

Conservar para cuidar. Re-tratamentos de madeiras arqueológicas encharcadas consolidadas com PEG: a Piroga Monóxila Lima 1

João Henrique Marrocano, José António Gonçalves

Resumo: As reparações estruturais de objetos arqueológicos encharcados e consolidados com ceras sintéticas continuam a ser medidas delicadas, principalmente, por ainda não existirem soluções adesivas verdadeiramente idóneas que possam ser utilizadas eficazmente e de forma generalizada nessa realidade material. Na intervenção de conservação e restauro, realizada no Laboratório do CNANS/DGPC sobre os problemas de fendimento da Piroga Monóxila Lima 1 (consolidada com polietilenglicol), desenvolveu-se uma metodologia de tratamentos, baseada nos comportamentos da fluência da madeira, que mostrou bons efeitos práticos na estabilização da reação viscoelástica e das tensões internas dos fenómenos de retração, nos parâmetros de relaxação adequados ao desempenho satisfatório e duradouro de soluções adesivas comerciais. Os procedimentos envolvidos e as tarefas realizadas podem constituir-se como uma referência relevante na mitigação deste tipo de problemas sobre esta realidade material, ou ter préstimo em intervenções de grande dimensão, quando não existam grandes recursos orçamentais e/ou de infraestruturas.

Palavras-chave: Lima 1, Conservação, Restauro, Fluência, Madeira, CNANS

Conserve to care. Re-treatment of archaeological waterlogged woods consolidated with PEG: the Dugbout Lima 1

Abstract: Structural repairs of waterlogged archaeological objects consolidated with synthetic waxes continue to be delicate measures, mainly because there are still no truly suitable adhesive solutions that can be used effectively in a generalized way in this material. In the conservation and restoration intervention, carried out at the CNANS/DGPC Laboratory, to solve the cracking problems of the Dugbout Lima 1 (consolidated with polyethylene glycol), we developed a treatment methodology, based on the behavior of wood creep, which showed good practical effects in the stabilization of the viscoelastic reaction and in the internal tensions of the shrinkage phenomena, following relaxation parameters suitable for the satisfactory and lasting action of commercial adhesive solutions. The procedures involved and the tasks carried out, can constitute a relevant reference in the mitigation of these problems, in this material reality, or be useful in large-scale interventions, where there are no large budgets resources or of the infrastructures.

Keywords: Lima 1, Conservation, Restoration, Creep, Wood, CNANS

Conservar para cuidar. Re-tratamientos de maderas arqueológicas saturadas consolidadas con PEG: la Piragüa Monoxila Lima 1

Resumo: Las reparaciones estructurales de objetos arqueológicos anegados y consolidados con ceras sintéticas continúan siendo medidas delicadas, principalmente porque aún no existen soluciones adhesivas realmente adecuadas que puedan ser utilizadas de manera efectiva y generalizada en esta realidad material. La intervención de conservación y restauración, realizada en el Laboratorio CNANS/DGPC, a los problemas de fisuración de la Piragüa Monoxila Lima 1 (consolidada con polietilenglicol), desarrolló una metodología de tratamiento, basada en el comportamiento de la fluencia de la madera, que mostró buenos efectos prácticos en la estabilización de la reacción viscoelástica y las tensiones internas de los fenómenos de retracción, en parámetros de relajación adecuados para el servicio satisfactorio y duradero de las soluciones adhesivas comerciales. Los procedimientos involucrados y las tareas realizadas pueden constituir una referencia relevante en la mitigación de estos problemas en esta realidad material, o ser útiles en intervenciones de gran envergadura, donde no se cuenta con grandes presupuestos y/o infraestructuras.

Palabras clave: Lima 1, Conservación, Restauración, Fluencia, Madera, CNANS

Introdução

A piroga monóxila de Geraz do Lima (Lima 1), datada da 2.^a metade do século X à 1.^a metade do século XI, é uma embarcação fluvial de fundo chato, concebida a partir de um único tronco de madeira de carvalho (*Quercus Robur L.*). Foi achada, fortuitamente, a 2 de março de 1985, no Rio Lima, freguesia de Lanheses, município de Viana do Castelo. Tem como dimensões: 4,35m de comprimento, 0,55m de largura e 0,44m de altura (Alves 1986). A Lima 1 foi a primeira de seis pirogas encontradas do rio Lima, entre os anos de 1985 e 2008, encontrando-se à guarda do Centro Nacional de Arqueologia Náutica e Subaquática/Direção Geral do Património Cultural (CNANS/DGPC), desde o ano de 1999. Foi classificada como «tesouro nacional» em 2021, juntamente com as restantes cinco embarcações monóxilas que integram a coleção (Decreto nº 11/2021, 7 de junho).

A Lima 1 é um achado fortuito, que ocorreu a 2 de março de 1985, no rio Lima, a jusante da ponte que liga Lanheses a Moreira de Geraz do Lima, a cerca de três metros de profundidade (Alves 1986: 211). As circunstâncias do achamento (Alves 1986: 211) e o parco conhecimento que se detinha à época em Portugal sobre a preservação destes objetos provenientes de contextos subaquáticos, levaram a que desde a exumação do rio Lima a piroga se visse confrontada com problemas de retração e de variação volumétrica, que provocaram danos na sua unidade material e formal, devido à incúria de medidas de depósito preventivo em ambiente encharcado [Figura 2. A, 1]. Apesar das ações empreendidas de mitigação da conformação perdida, após a embarcação dar entrada no Museu Monográfico de Conímbriga – Museu Nacional (MMC-MN), ainda em 1985 [Figura 2. B], e a posterior consolidação e estabilização (2003 – 2013), já sob a alçada do CNANS/DGPC – que adiante analisaremos com mais detalhe no *Historial Conservativo* –, a ação das tensões provocadas pela secagem descontrolada, dos primeiros meses após o achamento (fendas e deformações), permaneceram no objeto como uma advertência da continuidade dos decaimentos (Mergny *et al.* 2016), mantendo-se a Lima 1 submetida a processos de deterioração material e de debilidade estrutural (até à atualidade), acrescidos da fragilidade intrínseca do bem e do estado de ruína em que foi encontrado.

Na verdade, a reparação estrutural de bens arqueológicos consolidados por impregnação aquosa de ceras sintéticas, continua a ser um campo de reflexão, não havendo metodologias de tratamento e/ou materiais específicos que possam ser utilizados de forma generalizada (Grattan e Clarke 1987; Rice 1989). Por exemplo, a eleição de um adesivo nas ações de fixação mantém-se uma questão delicada, devido às soluções correntes utilizadas em materiais lenhosos (com PVA) ainda não serem consideradas totalmente idóneas, nomeadamente, na compatibilidade entre as suas propriedades humectantes (Frihart 2012: 230 - 234) com as características intumescentes das ceras sintéticas no poro da madeira (Rice 1989: 391), o que compromete a coalescência entre o adesivo e as superfícies de contato e a eficácia das juntas de colagem (Grattan e Clarke 1987: 196).

Estas questões aportam, regularmente, ambiguidades às reparações estruturais em aspetos como: i) a segurança das opções a tomar, ii) a conformidade das medidas operacionais com a realidade material, iii) o comportamento futuro dos tratamentos, a médio e longo prazo. Talvez por isso, tenha predominado na tutela, após o término dos tratamentos de consolidação e estabilização a seco da Lima 1 (2013), a tendência para manutenção do objeto em depósito seguro (Sousa *et al.* 2007: 88-90), procurando-se desta forma minimizar os problemas de retração e de variação volumétrica, em detrimento da aplicação de ações diretas, de cariz curativo e/ou de restauro, que estabilizassem e/ou debelassem os efeitos dos decaimentos na Lima 1.

Recentemente (junho de 2022), foi iniciado pela equipa do Projeto Water World, financiado pelo mecanismo europeu EEA Grants, o registo digital de bens culturais classificados como Tesouro Nacional, à guarda do CNANS/DGPC. Aquando da desembalagem da Lima 1 para registo tridimensional, verificou-se que os fenómenos de retração (fendimentos) mais preeminentes a que a embarcação tem estado submetida pelos flancos (analisados adiante no Estado de Conservação), observavam taxas de progressão expressivas que presentemente comprometiam a preservação da unidade e integridade estrutural da piroga, devido ao risco de rotura material. Por outro lado, acentuavam a vulnerabilidade material do artefacto, devido à diminuição da resistência mecânica da madeira (Mergny *et al.* 2016) e empenhavam, significativamente, o seu usufruto documental [Figura 5. A, B]. Além disso, estes problemas colocavam novos desafios de manuseio do objeto no transporte (já de si delicado), e intrincavam a sua exibição em espaços expositivos – sem medidas de apoio preventivo extraordinário.

Perante este cenário de agravamento da instabilidade física e mecânica da Lima 1, e de forma a antecipar danos (imediatos e futuros) de falência estrutural e desvalorização patrimonial, o Laboratório do CNANS/DGPC delineou um projeto de conservação e restauro para o bem com três objetivos essenciais: i) estabilizar as tensões de tração nocivas à preservação do objeto; ii) reparar as fendas mais problemáticas para a conservação da integridade estrutural e formal; iii) restituir o valor documental da embarcação *per se*, potenciando a sua leitura e a sua compreensão no seio da coleção das pirogas monóxilas do Rio Lima.

Tendo presente as carências elencadas respeitantes às reparações estruturais em bens arqueológicos consolidados com ceras sintéticas e a prostração material congénita da Lima 1 (desde a exumação), os requisitos da intervenção teriam de passar pelo desenvolvimento de procedimentos metodológicos que acomodassem o comportamento mecânico dos problemas de fendimento, às propriedades de resistência viscoelástica favoráveis à viabilidade das operações de tratamento necessárias (junções e ancoragens estruturais), e ao serviço de um adesivo, a médio e longo prazo, que não aportasse fadigas de maior à fragilidade material do objeto durante os tratamentos e na sua preservação futura.

Nesse sentido, e atendendo às características físicas dos decaimentos nos flancos – áreas de ajuste complexo devido à secção do sentido da pressão ser maior que a espessura – era essencial fixar os planos de separação das fendas em níveis de relaxação que minimizassem as tensões de estabilização da madeira, de forma a mitigar os riscos das pressões de fixação motivarem roturas e/ou deformações plásticas. Concomitantemente o adesivo a eleger teria de oferecer: i) segurança de coalescência em materiais pouco porosos (mesmo com um exercício das pressões de aperto adstrito), ii) garantias de incremento da resistência estrutural dos flancos (particularmente a bombordo), iii) características de cura idóneas para a coesão material específica da Lima 1, para que os requisitos estabelecidos fossem alcançadas e os objetivos essenciais da intervenção cumpridos.

O presente texto propõe discutir os conceitos e a metodologia que guiaram as opções técnicas tomadas nos trabalhos de conservação e restauro da Lima 1, empreendidos no Laboratório do CNANS/DGPC. Considera-se que os fundamentos das propriedades da resistência dos materiais, orientadores dos trabalhos, e os procedimentos práticos (acessíveis e de baixo custo) aplicados na resolução dos problemas mecânicos e físicos do objeto, são uma forma vantajosa de ultrapassar as incertezas que as reparações em bens arqueológicos, consolidados com ceras sintéticas, ainda apresentam. Por outro lado, a partilha dos princípios de atuação utilizados pode ser uma referência de mais-valia em trabalhos de conservação e restauro futuros (sobre objetos de grandes dimensões e com a mesma realidade material), em que não existam grandes recursos financeiros e/ou de infra-estruturas. Por último, e reconhecendo a importância desta tipologia de embarcação no conhecimento dos hábitos dominantes de navegação das

sociedades do noroeste peninsular, na transição da Alta para a Baixa Idade Média, e a utilidade da casuística na conservação e restauro, propõem-se também com este trabalho contribuir para a divulgação e memória futura de ações de conservação e restauro no património náutico nacional.

Pela importância que se impõe, a descrição do diagnóstico, dos critérios de atuação e dos tratamentos empreendidos, é precedida de uma contextualização sumarizada, do historial conservativo do artefacto e das ações curativas empreendidas para a estabilização a seco (aditadas por algumas considerações sobre a sequência dos processos), que serve apenas para complementar o tema deste texto: a reparação estrutural da piroga monóxila Lima 1.

Historial Conservativo

Logo após a exumação do artefacto do Rio Lima, a 2 de março de 1985, a piroga foi transportada para Viana do Castelo, ficando guardada num armazém pertencente à Capitania local, onde passou despercebida. Por casualidade, um funcionário da Câmara Municipal de Caminha, Raul de Sousa, pertencente ao grupo organizador do Museu Municipal (MMC), toma conhecimento da situação e providencia a transferência do bem para o local do futuro MMC. Em todo este processo (de cerca de quatro meses), a piroga esteve a seco (Alves 1986: 211).

Durante os meses em que a piroga esteve sem cuidados preventivos, verificaram-se deformações volumétricas diferenciadas (Santos 2018: 26) e o surgimento de fendas de retração [Figura 1], ambos os problemas potenciados pela secagem descontrolada do objeto (Lisboa, CNANS, Processo

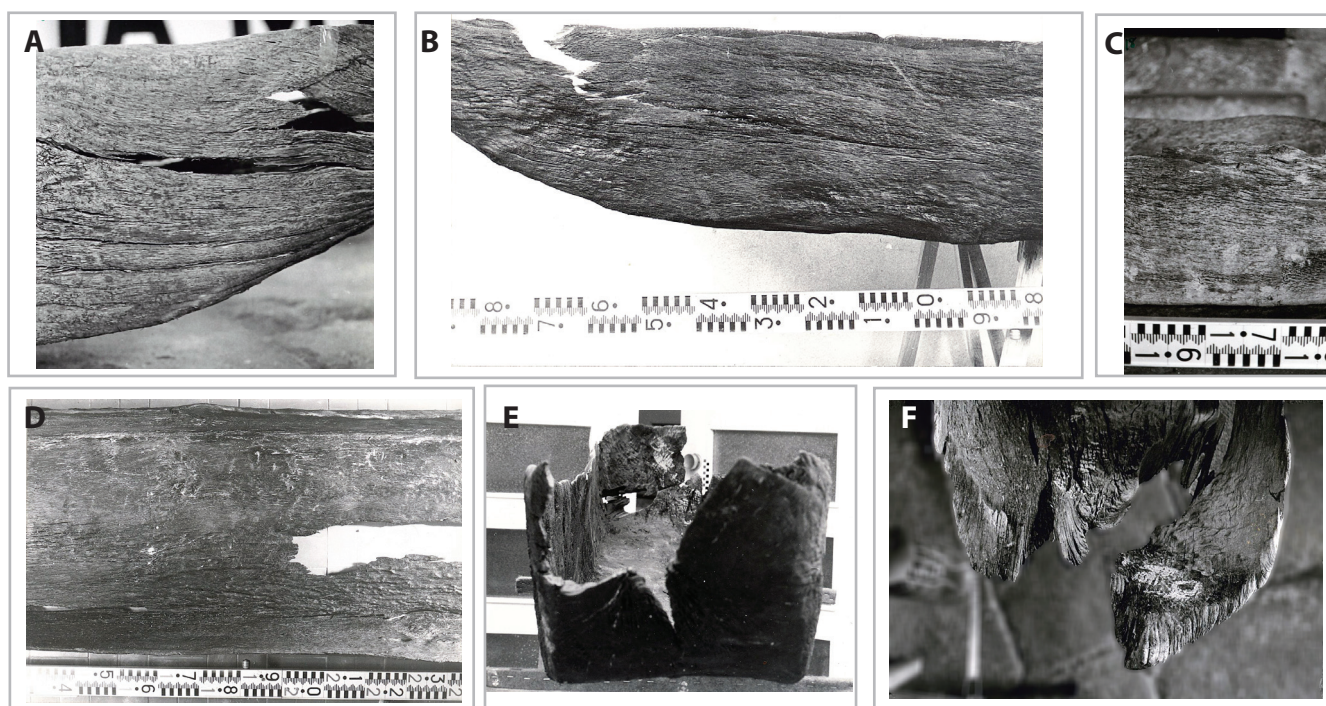


Figura 1. - Lima 1. Patologias, depósito, Viana do Castelo/ Caminha, 1985. A) Fenda, flanco estibordo à vante. B) Fenda, flanco bombordo à vante. C) Fenda, flanco estibordo, zona central. D) Fenda, zona central e ângulo do fundo com flanco bombordo. E) Proa, aspeto geral. F) Popa, aspeto geral. Arquivo Fotográfico 09, CNANS/DGPC.

1985/005). Devido às deficientes condições preventivas do depósito peça, a Lima 1 é transferida para o MMC-MN (08/07/1985), tendo promovido essa deslocação o então Diretor do Museu Nacional de Arqueologia (MNA) Francisco Alves, com a colaboração do município de Caminha e da então Diretora do MMC-MN, Adília Alarcão (Alves 1986: 211).

O transporte da Lima 1, de Caminha para o MMC-MN, ocorreu de forma imersa, dentro de um tanque em madeira, forrado integralmente com poliestireno e manga plástica. No MMC-MN foram efetuados os primeiros tratamentos de conservação preventiva na peça. Para prevenir o desenvolvimento de contaminantes micro-orgânicos, a piroga foi colocada numa solução de ácido bórico (Pearson 1987: 115). Quanto às deformações ocorridas, foram efetuados tratamentos com vista a devolver alguma da conformação perdida, nomeadamente, nos flancos e no fundo [Figura 2]. As fendas (fendimento e fendilhamento) que se tinham gerado pela secagem descontrolada não foram anuladas (Lisboa, CNANS, Processo 1985/005).

A Lima 1 permaneceu no MMC-MN em imersão preventiva até ser transferida para as instalações do CNANS, em 1999, em Lisboa (Lisboa, CNANS, Processo 1985/005). No laboratório do CNANS/DGPC, a Lima 1 iniciou o processo de consolidação em julho de 2003, com vista à secagem e estabilização em ambiente seco. O tratamento passou pela impregnação

aquosa do objeto com polietilenoglicol (PEG), cera sintética higroscópica solúvel em água (Hamilton 1999), através de um protocolo de duas etapas (Hoffman 1986). A primeira fase com PEG 400, numa segunda fase, com mudança de solução (Grattan e Clarke 1987: 178), com PEG 4000, até uma taxa de impregnação da estrutura celular da madeira de 49.6% (Jansen et al. 2001). Ao longo do tratamento foram adicionadas várias percentagens de biocidas Nalco® 2180, 7330 e 77350 (Martins 2014: 13) para controlo biológico da solução (Grave 2004: 14). O protocolo de impregnação terminou em março de 2013 [Figura 3, A].

Após os tratamentos de consolidação, a Lima 1 foi seca e estabilizada por liofilização, no laboratório do Museu Nacional de Arqueologia Subaquática (ARQUA), em Cartagena, Espanha. O transporte do artefacto, entre as instalações do CNANS/DGPC e o laboratório Arquatec, ocorreu em abril de 2013 (Martins 2014: 20). A secagem por vácuo iniciou-se a 20 de maio, tendo o processo terminado a 3 de junho de 2013. O congelamento da piroga realizou-se em torno dos -60°C . A temperatura da câmara foi estritamente controlada e lentamente aumentada (cerca de 13 dias), até valores da ordem dos 12°C [Figura 3, B]. Durante o tratamento de secagem e estabilização, o peso do objeto diminuiu 47kg (23%), tendo passado dos 203 kg iniciais para os 156 kg finais. A 5 de setembro de 2013, a Lima 1 voltou do Arquatec para as instalações do CNANS/DGPC (Martins 2014: 20).

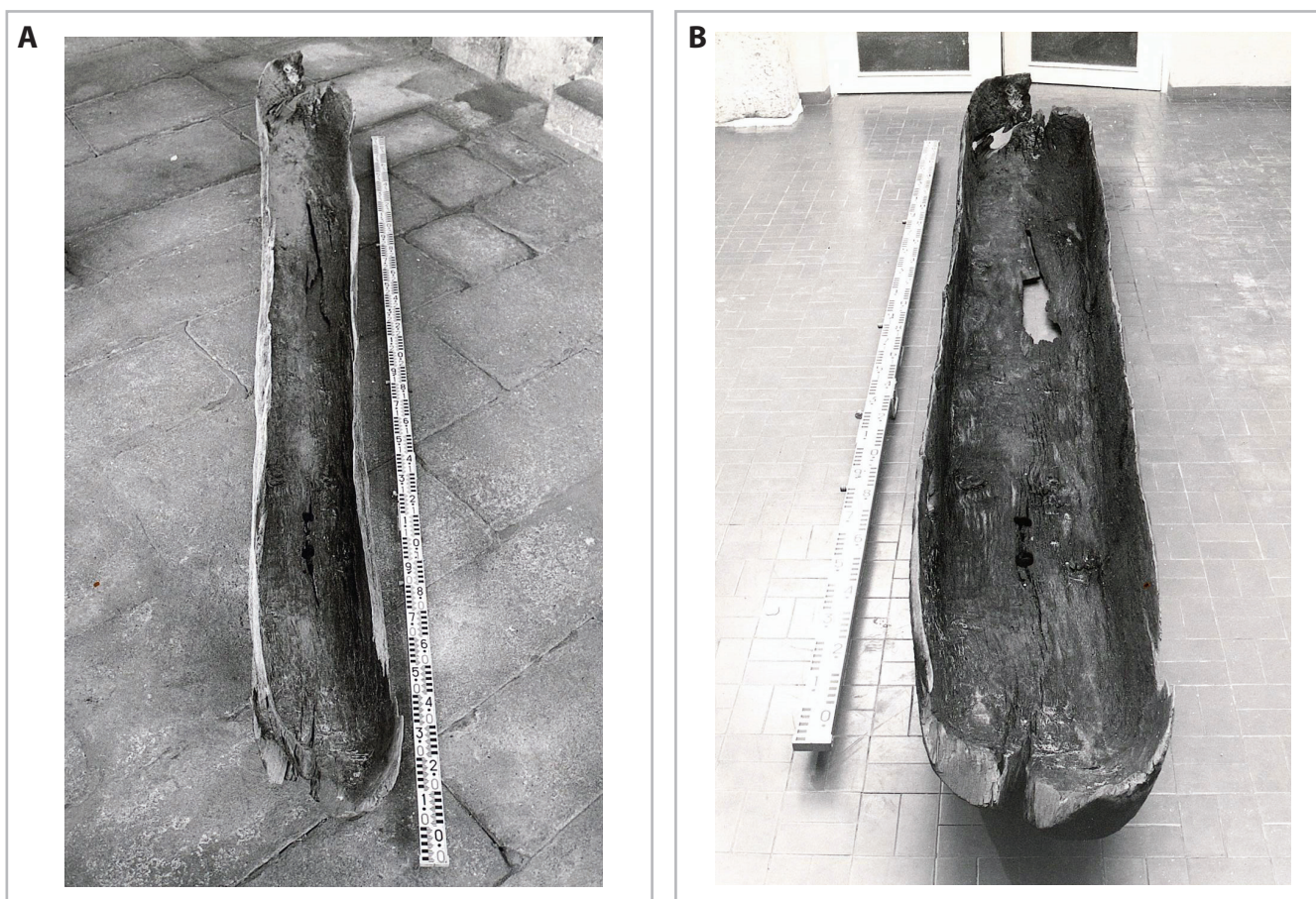


Figura 2.- A) Lima 1, MMC, 1985, aspeto geral das deformações ocorridas desde a exumação do Rio Lima. B) Lima 1, MMC – MN, 1985, após a devolução da conformação. Arquivo Fotográfico 09, CNANS.

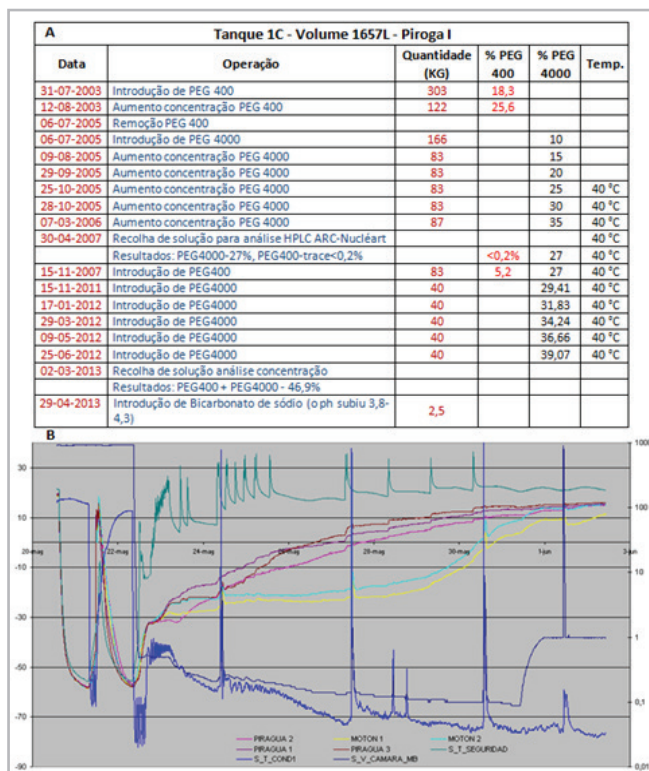


Figura 3.- A) Protocolo de Impregnação, Lima 1; B) Diagrama de secagem, Lima 1. (Martins 2014)

Entre 2013 e 2016, o artefacto permaneceu acondicionado em embalagem segura (Sousa et al. 2007: 88-90) nas reservas do CNANS/DGPC. Em junho de 2016, integra a exposição O Tempo Resgatado ao Mar (OTRM), no Museu de Artes Decorativas de Viana do Castelo. Na preparação do objeto para a exposição, observou-se alguma emersão de PEG à superfície (com diferentes graus de consistência), em particular, na zona da popa. O tratamento de remoção dos vestígios de PEG ocorreu de forma física e mecânica, tendo sido utilizadas pistolas de ar quente (para o amolecimento) e escovas de pelo acrílico para a remoção. Nos locais onde o impregnante mostrava maior resistência, além dos processos descritos, foram também usadas ferramentas de corte como bisturis (Guerreiro 2022). Em janeiro de 2017, a piroga é de novo embalada e retorna às instalações do CNANS/DGPC, tendo permanecido em reserva (na embalagem) até à intervenção de conservação e restauro em agosto de 2022.

Estado de conservação

Como se percebe do historial conservativo, a Lima 1 esteve sujeita a fenómenos de retração e de variação volumétrica, derivados da secagem descontrolada do objeto (Sousa 2012: 20-21), ocorridos após a sua exumação do rio, tendo os seus efeitos originado deformações e fendas, um pouco por toda a peça. A origem mecânica das deformações reside na contração diferenciada da madeira nas três direções do corte (Santos 2018: 26). Já as fendas de secagem (fendilhamento e fendimento [Figura 4]) desenvolvem-

se no sentido das fibras da madeira, partindo da periferia para a medula, podendo ser superficiais ou repassadas (Leal 2010: 9).

Se no caso das deformações da Lima 1, existiram medidas de devolução de alguma da conformação perdida, em estado saturado logo após o depósito no MMC-MN, em 1985 [Figura 2.B], no que respeita aos fenómenos de retração nunca ocorreu qualquer ação curativa ou de restauro, o que explica a fragilidade formal e material que o objeto evidencia. Além disso, a diminuição da rigidez e da resistência mecânica do suporte, derivada desses decaimentos, determinou que os maiores problemas de fendimento mantivessem taxas de progressão no objeto (Mergny *et al.* 2016), que na atualidade comprometiam a preservação da integridade estrutural da piroga

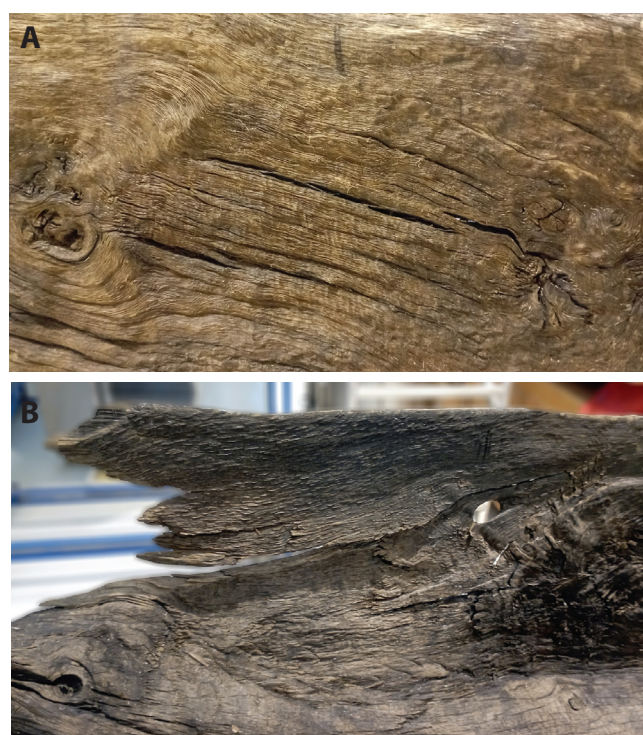


Figura 4.- Patologias, Lima 1, associadas a defeitos (nós). A) Fendilhamento; B) Fendimento, flanco estibordo, avante.

(particularmente nos flancos), acentuavam vulnerabilidade material e diminuam a leitura do artefacto.

Do diagnóstico realizado à Lima 1, por análise macroscópica direta e lupa de bolso (com iluminação e ampliação de 30x), verificou-se que os problemas de fendilhamento e fendimento (superficial e repassado) tiveram origem mecânica em solicitações por tração normal ao sentido das fibras (Oliveira 2017: 6), estimuladas por fenómenos de retração derivados da secagem descontrolada após a exumação do Rio Lima. Estes decaimentos encontram-se distribuídos pelas secções de corte tangencial do objeto (Sousa 2012: 19), estando na sua maioria associados a defeitos naturais da madeira, como os nós ou o fio inclinado [Figura 4. A e B]. Estas anomalias tendem a separar as células da madeira no sentido perpendicular ao eixo, onde

a resistência é baixa, ocorrendo quer por deslizamento entre as células, quer por rutura das paredes celulares. Em ambos os casos, a rutura ocorre com baixos valores de deformação e com elevados valores de resistência (Valle *et al.* 2012: 31-33). O caso mais grave de fendimento (repassado), pelo que representava no imediato e no futuro para a integridade estrutural da Lima 1, era o que se observava no flanco de bombordo [Figura 5. A e B]. Neste caso, a inclinação do fio da madeira (estimulada por um grande nó), dissipou a tensão pelo vértice do ângulo do flanco com o fundo, tendo o flanco rompido (por tração pura, no sentido longitudinal), numa extensão de cerca de 1500mm. Esta tensão ter-se-á contido perante as falhas materiais do fundo (Winandy e Rowell 2005: 326), na zona central da piroga [Figura 5.B]. Todavia, a instabilidade estrutural a que o flanco passou a estar sujeito, propagou ao longo do vértice com o fundo (para a ré), roturas de corte por tração que comprometiam o vínculo material

do flanco com o fundo, incidindo o risco (devido ao peso) de todo o flanco bombordo romper da piroga – apesar da estabilidade higroscópica atual do objeto (Glass e Zelinka 2010: 4-3). Os efeitos desta situação observavam-se também nos planos de contacto da fenda, que se encontravam lascados e com pontes de fibra (Oliveira 2017: 2), não apresentando as condições materiais ideais de junção e alinhamento estável.

No flanco estibordo, à vante, surgia outra fenda (repassada) de tração, com uma separação significativa entre os planos de contato e uma propagação de 400mm. À semelhança da fenda do flanco a bombordo, este problema teve também origem na inclinação do fio da madeira e apresentava os planos de contacto degradados – embora sem pontes de fibras. Esta fenda mantinha uma certa tensão elástica, existindo o risco de continuar a propagar-se até à rotura pelo bordo [Figura 4.B].



Figura 5.- Fenda, flanco bombordo, avante. A) Vista do exterior; B) Vista do interior, onde se observam as falhas materiais que dissiparam a tensão de rotura na zona central da piroga.

Na proa, a estibordo, observava-se um destacamento [Figura 6.A]. Pelas suas características (físicas e materiais), a origem mecânica deste decaimento está no cisalhamento horizontal das fibras da madeira. Este processo sucede sempre que ocorre uma concentração de esforços em pontos sensíveis do material lenhoso, rompendo as células da madeira por “deslize” (Santos 2018: 19).

Na zona central do flanco estibordo, surgia uma outra fenda com as mesmas características físicas e mecânicas da que se observava a vante, embora com uma taxa de propagação de 160mm [Figura. 6.B].

Na popa da Lima 1, deformada e com ruturas desde o depósito em Viana do Castelo/Caminha, em 1985 [Figura 1.F], verificava-se que o agravamento da patologia tornou esta extremidade bastante frágil e em risco de desagregação com o restante objeto [Figura 6.C], sendo urgente a sua fixação. No verso do fundo da Lima 1, zona central, eram também visíveis vestígios de produto da impregnação (PEG), apresentando esse local um aspeto “branco” disforme [Figura 6. D].

Além da degradação física e mecânica evidenciada, a Lima 1 mantém presentes (um pouco por todo o objeto) pequenas lacunas, falhas, empenos e desgastes materiais,



Figura 6.- Lima 1, decaimentos. A) Destacamento proa; B) Fenda, flanco estibordo, zona central; C) Deformação e destacamento, popa; D) Vestígios de PEG, verso do fundo, zona central; E) Lacuna no fundo, zona central; F) Lacuna no flanco esquerdo, avante, e desgaste da matéria lenhosa; G) Empeno e fratura, zona central.

associados à fragilidade material própria da antiguidade e do contexto arqueológico do objeto [Figura 6. E, F, G]. Porém, e apesar destes decaimentos potenciarem alguma debilidade material, não contribuem, significativamente, para o acentuar do seu estado de ruína.

Critério da Intervenção

Como pudemos analisar, a preservação do valor histórico, cultural e patrimonial da Lima 1, envolveu todo um conjunto de trabalhos precedentes de incremento da coesão material e de estabilização em ambiente seco – sem os quais os tratamentos que agora se apresentam se tornariam pouco eficazes. Apesar disso, a sincronia que subsistia entre a vulnerabilidade material do bem e a taxa de progressão dos fenómenos de fendimento evidenciados no diagnóstico, continuavam a ser fatores de risco à preservação da unidade física e da vitalidade patrimonial da embarcação, carecendo, por isso, de serem mitigados. Por outro lado, estes problemas causavam também grande impacto visual na perceção e apreciação do bem, enquanto objeto e imagem, e diminuam o seu valor documental.

Atendendo à realidade conservativa evidenciada e aos objetivos essenciais delineados para a intervenção, o Laboratório do CNANS/DGPC colocou em prática um conjunto de procedimentos de conservação curativa e de restauro com as seguintes medidas de tratamento: i) reparar e estabilizar os casos de fendimento evidenciados no exame de diagnóstico, ii) fixar o destacamento da proa, a estibordo, iii) adstringir a popa à restante embarcação, iv) remover os vestígios de consolidante do verso do fundo da embarcação.

Estas pretensões determinaram os pressupostos associados às operações de restauro, mais concretamente nos referenciais ligados às propriedades físicas e mecânicas que o objeto atualmente apresenta (Grattan e Clarke 1987; Fortino *et al.* 2020; Broda e Hill 2021) e à sua autenticidade como bem arqueológico, histórico e cultural (Alves 1986), ficando claro que as hipóteses de intervenção a considerar, além de serem as mais ajustadas a encerrar os problemas identificados (Hubbe 2017), teriam de passar pela ponderação de soluções conciliáveis com a condição material do bem (Phillips e Selwyn 1978; Rice 1989; ICOMOS 2017) e por metodologias de tratamentos resilientes (Britez e Nogueira 2006; Moreschi 2012; Carvalho 2015; Santos 2018;), face à fragilidade material, o historial conservativo e a importância patrimonial da Lima 1.

Para equivaler a esta perspetiva, optou-se por uma intervenção que privilegiou operações curativas e de restauro – embora pouco intrusivas perante a compreensão material e estrutural da piroga –, orientadas segundo critérios de preservação da unidade remanescente, de valorização da dimensão documental, de salvaguarda da intervenção prevista e de tratamentos futuros, e de

proteção do bem de fenómenos de alteração afetos à intervenção. Considerou-se que, quando cumpridos estes requisitos estariam garantidos os objetivos essenciais da intervenção, bem como a unidade metodológica dos trabalhos inerentes à intervenção.

A operacionalidade das medidas de intervenção ponderadas passou pela fixação e ancoragem estrutural (com conectores de madeira e adesivo) das patologias de retração levantadas. Devido à degradação que se verificava dos planos de contacto, o planeamento da intervenção anteviu também a necessidade da aplicação de massas de preenchimento, como medida de reforço e de uniformização da coesão material das secções unidas. Afeta a esta carência tornava-se indispensável intervir cromaticamente nos preenchimentos, de forma a integrar o trabalho realizado na imagem e na autenticidade da superfície original. Os vestígios de PEG, do verso do fundo da piroga, seriam limpos recorrendo-se a metodologias mecânicas.

Composto por um conjunto de operações acessíveis e de baixo custo, mas necessárias ou mesmo urgentes, o tratamento de conservação e restauro desenvolvido na Lima 1 teve, essencialmente, um cariz de estabilização e devolução da sua unidade estrutural, no sentido de estimular a sua preservação atual e futura.

Intervenção

A intervenção de restauro da Lima 1 começou pela limpeza mecânica e química das superfícies de contacto das fendas com vestígios de PEG (Rice 1989: 394). Esta operação foi realizada com recurso a bisturis, formões e escovas de arame fino latonado, utilizados consoante as necessidades específicas da tarefa. Além de limpar as superfícies de contacto, este trabalho também fomentou o rasuramento dessas áreas, promovendo melhores condições de aderência a adesivos. A limpeza química foi efetuada com cotonetes de algodão embebidos em acetona (Grattan e Clarke 1987: 196).

De um modo geral, a fixação das fendas da Lima 1 envolveu a aplicação de um adesivo, a utilização de ferramentas de aperto (grampos e cintas) e a ancoragem estrutural das mesmas com conectores de madeira de carvalho de corte antigo (ICOMOS 2017). Porém, e apesar da atividade manual ser a ação mais visível dos trabalhos, a componente teórica precedente à tarefa e relacionada tanto com a resistência dos materiais viscoelásticos (como é o caso da madeira) à ação de esforços e ações mecânicas, como com as propriedades físicas das madeiras arqueológicas impregnadas com PEG, foi de suma importância para o desempenho metódico e controlado do tratamento.

Um corpo sob ação de uma força sofre certa deformação, maior ou menor segundo a grandeza, o tempo e a direção da solicitação. Desde que essa força cesse,

o corpo voltará ao seu estado primitivo. Se a força aumenta progressivamente chegará o momento em que a deformação não irá desaparecer, isto é, a deformação torna-se permanente, por ter sido excedido o limite de elasticidade do material. Aumentando ainda mais essa força o corpo poderá romper, devido a se ter atingido a carga de rotura do material (Kretschmann 2010: 5-39). Este comportamento é definido como fluência e pode ser observado graficamente [Figura 7].

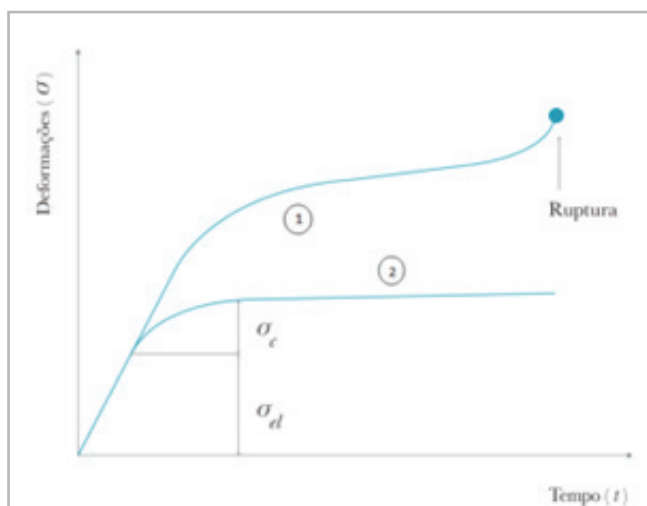


Figura 7.- Deformação com o tempo de atuação de carga. 1. Curva correspondente a uma carga que provoca rutura retardada; a deformação cresce uniformemente, apresentando acentuado incremento próximo da rutura. 2. Curva correspondente a uma carga inferior à da curva 1; a deformação elástica imediata (δ_{el}) é acrescida da deformação de relaxação (δ_e) onde as tensões internas que se opõem à ação exterior diminuem até à estabilização (Britez e Nogueira 2006: 16)

A fluência depende do tempo de carga e é influenciada pelas propriedades da madeira, humidade relativa e a temperatura. O comportamento da fluência pode ser dividido em três etapas. A fluência primária, que ocorre de forma rápida e com elevada deformação (logo após a carga ser aplicada). Nesta fase predomina a deformação elástica (δ_{el}). A fluência secundária, em que a relação deformação x tempo permanece constante (δ_e). A fluência terciária, onde a relação deformação x tempo volta a aumentar até à rutura (Santos 2018: 21).

Nas madeiras arqueológicas impregnadas com PEG, o agente impregnante é utilizado como substituto da água de impregnação das paredes celulares da madeira, sendo este o fator que mantém o volume e a forma dos objetos após a secagem ou quando sujeitos a esforços mecânicos (Fortino *et al.* 2020: 717). A modificação química da estrutura celular não interfere com a higroscopicidade da madeira. A dinâmica molecular do PEG vai mantendo a capacidade de transporte de humidade pelo interior celular, mesmo nos poros menos preenchidos (Broda e Hill 2021: 45-46). O PEG é ainda responsável por alterações das propriedades físicas das madeiras arqueológicas, nomeadamente, no abaixamento do grau de dureza –

atua como um plasticizante -, e no aumento da fluência, comparativamente às madeiras sãs (Vorobyev *et al.* 2019: 36).

De forma a tirar partido desta realidade reológica, os tratamentos de fixação das fendas da Lima 1 realizaram-se em duas etapas, correspondendo, numa primeira fase, ao emprego de pressões de relaxação e, numa segunda fase, à colagem e ancoragem estrutural das superfícies de contato. No exercício das pressões de relaxação, o domínio dos trabalhos incidiu na aplicação de pressões com um efeito de ação constante durante um determinado período de tempo. Nesta operação o controlo da intensidade das cargas era essencial, para que em nenhuma circunstância estas ultrapassassem os limites da resistência à tração da madeira e a consequente rotura material (Borges 2013: 28-9). Para equivaler a este propósito, as pressões de relaxação começaram por onde o limite de proporcionalidade (da relação pressão/deformação) era mais reduzido (Moreschi 2012: 101-103), o que correspondeu ao começo da aplicação das cargas pela frente das fendas, zonas onde a amplitude de separação dos planos de contacto era menor [Figura 8. B].

As cargas de relaxação foram de curta duração (Carvalho 2015: 30), tendo sido aplicadas com grampos para madeira, de modo gradual, até à união das fendas, com um tempo de exposição de vinte e quatro horas. Esta ação incidiu apenas nas fendas do flanco estibordo avante e bombordo, por serem aquelas que apresentavam uma amplitude de cisão de maior abertura – 20mm a primeira e 37mm a segunda. O objetivo deste procedimento foi tirar partido da deformação de relaxação provocada pelo tempo de ação da pressão (fluência secundária), para deste modo diminuir as tensões internas da madeira, opostas à ação exterior (Britez e Nogueira 2006: 16), e assim se promover a estabilização constante dos planos de contactos das fendas em amplitudes de separação mais reduzidas. Esta etapa de relaxação revelava-se crucial para o controlo metódico dos trabalhos de fixação das fendas porque:

1. diminuía a necessidade de tensões de aperto elevadas, minorando os riscos de rotura e abreviando a ocorrência de danos plásticos no objeto;
2. facilitava a operacionalidade do ajuste correto das fendas à volumetria do artefacto, evitando a necessidade de escoramentos complexos e de elevada pressão;
3. reduzia as tensões de estabilização da madeira sobre a ancoragem estrutural (cavilhamento) e o adesivo, favorecendo o serviço deste último e o proveito do tratamento.

Na aplicação das pressões (de relaxação e fixação) houve o cuidado de as ferramentas de aperto não entrarem em contato direto com o objeto, para não provocarem danos plásticos, tendo sido utilizados para o efeito blocos de madeira revestidos com filme de polietileno. O espaçamento das cargas foi também o adequado para evitar o arqueamento da madeira entre os pontos de pressão. Como a maioria das fixações se situavam nos flancos (perpendiculares ao eixo do objeto), o

posicionamento certo da união das fendas foi assegurado com escoras de madeira revestida de polietileno nos topos, de modo a que as pressões de aperto não provocassem desacertos na volumetria da peça [Figura 8. A e B].

Após a duração do exercício das cargas de relaxação, constatou-se que amplitude de cisão das fendas dos flancos estibordo avante e bombordo (20mm a primeira e 37mm a segunda), tinha sido debelada, de forma uniforme, ao longo dos planos das fendas (Carvalho 2015: 24 - 25), estando assim reunidas as condições de deformação ideais para que a fixação e ancoragem estrutural das anomalias, ocorresse dentro dos pressupostos capitais de segurança e controlo delineados para as operações de fixação, elencados anteriormente.



Figura 8. - A) Aplicação das cargas de relaxação pela frente da fenda, flanco bombordo; B) Atuação das cargas de relaxação de curta duração, flanco bombordo.

O adesivo utilizado no tratamento foi de natureza epóxida, da marca Ceys[®]. A opção por este tipo de adesivo esteve ligada quer com as suas propriedades físicas e mecânicas, quer com a sua adequação à materialidade e às necessidades de tratamento do objeto. Os adesivos epóxidos caracterizam-se por formar uma rede tridimensional rígida, o que os torna ideais para fixações de materiais pouco porosos e/ou onde existe necessidade de preenchimento das juntas de colagem. Apresentam uma grande resistência estrutural, durabilidade, longevidade e baixos níveis de retração na cura. Necessitam de pouca pressão de aperto, não têm água na sua constituição e recebem bem a adição de materiais de preenchimento inertes (Golding 2003: 799 – 814).

Como referimos anteriormente, devido às características dos tratamentos de consolidação da Lima 1 – impregnação aquosa com PEG –, a utilização de adesivos humectantes (Frihart 2012: 230 - 234) fazia-se acompanhar de insuficiências de coalescência entre as

superfícies de contato (Grattan e Clarke 1987: 196) devido à intumescência do material lenhoso (Rice 1989: 391). A humectação das superfícies de contacto poderia também apontar ao tratamento fenómenos de migração do consolidante, acréscimo das tensões capilares, diminuição da coesão material e debilidade estrutural (Phillips e Selwyn 1978: 4). Por outro lado, como as fendas a tratar se situavam nos flancos – áreas de ajuste complexo devido à secção do sentido da pressão ser maior que a espessura – era necessário a utilização de um adesivo com garantias de boa aderência e resistência estrutural, ainda que as forças de aperto pudessem ser circunspectas (Golding 2003: 809). Não podíamos também menosprezar que, a deterioração dos planos de contacto das fendas obrigava à eleição de um adesivo com capacidade de preenchimento de juntas para a eficácia da colagem (Rice 1989: 395). Por todos estes motivos, a opção pelo uso de um adesivo epóxido revelou-se ser a mais prudente, tendo em conta materialidade existente, as características físicas dos decaimentos e as necessidades operacionais.

Os conectores usados na ancoragem estrutural das fendas foram cavilhas de madeira de carvalho. A opção metodológica do tratamento recaiu, sempre que possível, na aplicação de cavilhas “cegas” e em ângulo de 70° (Hilário 2013: 32), com um espaçamento médio de 50mm (fenda do flanco bombordo, avante); e de 25 a 50 mm nos restantes casos. A escolha por esta metodologia deveu-se, sobretudo, por ser um processo de ancoragem que aumenta a capacidade resistente da madeira (Hilário 2013: 29 - 30) e não é intrusivo nas superfícies originais [Figura 9. A]. Sobre as operações de ancoragem estrutural das fendas, importa referir que a pré-furação dos orifícios dos conectores de madeira foi realizada antes dos exercício das cargas de relaxação, devido à amplitude de separação proporcionar uma maior liberdade e precisão da atividade manual.

A exceção aos procedimentos anteriores ocorreu apenas na fenda que se situava na zona central do flanco estibordo. Nesta situação, a amplitude de cisão reduzida não facilitava as condições ideais para a realização de um cavilhamento “cego”, tendo as cavilhas sido aplicadas pelo topo, após a cura do adesivo.

Nas fendas onde se verificava, de forma acentuada, a fragmentação dos planos de contato (flanco de bombordo e estibordo a vante), o reforço da coesão estrutural e a uniformização material da fixação foi realizada pela adição de uma massa de preenchimento [Figura 9. B] elaborada com microesferas de vidro, material de preenchimento inerte (Broda *et al.* 2019: 2), aglutinadas no adesivo, na proporção de 2:1 (Barclay e Mathias 1989: 36). O nivelamento dos preenchimentos e a limpeza dos excessos de adesivo foi realizado com cotonetes de algodão, embebidos em acetona, tendo a superfície dos preenchimentos, por opção metodológica, ficado sem textura e nivelada ligeiramente abaixo da superfície (Brandt 2006: 89).

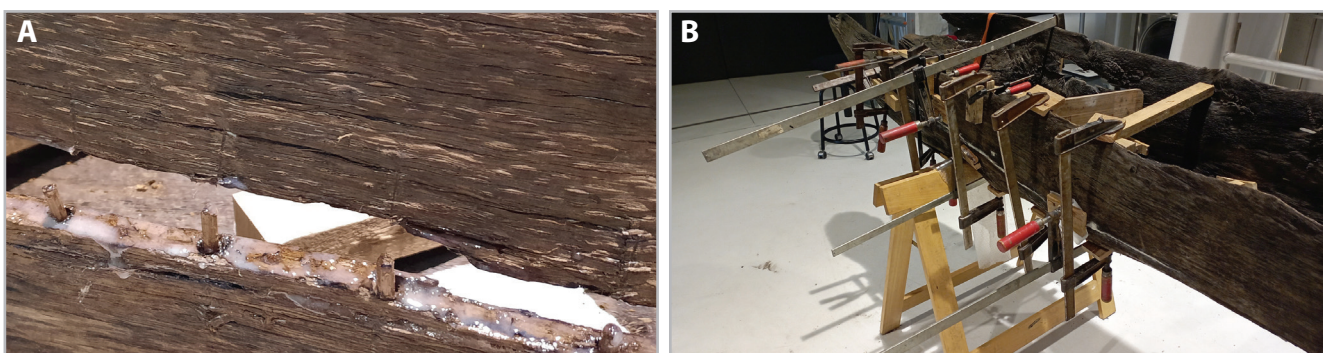


Figura 9.- A) Ancoragem estrutural com cavilhas de madeira; B) Fixação do flanco bombordo com a aplicação de massas de preenchimento e reforço material das juntas de colagem.



Figura 9.- A) Preenchimentos, fenda estibordo, avante; B) Preenchimentos, fenda bombordo; C) Detalhe reintegração cromática; D) Reintegração cromática, preenchimentos, fenda estibordo, avante; E) Reintegração cromática, fenda bombordo

A fixação do elemento destacado da proa (estibordo) foi também efetuada com adesivo epóxico e ancorada com cavilhas “cegas” (3). Dada a complexidade que o local oferecia para a aplicação de ferramentas de aperto (grampos e/ou cintas) de forma segura e controlada, a opção da

imobilização passou pela utilização de molas metálicas flexíveis, por permitirem ajustamentos mais versáteis.

Na popa, a instabilidade estrutural foi mitigada pela fixação e ancoragem deste elemento à restante peça com adesivo

epóxido e cavilhas de madeira. Esta fixação foi ainda reforçada com a massa de preenchimento.

A limpeza dos vestígios de PEG, na zona central do verso do fundo, foi efetuada de maneira física e mecânica, tendo sido utilizadas na operação pistolas de ar quente, para amolecer a cera, e escovas de pêlo acrílico para a sua remoção.

Concluído o tratamento estrutural da Lima 1, era notório que o tom branco das massas de preenchimento utilizadas no reforço da coesão e da uniformização material dos planos de fixação das fendas se constituía como um fator de distúrbio ótico na leitura integral da piroga, sendo essencial reduzir o seu realce, como imagem, para uma fruição condigna do artefacto enquanto objeto histórico e documental. No caso em análise, deve salientar-se que a reintegração cromática enfrentava o problema de a dimensão dos preenchimentos ser muito reduzida (larguras inferiores a 5mm), o que tecnicamente tornava as preferências por reintegrações diferenciadas pouco praticáveis. Por outro lado, a opção pelo nivelamento dos preenchimentos ligeiramente abaixo da superfície, salvaguardava a discernibilidade da intervenção, não se tornando esta passível de ser confundida com a autenticidade original do artefacto, dado ser claramente reconhecida numa inspeção de proximidade.

Neste enquadramento, e tendo em conta que os princípios da conservação e restauro encontram o seu vínculo, conformidade e aplicabilidade no contexto dos valores intrínsecos de cada objeto (Muir 2009: 24), sendo, portanto, a estes que devem estar indexados, a metodologia seguida na reintegração cromática baseou-se no compromisso entre a graduação do preenchimento e as características da sua grandeza, tendo o tratamento sido abordado de forma mimética, embora com uma saturação e luminosidade mais baixa que a informação da superfície adjacente. A operação foi realizada em sistema aquoso (de natureza acrílica da marca Windson and Newton®), quimicamente compatível com a natureza dos preenchimentos, facilmente removível (sem causar danos a estes últimos e ao objeto) e atóxico. Devido à heterogeneidade do padrão anatómico e das dimensões da cor da superfície de madeira da Lima 1, cada situação específica da operação foi ajustada ao matiz e à saturação da superfície, de forma a restituir o equilíbrio visual do artefacto. Esta opção procurou harmonizar o programa da reintegração na vibração cromática da superfície original, devolvendo a unidade de leitura sem ruído e integral do objeto.

Conclusão

Terminados os tratamentos de conservação e restauro da Lima 1, verifica-se que os trabalhos efetuados e as metodologias delineadas cumpriram os objetivos essenciais traçados para a intervenção: i) estabilizar as tensões de tração nocivas à preservação do objeto; ii) reparar as fendas mais problemáticas para a conservação

da integridade estrutural e formal; iii) restituir o valor documental da embarcação per si, potenciando a sua leitura e a sua compreensão no seio da coleção das pirogas monóxilas do Rio Lima.

Do ponto de vista prático a falência estrutural dos flancos foi acautelada, tendo sido devolvida a estabilidade estrutural à embarcação, em estrita solidariedade com a vulnerabilidade própria da natureza histórica e arqueológica do objeto. A leitura e a apreciação do artefacto foram também melhoradas, tendo-se hoje uma perceção intrínseca mais condigna do valor cultural unitário deste tesouro nacional português e da sua importância coletiva.

Pela intervenção efetuada, é também possível aferir que as soluções de tratamento desenvolvidas no Laboratório do CNANS/DGPC, relacionadas com o exercício da fluência da madeira, constituem medidas adequadas na reparação estrutural de efeitos de retração (fendas e deformações) em bens lenhosos arqueológicos consolidados por impregnação aquosa com ceras sintéticas. Como mostramos, a relaxação das tensões internas da madeira, contrárias ao sentido das juntas, conseguida com cargas de curta duração (fluência secundária), foi efetiva na estabilização constante dos planos de contato das fendas em amplitudes de separação menores. Esta situação favoreceu, não só, operacionalidade do ajuste correto das fendas à volumetria do artefacto, acautelando a necessidade de escoramentos complexos e de elevada pressão; como beneficiou o serviço de produtos adesivos, melhorando a idoneidade das soluções disponíveis no mercado e os resultados práticos deste tipo de tratamentos de preservação em bens culturais com estas características materiais. Além disso, todo o processo evitou a necessidade de tensões de aperto elevadas, abreviando a ocorrência de danos plásticos, por um lado, e reduzindo os riscos de rutura material, por outro. Enquanto tema de investigação, este tipo de atuação não se tem constituído como tópico de investigação diferenciada em tratamentos de conservação e restauro na arqueologia náutica e subaquática, sendo poucos (ou mesmo inexistentes) os trabalhos divulgados deste âmbito. Nesse sentido, considera-se que o tema que este trabalho se propôs discutir, poderá proporcionar uma visão singular no tratamento de problemas análogos e/ou equivalentes, em bens com características semelhantes e com o mesmo tipo de proveniência arqueológica, ou como mais-valia em trabalhos de conservação e restauro futuros de grandes dimensões (com a mesma realidade material), em que não existam grandes recursos financeiros e/ou de infra-estruturas.

Referências

- ALVES, F. J. S. (1986). "A piroga monóxila de Geraz do Lima". *O Arqueólogo Português*, IV-4: 209-234
- BARCLAY, R., MATHIAS, C. (1989). "An Epoxy/Microballoon Mixture for Gap Filling in Wooden Objects." *Journal of the American Institute for Conservation*, 28 (1): 31-42 <https://doi.org/10.1179/019713689806046255> [Consulta: 29/12/2022]

- BORGES, P. C. B. (2013). *Caraterização das Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de Carvalho e de Castanho do Nordeste Transmontano*: Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção, IPB https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9261/1/Borges_Paula.pdf [Consulta: 09/11/2022]
- BRANDI, C. (2006). *Teoria do Restauro*. Amadora: Edições Orion.
- BRITZ, C. A., NOGUEIRA, V. (2006). *Princípios da Ciência dos Materiais Aplicados aos Materiais de Construção Civil: Inter-relação entre as propriedades e a microestrutura das madeiras*: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo [madeira_-_ipt_-_microestrutura.pdf](http://www.madeira-ipt-microestrutura.com) (weebly.com) [Consulta: 03/11/2022]
- BRODA, M. et al. (2019). "Dimensional Stability and Moisture Properties of Gap-Fillers Based on Wood Powder and Glass Microballoons." *Studies in Conservation* <https://doi.org/10.1080/00393630.2019.1630567> [Consulta: 29/12/2022]
- BRODA, M., HILL, C. A. S. (2021). "Conservation of Waterlogged Wood—Past, Present and Future Perspectives." *Forests*, 12, 1193: 25-79 <https://doi.org/10.3390/f12091193> [Consulta: 12/11/2022]
- CARVALHO, S. V. S. (2015). *Fluência de materiais*: Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, ISEP DM_SofiaCarvalho_2015_MEC.pdf (ipp.pt) [Consulta: 11/01/2023]
- Decreto nº 11/2021, 7 de junho Decreto n.º 11/2021, de 7 de junho | DR (diariodarepublica.pt) [Consulta: 21/06/2023]
- Lisboa, CNANS, Processo 1985/005
- FORTINO, S. et al. (2020). "Scratch resistance of PEG-impregnated green wood: a method for evaluation of swollen wood properties" *Wood Science and Technology*, 54: 715-735 <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01179-0>
- FRIHART, C. R. (2012). "Wood Adhesion and Adhesives" *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, Rowell R. M. (Ed), Nova Iorque: 215- 278 <https://doi.org/10.1201/b12487-13> [Consulta: 06/07/2023]
- GLASS, S. V., ZELINKA, S. V. (2010). "Moisture Relations and Physical Properties of Wood." *Wood handbook—Wood as an engineering material*, Risbrudt, C. D. (Dir). Madison, Forest Products Laboratory: 4-1, 4-19
- GOLDING, T. M. (2003). "Epoxy Resin Adhesives". *Handbook of Adhesive Technology*, Pizzi A., Mittal K. L. (Ed.), Nova Iorque: 799 – 814.
- GRATTAN, D. W., CLARKE, R. W. (1987). "Conservation of waterlogged wood". *Conservation of Marine Archaeological Objects*, Pearson C. (Ed.), Camberra: 164 – 206
- GRAVE, D. J. (2004). "A comparative study of consolidants for waterlogged wood: polyethylene glycol, sucrose, and silicone oil." *SSCR J. News Mag. Scott. Soc. Conserv. Restor.* 15 (3): 13-17 (PDF) A comparative study of consolidants for waterlogged wood: polyethylene glycol, sucrose, and silicone oil | Dorothy Graves McEwan - Academia.edu [Consulta: 12/11/2022]
- GUERREIRO, N. (2022) Comunicação Pessoal
- HAMILTON, D.L. (1999). "Wood Conservation". *Methods for Conserving Archaeological Material from Underwater Sites*, Conservation Research Laboratory, Center for Maritime Archaeology and Conservation, Texas, A&M University. UA-116 (pca-cpa.org) [Consulta: 21/11/2022]
- HILÁRIO, R. S. O. (2013). *Dimensionamento de Estruturas em Madeira Metodologia e disposições regulamentares relativamente a ligações*, Tese de Mestrado, ISTL_c327c6c2098c3d7d8dac5a6543081a6b819819e13b1b922d0131456d40f1ec21.pdf (ulisboa.pt) [Consulta: 08/07/2023]
- HOFFMAN, P. (1986). "On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG. II. Designing a two-step treatment for multi-quality timbers." *Studies in Conservation*, 31 (3): 103-113 <https://doi.org/10.1179/sic.1986.31.3.103> [Consulta: 12/11/2022]
- HUBBE, M. A. (2017). "To Repair or Not to Repair Cracked Wood", *BioResources Journal* 12 (4): 6904-6906 PEER-REVIEW ARTICLE (ncsu.edu) [Consulta: 01/09/2022].
- ICOMOS. (2017). *Principles for the conservation of wooden built heritage*, New Delhi, India, International Council of Monuments and Sites. PRINCIPLES FOR THE CONSERVATION OF WOODEN BUILT HERITAGE (icomos.org) [Consulta: 03/11/2022]
- JANSEN, P. et al. (2001). "Dynamic LV-SEM analyses of freeze drying processes for waterlogged wood". *Proceedings of the 8th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference*, Stockholm, 319-331 2.PDF (deben.co.uk) [Consulta: 12/11/2022]
- KRETSCHMANN, D. E. (2010). "Mechanical Properties of Wood". *Wood handbook—Wood as an engineering material*, Risbrudt, C. D. (Dir). Madison, Forest Products Laboratory: 5-1,5-46
- LEAL, S. C. da S. (2010). *Avaliação do Comportamento Mecânico de Madeira Antiga de Carvalho Proveniente de Incêndio*, Tese de Mestrado, FEUP <http://hdl.handle.net/10216/60527> [Consulta: 22/11/2022]
- MARTINS, A. M. (2014). *Relatório dos Trabalhos Preparatórios para o Desenvolvimento do Processo de Liofilização das Pirogas Nº 1 e Nº 2, no Museu de Arqueologia Subaquática em Cartagena – Espanha*. Lisboa, CNANS, Processo 1985/005
- MERGNY, E. et al. (2016). "Influence of Cracks on the Stiffness of Timber Structural Elements." *World Conference on Timber Engineering*, Viena (PDF) "INFLUENCE OF CRACKS ON THE STIFFNESS OF TIMBER STRUCTURAL ELEMENTS" (researchgate.net) [Consulta: 31/08/2022]
- MORESCHI, J. C. (2012). "Propriedades da Madeira" *Centro de Ciências Florestais e da Madeira*, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR, Brasil. PROPRIEDADES DA MADEIRA.pdf (ufpr.br) [Consulta: 21/11/2022]
- MUIR, K. (2009) "Approaches to the reintegration of paint loss: theory and practice in the conservation of easel paintings". *Reviews in Conservation*, 10, 19-28 <https://doi.org/10.1179/sic.2009.54.Supplement-1.19>

OLIVEIRA, J. M. Q. de (2017). *Comportamento mecânico da madeira sob solicitações de modo misto*: Dissertação de Doutoramento em Engenharia Mecânica, UBI <http://hdl.handle.net/10400.6/4497>

PEARSON, C. (1987). "On-site storage and conservation." *Conservation of Marine Archaeological Objects*, Pearson C. (Ed.), Camberra: 105-116

PHILLIPS, M. W., SELWYN, J. E. (1978). *Epoxies for Wood Repairs in Historic Buildings*. Washington, D.C.: Department of the Interior, Heritage Conservation and Recreation Service

RICE, J. T. (1989). "Gluing of Archaeological Wood", *Archaeological Wood: Properties, chemistry, and Preservation*, Rowell R.; Barbour R. (Eds). Washington DC: 373 - 397

SANTOS, L. M. L. dos (2018). "Madeiras." *Revista Científica Semana Acadêmica*, 131: 2-35 Título (semanaacademica.org.br) [Consulta: 31/08/2022]

SOUSA, C. B. de et al. (2007). *Temas de Museologia. Plano de Conservação Preventiva. Bases Orientadoras, Normas e Procedimentos*, Camacho C. (Coord), Lisboa, Textype

SOUSA, R. M. L. de (2012). *Avaliação Experimental da Estabilidade Dimensional de Elementos em Pinho Bravo e Madeira Tratada Termicamente*: Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis, UM <https://hdl.handle.net/1822/24768> [Consulta: 21/11/2022]

VALLE, A. et al. (2012). "Estruturas de Madeira." Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil Microsoft Word - apostila madeiras revisao 2012-09-10 teste.docx (ufsc.br) [Consulta: 04/11/2022]

VOROBIEV, A. et al (2019) "Orthotropic Creep in Polyethylene Glycol Impregnated Archaeological Oak from the Vasa Ship: Results of Creep Experiments in a Museum-like Climate." *Mech. Time-Depend Mater*, 23, 35-52 <https://doi.org/10.1007/s11043-018-9382-3>

WINANDY, J. E., ROWELL, R. M. (2005). "Chemistry of Wood Strength." *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, Rowell J. (Ed), Boca Raton: 305 - 343 <https://doi.org/10.1201/9780203492437> [Consulta: 30/11/2022]

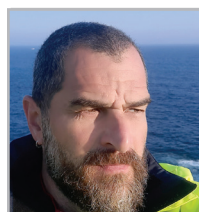
Autor/es



João Henrique Marrocano
joaomarrocano@dgpc.pt
Centro Nacional de Arqueologia Náutica e Subaquática
<https://orcid.org/0000-0003-2677-527X>

Bacharel em Conservação e Restauro, Instituto Politécnico de Tomar, 2006. Licenciado em Conservação e Restauro, Instituto Politécnico de Tomar em 2008, Pós Graduado em Mercado da Arte e Colecionismo, Universidade Nova de Lisboa, 2018. Conservador restaurador de Património Cultural e Artes Decorativas

tem desenvolvido a sua atividade no âmbito da preservação de materiais orgânicos e dos seus revestimentos, para diversas instituições nacionais (públicas e privadas), de cariz patrimonial. Complementarmente tem produzido artigos e apresentações de investigação técnica, histórica e científica sobre bens culturais, artes decorativas portuguesas e conservação e restauro de bens arqueológicos subaquáticos. Principais interesses: tratados técnicos antigos relacionados com a produção e revestimento de Património Cultural, Artes Decorativas da Expansão e construção naval; história da conservação e restauro de materiais orgânicos e revestimentos; peritagem e avaliação de Artes Decorativas e Antiguidades



José António Gonçalves
jagoncalves@dgpc.pt
Centro Nacional de Arqueologia Náutica e Subaquática
<https://orcid.org/0009-0003-8071-175X>

José António Gonçalves, conservador sénior. Nasceu em 1973, trabalha na conservação do património cultural desde 1997. Logo após concluir ao Bacharelato em Conservação e Restauro de Bens Arqueológicos, iniciou a sua vida profissional como freelancer e a partir de 1999 como responsável pela conservação do Museu Arqueológico de São Miguel de Odrinhas (MASMO), Sintra - Património Mundial, Portugal. Em 2009 transferiu-se para a Câmara Municipal de Cascais, como conservador dos serviços do Património Cultural. Em 2017 iniciou funções como responsável pelo laboratório de conservação do Centro Nacional de Arqueologia Náutica e Subaquática (CNANS) da Direção-Geral do Património Cultural (DGPC) e, a partir 2021 até ao presente, assume a coordenação do Centro. Paralelamente foi professor de conservação na Escola Profissional de Recuperação do Património de Sintra (2005-2009) e colaborou, pontualmente, como consultor com diversas instituições, públicas e privadas, em projetos de conservação e restauro do património arqueológico, etnográfico e arquitetónico. É Licenciado em Arqueologia da Paisagem pelo Instituto Politécnico de Tomar (IPT), 2002, tem um Diploma de Formação Avançada em Recuperação e Conservação do Património Construído, pelo Instituto Superior Técnico (IST) da Universidade Técnica de Lisboa (UTL), 2008, e é Pós-Graduado em Direito do Património Cultural, pela Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa (UL), 2016. A sua principal especialidade na área da conservação e restauro são os materiais arqueológicos inorgânicos. Trabalhou durante muito tempo na conservação de sítios arqueológicos, principalmente com mosaicos antigos, e em edifícios históricos. Nos últimos 10 anos trabalhou maioritariamente em arqueologia subaquática e na conservação de materiais encharcados.

Artículo enviado 12/07/2023
Artículo aceptado el 10/10/2023



<https://doi.org/10.37558/gec.v24i1.1240>