

“PROJECTO E CONSTRUÇÃO DO MODELO PARA TESTES DA NAU *NOSSA SENHORA DOS MÁRTIRES*”

Nuno Fonseca¹, Mário Figueiredo², Tomás Vacas¹ e Filipe Castro³

¹Centro de Engenharia e Tecnologia Naval, Instituto Superior Técnico,
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

²Réplica Fiel – Construção Naval U. Lda.,
Rua 25 Abril 3, 2860-629 Gaio-Rosário, Estaleiro do Gaio, Moita, Portugal

³Nautical Archaeology Program, Department of Anthropology,
Texas A&M University College Station, TX 77843-4352 USA

Resumo

Neste trabalho apresenta-se a reconstrução da nau *Nossa Senhora dos Mártires* num modelo à escala 1:15. O objectivo é usar o modelo para realizar trabalho experimental em tanque de ensaios e também em navegação à vela semi-autónoma no mar. A *Nossa Senhora dos Mártires* é um navio do início do século XVII que naufragou à entrada do rio Tejo em 1606 e cujos vestígios arqueológicos foram escavados e analisados por arqueólogos. Apresenta-se a reconstrução das linhas do casco, da mastreação, do aparelho vélico e do massame. O método para a reconstrução é baseado nos referidos vestígios, nos tratados de construção naval portugueses da época e na icnografia. A construção do modelo foi feita no âmbito de um curso de operadores de construção naval no Arsenal do Alfeite. Os formandos utilizaram várias tecnologias e materiais combinando madeiras, poliuretano de alta densidade e expandido, fibra de vidro e resina.

1 Introdução

Sabe-se muito pouco sobre os navios do período dos descobrimentos e expansão marítima portuguesa. Embora os descobrimentos portugueses estejam muito bem estudados por investigadores nacionais e internacionais, que escreveram muitos livros sobre este período, os veículos da expansão são-nos hoje ainda largamente desconhecidos. O conhecimento actual consiste fundamentalmente no inventário e descrição dos tipos de embarcações mais importantes utilizados no período da expansão marítima. As descrições existentes são no entanto vagas, uma vez que os navios dos descobrimentos foram construídos numa era pré industrial em que o desenho técnico e procedimentos de documentação eram quase inexistentes. As construções baseavam-se principalmente na tradição e conhecimentos práticos que ninguém se deu ao trabalho de documentar pormenorizadamente. As pinturas raras vezes foram efectuadas por especialistas e não podem ser utilizadas na reconstrução destes navios sem uma análise crítica detalhada. Por outro nenhum destes navios chegou até ao nosso tempo.

No entanto, os navios dos descobrimentos e expansão marítima são extremamente interessantes do ponto de vista técnico, não só porque representam o que de mais avançado se fazia em termos de tecnologia na Europa do século XVI e XVII, mas também porque esta vantagem técnica possibilitou os descobrimentos e a expansão marítima portuguesa. Se houve uma altura na história em que Portugal dominou tecnologias e conhecimento fundamental para o desenvolvimento e progresso dos povos foi esta. As consequências são amplamente conhecidas.

Com o objectivo de recuperar parte do conhecimento sobre os grandes navios oceânicos portugueses do século XVI e início do século XVII, iniciou-se um projecto de investigação parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Fonseca et al. 2006). A investigação consiste na reconstrução de uma nau quinhentista de 600 tonéis com base em informação arqueológica e documental, e na análise das características técnicas e de desempenho da mesma. A reconstrução está a ser implementada em modelos geométricos de computador tridimensionais e num modelo físico construído à escala. Mais especificamente pretende-se:

- Fazer um levantamento rigoroso e cientificamente justificado das formas do casco, arranjo interior, estrutura e aparelho de uma Nau da Índia de 600 tonéis.
- Com base na informação obtida no passo anterior, estudar as características náuticas, de segurança e habitabilidade da Nau da Índia.
- Recuperar e caracterizar a técnica e os procedimentos de construção naval utilizados nos estaleiros navais portugueses durante os séculos XVI e XVII.

A metodologia a aplicar passa por combinar os dados e resultados de várias fontes – nomeadamente a análise de textos coevos, incluindo tratados e regimentos de construção naval, a iconografia relevante e os vestígios arqueológicos suficientemente estudados – usando os métodos de engenharia naval actuais, utilizando programas de computador e ensaios experimentais com modelos à escala.

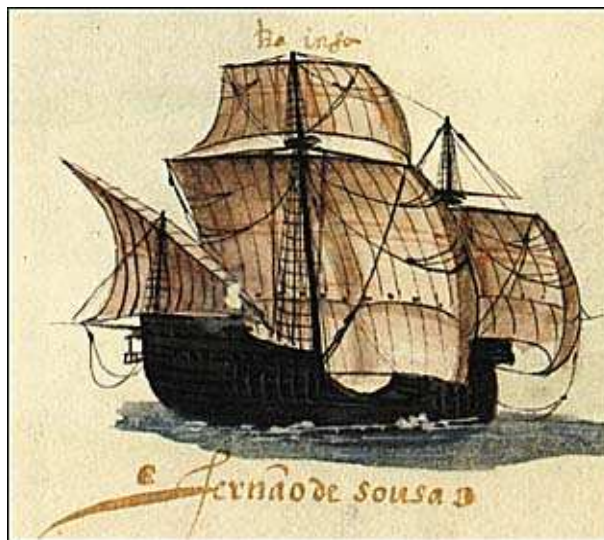


Figura 1 Nau de Fernão de Sousa – Livro das Armadas

Neste caso a reconstrução baseia-se nos resultados da análise dos vestígios arqueológicos da presumível nau da Índia Portuguesa *Nossa Senhora dos Mártires*, naufragada em 1606 junto à fortaleza de São Julião da Barra. Estes vestígios foram escavados arqueologicamente entre 1996 e 2001 (Afonso 1998, Castro 2005a). Está-se portanto a reconstruir e investigar a presumível *Nossa Senhora dos Mártires*.

Este trabalho de investigação, que é multidisciplinar pois combina as áreas científicas da Engenharia e Arquitectura Naval, Arqueologia Náutica e História Moderna, iniciou-se com a reconstrução da geometria do casco (Castro, 2003) e da mastreação e aparelho vélico (Castro, 2005b, 2009). De seguida fez-se uma estimativa de pesos e sua distribuição a bordo do navio para se obter a posição do centro de gravidade, o que foi utilizado para calcular a estabilidade do navio carregado à saída da Índia e compará-la com critérios de estabilidade actuais para navios à vela (Fonseca et al., 2005). Em Santos et al. (2006, 2007), apresenta-se o procedimento utilizado para fazer o levantamento da forma do casco

e apresentam-se cálculos de estabilidade para condições de carregamento adicionais e também condições de avaria, assim como a estabilidade em ondas.

Em Castro e Fonseca (2008) e Castro et al. (2008) apresenta-se o modelo em desenvolvimento com a reconstrução virtual da Nau. Vacas et al. (2008) apresentaram a reconstrução das linhas do casco da nau de 17 rumos e 1/2 de quilha descrita no manuscrito de construção naval de João Batista Lavanha, *O Livro Primeiro da Architectura Naval*. Esta é uma Nau de dimensão semelhante à *Nossa Senhora dos Mártires*, no entanto as formas do casco são diferentes das do Tratado do Fernando Oliveira.

Como se disse atrás, um dos objectivos é construir um modelo à escala para fazer ensaios experimentais, tanto em tanque de ensaios hidrodinâmicos, como no mar. A componente experimental é necessária para se obter uma correcta caracterização das forças hidrodinâmicas e aerodinâmicas e deste modo conseguir-se prever correctamente o desempenho do navio a navegar à vela. Optou-se por um modelo à escala 1:15, o que resulta em comprimentos na linha de água e total de aproximadamente 2.5m e 3.3m e um deslocamento carregado de 394 kg.

O modelo foi construído no âmbito duma parceria entre o Instituto Superior Técnico, o Centro de Formação do Arsenal do Alfeite e o e o Instituto do Emprego e Formação Profissional. Mais concretamente a construção foi feita pelos formandos do Curso de Operadores de Construção Naval do ano 2007-2008. Neste trabalho apresenta-se brevemente as metodologias para o levantamento das formas do casco, mastreação e velas, e descreve-se o processo de construção do modelo.

2 Reconstrução da Linhas do Casco

Os vestígios arqueológicos da presumível *Nossa Senhora dos Mártires*, uma nau da Índia Quinhentista, foram descobertos em 1993 à entrada do Rio Tejo e escavados e analisados por arqueólogos náuticos durante os anos seguintes (Alves et al. 1998, Castro 2005a). Os achados incluem parte do fundo do navio, uma secção da quilha, parte da roda de proa, onze balizas e algum tabuado do casco (Figura 2). Depois de analisados, os arqueólogos concluíram que os achados pertencem a uma parte do funndo imediatamente avante de meio navio.



Figura 2 Achados da *Nossa Senhora dos Mártires* (foto de Francisco Alves)

Baseado nos resultados anteriores, nomeadamente nas dimensões das madeiras e nas marcas de carpinteiro, juntamente com a análise dos tratados de construção naval portugueses do final do século XVI e início do século XVII, Castro (2003, 2005b) propôs uma reconstrução da forma do casco e da mastreação. A receita que melhor se adaptou aos resultados da análise dos vestígios arqueológicos foi a descrita no *Livro da Fábrica das*

Naos do Fernando Oliveira. Deste modo o navio seria uma Nau de 600 tonéis e 18 rumos de quilha (1 rumo = 1,54 m).

Fonseca et al. (2009) partiram desta reconstrução e introduziram pequenas alterações na forma do casco, nomeadamente nos castelos e entre as almogamas de proa e de popa e as extremidades do navio. A Figura 3 apresenta as medidas principais do navio de acordo com o modelo do Fernando Oliveira e a Figura 4 o plano geométrico resultante. As características principais do navio estão na tabela 1.

Tabela 1 Características principais da Nossa Senhora dos Mártires

| | N. S. Mártires (1606) | Modelo (2009) |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Escala | 1:1 | 1:15 |
| Comprimento total do casco (m) | 49.2 | 3.28 |
| Comprimento entre | 38.1 | 2.54 |
| Comprimento na linha água (m) | 38.1 | 2.54 |
| Boca máxima (m) | 13.2 | 0.88 |
| Imersão média (m) | 5.0 | 0.33 |
| Deslocamento (t) | 1330.0 | 0.394 |
| Área vélica (m ²) | 1603.0 | 7.1 |
| Posição vertical do centro de | 5.13 | - |
| Altura metacêntrica (m) | 1.00 | - |
| Lastro (t) | 175.0 (?) | - |

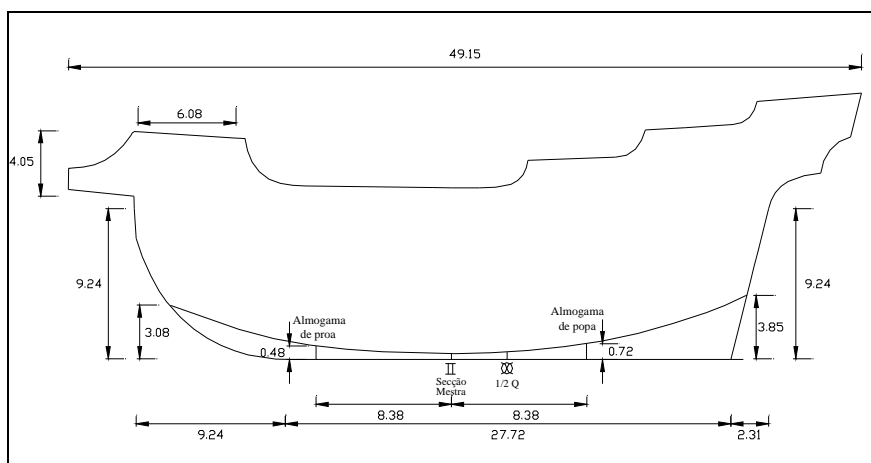


Figura 3. Perfil do navio com as medidas principais do modelo do Fernando Oliveira (medidas em metros)

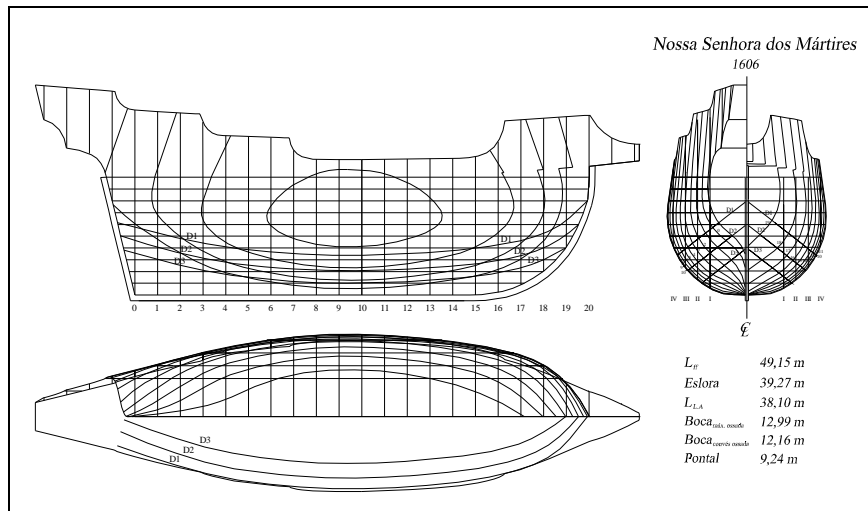


Figura 4. Linhas do casco da *Nossa Senhora dos Mártires*

3 Reconstrução da Mastreação e Aparelho Vélido

A reconstrução da mastreação, aparelho vélico, massame e poleame da *Nossa Senhora dos Mártires* está em curso. Pode-se dizer que para os dois primeiros itens já existem hipóteses plausíveis, que serviram de base à construção dos mastros, vergas, gurupés e botaló, e vão servir de base ao fabrico das velas. Também já se tem uma reconstituição dos cabos de suporte dos mastros, ou seja as enxárcias e estáis. Está em curso o trabalho de levantamento dos cabos de laborar e poleame. Os resultados para as dimensões dos mastros, vergas e gáveas foram apresentados por Castro (2005b) e foram obtidos com base na informação contida em quatro documentos:

- "Medidas para fazer hũa Nao de Seicentas Tonelladas" do Livro Náutico, c. 1590, Códice 2257, Reservados, Biblioteca Nacional de Lisboa;
- "Medidas para fazer hũ galião de quinhentos toneis" também do Livro Náutico;
- "Conta e Medida de hũa Nao de quarto cubertas como adiante se vera...", 1616, do Livro de Traças de Carpintaria de Manoel Fernandez; e
- "Conta das medidas de uma nau da India" das *Coriosidades de Gonçallo de Sousa*, c. 1620, manuscrito 3074, Reservados, Biblioteca da Universidade de Coimbra.

A Figura 5 mostra as dimensões dos mastros e vergas. A forma e tamanho das velas desta reconstrução (Figura 6) resultam directamente das dimensões dos mastros e vergas incluindo os aluamentos necessários para que as velas suspensas não interfiram com os estáis.

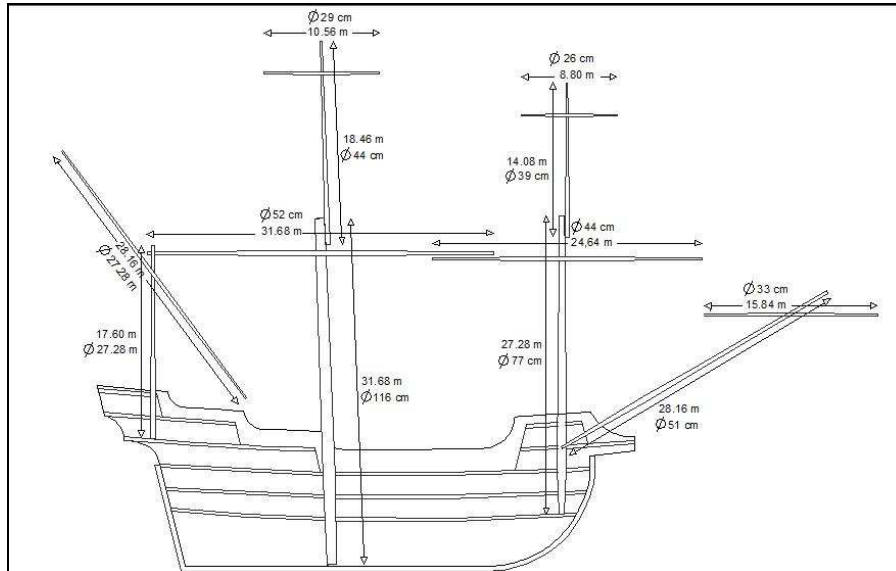


Figura 5. Proposta de reconstrução dos mastros e vergas (de acordo com Castro, 2005b)

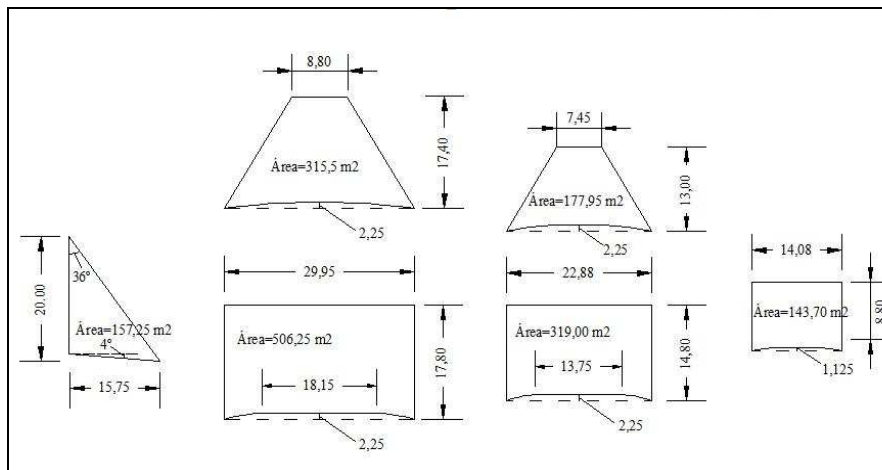


Figura 6. Dimensões e formas das velas (medidas em metros)

4 Construção do Casco

Como se disse atrás, a construção do modelo à escala foi feita pelos formandos do Curso de Operadores de Construção Naval no âmbito de uma parceria entre o Instituto Superior Técnico, o Centro de Formação do Arsenal do Alfeite e o Instituto do Emprego e Formação Profissional.

O processo construtivo foi escolhido após análise do plano geométrico e do modelo geométrico de computador (tridimensional) que, com a sua flexibilidade virtual, permitiu avaliar as curvaturas nos diversos planos diagonais. Para construir o casco em madeira, a principal preocupação estava ao nível das formas da proa. A sua forma oval, com raios de curvatura apertados, condicionou a escolha do processo construtivo. Dadas as particularidades das formas da proa, a opção construtiva que funcionasse na zona de vante, funcionaria para o resto da embarcação, com andamentos de curva menos acentuados.

O objectivo foi desde o início usar um processo construtivo moderno. Sendo a construção do modelo à escala da Nau um Projecto Escola, pretendia-se dar aos formandos a oportunidade de utilizarem as técnicas próximas das que se utilizam nos estaleiros navais de construção em compósito, usando a madeira como o material de base.

Poderia ter-se optado pelo Casco Liso (*Carvel*) ou o Moldado a Frio (*Cold molded*). No entanto, o processo construtivo escolhido foi Ripado Colado (*Srip Planking*). A opção justifica-se pelo baixo custo e porque não exige grande experiência dos carpinteiros e a construção é relativamente rápida.

4.1. Escolha da espessura do forro

A espessura do forro não estava condicionada inicialmente. Mas, por uma razão de semelhança dimensional, queria-se ficar perto dos 6.7mm, que à escala corresponde à espessura do tabuado dos vestígios arqueológicos da *Nossa Senhora dos Mártires*. Inicialmente, pensou-se no Mogno e na Tola para a produção do ripado, pois estas madeiras, dentro das folhosas, estão muito acessíveis. Além disso são as mais macias, o que iria facilitar o trabalho dos carpinteiros.

Começou-se por determinar os raios de curvatura mais apertados que existiam no casco. Na proa, no plano das linhas de água, determinaram-se raios de curvatura na ordem dos 750mm. Valores encontrados em livro de referência da Construção Naval (Nicolson, 1983) dão os Limites de Flexão R/t (R – raio, t – espessura). Os resultados estão na tabela 2.

Tabela 2. Limites de flexão do ripado em madeira

| Madeira | Nome Botânico | R/t | Coefficiente de Segurança | 3/2* R/t | R (mm) | t (mm) |
|---------|---------------------------------|-----|---------------------------|----------|--------|--------|
| Mogno | Khaya | 110 | 3/2 | 165 | 750 | 4,68 |
| Tola | Gossweilerodendron balsamiferum | 80 | 3/2 | 120 | 750 | 6,25 |

Como se está perante ripas com menos de 13mm de espessura, é necessário multiplicar por um factor de segurança igual a 3/2. A interpretação da tabela mostra que é necessário menor espessura no Mogno do que na Tola para se obter a mesma curvatura. Assim, seleccionou-se o ripado em Tola com 6mm de espessura, pois uma espessura inferior tem tendência a empolar neste tipo de aplicação.

Por uma questão de curiosidade, consultou-se as “Regras de Construção e Classificação de Navios de Madeira até 30 metros” da Rinave (Rinave, 2003). As Regras indicam que a espessura mínima do casco deveria ser de 6,75mm. Neste caso os 0,75mm em falta seriam compensados pelo revestimento de fibra-de-vidro e pintura, como se descreve à frente.

4.2. Escolha do perfil da ripa

Alguns dos estaleiros internacionais que mais usam o processo construtivo em ripado, utilizam ripas quadradas (Mota 2004). As vantagens são:

- É fácil produzir as ripas,
- Há 4 possibilidades de adaptar à ripa adjacente já fixada.

No entanto, dado que neste caso a espessura das ripas é muito pequena, a utilização de ripas quadradas iria levar muito tempo. No livro já referenciado, Nicolson sugere um valor máximo para a largura da ripa em função da sua espessura (Figura 7). Neste caso, sendo $L1 = 6\text{mm}$ tem-se que $L2 \leq 7,8\text{ mm}$.

Neste processo construtivo é conveniente utilizar pregos para fazer o travamento transversal das ripas, caso contrário, ter-se-ia que usar muitas armadoras, o que sairia muito caro e moroso. Mas como se está a usar ripas muito finas, aplicar pregos a atravessar a sua menor espessura não é uma boa solução.

Finalmente decidiu-se perfilar as ripas. Desta forma deixa de ser necessária a colocação de pregos. Optou-se pelo perfil de meia-cana (*Flute & Bead*), conforme se ilustra na Figura 8.

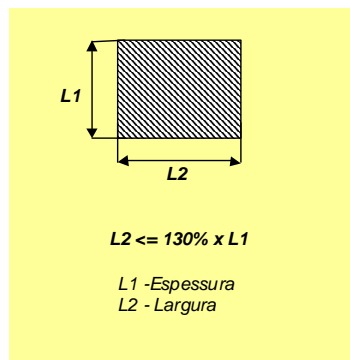


Figura 7. Relação entre dimensões da ripa sugerida por Nicolson (1983)

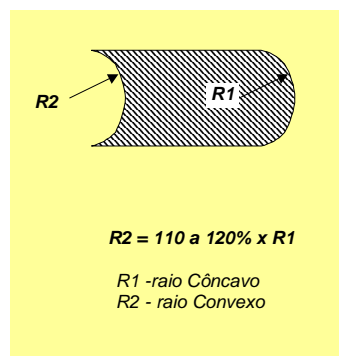


Figura 8. Secção da ripa perfilada e conjunto de fresas "Flute & Bead"

O raios $R1$ e $R2$ devem, em princípio, ser diferentes. No entanto as fresas que estavam disponíveis eram iguais, portanto acabou por se usar raios iguais, o que para estas pequenas dimensões não é relevante. Em embarcações grandes, é importante usar raios diferentes, pois se as ripas casarem na perfeição deixa de haver espaço para a cola.

4.3. Escolha da cola

O ripado foi fixado às balizas e entre si com cola. Os requisitos da cola são: ser à prova de água (classe D4) e com viscosidade adequada para preencher os espaços entre as ripas. O ideal teria sido usar cola epoxídica, pois resulta numa resistência do compósito elevada. Mas, devido ao facto de não se usar pregos, seria difícil fixar mais de 5 ripas por dia, pois a resina epoxídica disponível demora várias horas a curar. Optou-se pela cola de poliuretano ligeiramente expansível. É à prova de água e um pouco porosa, no entanto, como o ripado vai ser encapsulado com resina epoxídica e fibra-de-vidro, a ligeira porosidade não levanta problemas.

4.4. Balizas e carreira/bancada de construção

O processo de construção consiste na utilização de balizas sobre as quais se fixa o ripado do casco. O primeiro passo é a selecção do passo de baliza. Não existe um valor de referência para a fixação de balizas. As boas práticas dizem que deverá ser, para embarcações de média dimensão, de 650 mm nas secções não enformadas e metade deste valor nas zonas do casco mais acentuadas, nomeadamente a vante e a ré. Neste caso, como se está a utilizar ripas muito finas, para o casco não ficar empolado, usou-se um valor empírico que é de 20 vezes a espessura do tabuado e de metade, 10 vezes, nas zonas com variações de forma mais acentuadas.

A posteriori, concluiu-se que se deveria ter colocado cavernas reviradas na zona de proa, pois seria mais fácil prender as ripas do forro. Teria sido interessante testar esta opção, mais natural para a ossada e para o forro.

Depois de decidido quais as balizas armadoras a usar, as suas linhas são transferidas para o contraplacado e depois recortam-se e afagam-se as arestas. Só depois, com os devidos preceitos de rigor, foram fixadas as armadoras à bancada de construção. As fotografias da Figura 9 mostram a traçagem das balizas no contraplacado, para depois serem cortadas e tratadas e finalmente instaladas na bancada de construção. Na Figura 10 observam-se as balizas todas montadas e já duas ripas armadoras longitudinais para verificação do desempolamento e consolidação da estrutura.



Figura 9. Preparação das balizas



Figura 10. Esqueleto do modelo pronto

4.5. Construção

Para a construção do casco foram constituídas duas equipas, uma para cada bordo. As equipas eram rotativas para todos os Formandos participarem na construção. Depois do

forro do casco todo fixado, teve lugar um primeiro afagamento e preenchimento de empolamentos.



Figura 11. Instalação do forro em ripado colado

Com o casco desempolado, empregou-se o forro exterior com três camadas sucessivas de resina e por fim o casco foi coberto com fibra-de-vidro Roving 220 g/m² e resina epoxídica.

As cintas só foram colocadas depois de o casco estar pronto. Foram tratadas como apêndices sem efeitos estruturais.

4.6. Acabamentos

Primeiro, para dar espessura ao casco, aplicou-se 2 camadas de betume pistolável de base Poliester, intercalado com desempolamento com betume de Poliester de cura rápida. Aplicou-se duas camadas de primário e por fim duas camadas de tinta amarela. Todas as tintas usadas foram acrílicas, da linha automóvel.



Figura 12. Modelo depois de aplicado o primário



Figura 13. Depois da primeira demão de tinta acrílica e retoques de betume

5 Construção dos Castelos

O modelo foi construído em duas partes separáveis: o casco até à linha do convés é uma das partes, e a outra inclui a mareagem e os castelos de proa e de popa. O casco até à linha do convés é apropriado para os ensaios em tanque, enquanto o modelo completo será utilizado para os testes em navegação à vela no mar.

Para os castelos optou-se por um processo construtivo diferente do do casco. Como as faces dos castelos são planificáveis, para além dos desenhos das balizas armadoras, foram preparados desenhos do costado planificado.



Figura 14. Construção da mareagem e castelos



Figura 15. Preparação da união entre as duas partes do modelo

Volta-se a lembrar que a construção deste modelo se faz no âmbito de um Projecto Escola, assim decidiu-se usar materiais diferentes para complementar a formação do alunos. Utilizaram-se placas de compósito em PVC (Policloreto de Vinila) de alta densidade (8mm), fibra-de-vidro e resina epoxídica. Não foi usada a tecnologia do vácuo por questões de

logística, mas ter-se-ia poupado muito trabalho de afagamento e ligação de placas se tivesse sido utilizada

Quanto aos pavimentos, foram feitas em contraplacado marítimo. A borda falsa ficou com espessura maior do que o valor correcto à escala, mas desta forma conseguiu-se ter os castelos de proa e popa consolidados numa só peça, o que facilita a montagem e desmontagem do conjunto.

6 Mastreação

A Figura 5 apresenta os desenhos de todo o arvoredo, mastros, mastaréis e vergas. Com base nestes, foram preparadas as madeiras com as dimensões necessárias. Utilizou-se para os mastros e mastaréis o Pinho lamelado colado e para as vergas o Carvalho Europeu.

Para a ligação entre os mastros e mastaréis foram produzidos dois tubos de latão com os respectivos diâmetros e depois soldados. Os cestos das gáveas acabaram por ser fixados nestas peças de latão. Este trabalho de torneiro e de soldadura, foi produzido por outros alunos de serralharia do Centro de Formação do Arsenal do Alfeite, o que valoriza este trabalho pois engloba as diferentes valências da construção naval.

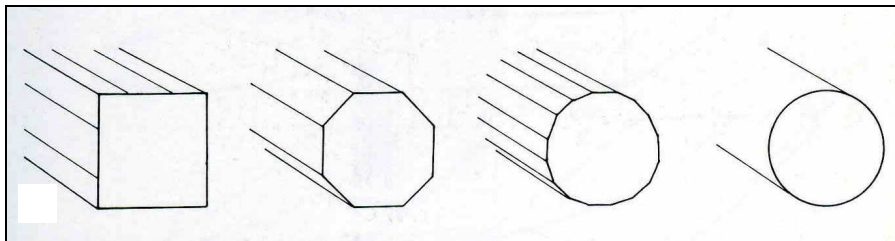


Figura 16 Redução da secção quadrada para 8 face, 16 faces e circular



Figura 17. Trabalho de redução da secção quadrada a redonda para os mastros e vergas

Como não havia peças de madeira disponíveis com as dimensões dos mastros, estes tiveram de ser lamelados com cola para se obter a espessura correcta. Procedeu-se então ao trabalho de os talhar manualmente, usando as técnicas tradicionais para arredondar uma peça de secção quadrada. Veja-se os diferentes passos:

- A primeira fase consiste em transformar a madeira em bruto numa secção rectangular com os lados iguais ao diâmetro da peça que se pretende,
- A segunda operação é transformar a secção com 4 faces numa peça com 8 faces e depois com 16 faces,
- Por fim desbastando as 16 arestas e passando lixas, vai-se obter uma secção circular.



Figura 17. Mastreação pronta



Figura 18. Modelo da nau *Nossa Senhora dos Mártires* pronto e prestes a fazer o baptismo de mar. Formandos: Carlos, Vanderley, Ernesto, Fortes, Nelson, Augusto, Bruno, Guerra, Fernandes, Palma e Rui.

7 Conclusões

Apresentou-se a reconstrução de uma Nau da Índia do início do século XVII num modelo à escala 1:15. A reconstrução é em parte baseada nos vestígios arqueológicos da presumível *Nossa Senhora dos Mártires*. O objectivo é usar o modelo do navio para desenvolver investigação experimental, nomeadamente ensaios em tanque e testes em navegação à vela no mar.

Este trabalho de construção da embarcação à escala foi enquadrado num curso de formação profissional, ou seja, o trabalho foi desenvolvido pelos formandos. Foram utilizadas vários materiais e também várias tecnologias, desde as tradicionais às modernas. Como conclusão geral, pode-se dizer que esta experiência de colaboração entre a

Universidade e um Centro de Formação foi um sucesso. A Universidade teve a oportunidade de acompanhar e discutir todo o processo de construção, o que desenvolve uma competência pragmática útil também ao trabalho de investigação. O Centro de Formação beneficia do diálogo com a Universidade pois desta forma interioriza mais facilmente os princípios de metodologia e rigor científico.

Tiram-se também três conclusões mais específicas relativamente ao trabalho de construção da embarcação: a) o trabalho de despolamento do casco seria simplificado utilizando ripas para o forro de maior espessura, b) a utilização de cavernas reviradas a vante teria facilitado a fixação do forro nesta zona, c) por uma questão de robustez, elementos estruturais longitudinais (roda de proa, cadaste e quilha) deviam ter sido maciços e não em contraplacado.

8 Agradecimentos

Agradece-se ao Centro de Formação do Arsenal do Alfeite e ao Instituto do Emprego e Formação Profissional o enquadramento da construção do modelo no âmbito do Curso de Operadores de Construção Naval.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projecto *Reconstrução Virtual de uma Nau Quinhentista*, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia através do contrato PTDC/HCT/67337/2006.

9 Referências

Afonso, Simonetta Luz, 1998, *Nossa Senhora dos Mártires - The last voyage*. Lisbon, Verbo/Expo'98.

Alves, F., Castro, C., Rodrigues, P., Garcia, C., Aleluia, M. 1998. Archeology of a Shipwreck. in *Nossa Senhora dos Martires: the last Voyage*. Catalogue of the Portuguese Pavilion at EXPO'98, Lisboa, Verbo.

Castro, F., 2003, "The Pepper Wreck, and early 17th-century Portuguese Indiaman at the mouth of the Tagus River, Portugal", *The International Journal of Nautical Archeology*, Vol. 32, 1, pp. 6-23.

Castro, F., 2005a, *The Pepper Wreck*, College Station, Texas A&M University Press.

Castro, F., 2005b, "Rigging the Pepper Wreck. Part I: Masts and Yards", *International Journal of Nautical Archaeology*, 34.1:112-124.

Castro, F., 2009, "Rigging the Pepper Wreck. Part II: Sails", *International Journal of Nautical Archaeology*, 38.1:105-115.

Castro, F., Fonseca, N., Loureiro, R., Santos, T., 2008, "The Pepper Wreck - Nossa Senhora dos Mártires, 1606: update on the virtual reconstruction of a Portuguese India nau", *proceedings of the XIV International Reunion for the History of Nautical Science*, 23-25 October, Coimbra, Portugal.

Castro, F. and Fonseca, N., 2008, "A bordo da nau de SJB2 – The Pepper Wreck," *Separata de Cuadernos de Estudios Borjanos*, Centro de Estudios Borjanos, Institución Fernando el Católico, Borja, 2008.

Carvalho, C., Fonseca, N., Castro, F., 2008, "Notas sobre a Tecnologia de Construção Naval nos Estaleiros Navais Portugueses do Século XVI", *Actas das XI Jornadas Técnicas de Eng. Naval (O Sector Marítimo Português)*, Lisboa, 25 a 27 Novembro 2008.

Fonseca, N., Santos, T. and Castro, F., 2005, "Study of the intact stability of a Portuguese Nau from the early XVII century", *Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources*, Guedes Soares, Garbatov and Fonseca (Eds), pp. 841-849.

Fonseca, N., Castro, F., Santos, T., 2006, "Levantamento das características náuticas de uma Nau Quinhentista", *Actas das X Jornadas Técnicas de Eng. Naval (Inovação e Desenvolvimento nas Actividades Marítimas)*, Lisboa, 21 e 22 Novembro 2006.

Fonseca, N., Santos, T. and Castro, F., 2009, "Reconstrução e Análise das Características Náuticas da Nau Nossa Senhora dos Mártires", Edição da Academia de Marinha em preparação, separata das comunicações feitas na Academia de Marinha em Novembro de 2007 e Setembro de 2008, 78 pp.

Mota, O., 2004, "Novas tecnologias e boas práticas nos estaleiros navais - 2º Caderno", Edição da Associação das Indústrias Marítimas.

Nicolson, I., 1991, *Could-Molded and Strip-Planking Wood Boatbuilding*, Sheridan House Publishing, New York, pp. 187.

RINAVE, 2003, "Regras de Construção e Classificação de Navios de Madeira até 30 metros, Partes B e C", RINAVE – Registo Internacional de Navios S.A.

Santos, T., Fonseca, N., Castro, F., 2006, "Stability characteristics of an early XVII century Portuguese Nau", *Proceedings of the 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB 2006)*, Rio de Janeiro, Brazil, 25-29 September, pp. 69-80.

Santos, T., Fonseca, N. and Castro, F. 2007, "Naval Architecture Applied to the Reconstruction of an Early XVII Century Portuguese Nau", *Marine Technology*, (October 2007), Vol. 44, No. 4, pp. 254-267.

Vacas, T., Fonseca, N., Santos, T., Castro, F., 2008, "A Nau de Dessasete Rumos e Meio de Quilha do Livro Primeiro de Arquitectura Naval, *Actas das XI Jornadas Técnicas de Eng. Naval (O Sector Marítimo Português)*, Lisboa, 25 a 27 Novembro 2008.