqueológico de Jericó, a mais antiga cidade da humanidade, datada de 8300 a.C., foram encontradas casas erigidas com tijolos de barro secos ao sol (adobe) revestidos por um emplastro de lama (MOQUIN, 1994), que tinha por objetivo reduzir o impacto da água nos tijolos. (AUSTIN, 1984). Na região da antiga Mesopotâmia, atual Iraque, no assentamento de agricultores de Ali Kosh, do oitavo milênio antes de Cristo, os tijolos de adobe recebiam acréscimo de palha dos campos vizinhos, o que agilizava a secagem, dificultava a quebra dos blocos e aumentava moderadamente sua resistência à tensão. (MOQUIN, 1994).

Geralmente, os edifícios de adobe deterioravam-se por causa de umidade proveniente de águas de chuva ou de águas subterrâneas. A ação erosiva da precipitação sobre telhados, paredes e parapeitos desse material em conjunto com a posterior secagem dessas estruturas pode levar ao surgimento de sulcos, rachaduras, fissuras profundas e superfícies escavadas. Saturado de chuva, o adobe perde sua força de coesão e começa a deteriorar nos cantos, tornando-os arredondados em tijolos e parapeitos; a falta de manutenção, por sua vez, pode acabar por levar tais estruturas vernaculares a entrarem em colapso devido à contínua deterioração, como indicado pelo Serviço do Parque Nacional dos Estados Unidos. (NPS, 1978). A fim de evitar essas situações, muros e paredes de adobe deveriam receber anualmente novas camadas de argamassa e de pintura, o que torná-los-ia mais resistentes à ação da água. (MCNEIL, 1990).

A umidade natural das águas abaixo do nível do solo, por sua vez, causa danos significativos à estrutura das paredes de adobe, pois a ascensão da água por capilaridade rompe a ligação entre as partículas de argila dos tijolos de barro. Além disso, os sais do solo dissolvidos nas águas subterrâneas, quando depositados em grande quantidade sobre a superfície de adobe, são capazes de deteriorar o material. (NPS, 1978).

Os mesopotâmicos, a partir de 5600 a.C., para tornarem mais resistentes suas habitações e seus templos, passaram a empregar em suas fundações blocos de pedra, o que dificultava a subida das águas subterrâneas por capilaridade, como identificado no assentamento agrícola de Tell Es Sawwan, no atual Iraque. Os tijolos de adobe passaram, também, a ser fabricados em moldes padronizados, o que facilitava a construção de paredes de forma mais eficiente (MOQUIN, 1994), o que dialoga diretamente com as padronizações técnicas empreendidas no mundo atual. Durante o período do Primeiro Império Babilônico (séculos XVIII a XVI a.C.) o uso de alcatrão, argamassa de cal e asfalto natural era prática comum em fundações e na impermeabilização de paredes. (AL-TAIE; AL-ANSARI; KNUTSSON, 2012). Já no sétimo século antes de Cristo, os babilônicos já empregavam tijolos de barro queimados para



embelezar externamente suas edificações e também para conferir maior resistência às paredes contra as intempéries. (MATEUS, 2002; MOQUIN, 1994).

Bons exemplos do uso desses materiais nesse período foram a Torre de Babel, dita o primeiro arranha-céu da humanidade (MOQUIN, 1994) e os Jardins Suspensos da Babilônia, erguidos pelo Rei Nebuchadnezzar (605-562 a.C.) para sua esposa, com 40 metros de altura por 125 metros de comprimento. (NRIAGU, 1983). As plataformas abobadadas dos jardins ainda contavam com folhas de chumbo na proteção de lajes e de fundações contra a ação da água; crê-se que um valor entre 400 e 800 toneladas de chumbo devam ter sido utilizados pelos babilônicos em tal projeto. (NRIAGU, 1983).

## 2.2. CIVILIZAÇÃO ROMANA

A construção civil romana, por sua vez, como registrado pelos engenheiros Vitruvius e Frontino no século I a.C., se valia de múltiplos materiais para a manutenção e edificação do poderio de Roma, tais como chumbo, concreto, pedra, tijolos e madeira (NRIAGU, 1983; STRICKLAND, 2010), sempre atentando, porém, à dinâmica do uso dos materiais e à resistência deles a intempéries. (MATEUS, 2002; STRICKLAND, 2010).

Utilizado na cobertura de parapeitos, muros de alvenaria e fundações, como encontrado nas ruínas de átrios romanos em Pompeia, o chumbo foi um elemento comum da arquitetura antiga devido à sua resistência à umidade, sendo encontrado, até mesmo, em urnas tumulares. (NRIAGU, 1983). A resistência das folhas de chumbo à ação da água se dá pela formação de uma pátina protetora de carbonato de chumbo sobre a superfície do metal devido à ação de águas de chuva, as quais encerram quantidades consideráveis de dióxido de carbono dissolvido em sua composição. (COOTE, 1996).

No que concerne ao concreto, vale afirmar que foi descoberto por acaso a partir da mistura de areia de origem vulcânica, como a encontrada nos arredores do Vesúvio, e argamassa de cal; o mix provou-se um material altamente impermeável e mais resistente do que muitas rochas naturais, sendo utilizado pela primeira vez na construção do aqueduto de Sennacherib (DE CAMP, 1993). A descoberta desse concreto com capacidades hidráulicas, ou seja, de ser empregado em construções subaquáticas, deu maior versatilidade à construção civil romana, permitindo-lhes construir portos artificiais cujas fundações permanecem até os dias atuais. (STRICKLAND, 2010). Com o findar do Império e o surgimento das instituições feudais, a técnica de produção do concreto romano se perdeu para o povo do medievo, sendo redescoberta somente no século XVIII por John Smeaton, ao trabalhar com textos latinos em busca de alguma forma de reconstruir o Farol de Eddystone. (CRAIG; VAUGHAN; SKINNER, 2001; STRICKLAND, 2010).

Já os tipos de pedra mais utilizados pelos romanos eram a tufa calcária, uma rocha porosa e macia de origem vulcânica usada majoritariamente no interior das construções e em elementos de decoração (visto ser facilmente desgastada pelo efeito de neve e chuva) (MATEUS, 2002; STRICKLAND, 2010) e o travertino, assinalado por Vitruvius em sua obra *De Architectura* (VITRUVIO, 1914) como altamente resistente tanto a grandes pesos quanto à ação do tempo, tornando-se, porém, friável sob a ação



de neve e de chuvas e incapaz de preservar sua resistência sob o efeito de altas temperaturas.

A proteção contra os efeitos negativos da umidade, por sua vez, se dava pela utilização de uma argamassa feita de cal e areia para preencher os espaços entre azulejos, blocos de pedra e tijolos de barro e impedir a passagem de água. (VITRÚVIO, 1914). A argamassa romana aditivada com pozolana (material silicoso de origem vulcânica assim chamado por ser encontrado próximo ao vilarejo de Pozzouli) (STRICKLAND, 2010), possuía a capacidade de passar pela cura estando submerso e detinha alta resistência, somente tendo seu uso substituído na Europa a partir do século XIX, com o surgimento do cimento moderno (YANG; ZHANG; MA, 2010), o que indica o alto nível de sofisticação atingido pela construção civil romana em seu auge.

Uma combinação mais densa, porém mais frágil, e que se valia de terracota triturada como agregado, no entanto, apresentava ainda maior resistência à infiltração de água do que a argamassa pozolânica. Sendo produzida com fragmentos de potes e telhas de argila cozida, a argamassa de terracota foi amplamente utilizada em processos de impermeabilização de piscinas, tanques, aquedutos e portos, sendo que até hoje algumas piscinas da Roma Antiga são capazes de conter água devido às técnicas empregadas em seu revestimento. (HALE *et al.*, 2003).

Outro elemento digno de nota e impermeável à água é o tijolo de argila cozida, o qual também foi amplamente utilizado nos centros urbanos romanos, assim como telhas do mesmo material. Sobre o uso das telhas, Vitruvius recomendava que deveriam se projetar sobre a alvenaria, como uma cornija (de função semelhante à dos beirais atuais). A proteção dada pela cornija faria a água pingar para além do plano da alvenaria de tijolos, protegendo-a dos efeitos danosos da chuva e da neve. (STRICKLAND, 2010).

Porém, os amplos conhecimentos dos romanos sobre hidrostática, assim como informações sobre meteorologia e físico-química, foram majoritariamente retirados de escritores e de cientistas gregos de séculos anteriores, tais como Arquimedes e Ctesíbio (LANDELS, 1978), e condensados por Vitruvius no livro VIII de sua obra *De Architectura*. Na posse de tais informações, os romanos foram capazes de erguer pouco menos de 1300 quilômetros de aquedutos por todo o Império (STRICKLAND, 2010), valendo-se, inclusive, de argamassa e cimento para impermeabilizar os blocos de pedra e os tijolos com os quais erguiam as estruturas pelas quais a água seguia rumo às cidades romanas. (LANDELS, 1978).

Além das pedras, dos tijolos e das argamassas, a madeira de carvalho elencava-se entre os elementos utilizados nas construções com alta capacidade de resistir à umidade, sendo utilizada, inclusive, na construção de píeres. Para explicar essa propriedade do carvalho, Vitruvius recorria à ciência dos pitagóricos que afirmava que toda a vida era composta por combinações entre os quatro elementos (fogo, terra, água e ar). Por ser resistente à infiltração da água, a madeira do carvalho seria saturada de “elementos terrosos primordiais”, os quais garantiriam ainda a resistência da estrutura. (STRICKLAND, 2010).



### 2.3. CIVILIZAÇÃO CHINESA

As primeiras argamassas empregadas pelos chineses em suas construções eram emplastos puros de barro, logo não possuíam resistência à água. (MENG; ZHANG; ZHANG; FANG, 2015). Durante o século IV d.C., os chineses desenvolveram uma argamassa de cal e arroz glutinoso (*sticky rice-lime mortar*) através da combinação de cal e sopa dessa variedade de arroz. (YANG; ZHANG; MA, 2010). Relatado primeiramente na obra *Tian Gong Kai Wu*, antigo tratado sobre construções da Dinastia Ming (1368-1644), esse composto orgânico-inorgânico era um elemento de grande popularidade na arquitetura chinesa, como é constatável em pontes, muralhas de cidades, diques, tumbas e templos. (YANG; ZHANG; MA, 2010; ZENG; ZHANG; LIANG, 2008). Além da boa performance contra a umidade, que se relaciona diretamente a quantidade de arroz glutinoso na mistura (YANG; ZHANG; MA, 2010; ZENG; ZHANG; LIANG, 2008), a argamassa apresenta uma notável resistência a abalos sísmicos, visto que antigas construções erguidas com esse material suportaram um abalo sísmico de 7,5 graus em 1604. (YANG; ZHANG; MA, 2010).

Os habitantes de regiões úmidas, como áreas pantanosas ou próximas a rios, desenvolveram o costume, ainda, de erguer suas edificações sobre estruturas elevadas de madeira, ao estilo de palafitas, ou sobre plataformas de terra batida, visando diminuir a ação danosa da umidade advinda do solo. (KIM; PARK, 2017).

### 2.4. EUROPA MEDIEVAL

No que tange ao período medievo europeu, um dos materiais adotados pelo campesinato para construir suas casas era o *wattle and daub*, uma estrutura de madeira trançada recoberta com uma combinação de solo molhado, argila, areia, esterco animal e palha, utilizada desde o neolítico. (DYER, 2013; HAVLIDIS, 2015). Mesmo possuindo uma superfície porosa capaz de absorver água em períodos de chuva, os níveis de umidade eram mantidos sempre baixos, pois a argamassa das paredes atuava como um papel mata-borrão para dispersar a umidade devido à alta taxa de evaporação da superfície. (PRITCHETT, 2001).

Outro material composto adotado pelos medievos é o adobe corrido (HAVLIDIS, 2015), conhecido na Inglaterra como *cob* e no noroeste da França como *bourrine*. (MOQUIN, 1994). Fabricada a partir de solo a base de argila, areia, palha e água (HAVLIDIS, 2015), a mistura era completamente pisoteada por bois ou homens em poços rasos próximos à parede a ser erguida. Os muros e paredes de adobe corrido eram erguidos sobre fundações de pedra elevadas de 18 a 36 polegadas (aproximadamente 45 a 90 centímetros) para prevenir o dano da umidade por capilaridade e o impacto direto da água de chuva. (MOQUIN, 1994). Tanto a composição do adobe medievo quanto o uso de fundações de pedra para proteger a edificação da umidade ascensional assemelham-se com as práticas adotadas por mesopotâmicos e babilônicos milênios antes.

De modo análogo, em vista de manterem secas as vigas de madeira utilizadas em fundações (vigas baldrames), os construtores optavam por erguer suas habitações sobre plataformas de terra elevadas ou cercadas por valas, as quais eram escavadas



sob os beirais dos edifícios e ajudavam a canalizar a água da superfície para longe do madeiramento das fundações. (GARDINER, 2014).

Segundo Moquin (1994), uma boa fundação e um telhado de palha impermeável permitiriam às casas de adobe corrido durar por séculos, como no ditado inglês “Dê a uma casa de adobe corrido um bom chapéu [telhado] e um par de botas [fundações] e ela durará eternamente!” (MOQUIN, 1994, p.547). No entanto, nenhuma das práticas construtivas adotadas pelo campesinos da Europa Medieval apresentam grande diferença das técnicas adotadas milênios antes pelas civilizações do Oriente Próximo.

Os estratos mais ricos da sociedade, por sua vez, possuíam o luxo de erguer castelos, mansões e catedrais de pedra, os quais perduraram por séculos devido à resistência das pedras utilizadas contra bombardeamentos e contra as intempéries. Devido às suas propriedades de baixa absorção de água, a ardósia era utilizada em telhados; sua aplicação era feita sobre batentes ou tábuas de madeira com pregos de cobre e podia ter uma vida útil de até 100 anos. (HAVLIDIS, 2015).

## 2.5. DO FIM DA IDADE MODERNA AOS TEMPOS ATUAIS

Todavia, somente no século XVIII, na Suécia, é que ocorreu a primeira impermeabilização registrada, utilizando-se material betuminoso em coberturas, semelhante a executada hodiernamente. (SCHREIBER, 2012). Já a partir do século XIX eram formulados diagramas de betume asfáltico e de resina para serem utilizados na fiada de transição entre o terreno e a fundação, visando impedir a umidade ascensional. (MATEUS, 2002). Segundo a *Liquid Roofing and Waterproofing Association* (LRWA), o homem passou a beneficiar o betume natural com fibras vegetais e feltro de pano, o que permitiu-lhe continuar sendo amplamente utilizado em sua forma líquida para vedar telhados até o início dos anos 1910, quando sua produção se moveu para o meio fabril. (LRWA, 2018).

O século XX, por sua vez, foi marcado pelo desenvolvimento acelerado de materiais a serem aplicados em obras resistentes à ação da água, como os revestimentos em borracha, as resinas para melhor desempenho dos impermeabilizantes líquidos, o poliéster com sua flexibilidade de uso e aplicação, entre outros avanços (LRWA, 2018). O Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção (*Conseil International du Bâtiment* - CIB) busca, a partir da comissão de trabalho W086 - Patologia das Construções (*Building Pathology*), desenvolver uma aplicação sistematizada do conhecimento existente sobre patologias que acometem às edificações na concepção, construção e gestão destas, fato que se estenderia para a formulação de metodologias para a avaliação de falhas e defeitos construtivos ou de uso geral (FREITAS, 2013), como os oriundos da ação da umidade em edificações.

## 3. O COMBATE À UMIDADE NO BRASIL

Com o desembarque dos portugueses no Brasil no século XVI e os primeiros assentamentos litorâneos, a construção civil luso-brasileira caminhou paulatinamente sob a égide da arquitetura europeia, desenvolvendo estilos como o maneirista, o barroco e o rococó; fortalezas, como o Castelo Garcia D'Ávila, na Praia do Forte, no município de Mata de São João, no estado da Bahia, de 1551, e mosteiros, como o de



São Bento de Salvador, de 1582, marcaram os anos iniciais de nossa história. (CUSTÓDIO, 2011).

Tais edificações, assim como as casas e as igrejas que se tornaram elementos urbanísticos caricatos do Brasil Colônia, valiam-se de técnicas construtivas semelhantes às da Antiguidade e da Idade Média, visto que muitos sobrados tiveram a alvenaria construída em adobe e tijolos cerâmicos. (COLIN, 2010; FREYRE, 1943; OLIVEIRA, 2011). Argamassas de cal e areia e até mesmo barro eram utilizados como elementos ligantes e de reboco para os elementos estruturais dessas obras. (COLIN, 2010).

Para manter tais construções protegidas dos efeitos danosos da umidade originária das chuvas ou do solo (as quais ascendem por capilaridade), os construtores do período utilizavam óleo de baleia como aditivo para as argamassas de assentamento de pedras e tijolos, o que conferia maior capacidade de vedação e permitia melhor ligação entre as peças. (COLIN, 2010; FREYRE, 1943; VEDACIT, 2010). Outra técnica utilizada, e muito semelhante à dos romanos, era o acréscimo de tijolos pilados ou pozolana à argamassa de cal, de forma a obter um aglomerado hidráulico para ser utilizado em fundações ou revestimento. (MATEUS, 2002).

As estruturas feitas em adobe, em taipa de pilão e em tijolos de argila cozida eram construídas sobre alvenarias ordinárias de pedra (MATEUS, 2002) mais elevadas e recebiam grandes beirais para evitarem o desgaste das paredes pela água. (COLIN, 2010). Após receberem emboço em barro, as paredes externas contavam com um reboco em cal e areia para proteger suas superfícies da ação da chuva. (KLÜPPEL; DE SANTANA, 2000). Ainda hoje é comum encontrar entre os segmentos mais pobres da zona rural brasileira construções em técnicas como a taipa, visto ser um método construtivo econômico baseado na compactação manual de solo (predominantemente argiloso), água e cascalho. (CUNHA, ALBUQUERQUE, 2014).

No Rio de Janeiro do século XIX, a qualidade das antigas edificações que emolduravam a cidade era duvidosa, visto que era comum, ao se demolir um prédio, encontrar umidade ascendendo até altos níveis das paredes, como relatado por Antonio de Paula Freitas em 1884 através de sua obra “O saneamento da Cidade do Rio de Janeiro”. (FREYRE, 1943). Segundo o engenheiro, nem mesmo na época dos vice-reis houve preocupação na seleção e preparo do material de construção da cidade, fato este caracterizado pelos tijolos mal feitos nos quais se empregavam barro de péssima qualidade e pelas pastas de areia quase sempre de origem marítima, o que perdurou até a metade do século.

Para Paula Freitas, o maior agente causador da umidade nas paredes é a cal de marisco da baía, que possuía “matérias deliquescentes em maior ou menor quantidade.” (FREYRE, 1943, p.116). Somadas à água salgada das areias do mar, o uso de tais materiais comprometeu a estrutura de casas e sobrados nas cidades litorâneas brasileiras, levando à oxidação de armações metálicas e à destruição de peças de madeira estrutural, realidade que não era fiscalizada durante o Brasil Império.

No decorrer do século XX, com o desenvolvimento da construção civil nacional, a umidade passou a ser um tema de grande destaque no contexto acadêmico, dado a





grande quantidade de danos causados pela ação da água. Tal fato, porém, não foi amplamente explorado pelo setor construtivo, que ainda apresenta deficiências como: o uso de materiais inadequados (LICHTENSTEIN, 1986), a falta de conhecimentos na área (RIPPER, 1984) e a ausência de uma cultura voltada para a manutenção. (KLÜPPEL; SANTANA, 2000). Tais condições acabam por levar à execução de uma impermeabilização tardia, o que onera em cerca de 10% o valor original da obra, justamente por não ter ocorrido no momento preciso. (IBI, 2017).

O desenrolar, nas últimas décadas, da preocupação com a aplicação de práticas sustentáveis em obras (como a construção enxuta, por exemplo, que envolve a geração mínima de resíduos) acaba por trazer à tona novos paradigmas para a Engenharia Civil, inclusive no que tange ao combate à umidade. Sua gênese, seja por fatores antrópicos ou naturais (CARVALHO; PINTO, 2018), é tema de constante análise acadêmica, porém é de suma importância que projetistas da Construção Civil e funcionários no canteiro de obra tenham conhecimento sobre o tema a fim de não projetar ou executar algo fadado a constantes reparações no futuro.

#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se depreender que o paulatino desenvolvimento das práticas construtivas empreendidas pelas sociedades humanas encontra reflexo direto na necessidade de proteger as edificações contra a ação das intempéries. Tal desenvolvimento esteve, em primeira instância, diretamente arraigado às matérias-primas presentes nas cercanias dos primeiros povoamentos da humanidade. Como pode ser observado, a água, em sua manifestação mais comum como precipitação ou ainda como umidade ascensional, já era combatida na Mesopotâmia há cerca de oito mil anos, através do uso de tijolos de adobe revestidos com lama e fundações em blocos de pedra.

Nas terras sob o jugo de Roma, milênios mais tarde, por sua vez, vale destacar o uso plural de diversos materiais nas práticas construtivas, suscitando maior dinamicidade às construções e maior resistência à ação de agentes externos. O amplo arcabouço técnico-teórico acumulado por essa civilização no combate a umidade perdura, ainda hoje, em aquedutos, portos e ruínas.

Quanto às práticas adotadas pelos chineses, é válido destacar o regionalismo e a questão cultural quando da utilização das argamassas fabricadas com sopas de arroz. Já a Idade Média foi marcada pela adoção de técnicas semelhantes às aplicadas pelos antigos mesopotâmicos e babilônicos, não havendo grandes avanços práticos nessa área devido, potencialmente, aos poucos avanços científicos. Novas melhorias passaram a ser relatadas somente a partir do século XVIII com a retomada do uso de materiais betuminosos em impermeabilizações, prática já conhecida pelos babilônios no segundo milênio antes de Cristo.

Em solo brasileiro, casas e igrejas do período colonial apresentavam práticas construtivas análogas às empreendidas na Antiguidade, fundamentadas no uso de tijolos e elementos construtivos de terra, barro e rochas, estando o maior avanço concentrado nas propriedades hidráulicas dos materiais utilizados em revestimento de fundações. As cidades litorâneas do período imperial caracterizavam-se pelo emprego de insumos de qualidade duvidosa em suas estruturas, os quais propiciavam a



propagação de umidade por altos níveis nas alvenarias, o desgaste de armaduras metálicas e o avario de madeiramentos decorativos e estruturais.

Atualmente, no entanto, com o alavancar das pesquisas na área de Patologia das Construções, surge o anseio de que sejam minimizados os gastos despendidos, após a edificação pronta, com impermeabilizações ou combate a focos de umidade que poderiam ter sido previamente evitados. Para corroborar o combate à umidade, uma grande gama de materiais resistentes à ação da água foi desenvolvida do século XX até os dias de hoje. Diante do exposto, impõe-se a premência pela formulação de projetos de impermeabilização, e que estes sejam incorporados ao conjunto de projetos mínimos necessários para a execução de um empreendimento, a fim de minimizar custos futuros indesejados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-TAIE, E.; AL-ANSARI, N.; KNUTSSON S.; SAAED, T. E. Foundation assessment in different parts of Iraq using STAAD Pro v8i. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v.7, n.3, p.273-281, mar. 2013.

AUSTIN, G. S. Adobe as a building material. **New Mexico Geology**, v.6, p.69-71, 1984.

CARVALHO, Y. M.; PINTO, V. G. Umidade em edificações: conhecer para combater. **ForScience: Revista Científica do IFMG**, Formiga, v.6, n.3, jul./dez. 2018.

COLIN, S. **Técnicas construtivas do período colonial**. 2010. Disponível em: <<http://coisasdaarquitectura.wordpress.com/2010/09/06/tecnicas-construtivas-do-periodo-colonial-ii/>>. Acesso em: 9 abr. 2018.

COOTE, F. C. **Underside condensation and corrosion of lead sheet roofs**. Disponível em: <<http://www.buildingconservation.com/articles/leadsheetroofs/lead-sheet-roofs.htm>>. Acesso em: 9 abr. 2018.

CRAIG, J. R.; VAUGHAN, D. J.; SKINNER, B. J. **Resources of the Earth**: origin, use, and environmental impact. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

CUNHA, R. P.; ALBUQUERQUE, P. J. R. Advance of foundation techniques in Brazil since colonial times. **Dyna**, a.81, n.183, p.178-187, fev. 2014.

CUSTÓDIO, J. de A. C. A arquitetura de defesa no Brasil Colonial. **Discursos fotográficos**, Londrina, v.7, p.173-194, 2011.

DE CAMP, L. Sprague. **The ancient engineers**. New York: Barnes & Noble Books, 1993.

DYER, C. Living in peasant houses in late medieval England. **Vernacular Architecture**, v.44, n.1, p.19-27, 2013.

FREITAS, V. P. de. (Ed.). **A state-of-the-art report on building pathology**. Portugal: CIB - W086 Building Pathology, 2013.

FREYRE, G. Casas de residência no Brasil: introdução. **Revista do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, n.7, p.99-127, 1943.



- GARDINER, M. An archaeological approach to the development of the late medieval peasant house. **Vernacular Architecture**, v.45, p.16-28, 2014.
- HALE, J. *et al.* Dating ancient mortar. **American Scientist**, v.91, n.2, p.130-137, 2003.
- HAMMURABI. **The Code of Hammurabi King of Babylon about 2250 B.C.** Traduzido para o inglês por Robert Francis Harper. Chicago: The University of Chicago Press, 1904.
- HAVLIDIS, D. R.. **What were medieval houses and structures built from?** 2015. Disponível em: <<http://www.lostkingdom.net/medieval-architecture-building-materials>>. Acesso em: 15 fev. 2018.
- HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes**. 4. ed. Lisboa, Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO (IBI). **O que é impermeabilização?** 2017. Disponível em: <<http://ibibrasil.org.br/2017/10/17/o-que-e-impermeabilizacao/>>. Acesso em: 16 fev. 2018.
- KLÜPPEL, G. P.; SANTANA, M. C. de. **Manual de conservação preventiva para edificações**. Brasília: Programa Monumenta, 2000.
- LANDELS, J. G. **Engineering in the ancient world**. Berkeley & Los Angeles: University of California Press, 1978.
- LICHTENSTEIN, N. B. **Patologias das construções**: procedimento para diagnóstico e recuperação. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo: BT 06/86, 1986.
- LIQUID ROOFING AND WATERPROOFING ASSOCIATION (LRWA). **History of Liquid Waterproofing**. 2018. Disponível em: <<http://www.lrwa.org.uk/about-us/#history2>>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- MATEUS, J. M. **Técnicas tradicionais de construção de alvenarias**: a literatura técnica de 1750 a 1900 e o seu contributo para a conservação de edifícios históricos. Livros Horizonte. Lisboa, Portugal: 2002.
- MCNEIL, I. **An encyclopaedia of the history of technology**. Routledge. Londres, Reino Unido: 1990.
- MENG, C. L.; ZHANG, H.; ZHANG, B. J.; FANG, S. Q. Chemical and Microscopic Study of Masonry Mortar in Ancient Pagodas in East China. **International Journal of Architectural Heritage**, v.9, n.8, p.942-948, 2015.
- MOQUIN, M. Ancient Solutions for Future Sustainability: Building With Adobe, Rammed Earth, and Mud. In: CIB TG, 16., Sustainable Construction, p.543-552, 1994, Tampa, Florida, USA. **Anais...** Gainesville, Flórida: Center for Construction and Environment, M. E. Rinker Sr. School of Building Construction, College of Architecture, University of Florida, 1994.
- SERVIÇO DO PARQUE NACIONAL DOS ESTADOS UNIDOS (NPS). **Preservation of historic adobe buildings**. Washington, D. C.: U.S. Department of Interior, 1978.
- NRIAGU, J. O. **Lead and lead poisoning in antiquity**. Hoboken, Nova Jersey: John Wiley & Sons, Inc.: 1983.



OLIVEIRA, M. M. **Tecnologia da conservação e da restauração**: materiais e estruturas. 4. ed. Salvador: EDUFBA - Editora da UFBA, 2011.

OTHMAN, N. L. *et al.* A case study on moisture problems and building defects. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.170, p.27-36, 2015.

PRITCHETT, I. **Wattle and daub**. 2001. Disponível em: <<http://www.buildingconservation.com/articles/wattleanddaub/wattleanddaub.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

SCHREIBER, P. A. de A. **Impermeabilização de lajes de cobertura**: caracterização, execução e patologias. 2012. 68 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

STRICKLAND, M. Roman building materials, construction methods, and architecture: the identity of an empire. **All Theses**, Paper 909, 2010.

VEDACIT. **Manual técnico**: impermeabilização de estruturas. 6. ed. Vedacit Impermeabilizantes, 2010.

VITRÚVIO. **The ten books on architecture**. Traduzido para o inglês por Morris Hicky Morgan. Cambridge: Harvard University Press, 1914.

YANG, F.; ZHANG, B.; MA, Q. Study of sticky rice-lime mortar technology for the restoration of historical masonry construction. **Accounts of Chemical Research**, v.43, n.6, p.936-944, jun. 2010.

ZENG, Y.; ZHANG, B.; LIANG, X. A case study and mechanism investigation of typical mortars used on ancient architecture in China. **Thermochimica Acta**, v.473, n.1-2, p.1-6, 2008.

Submetido em: **22/08/2019**

Aceito em: **06/12/2019**