

PROJETO CARTOGRAFIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOURO

Paula SANCHES¹; António SILVA¹; Antonieta JOSÉ¹, Ana MOURA¹, Isabel FORTES¹, Ana REIS¹, Ana DUARTE¹

¹ Instituto Hidrográfico – Rua das Trinas, 49, 1249-093 Lisboa

(paula.sanches@hidrografico.pt; antonio.manuel@hidrografico.pt; antonieta.jose@hidrografico.pt; ana.moura@hidrografico.pt; isabel.fortes@hidrografico.pt; ana.reis@hidrografico.pt; ana.duarte@hidrografico.pt)

Palavras-chave: Cartografia Hidrográfica, Batimetria, Navegação, Produção de informação

Resumo: A Via Navegável do Rio Douro (VND), inaugurada em 1990, tem mais de 200 Km de extensão e 5 desníveis com serviço de eclusagem, permitindo a navegação desde a barra até Barca de Alva no Douro Internacional.

A recomendação da União Europeia para a implementação de serviços de informação fluvial (RIS), a fragilidade do apoio à condução da navegação, o deficiente conhecimento do rio, a necessidade de proteger vidas humanas e bens assim como prevenir impactos ambientais negativos levou à identificação da necessidade de produção de cartografia hidrográfica atual baseada em levantamentos de elevada resolução.

Em 2015 foi assinado o Acordo de Cooperação Institucional, com a duração de quatro anos, entre o Instituto da Mobilidade e dos Transportes, I.P. (designação à data do acordo) e o Instituto Hidrográfico para a produção da cartografia hidrográfica oficial da VND, compreendendo também levantamentos topográficos e hidrográficos, o projeto de assinalamento fluvial, e o estudo da melhoria de posicionamento e de um sistema de medição e difusão das alturas de água.

O projeto, *Douro's Inland Waterway 2020*, para a cartografia do Rio Douro contempla a cobertura de toda a Via Navegável com Cartas Náuticas (CN) e Cartas Eletrónicas de Navegação (CEN) da Série Fluvial.

Pretende-se dar a conhecer a situação atual e o trabalho desenvolvido, no que à produção cartográfica diz respeito, por forma a dotar a VND de cartografia náutica fluvial no sentido de promover a segurança da navegação.

1. Introdução

O Instituto Hidrográfico (IH) assumiu, através de um acordo de cooperação institucional, um papel considerado fundamental tanto na aquisição de informação como na elaboração da cartografia da Via Navegável do Rio Douro (VND), essenciais para o projeto “Douro’s Inland Waterway 2020” e, conseqüentemente, para o reforço das condições de segurança e de gestão da navegação nessa Via.

A VND, inaugurada em 1990, tem cerca de 210 Km de extensão e 5 desníveis com serviço de eclusagem, permitindo a navegação desde a barra do Rio Douro até Barca de Alva no Douro Internacional, Figura 1. É considerada uma das vias de comunicação, de transporte e de desenvolvimento mais importantes de Portugal.

É objetivo deste artigo divulgar as atividades do IH no âmbito do projeto de desenvolvimento da VND com particular incidência na produção da cartografia náutica fluvial, tanto na versão papel - CN como na versão eletrônica - CEN.

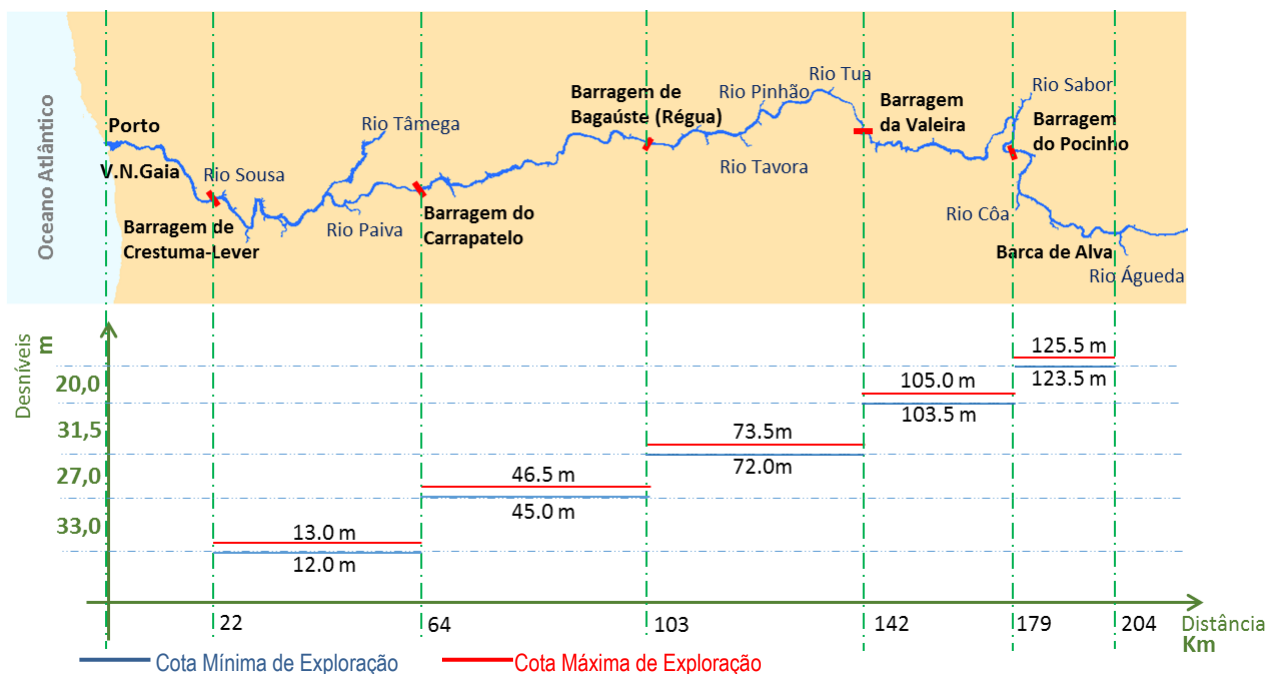


Figura 1 – Esquema da VND. Distâncias das eclusas à foz, desníveis e cotas.

2. Cobertura cartográfica. Distribuição geográfica, dimensões e numeração.

A cartografia proposta para a VND, agora em construção/produção, iniciou-se com um processo de avaliação que teve em consideração tanto o tipo de navegação, como as características da VND no que respeita à sua extensão, à largura do Canal de Navegação, à existência de eclusas e aos desníveis na altimetria. Assim, tendo em conta o descrito e os constrangimentos relativos à extensão geográfica e às características/necessidades da informação e codificação dos objetos, analisaram-se as questões descritas nos pontos seguintes.

Para o desenvolvimento da proposta cartográfica foi ainda analisada a legislação, os normativos e as especificações nacionais e internacionais que regulam e orientam a produção deste tipo de cartografia, entre eles:

- As diretivas do Parlamento Europeu e do Conselho relativas a serviços de informação fluvial (RIS) harmonizados nas vias navegáveis interiores da Comunidade (Diretiva 2005/44 CE) e à que estabelece prescrições técnicas necessárias para garantir a segurança dos veículos aquáticos que navegam nas vias navegáveis interiores e a classificação dessas Vias (Diretiva (EU) 2016/1629);

- As normas e especificações “Standardized water level Exchange format for Inland ENC¹”; “Encoding Guide for Inland IENCs”; OHI (2000) S-57; OHI (2017) S-4; S-44 entre outros normativos e especificações da OHI.

Com a análise dos elementos mencionados, entre outros, foi possível definir:

- O tipo de representação: seccionamento por albufeiras; escala/tamanho das folhas; propósito da navegação em vias de navegação interiores: Fluvial (*Inland*) que condiciona a atribuição da numeração;
- Os Referenciais Altimétricos para: as profundidades e isobatimétricas; alturas disponíveis e outros;
- Conteúdo mínimo de objetos a representar;
- Codificação: livreria de símbolos de acordo com as especificações.

2.1 Série cartográfica

Tendo em conta o tipo de navegação prevista/estabelecida para a VND, e de acordo com a Figura 2, a série cartográfica identificada como a mais adequada foi a Fluvial (*Inland*), designação aplicável às CN. Na sua versão eletrónica tomam a designação IENC (acrónimo para *Inland Electronic Nautical Chart*).

Tipo Navegação	Utilização
Roteamento/Oceânica (<i>Overview</i>) Geral (<i>General</i>) Costeira (<i>Coastal</i>) Aproximação (<i>Approach</i>) Portuária (<i>Harbour</i>) Atracação (<i>Berthing</i>)	
Fluvial (<i>River</i>)	Navegação em Vias de Navegação Interiores
Portuária Fluvial (<i>River Harbour</i>)	Navegação em Vias de Navegação Interiores com portos, marinas ou outras estruturas
Fluvial para atracação (<i>River Berthing</i>)	Informação pormenorizada para manobras de atracação em Vias de Navegação Interiores

Figura 2 – Classificação segundo o tipo de navegação.

O número de cartas foi decidido com base na extensão geográfica da área a cartografar (da barra do Rio Douro a Barca de Alva), nos desníveis e sistemas de eclusagem nas barragens e nas características da VND, tendo-se projetado uma carta por cada troço, entre barragens, num total de cinco, e duas cartas para o estuário - zona compreendida entre a barra do Rio Douro e a barragem de Crestuma (Figura 3). Cada CN é constituída por várias folhas em quantidade variável conforme a extensão de cada troço e traçado do rio, cuja numeração atribuída segue as regras internacionais, já vertidas nas regras do fólio nacional, conforme exemplificado no Quadro 1.

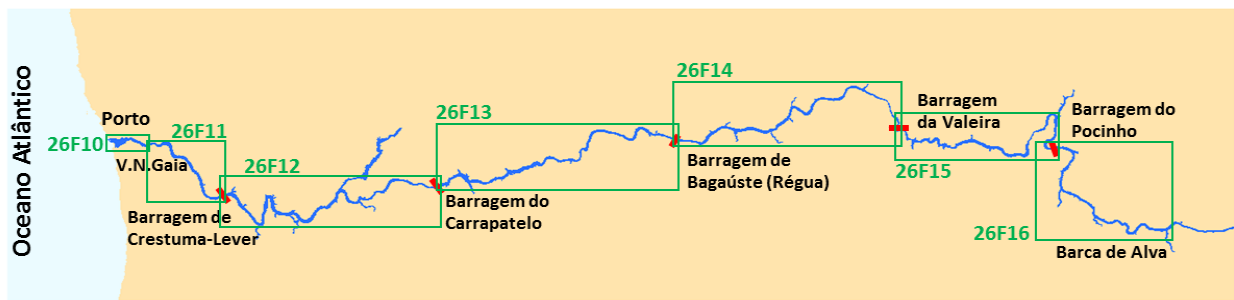


Figura 3 – Cobertura cartográfica.

¹ IENC (*Inland Electronic Navigational Chart*) significa uma base de dados, normalizada em termos de conteúdo, estrutura e formato, para ser usada num sistema “*inland electronic chart and/or information system*” utilizado a bordo de navios ou embarcações em trânsito em vias navegáveis interiores. Uma IENC é produzida por ou sob a autoridade de uma entidade governamental responsável, em conformidade com as normas desenvolvidas pela OHI e aperfeiçoadas pelo Grupo de Harmonização “*Inland ENC Harmonization Group*”.

O sectionamento retangular das CN foi planeado tendo por base uma dimensão de terreno de 4000x2500 m, representado à escala 1:5 000. No entanto, o tamanho das folhas foi condicionado pela dimensão das áreas de trabalho a bordo das embarcações, tendo sido determinada uma dimensão útil de cerca 754x395 mm a que corresponde cerca de 3770x1975 m no terreno.

A cartografia eletrónica tem sectionamento retangular que é determinado em função das CN, do número de folhas de cada CN, da densidade de informação e da geografia (morfologia) do local a representar, o que implica a existência de um número variável de células por cada CN. O sectionamento definitivo é determinado após elaboração de um estudo sobre a adequabilidade em termos de visualização, tendo em conta que as células têm que ser retangulares, e simultaneamente não comprometa o tamanho limite do produto eletrónico.

Embora a área de cada célula² não seja fixa, a área total abrangida pelas IENC é similar à das CN (Figura 3), e estão representadas à escala 1:4000. Assim, o número adequado de IENC será determinado de forma a não comprometer o bom funcionamento do produto.

Apresenta-se no Quadro 1, o sectionamento em análise das IENC, relativo à CN 26F12 (4, 6 ou 12 células) e o já executado relativo à CN 26F11, 2 células.

Quadro 1 – CN e CEN da Série Fluvial da VND

Numeração CN					Escala	Nº Folhas	IENC	Título
2	6	F	1	0	1/10 K	1		Estuário (Da barra do Rio Douro à ponte D. Luis)
2	6	F	1	1	1/5 K	5	PT76611A PT76611B	Estuário (Da ponte D. Luis à barragem de Crestuma-Lever)
2	6	F	1	2		12	4/6/12 células	Albufeira de Crestuma (Da barragem de Crestuma-Lever à barragem do Carrapatelo)
2	6	F	1	3		12	Em avaliação	Albufeira do Carrapatelo (Da barragem do Carrapatelo à barragem de Bagaúste)
2	6	F	1	4		13		Albufeira da Régua (Da barragem da Régua à barragem da Valeira)
2	6	F	1	5		9		Albufeira da Valeira (Da barragem da Valeira à barragem do Pocinho)
2	6	F	1	6		8		Albufeira do Pocinho (Da barragem do Pocinho a Barca de Alva)

2.2 Sistemas de Referência

Os sistemas de referência utilizados na produção da cartografia náutica fluvial bem como na informação que serviu como fonte à sua construção - cartografia vetorial e outros tipos de dados são os que se descrevem nos pontos seguintes.

2.2.1 – Referencial Planimétrico

Todas as CN (cartas em formato papel), serão construídas na projeção cartográfica de Mercator e referidas ao WGS84 e as CEN correspondentes, isentas de projeção cartográfica (Pinheiro et al., 2007).

A toda a informação utilizada na construção da cartografia náutica fluvial está associado o PTTM06-ETRS89, ou seja:

Elipsóide de referência – GRS80; Projeção cartográfica: Transversa de Mercator; Origem das coordenadas retangulares: (39°40'05.73"N, 008°07'59.19"W); Falsa Origem: M=0 m, P=0 m; Fator de escala: 1.0

2.2.2 – Referencial Altimétrico

O Datum altimétrico utilizado foi o estabelecido para Portugal Continental – Datum Cascais (1938).

² De acordo com as normas S-57, as células são produtos digitais vetoriais produzidas em WGS 84, sendo o sistema de coordenadas expresso em latitude e longitude. Contém uma camada de informação com objetos obrigatórios (*skin of the earth*), a língua oficial é o Inglês e nenhum ficheiro pode conter mais do que 5 Mb de dados.

Atendendo às particularidades da VND foi necessário identificar que planos de referência utilizar para reportar os valores de profundidade e as alturas disponíveis relativamente a objetos como pontes, cabos de alta tensão e outros que atravessam a via. Assim, considerou-se o seguinte, em função das zonas cartografadas:

- Para a zona do Estuário:
- Zero Hidrográfico (ZH) (*Chart Datum*) – estabelecido 2.0 m abaixo do *Datum Cascais (1938)*: referência para as profundidades reportadas entre a barra do Rio Douro e a barragem de Crestuma-Lever;
- Preia Mar Máxima (HAT) – estabelecido relativamente ao ZH em função da maré: referência para reportar a “Altura Disponível” (*Vertical Clearance*) das pontes que atravessam a VND na zona indicada;
- Para as zonas entre barragens:
- Cota Mínima de Exploração (CminE) – valor reportado em metros referido ao *Datum Cascais (1938)*, estabelecido por albufeira: referência para as profundidades reportadas entre a barragem de Crestuma-Lever e Barca de Alva;
- Cota Máxima de Exploração (CmaxE) – valor reportado em metros referido ao *Datum Cascais (1938)*, estabelecido por albufeira e que corresponde ao Nível de Pleno Armazenamento (NPA): referência para reportar a “Altura Disponível” (*Vertical Clearance*) das pontes que atravessam a VND entre a barragem de Crestuma-Lever e Barca de Alva.

O “Nível de pleno armazenamento” (NPA) é a cota máxima a que pode realizar-se o armazenamento de água na albufeira, definida em sede do projeto da respetiva barragem. Para as zonas entre barragens, a linha que representa o NPA foi utilizada para representar o limite (a fronteira) entre o terreno não coberto pelas águas e o leito do rio, com exceção das estruturas artificiais. No caso do Estuário, esse limite, à exceção das estruturas artificiais, é representado pela linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais.

Apresenta-se, na Figura 4, um exemplo dos valores da cota dos referenciais utilizados nas albufeiras do Carrapatelo e Régua.

Quadro 2 – Referenciais altimétricos

		Referenciais			
		ZH (<i>Chart datum</i>)	HAT	CminE (<i>Chart datum</i>)	CmaxE ou NPA
Zonas	Da Barra do Rio Douro à barragem de Crestuma-Lever	Profundidades	Altura Disponível (<i>Vertical Clearance</i>)	-----	-----
	Da barragem de Crestuma-Lever a Barca de Alva	-----	-----	Profundidades	Altura Disponível; Altura de Segurança Disponível

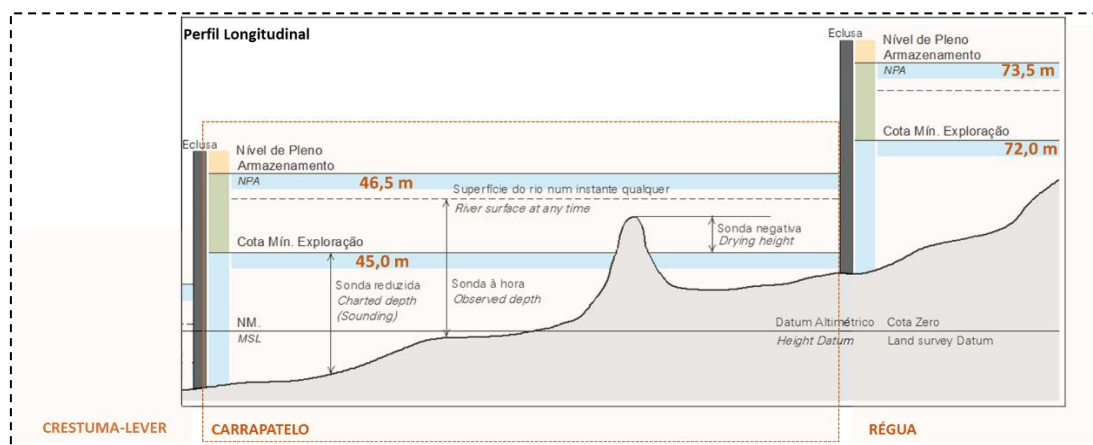


Figura 4 – Valores de cota dos referenciais utilizados. Exemplo.

3. Modelo de dados.

O modelo de dados é constituído por objetos naturais e artificiais e está estruturado por temas, em alinhamento com as normas e especificações técnicas nacionais e internacionais. Podem ser do tipo ponto, linha ou área com dimensão 2D ou 3D. Estabeleceu-se como requisito, no que respeita à quantidade de objetos a representar, os identificados como conteúdo mínimo de uma IENC:

- 1- Via navegável/Canal de navegação;
- 2- Estruturas artificiais;
- 3- Qualquer instalação/estrutura considerada “perigo para a navegação”;
- 4- Contorno das Barragens e eclusas;
- 5- Limites do Canal de Navegação;
- 6- Perigos isolados: sempre a coberto – obstruções, acima do nível da água – pontes, cabos, etc.;
- 7- Ajudas à navegação Oficiais: boias, balizas; farolins, etc.;
- 8- Eixo da Via com marcação de quilometragem.

Aos objetos indicados foram associados outros considerados importantes (relevantes), como são exemplo as áreas para fundear e as áreas de *scooping*³. Os temas considerados são: Hidrografia; Transportes; Construções; Altimetria; Estruturas; Vegetação (Ocupação do Solo) e Toponímia.

As especificações técnicas para representação dos objetos nas CN (OHI (2017) S4) e nas IENC, apresentam as regras em função de 3 grandes grupos conforme exemplificado na Quadro 3.

Temas INT1		Temas IENC	
HIDROGRAFIA	Marés e Correntes	GEOGRAPHY	NATURAL FEATURES
	Profundidades		CULTURAL FEATURES
	Natureza do Fundo		PORTS AND WATERWAYS
	Rochas. Navios naufragados. Obstruções	HIDROGRAPHY	CURRENTS
Infraestruturas no mar	DEPTHS		
Caminhos. Derrotas	ROCKS, WRECKS, OBSTRUCTIONS		
Áreas. Limites	OFFSHORE INSTALATIONS		
TOPOGRAFIA	Fisiografia		TRACKS, ROUTS
	Construções		AREAS, LIMITS
	Marcas em Terra	AIDS AND SERVICES	LIGHTS
Portos	BUOYS, BEACONS AND DAYMARKS, NOTICE MARKS		
AJUDAS À NAVEGAÇÃO E SERVIÇOS	Luzes		FOG SIGNALS
	Bóias. Balizas		RADAR, RADIO, ELETRONIC POSITIONING
	Sinais de Nevoeiro		SERVICES
	Estações de Radar e de Rádio. Sistemas de Navegação por Satélite		SMALL CRAFT FACILITIES
	Serviços		TIME AND BEHAVIOUR
Serviços e Infraestruturas para embarcações	LEGAL ECDIS		

Quadro 3 – Grupos de objetos nas CN e IENC

4. Aquisição dos dados (Recolha dos dados). Processamento. Controlo de Qualidade.

A representação cartográfica da VND com rigor e qualidade adequados ao propósito é de extrema importância para o reforço das condições da navegação, potenciando o desenvolvimento de diversas atividades.

³ O termo *scooping* designa as áreas e/ou pontos definidos para abastecimento de água dos meios aéreos de combates aos incêndios.

A informação identificada como necessária para a produção cartográfica é da competência de várias entidades, às quais foi solicitado os conjuntos de objetos considerados relevantes.

Descreve-se de seguida alguns dos que resultaram dos trabalhos elaborados pelo IH, que efetuou levantamentos topohidrográficos, cujos dados foram recolhidos em conformidade com o normativo em vigor, como são exemplo as especificações da OHI, publicação S-44.

Os levantamentos hidrográficos foram executados com recurso a sondadores multifeixe (SMF), interferométrico (SINF) e de feixe simples (SFS) por forma a ser possível a representação das profundidades, navios afundados, rochas submersas, obstruções, entre outros. Por sua vez, no âmbito dos levantamentos topográficos efetuou-se a determinação das coordenadas das designadas “Ajudas à Navegação” – farolins, boias e balizas; medição de níveis de água; nivelamentos geométricos; a topografia de estruturas portuárias, pontes, eclusas, afloramentos rochosos entre outros. O posicionamento foi efetuado por GNSS.

A informação adquirida foi processada para a representação cartográfica, o que implicou a seleção, classificação, edição e generalização de objetos e o Controlo de Qualidade (CQ) (OHI (2017) S4, OHI (2000) S57 e OHI (2017) S58).

Do trabalho desenvolvido que se pretende dar a conhecer, por ser vasto, restringir-nos-emos neste artigo à descrição genérica do processo aplicado a alguns dos objetos.

Relativamente à batimetria, pretende-se, na prática, fornecer a representação correspondente a uma superfície de profundidade mínima, pelo que o processo de generalização foi feito a partir dos dados e dos modelos gerados (Sanches et al., 2015), a partir dos levantamentos hidrográficos de Ordem Especial, Ordem 1a e Ordem 1b executados entre 2015 e 2018 (Figura 6).

Os navios afundados (*Wrecks*) tanto submersos, como ao nível da água ou sempre a descoberto, podem ser do tipo ponto ou área em função dos dados recolhidos, levantamento hidrográfico ou topográfico, e da escala de representação (Figura 6 e 7).

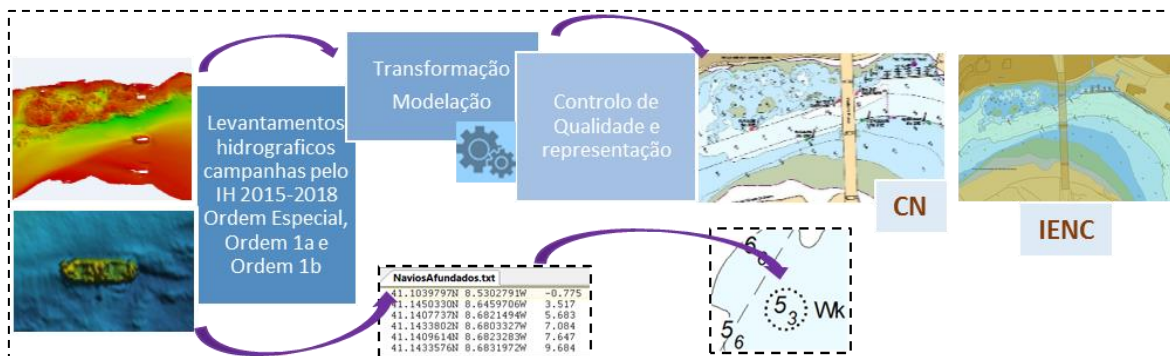


Figura 6 – Exemplos de representação de informação recolhida pelos levantamentos hidrográficos.

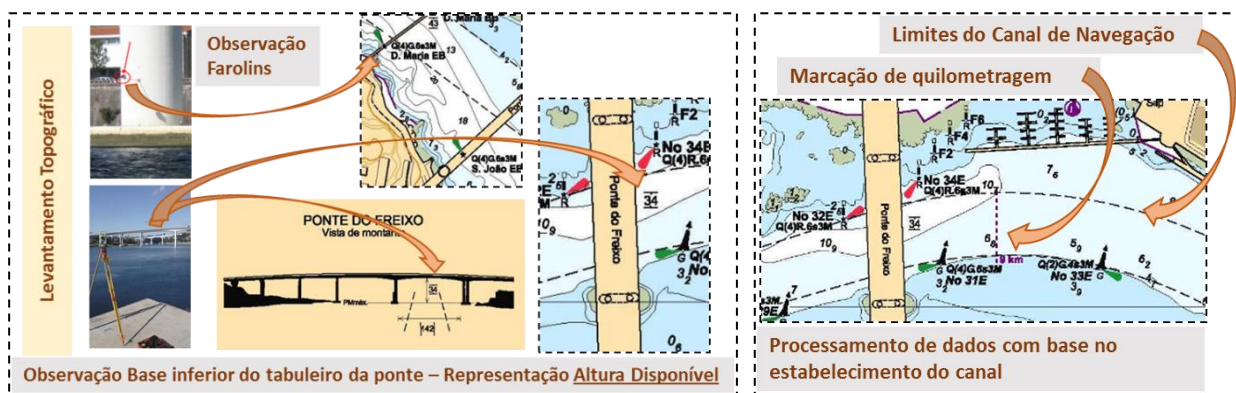


Figura 7 – Exemplos de representação de informação recolhida pelos levantamentos topográficos e pelo processamento de dados de outras fontes de informação.

Tendo em conta os critérios para a aquisição, processamento, edição, arquivo de informação, organização, Controlo de Qualidade (CQ) e Output, o CQ⁴ foi efetuado em diversas fases do processo de construção (Sanches, 2013), tendo passado pela verificação de vários parâmetros entre os quais: a estrutura dos dados, nomeadamente a designação dos objetos e respetivos atributos; a consistência lógica - relações espaciais (geometria); a completude; a representação gráfica e a exatidão posicional. Na Figura 8 apresenta-se uma imagem da cartografia já publicada.

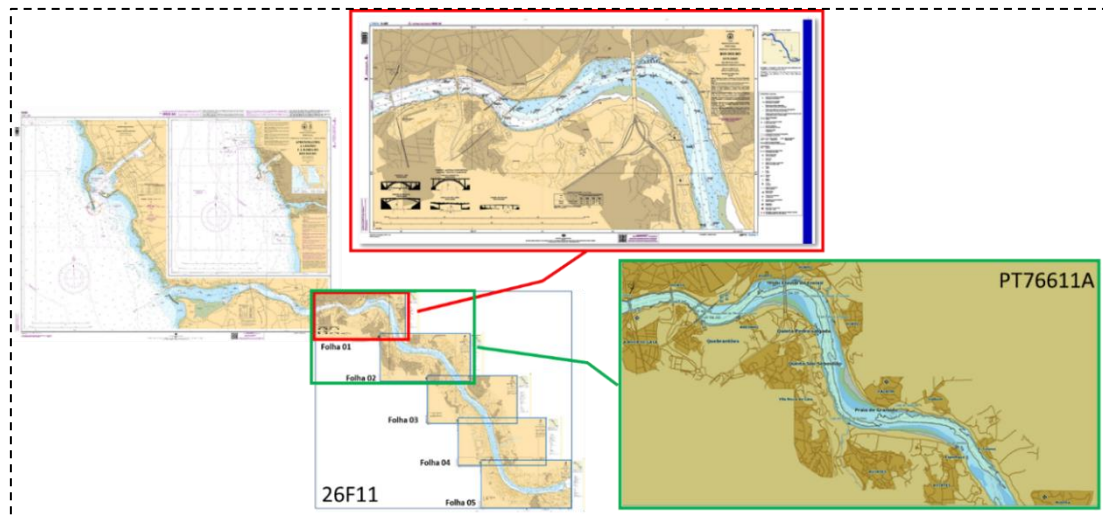


Figura 8 – Cartografia publicada.

5. Conclusões

O projeto para definição da cartografia a implementar na VND, cujo propósito é a navegação segura em águas interiores, constituiu um desafio tanto no que diz respeito à sua conceção como à execução propriamente dita.

O projeto decorre desde 2015 e termina no final de 2018 sendo que o tempo dedicado à construção/produção é de 2 anos (2017-2018) para publicação da totalidade das CN e ICEN que representam cerca de 210 Km da extensão do Rio Douro.

A equipa envolvida é constituída por 9 elementos em rotatividade por outros projetos.

Seguiram-se os processos e procedimentos implementados no IH para produção de cartografia náutica com os ajustamentos considerados necessários para cumprimento da produção, em tempo, rigor e qualidade, ao qual foram acrescentados as especificidades das IENC, às quais foi dedicado algum tempo de estudo assim como à elaboração de nova simbologia a associar às livrarias de símbolos já existentes.

À data, estão publicadas as cartas até à barragem de Crestuma, desta até à barragem de Bagaúste (Régua) estão na fase de CQ, e as seguintes em edição. Está planeado publicar toda a cartografia até dezembro de 2018.

Referências Bibliográficas

- OHI (2000) S-57 "IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data" Edition 3.1, International Hydrographic Bureau, Monaco.
- OHI (2017) S-58 "ENC Validation Checks", Edition 6.0.0, International Hydrographic Bureau, Monaco.
- Pinheiro A., José A., Fortes I., Julião H., e Artilheiro F. (2007) "Produção de Cartas Eletrónicas de Navegação no IH."
- Sanches P. (2013) "A cartografia náutica portuguesa na atualidade: Da carta papel à carta eletrónica".
- Sanches P., Manteigas L., Silva A., José A. (2015) "Cartografia Náutica de São Tomé", VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Lisboa, 2015
- OHI (2017) S4 – "Regulations of the IHO for International (INT) charts and chart specifications of the IHO". Edição 4.7.0.

⁴ Controlo de qualidade, no que às IENC diz respeito é efetuado com recurso a *software* específico que testa a geometria, topologia e a classificação dos objetos que constituem cada célula e com um ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*) certificado que testa o bom funcionamento do produto no ambiente de utilização final.