

CAPÍTULO 7 - PRÁTICA HIDROGRÁFICA

1. INTRODUÇÃO

A execução de um levantamento hidrográfico é um processo contínuo, desde o reconhecimento até à aprovação dos resultados nos quais todas as partes envolvidas efetuam um trabalho metódico e metucioso de forma a obter bons resultados. A mais cuidadosa e precisa recolha de dados poderá ser desperdiçada se os dados não forem processados cuidadosamente, conferidos e apresentados de uma maneira clara e compreensível.

Toda a informação deve ser recolhida, validada e conferida de uma forma lógica e uniforme, utilizando termos claros e inequívocos para que os dados possam ser utilizados e compreendidos durante o levantamento e no futuro.

O uso de sistemas computadorizados e de instrumentação sofisticada em todas as áreas não diminuiu a responsabilidade do hidrógrafo. A necessidade por um controlo rigoroso da qualidade é essencial, mas cada vez mais difícil pelo aumento do volume e da complexidade dos dados adquiridos. O hidrógrafo deve entender os princípios dos equipamentos utilizados, ser metucioso de forma a assegurar que quaisquer dados adquiridos estão corretos e examinar cuidadosamente os dados processados antes da sua passagem à próxima fase. Só desta forma é que se consegue assegurar que os dados finais são de elevada qualidade e que cumpram a sua função até que um novo levantamento possa ser repetido décadas, ou talvez mesmo, séculos depois.

Nada substitui a experiência prática, onde o conhecimento teórico se transforma em habilidade prática. O tempo gasto no campo na aquisição de dados sobre a alçada de um hidrógrafo experiente realçará as muitas dificuldades e problemas complexos que necessitam de ser superados de forma a assegurar que o produto final satisfaça os requisitos iniciais. A operação e manuseamento de equipamentos altamente sofisticados só podem ser aprendidos no decorrer das tarefas práticas de um levantamento hidrográfico.

Os processos são discutidos em maior detalhe nas secções seguintes. Os pontos cobertos não são exaustivos e o hidrógrafo tem que usar o seu julgamento e experiência para alargar ou restringir a lista conforme considere adequado. Este capítulo considerará princípios gerais aplicáveis a qualquer levantamento.

2. PLANEAMENTO DE UM LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO

Como se poderá verificar mais adiante, o planeamento de um levantamento hidrográfico é um processo complexo que requer uma considerável atenção aos detalhes, uma abordagem flexível, boa administração e um processo efetivo de decisão. Se o planeamento for minucioso, existem boas hipóteses do levantamento ser bom também.

2.1. O projeto hidrográfico

Denomina-se por planeamento de um levantamento a todo o processo de desenvolvimento do projeto de levantamento desde o seu início, a subsequente atribuição a determinada unidade, o planeamento detalhado dentro dessa unidade de como efetuar o levantamento e a submissão final dos dados ao Serviço Hidrográfico.

Desta forma, o planeamento do levantamento deve ser um procedimento coerente que deverá conter as seguintes fases:

- a) Requisitos para o levantamento.

- b) Elaboração das especificações técnicas para o levantamento. (Incluir a revisão dos dados existentes.)
- c) Designação da unidade executante.
- d) Planeamento do programa dessa unidade.
- e) Avaliação da tarefa por parte dessa unidade.
- f) Requisitos do reconhecimento.
- g) Distribuição dos recursos.
- h) Planeamento detalhado do levantamento.
- i) Estimativa da duração prevista para o levantamento.
- j) Planeamento do programa final e sua aprovação.
- k) Contactos com autoridades externas.
- l) Planeamento administrativo.
- m) Planeamento diário.
- n) Planos de compilação e verificação dos dados.
- o) Planos para entrega dos dados.

O desenvolvimento dos requisitos para o levantamento varia bastante de país para país. As especificações finais do levantamento são atribuídas a uma unidade designada para esse levantamento que é responsável pelo planeamento dos restantes requisitos. A “unidade designada” pode ser um navio governamental, empresas independentes a utilizar navios ou embarcações qualificados, ou uma empresa comercial contratada. Cada nação terá o seu próprio processo de planeamento.

2.2. Avaliação do levantamento

Antes de efetuar o planeamento detalhado, o hidrógrafo deve saber claramente qual o objetivo principal do levantamento, e quem será o usuário primário da informação. Regra geral o levantamento deve cumprir as necessidades imediatas dos usuários como também beneficiar outros.

Tendo estudado os requisitos do levantamento, dados adicionais e gráficos da área a ser levantada, o hidrógrafo tem de decidir primeiro se necessita de dados adicionais e propor quaisquer alterações que considere necessário para levar a cabo a tarefa.

Após a definição do tipo de dados básicos a serem recolhidos, escala e limites do levantamento, podem ser estabelecidas as principais tarefas do levantamento. As especificações do levantamento devem estar diretamente mencionadas nas especificações do trabalho, nas quais a chave é a Ordem do levantamento tal e qual como se encontra definido na Publicação S-44 da OHI.

Os pontos principais para avaliação da tarefa são:

- a) Estabelecimento do controlo geodésico;

- b) Método de controlo posicional e calibração das ajudas à navegação;
- c) Critérios na escolha das sondas incluindo a política entre sondas;
- d) Categoria do levantamento sonar;
- e) Observações e dados relativos a marés;
- f) Obstruções e destroços;
- g) Amostras do fundo marinho;
- h) Observações oceanográficas;
- i) Observações de correntes de maré;
- j) Observações geofísicas;
- k) Linha de costa e topografia;
- l) Luzes e bóias;
- m) Vistas e caminhos recomendados (roteiros);
- n) Rádio ajudas;
- o) Observações auxiliares (fotografia vertical, esquadros, distâncias medidas, linhas principais, magnetismo costeiro, fenómenos naturais, etc.);
- p) Observações de passagem.

Dados existentes. O hidrógrafo deve ter acesso a cartas publicadas de maior escala e a todos os levantamentos anteriores juntamente com os seus relatórios finais (Rel. FT). Estes devem ser estudados de forma cuidadosa, em conjugação com a informação maregráfica, roteiros, fotografias aéreas e mapas topográficos.

Atribuição dos recursos. Tendo em consideração os pontos 2.2.5, e o estudo dos dados antigos, pode ser avaliada a dimensão do levantamento. O planeamento detalhado pode ser efetuado após a definição da dimensão do levantamento, mas a definição dos recursos necessários para cumprir a tarefa são definidos no estudo inicial. A lista seguinte mostra algumas das considerações que devem ser tidas em conta no planeamento dos recursos:

- Previsão meteorológica e do estado do mar. Estes fatores vão afetar a escolha do tamanho da embarcação a ser utilizada e a capacidade para efetuar trabalhos junto a costa e na investigação de perigos.
- Dimensão da área com águas pouco profundas. Este fator vai determinar a quantidade de trabalho da embarcação. O tempo necessário para completar a tarefa está altamente dependente do estado do mar se for necessário utilizar embarcações. Neste caso devem ser considerados conjuntamente os pontos 2.2.7.1 e 2.2.7.2.
- Utilização de helicópteros. A unidade poderá ter um helicóptero disponível, mas se não tiver será necessário um para ter acesso a locais remotos?

- Logística. A duração e os recursos utilizados pelo hidrógrafo ditarão as necessidades de água, combustível e capacidade de armazenamento. A manutenção dos equipamentos deve ser tida em conta.
- Mão-de-obra. O número e especialização do pessoal necessário para cada tarefa devem ser avaliados. Os seguintes fatores devem ser tidos em conta: mudança de pessoal; correio e comunicações; licenças e recreação; instalações médicas a bordo e em terra; apoio em terra e transportes; acomodações em terra e disposições monetárias.
- Topografia. Este fator vai ditar os recursos necessários para aceder a locais na costa.
- Acampamentos avançados – Um acampamento avançado pode ser necessário de acordo com as especificações do levantamento e neste caso a lista do planeamento dos recursos deverá ser seguida. No entanto, deve ser tido em conta a utilização de um porto ou de um fundeadouro para a embarcação que efetua trabalhos em águas pouco profundas e na investigação de perigos. O tempo gasto em içar e arriar embarcações é improdutivo.

Os constrangimentos prováveis na condução do levantamento também devem ser investigados. Devem ser investigadas outras causas que podem afetar o progresso do levantamento como: artes de pesca, constrangimentos impostos por perigos, áreas de exercício e de tiro, corredores de navegação e pontos de confluência de rotas.

Poderá ser necessário um reconhecimento do local para acelerar o levantamento. Ver secção 3.

2.3. Planeamento detalhado do levantamento

Uma vez avaliada a dimensão e extensão da tarefa e os recursos necessários para a levar a cabo tiverem sido decididos, pode-se dar início ao planeamento do levantamento. Várias atividades podem ser planeadas para ocorrerem simultaneamente e um bom hidrógrafo tentará reduzir o tempo total para conseguir efetuá-las. Uma lista abrangente das ações necessárias é fornecida nos parágrafos seguintes, mas deve-se ter em conta que cada levantamento é diferente e por isso podem ser adicionados ou retirados itens dessa lista.

2.4. Controlo Horizontal

As especificações do levantamento descreverão a referência horizontal para o levantamento e listarão detalhadamente as coordenadas das estações geodésicas em conjunção com as suas descrições:

Decidir qual a melhor forma para alcançar a exatidão para o controle horizontal detalhado nas especificações do levantamento. Em casos raros, pode não ser possível alcançar os requisitos utilizando as ajudas à navegação disponíveis e podem ser considerados relaxamentos a esses requisitos pelo Serviço Hidrográfico.

Uma vez escolhidas as ajudas à navegação, é necessário escolher as suas localizações. Pode ser utilizada qualquer sistema de análise de rede disponível. Decida a melhor forma de coordenar novas estações. Deve ser considerado o acesso a esses locais e qualquer exigência do reconhecimento. Notifique as autoridades necessárias para que lhe dêem as necessárias autorizações para aceder a determinados locais, a utilizar determinadas frequências e atracar embarcações e pousar os helicópteros. No caso de se utilizar métodos visuais fixos deverão ser incluídos os locais das marcas costeiras.

Decidir quando e onde é que as ajudas à navegação escolhidas devem ser calibradas e se necessitam de uma nova calibração durante o curso do levantamento.

A maioria dos levantamentos modernos utiliza alguma forma de GPS para efetuar o controlo dos trabalhos no mar ou em terra. Quando é utilizado o DGPS para controlo das embarcações este deve ser validado. Em terra, nos locais remotos, deve ser alcançado um posicionamento dos pontos na ordem dos 20 cm, desde que se tenha a possibilidade de transmitir em 24 horas os dados adquiridos para o Serviço Hidrográfico afim de serem comparados com o ITRF mais próximo do local. Caso contrário o estabelecimento de uma nova estação implicará a sua ligação a uma rede existente.

2.5. Controlo Vertical

As especificações do levantamento detalharão o *Datum* ao qual as sondas devem ser reduzidas e a sua relação com os *Data* existentes em terra, devendo ser providenciada uma lista das marcas de nivelamento existentes no local. O planeamento deverá conter os seguintes pontos:

Se não for mencionado nas especificações decida o local para observação das alturas de maré. Caso seja necessário, escolha os locais para estabelecimento de escala de marés e marégrafos adicionais e planeie a instalação e recuperação de marégrafos ao largo. Deve-se assegurar que os locais para medição de maré não fiquem a seco na baixa-mar, se não for possível evitar, devem ser estabelecidos marégrafos adicionais.

Decida qual a melhor forma de nivelar o marégrafo/escala de marés, relativamente ao *Datum* da carta, a partir das marcas de nivelamento existentes, por transferência do *Datum*, ou através de observações e análise. Caso estabeleça um *Datum* deve planejar a sua ligação à rede geodésica através de um nivelamento.

Determine a natureza e amplitude da maré e o seu efeito no trabalho de campo. Na eventualidade de existirem marégrafos com possibilidade de ficarem a seco devem ser estabelecidos marégrafos adicionais de forma a permitir obter dados de maré durante todo o período do levantamento.

Decida se é necessário o ajustamento cotidal. Se for necessário, determine os fatores da maré a partir da tabela de marés e das cartas cotidais apropriadas, ou localmente através dos dados disponíveis. Se necessário procure aconselhamento do Serviço Hidrográfico.

2.6. Correntes de maré

Determine o valor máximo esperado e direção da corrente de maré na área do levantamento.

Determine os requisitos necessários para observação de um ciclo completo de corrente de maré e como podem ser conduzidas as observações.

Planeie observar e identificar quedas de água (cascatas, escoadouros), remoinhos e fontes de água doce presentes nas cartas.

2.7. Sondagens

As seguintes considerações gerais devem ser consideradas durante o planeamento inicial:

Examinando as cartas de maior escala da área do levantamento e as pranchetas dos levantamentos anteriores devem ser localizadas as sondas críticas e efetuado um controlo das sondas de forma a preparar a comparação das sondas por sobre posicionamento.

Planeie o espaçamento das fiadas principais de sondagem, direção e velocidade de propagação do som na água. Se forem utilizados sistemas de feixe simples (SFS), as fiadas devem ser perpendiculares à direção geral de desenvolvimento da batimetria.

Planeie as fiadas de verificação, normalmente perpendiculares às fiadas principais de sondagem e planeie efetuá-las no início do levantamento como uma medida crucial para o controlo de qualidade.

Estime as variações espaciais ou temporais da velocidade de propagação do som na água e planeie a cobertura inicial do sensor de medição de velocidade (*probe*).

Estime o balanço de erros na sondagem e compare com as especificações do levantamento.

A velocidade da embarcação deve ser avaliada de acordo com a gama de profundidades esperada e o tipo de sonda utilizada. Para determinar a velocidade ótima e máxima de sondagem deve-se comparar a velocidade da embarcação com a velocidade requerida pelo sonar rebocado.

Durante o planeamento das fiadas de sondagem deve ser mantido uma lista de todas as fiadas planeadas.

Para planeamentos de levantamentos com feixe simples devem ser consideradas fiadas adicionais para dentro da isóbata dos 10 metros.) Devem ser efetuadas linhas adicionais paralelas a cais ou molhes.

Devem ser consideradas fiadas sobre caminhos recomendados, enfiamentos, ancoradouros e em locais de passagem de tráfego marítimo.

Se for utilizado um SFS junto a costa, deve ser dada especial atenção a profundidades < 40m onde deve ser detectada a menor profundidade em detrimento das características do fundo do mar. Devem ser efetuado um adensamento em fundos <40m, a não ser que o fundo do mar seja plano, sem estruturas e onde não existam perigos que possam ser detectados quando se efetuar cobertura completa com um sonar lateral rebocado de alta definição.

2.8. Sonar lateral

As seguintes considerações gerais devem ser consideradas durante o planeamento inicial:

As correntes de maré têm influência significativa na direção das fiadas quando se utilizam sistemas rebocados, é necessário frequentemente chegar a um compromisso entre as fiadas de sondagem e as fiadas efetuadas com sonar. Em alguns casos os dados batimétricos e os de sonar têm de ser adquiridos separadamente.

Verifique a lista dos destroços fornecida nas especificações do levantamento de forma a identificar aqueles que têm a sua posição aproximada, ou aqueles que necessitam de atenção especial ou de ser verificados efetuando buscas. Os limites da área de busca podem-se estender além dos limites da área do levantamento. Consultar o capítulo 6 da publicação S-44 da OHI.

Disponibilize a informação constante na lista de destroços e outros perigos e isóbatas nas pranchetas de planeamento das fiadas.

Quando se efetuam levantamentos com sonar rebocado nas proximidades de campos de petróleo, áreas de exploração, instalações submarinas e áreas nas quais decorrem operações de instalação de oleodutos deve-se dar um resguardo de 500 metros de forma a garantir a segurança do sonar.

As fiadas principais devem ser planeadas de forma a assegurar uma direção até 20 graus da corrente predominante (maré ou corrente). Devem ser adotadas direções inferiores a 20 graus em áreas com fortes correntes de maré de forma a assegurar que o sonar rebocado navegue, o mais possível, na esteira do navio.

O espaçamento das fiadas com sonar deve ser de acordo com os requisitos do levantamento.

Assegure que qualquer área de busca localizada fora dos limites da área do levantamento se encontra coberta. Adicionalmente devem ser planeadas fiadas cujos limites se encontrem fora da área de forma a garantir a completa insonificação da área, com a respectiva sobreposição.

Sempre que a área do levantamento seja em águas restritas e inclua um canal, caminho recomendado ou enfiamento deve ser varrida por um sonar. Ao planejar estas ações deve ter-se em conta os navios de maior dimensão que praticam estas zonas, com especial atenção às bacias de manobra e locais de mudança de rumo.

2.9. Amostras de fundo

As amostras de fundo devem ser obtidas a pedido ao longo de toda a área do levantamento. Consultar o ponto 4.2 da publicação S-44 da OHI.

As especificações do levantamento podem requerer a conservação de determinada percentagem das amostras obtidas. Este requisito deverá ser tido em conta no planeamento.

2.10. Delineação da linha de costa, objetos conspícuos e topografia

Os requisitos para o traçado da linha de costa e outra topografia serão definidos nas especificações do levantamento.

A linha da preia-mar representada em mapas nem sempre pode ser considerada para levantamentos hidrográficos.

Utilizando cartas ou quaisquer fotografias fornecida com as especificações do levantamento, dever-se-á identificar as áreas que já se encontram convenientemente cobertas e aquelas que necessitam de trabalho adicional. Em locais onde não existam cartas, mapas ou fotografia aérea, qualquer linha de costa e topografia que pode ser utilizada pelo navegante deve ser adquirida com precisão.

O hidrógrafo, deve tentar obter cópias adicionais de material que considere relevante tais como cartas, mapas e dados geodésico que não foram fornecidos com as especificações. Todos esses dados devem ser entregues ao Serviço Hidrográfico após o término do levantamento.

Determine os meios para delinear as áreas inadequadas e identifique quais os equipamentos necessários para definir as áreas de forma apropriada à escala do levantamento.

2.11. Observações Auxiliares

Observações Geofísicas. Nas especificações do levantamento devem vir especificadas quais as observações geofísicas requeridas. Normalmente, as observações magnéticas e gravitacionais podem ser efetuadas simultaneamente com a batimetria. As especificações deverão conter o espaçamento entre linhas de forma detalhada. Se houver anomalias magnéticas representadas na carta, planeie a sua observação e reporte-as. Planeie observações magnéticas em terra se pedidas nas especificações.

Luzes e Bóias. Esclareça quais as luzes visíveis na área do levantamento e planeie confirmar as suas características. Defina o número de bóias que necessitem determinação de posição (*fix*).

Fotografia Aérea. No caso de ser necessária fotografia aérea, o planeamento do voo deve ser efetuado em períodos com condições favoráveis de maré e tempo. As fotografias subsequentes podem ser utilizadas para topografia e traçado da linha de costa.

Roteiros e Vistas. As emendas aos roteiros normalmente podem ser compiladas no decorrer do levantamento e em princípio não será necessário tempo adicional para obter informação a ser

incluída. Planeie conferir todas as fotografias existentes e fotografe novas conforme solicitado nas especificações. Planeie verificar as facilidades portuárias e facilidades para embarcações pequenas.

Estações Rádio. Planeie verificar a exatidão das informações publicadas.

Molhes, cais e locais de atracação. Planeie verificar os detalhes dos molhes, cais e locais de atracação. Normalmente isto pode ser efetuado durante as operações de sondagem.

2.12. Organização da equipa do levantamento

O hidrógrafo responsável, prepara o Livro de Ordens do Levantamento, que contém o plano geral, discriminando como será conduzido o levantamento e detalhando as responsabilidades pelo planeamento e execução do trabalho. Estas ordens devem ser atualizadas regularmente de forma a informar toda a equipa das prioridades imediatas e para fornecer a organização geral que vai dar origem ao planeamento diário detalhado. Quando o navio e as respectivas embarcações estiverem a trabalhar em conjunto numa base diária a atividade torna-se particularmente intensiva e complicada. Nestas condições é vital ter um plano bem elaborado e flexível para coordenar atividades de içar/arriar embarcações, mudanças de tripulação, aprovisionamento de alimentos e instruções para os encarregados dos trabalhos nas embarcações.

A escassez de mão-de-obra será sempre um problema no início do levantamento devido às diversas equipas de observações, de recolha de marés, tripulações e equipas de terra, etc. estarem empenhadas simultaneamente. Para um bom início do levantamento é fundamental uma boa capacidade de transporte terrestre e ou o uso de helicópteros.

A organização da ponte e da sala de trabalho deve ser cuidadosamente planeada e estruturada para assegurar que os dados são adquiridos e trabalhados da forma mais eficiente.

A pressão para aumentar a produtividade em todas as unidades do levantamento é considerável. Uma boa gestão, planeamento e liderança é fundamental para o sucesso do levantamento.

2.13. Compilação e Controlo de Dados

O Controlo de Qualidade deve estar presente em todas as fases do plano, com verificadores nomeados de forma a acompanhar os trabalhos vindouros.

Planeie a distribuição das tarefas de desenho e compilação. Assegure-se que são compilados e verificados registos claros à medida que o levantamento progride.

Num levantamento de grandes dimensões, é geralmente melhor completar todos os trabalhos numa área antes de prosseguir para outra área. Isto permite assegurar que os dados completos dessa área podem ser processados caso alguma unidade seja retirada do levantamento por qualquer motivo.

Pode ser conveniente distribuir a tarefa de registar determinadas secções e anexos do Relatório do Levantamento a certos indivíduos.

Quando possível, todas as cópias e registos devem ser compilados à medida que o levantamento progride e não deixadas para depois.

A comparação entre os dados do levantamento e os dados dos levantamentos antigos é bastante importante; esta comparação deve preceder o trabalho de campo para que o planeamento tenha em conta a necessidade de efetuar investigações adicionais e as buscas que podem surgir devido às diferenças entre os dados da carta e os do levantamento.

2.14. Requisitos para a entrega de dados

Os requisitos necessários para a entrega dos dados ao Serviço Hidrográfico variam bastante dependendo da política nacional e dos requisitos. Em geral deverá incluir:

- a) Dados batimétricos em formato digital ou gráfico (prancheta final);
- b) Dados de navegação em formato digital ou gráfico;
- c) Dados sonar em formato digital ou gráfico;
- d) Dados da textura do fundo marinho em formato digital ou gráfico;
- e) Relatório do levantamento;

Os Serviço Hidrográficos devem avaliar os dados do levantamento entregues e efetuar um parecer crítico ao levantamento até dois meses após a recepção dos dados. Os pontos endereçados no parecer do Serviço Hidrográfico devem ser respondidos o mais brevemente possível enquanto o levantamento se encontra fresco na memória.

2.15. Desenvolvimento do programa de operações

O número total dos dias planeados para completar o levantamento deve ter em conta as exigências de escalas nos portos, manutenção dos navios, tempo nos trânsitos, exercícios, etc. Cada navio tem o seu ciclo operacional e com base nessa informação deve-se propor um ciclo de empenhamento da unidade. Se a estimativa do tempo necessário para realizar o levantamento não se integrar no período de tempo operacional previsto deve-se proceder à alteração do programa ou à redução das dimensões das tarefas a realizar.

2.16. Duração e estimativas de custo da operação

Não existem regras rígidas e rápidas para determinar rigorosamente o tempo requerido para completar um levantamento. Um hidrógrafo experiente pode obter uma ideia do tempo necessário após estudar as especificações do levantamento e chegar a uma boa estimativa sem recorrer a fórmulas matemáticas. No entanto, o formato providenciado no Apêndice 1 a este capítulo poderá fornecer uma resposta razoável e pode ser ajustada de acordo com as necessidades do levantamento. Durante o planeamento detalhado o hidrógrafo deve manter um registo total das milhas a percorrer, número de destroços a investigar, número de amostras de fundo requeridas, etc. Estes dados podem então ser usados para determinar o tempo necessário.

2.17. Ligação com autoridades externas

Logo que sejam recebidas as especificações do levantamento, deverá ser enviada informação para uma série de autoridades exteriores com detalhes das especificações e período do levantamento, juntamente com um pedido para utilização de determinadas facilidades se for caso disso. Posteriormente, uma vez efetuado o planeamento detalhado, se for considerado necessário poderá ser enviada informação com mais detalhes. Uma lista de exemplos é mostrada abaixo. As especificações do levantamento são frequentemente enviadas diretamente pelo Serviço Hidrográfico para um certo número de agências, e a folha de acompanhamento das especificações do levantamento deve indicar as organizações que já tenham sido informadas:

- a) Autoridades piscatória;
- b) Proprietários de terra locais;
- c) Guarda costeira;

- d) Autoridade dos faróis;
- e) Forças de defesa locais;
- f) Autoridade operacional de zonas de exercícios e de tiro;
- g) Autoridade operacional de campos de petróleo;
- h) Representantes do governo local;
- i) Adidos navais;
- j) Departamentos locais de levantamentos;
- k) Autoridade operacional de helicópteros;
- l) Autoridades religiosas.

Além disso, se algum destacamento embarcado desembarcar, utilizar uma facilidade portuária ou operar a partir dum porto local, também deverá ser considerado o seguinte:

- a) Polícia local;
- b) Autoridade regional (Presidente da Câmara, da Junta de Freguesia...);
- c) Autoridades portuárias;
- d) Estabelecimentos de serviços locais.

Visitas de continuidade poderão ter de ser feitas durante o reconhecimento avançado ou à chegada.

Devem ser sempre consideradas implicações de segurança.

3. RECONHECIMENTO DO LEVANTAMENTO

3.1. Reconhecimento geral

Antes de qualquer levantamento é necessário efetuar o reconhecimento para obter dados que permitam efetuar melhor e mais economicamente o levantamento. As informações recolhidas devem servir para a concepção, planeamento, organização e observações da tarefa proposta. O reconhecimento pode ser realizado imediatamente antes do levantamento, ou com muitos meses de antecedência.

O reconhecimento é importante; um mau reconhecimento pode resultar mais tarde numa perda de tempo e de esforço, com a provável utilização de meios mais dispendiosos. Este deve ser completo pois um reconhecimento pobre vai inevitavelmente resultar num mau planeamento.

O hidrógrafo selecionado para efetuar o reconhecimento deve possuir experiência, senso comum, um conhecimento dos equipamentos disponíveis e não ter ideias preconcebidas sobre o método a ser utilizado para efetuar a tarefa. A recolha dos dados pode seguramente ser deixada para hidrógrafos com menos experiência, uma vez tomadas as decisões principais.

3.2. Reconhecimento geodésico

Os propósitos do reconhecimento podem ser resumidos da seguinte forma:

- a) Estabelecer pessoalmente contactos locais;
- b) Visitar todas as estações propostas – seleccionar locais reais. Recuperar estações de controlo existentes;
- c) Confirmar intervisibilidade;
- d) Decidir o desenho final da rede (reanalisar se necessário);
- e) Marcar permanentemente as estações geodésicas;
- f) Descrever as estações geodésicas;
- g) Testar a proposta do plano de observações (instrumentos / alvos necessários). Preparar o programa detalhado de observações;
- h) Testar o plano administrativo para o levantamento principal, adaptando conforme necessário.

Para cada estação geodésica nova, é necessária a seguinte informação:

- a) Acessibilidades por estrada, ferroviário, embarcação, a pé ou helicóptero. Tempo para acesso (por exemplo, a pé por estrada) e caminho recomendado;
- b) Visibilidade a partir da estação e requisitos para posterior compensação;
- c) Descrição da estação, azimutes magnéticos para outras estações visíveis;
- d) Fotografias da estação, arredores e fotografias panorâmicas da estação;
- e) Fatores locais, costumes, etc.;
- f) Visibilidade e condições meteorológicas prováveis.

3.3. Reconhecimento das marés

Sempre que possível, é aconselhável a utilização de estações maregráficas estabelecidas ou anteriormente utilizadas pela uniformização de dados. Ao seleccionar um local para estabelecer um marégrafo deve ser considerado o seguinte:

- Facilidade de edificação. Deve ser considerado um lugar onde seja fácil erguer uma escala de marés ou marégrafo, alguns locais são mais fáceis que outros, e alguns lugares são inacessíveis;
- A estação não deve ficar a seco. O zero da escala de maré e o sensor de pressão do marégrafo não devem ficar a seco. Se isso for inevitável uma escala de maré secundária e um marégrafo devem ser instalados a uma cota inferior do que o primeiro marégrafo;
- Facilidade de leitura. A escala de maré ou o marégrafo devem ser instalados de modo a que possa ser lidos a qualquer momento;
- Segurança. Evite situações em que a escala de marés ou o marégrafo seja susceptível de interferir com o público, por exemplo atracação das embarcações de pesca;
- Abrigo. O sensor do marégrafo deve estar instalado num local protegido dos efeitos causados por condições meteorológicas e ondulação severas;

- Proteção. Idealmente, o registo do marégrafo deve ser colocado numa construção com fechadura;
- Água aprisionada. A água que se encontra restringida no seu movimento por um banco de areia ou bacia pode não estar ao mesmo nível que o mar aberto. Por conseguinte, deve ser selecionada uma estação que reflita o verdadeiro nível real do mar na zona do levantamento;
- Proximidade de marcas de nivelamento. Se possível selecione uma estação nas proximidades de duas marcas de nivelamento de forma a evitar o tempo gasto em longos nivelamentos;
- Acessibilidade. Se a leitura de maré for efetuada por um elemento, deverá ser providenciado alojamento nas proximidades. Se um pequeno destacamento for enviado com uma embarcação para operar a estação maregráfica, esta deve ser instalada nas proximidades do local de atracação ou perto da base desse destacamento.

4. AQUISIÇÃO DE DADOS

O aspecto mais importante numa carta náutica são as sondas representadas e o navegante deve poder confiar implicitamente na exatidão da batimetria para evitar situações de perigo. Deve ser tido o maior cuidado para garantir que as sondas são corretamente posicionadas. Um erro na posição é muitas vezes mais enganador do que um erro na profundidade, porque é mais provável que o navegante se afaste de um perigo representado na carta do que confiar na precisão da sonda e deliberadamente navegar sobre ele.

As disciplinas de monitorização dos erros das sondas, verificação de dados e Controle de Qualidade (CQ) são procedimentos contínuos que necessitam de ser mantidos ao longo de todo o levantamento hidrográfico. Do mesmo modo, a compilação do relatório final deve ser iniciada depois de concluída a fase de planeamento e deve ser ininterrupta durante as restantes fases do levantamento, e não deve ser deixada para o fim, depois de concluída a aquisição de dados.

4.1. Controlo Horizontal e Calibração

4.1.1. Introdução

As Especificações Técnicas (Especificações hidrográficas) determinam o *Datum* horizontal a ser utilizado no levantamento; se, após o planeamento e reconhecimento (parágrafo 2.4), as estações geodésicas coordenadas, estações secundárias, marcos geodésicos ou ajudas à navegação forem insuficientes então devem ser criadas marcas adicionais de controlo horizontal no interior da área e subáreas do levantamento de forma a alcançar o rigor requerido para o posicionamento no mar.

Os métodos selecionados para fornecer o posicionamento no mar irão ditar, em grande medida, os trabalhos preparatórios necessários em terra. Numerosas estações em terra podem ser necessárias para visadas em levantamentos de pequenas zonas nas proximidades da costa, enquanto que apenas duas estações locais podem ser exigidas para o mesmo levantamento com recurso a DGPS. Em ambos os casos, as estações devem estar localizadas o mais próximo da linha preia-mar tanto quanto possível, de forma minimizar os erros nos padrões eletromagnéticos causados pela variação das condições de propagação ao longo do trajeto por terra.

O posicionamento por satélite é capaz de alcançar elevadas precisões utilizando Técnicas de Posicionamento Relativo - GPS Diferencial com observações de pseudo-distância (DGPS) e o *Real Time Kinematic* (RTK) com observações da fase da portadora — com uma única estação GPS de referência o que permite maior flexibilidade na seleção do local e no desdobramento das equipas do que no caso de utilização dos métodos terrestres.

As correções DGPS podem ser obtidas através do *Radio Beacon Navigation Service (Beacon-IALA)* e uma variedade de WAAS (*Wide Area Augmentation Systems*) através dos serviços comerciais (*Landstar, Seastar, Omnistar, Skyfix*, etc) e por serviço grátis (EGNOS).

Estes sistemas providenciam boas precisões no posicionamento sem a necessidade de uma estação de referência em terra, no entanto as calibrações do receptor GPS e o controlo em tempo real da geometria dos satélites (GDOP) deve ser realizada durante o levantamento.

4.1.2. Controlo Horizontal em terra

O controlo dos levantamentos na costa usualmente pode ser gerado através da extensão da rede geodésica nas proximidades. Na falta desta será necessário determinar a origem e posição do *Datum*, azimute e escala de forma a permitir que a nova estação possa ser referenciada em relação às outras.

Devem ser empregues técnicas convencionais de topografia: (podem ser encontrados esclarecimentos detalhados no capítulo 2 com textos de referência indicados na bibliografia)

- a) A determinação da posição absoluta do ponto de fixação do *Datum* (A);
- b) A orientação da rede por observações azimutais (em A para B);
- c) A determinação da escala por medições da linha base (de A para B);
- d) A extensão da rede por poligonais, triangulação ou trilateração para as estações necessárias, com estações intermédias fixadas por visadas diretas ou indiretas.

As operações a., b. e c. só são requeridas quando não existem redes geodésicas estabelecidas. Isto raramente acontece; as técnicas de observações astronómicas ou de satélites GPS em terra, efetuadas para levantamentos geodésicos, estão para lá do âmbito deste manual.

As observações angulares são efetuadas por teodolitos ou sextantes e a distância medida por meios mecânicos, ópticos ou eletromagnéticos (EDM), ou por ambos com Estações Totais. Os cálculos subsequentes podem ser efetuados no esferóide de referência em termos de latitude e longitude, ou na quadricula em coordenadas retangulares utilizando trigonometria plana.

As observações GPS realizadas com receptores de dupla frequência ou utilizando a técnica DGPS RTK, podem alcançar melhores precisões na determinação de uma linha de base (ver parágrafo 6.1 Capítulo 2), porém é conveniente lembrar que as coordenadas da posição obtida são referidas ao elipsóide WGS84 e a uma quadricula e projeção compatível. Se o levantamento hidrográfico for conduzido num *Datum* horizontal e vertical local, deve-se efetuar a transformação a partir do *Datum* WGS84 (ver parágrafo 2.2.3 Capítulo 2).

As precisões posicionais das marcas para pontos primários de controlo em terra e das estações secundárias são especificados na OHI S-44.

4.1.3. Controlo Horizontal no Mar

Descrição geral dos sistemas de posicionamento

Os métodos para posicionamento terrestre incluem técnicas tradicionais tais como:

- a) Posicionamento por linhas de posição obtidas por sextante;
- b) Posicionamento por triangulação/intersecção;
- c) Métodos visuais de posicionamento;

- d) Métodos de posicionamento por *tag line*;
- e) Métodos de posicionamento por distância/azimute;
- f) Sistemas de posicionamento eletrônicos estacionados em terra.

Desde o início dos anos 1990, a maior parte destes métodos de posicionamento terrestre foram em grande parte substituídos por sistemas de posicionamento por satélite: o GPS e GPS Diferencial (DGPS) com observações do código (Pseudo-distância) e o *Real Time Kinematic* (RTK) com observações da fase da portadora que permitem obter maior precisão. Nas áreas de projeto isoladas, onde os métodos de posicionamento por satélite GPS poderão ser inacessíveis ou impraticáveis, uma das técnicas tradicionais terrestre de levantamento poderá ser necessária para proporcionar o controle horizontal do levantamento. Tais casos podem incluir, por exemplo:

- a) Projetos de pequenas dragagens ou de construções de marinas onde só é requerida uma cobertura limitada de profundidades;
- b) Áreas sob pontes, em cais de atracação de navios de grande calado ou perto de barragens onde a visibilidade dos satélites GPS é ocultada;
- c) Projetos de baixo custo intermitentes onde as técnicas de posicionamento terrestres tradicionais podem-se revelar mais econômicas comparativamente com um sistema DGPS totalmente automatizado;
- d) Levantamentos de reconhecimento expeditos onde não é necessário obedecer a um determinado requisito de precisão posicional.

Para algumas destas técnicas de levantamentos terrestres, os métodos processuais e critérios de Controle da Qualidade (CQ) são detalhados neste manual para fins de referência.

Precisão do Posicionamento Horizontal

Todos os métodos de posicionamento, resumidos no Apêndice 2 na tabela 7.1 "Sistemas de Posicionamento Horizontal e Critérios de Seleção", são capazes de satisfazer os padrões mínimos de precisão horizontal para uma específica Ordem de levantamento detalhada na OHI S-44, desde que as distâncias da embarcação aos sistemas de referência estacionados em terra estejam dentro dos limites operacionais dos sistemas. Os limites operacionais variam com o tipo de sistema de posicionamento, procedimentos utilizados e do ambiente em que está a ser utilizado. Em geral, a precisão posicional de todos os sistemas irá degradar-se em função da distância a partir do ponto base de referência, sendo que alguns se degradarão mais rapidamente do que outros. Os utilizadores devem plenamente aferir e avaliar a precisão resultante de qualquer método de posicionamento, incluindo DGPS, a fim de garantir a sua adequabilidade para o levantamento a ser realizado.

Seleção do Sistema de Posicionamento

As precisões previstas para os sistemas de posicionamento empregues em hidrografia são geralmente referenciados à utilização normal do equipamento dentro das suas limitações operacionais e das diferentes ordens de levantamento. A tabela 7.1 mostra os critérios de seleção e de emprego tendo em conta as ordens dos levantamentos hidrográficos, tal como definido pela OHI na publicação S-44, para os sistemas de posicionamento com a precisão posicional esperada. A adequação de uma determinada técnica a um determinado levantamento deve ser guiada pela autoridade competente tendo em conta estas limitações. A tabela pressupõe uma área de projeto padrão localizada dentro de 25 milhas da costa ou do ponto de referência em terra (controle horizontal) ou até 200 metros de profundidade. Os critérios para a realização de levantamentos

dentro destes limites devem estar em conformidade com as normas contidas na OHI S-44 e neste Manual.

As exatidões comuns alcançadas com cada tipo de sistema são também indicadas neste e noutros manuais, incluindo os manuais de operador dos equipamentos; as variações extremas são o resultado de fatores discutidos noutras partes deste manual e nos capítulos relevantes dos referidos manuais dos equipamentos. Geralmente, a precisão máxima indicada é a que se pode esperar se o equipamento for empregue nos limites das condições normais de funcionamento. Em alguns casos, a gama de precisões abrange as prescritas para as Ordens Especial, 1^a e 2^a de levantamentos; isto indica que os fatores dependentes do projeto (geometria, distância a costa, etc.) devem ser considerados, a fim de selecionar os equipamentos mais adequados para uma determinada ordem de levantamento ou local do projeto.

Controlo das fiadas (*Track control*)

Os métodos realçados no parágrafo 4.1.3.2 providenciarão ao hidrógrafo uma posição no mar, além disso, o hidrógrafo deverá assegurar que o seu navio navegue na fiada desejada ao longo do leito do mar, corrigindo os efeitos das correntes de maré, correntes e efeitos do vento. Tendo em conta estes requisitos, o hidrógrafo deve ter em conta essas exigências no planeamento do controlo do posicionamento. O método de posicionamento escolhido providência muitas vezes também a informações da fiada, tal como o indicador de esquerda/direita exibido num dispositivo do sistema de posicionamento ou num monitor do sistema de aquisição e controle de dados automatizado. Porém, particularmente em trabalhos muito juntos, têm de ser fornecidas ajudas suplementares para providenciar o governo do navio.

Nos métodos visuais tradicionais ou nas antigas técnicas EPS, o registo da navegação do navio é mantida em tempo real manualmente ou por uma mesa de registo (*track plotter*) com os dados do levantamento sobrepostos após a sua redução na fase de pós-processamento. Neste caso, devem ser preparadas pranchetas com diversas sobreposições de forma a serem utilizadas para gerarem um registo do progresso do levantamento.

Qualquer que seja o método empregado terá um impacto no planeamento e execução do levantamento e deverá ser considerado desde o início no planeamento global.

4.1.4. Preparação do trabalho de campo

Descrição Geral

Um reconhecimento de campo na área do levantamento irá poupar tempo considerável durante a fase de recolha de dados. As posições das marcas selecionadas para o levantamento devem ser visitadas, confirmadas a sua adequabilidade e sua descrição. Após a chegada da equipa do levantamento ao local, os equipamentos terão de ser instalados em terra e no navio, os quais podem exigir verificações e calibração local.

Trabalhando no âmbito da estrutura de trabalho "estratégica" elaborada no Instituto Hidrográfico, o hidrógrafo responsável deve refinar o plano e, se necessário rever a mobilização de pessoal e equipamentos para otimizar a sua utilização no âmbito do projeto global. Os ajustamentos ao plano inicialmente acordado devem ser discutidos com o Instituto Hidrográfico e devem ser postos em prática métodos adequados para a monitorização do progresso e da consecução dos objetivos principais .

Planeamento das Observações

Todos os cuidados devem ser tomados quando se observa a estrutura da rede do sistema geodésico, Qualquer oportunidade deve ser aproveitada para controlar todas as observações e para detectar imprecisões nas técnicas de observação, observadores e equipamentos. Todos os cálculos

devem ser completados e verificados antes de se prosseguir com os trabalhos de campo dependentes da precisão das coordenadas derivadas das observações primárias.

O hidrógrafo deve identificar o melhor período de observações, utilizando um programa de planejamento da missão, a fim de alcançar os padrões para a ordem do levantamento. A seleção dos instrumentos deve ser tal que o tipo de observações e os padrões obtidos são adequados. Os dados das calibrações devem ser verificados e os detalhes registados para inclusão no Relatório do Levantamento.

Seleção do local

Na criação de uma rede, deve-se ter um considerável cuidado na seleção e densidade dos locais, na instalação das estações de referência e nas técnicas de medição de ângulos e distâncias, a fim de assegurar que a precisão no posicionamento necessária para a Ordem do levantamento é alcançada. O tipo de levantamento levado a cabo (portuário, aproximação, litoral ou costeiro), o sistema de posicionamento selecionados (visual / EDM / SPE / Satélite), o número do LOPs e a sua geometria na área do levantamento irá ter influência na decisão final.

A seleção do local deve-se basear no seguinte:

- a) Acessibilidade do local por terra ou por mar;
- b) Capacidade de ocupar a estação ou a necessidade de criar uma estação excêntrica;
- c) Proximidade com a orla costeira ou com uma visão desimpedida do mar;
- d) Intervisibilidade dos locais adjacentes, livre de estruturas susceptíveis de causar interferência com os sinais EDM / SPE e recepção desobstruída dos sinais dos satélites;
- e) Disponibilidade de energia elétrica ou de espaço para instalar fontes de alimentação portáteis, tais como baterias/painéis solares e geradores;
- f) Segurança do local e capacidade de deixar equipamentos sem vigilância;
- g) Elevação do local e adequabilidade para o sistema de posicionamento escolhido.

Implantação e inspeção de estações de referência

Devem ser utilizadas listas de verificação, criadas pelo hidrógrafo responsável e baseadas nos manuais dos equipamentos, durante a instalação das estações terrestres de referência (SPE, ou DGPS RTK GPS) ou durante a utilização de instrumentos visuais / EDM para medição de ângulos/distâncias (sextante, teodolito, EDM, estação total) a fim de garantir a correta operação dos sistemas e que técnicas similares são usadas durante todo o levantamento.

O tipo de estações de referência empregues no terreno (SPE, DGPS ou GPS RTK) irá determinar a frequência das inspeções necessárias para verificar a sua correta operação; é também o caso das estações totais não monitorizadas que operam em modo automático.

4.1.5. Alinhamento e Calibração dos Sistemas de Posicionamento

Descrição Geral

O tipo de sistema ou ferramenta selecionada irá ditar os procedimentos adotados para verificar o seu desempenho tendo em consideração os limites previstos com o objetivo de alcançar a precisão posicional requerida para a Ordem do levantamento, tal como é expresso na Tabela 7.1.

Os procedimentos e técnicas de alinhamento / calibração, detalhadas no manual do utilizador (ou no manual do operador), devem ser sempre seguidos no início e no final de um levantamento ou quando tal for considerado necessário, a fim de verificar o desempenho do sistema no campo, especialmente se suspeitar do seu desempenho ou a exatidão. Estas verificações devem ser realizadas, na medida do possível, na área do levantamento e com os alcances esperados e comparados com um sistema calibrado de ordem superior ou ajuda à navegação, ou entre estações de controlo coordenadas. Todas as estações totais, sistemas EDM e prismas utilizados no controlo primário devem sofrer manutenções regulares, verificados com frequência ao longo de linhas de comprimento conhecido e terem as calibrações periódicas na fábrica atualizadas.

Medições de Ângulos

Deve-se assegurar que as técnicas de observação corretas para a sistemas de medição angular (sextantes, teodolitos, estações totais) são utilizadas e que os instrumentos são estabelecidos de forma a minimizar os erros. Os instrumentos devem ter as calibrações e manutenções em dia; os requisitos mínimos padrões (standard zero) para a ordem apropriada das observações devem ser sempre usados bem como técnicas especiais de gravação para evitar erros grosseiros.

Cada estação selecionada para uso deve ser visitada e cuidadosamente examinada e comparada com a descrição da estação. As distâncias aos pontos de referência fixos deverão ser confirmadas de forma a determinar se a marca da estação foi deslocada. Deve ser verificada a intervisibilidade das novas estações para a área do levantamento e outras estações, e ligada a 3 estações já estabelecidas. O uso de estações excêntricas deve evitado sempre que possível. Quaisquer alterações ao esquema de observações planeado devido à inadequação dos locais deve voltar a ser analisado a fim de garantir que os requisitos mínimos para a ordem do levantamento são alcançados. Todas as estações utilizadas devem ser marcadas e registada a sua descrição completa antes de serem observadas ou de serem utilizadas para observações.

Na determinação de alturas por medições angulares devem ser efetuadas, sempre que possível, medições recíprocas. Antes de mover o instrumento de observação, deve-se verificar se os dados gravados das observações, tanto angular como a de distância, estão de acordo com os requisitos exigidos. Se os requisitos não forem cumpridos, deve-se efetuar novamente todo o conjunto de observações.

As observações angulares e de distância finais verificadas, devem ser ajustadas à rede conforme for adequado para cada tipo de observação, utilizando um programa de computador aprovado e, depois calculado a sua posição mais provável e elipse de erro. A elipse de erro de cada nova posição deve ser cuidadosamente examinada para determinar a qualidade da posição final. Análises de rede devem ser realizadas.

Medições de distâncias

Ao utilizar sistemas de medição de distâncias (EDM, EODM, estações totais, etc.), todos os procedimentos descritos nos manuais do operador/equipamentos devem ser seguidos e efetuada uma comparação de verificação com uma linha de base geodésica ou com um sistema com exatidão de uma ordem de grandeza superior ou igual à requerida pela ordem do levantamento para o posicionamento.

Medições a 2D

Tal como acontece com os sistemas de medição de distância, devem ser seguidas as orientações dos manuais do utilizador/equipamentos para sistemas de posicionamento a 2D, com calibrações apropriadas e comparação de verificação efetuados com sistemas de uma ordem de grandeza superior ou com linhas de base/rede geodésicas.

Ao planejar a utilização de sistemas microondas EPF para validação de dados de posição GPS antes do início do levantamento, devem ser tomadas medidas para garantir que todas as estações são estabelecidas num *Datum* comum. Os sistemas de navegação devem ser calibrados e verificados por comparação com um sistema alternativo de posicionamento preciso no início de cada levantamento e validados no final.

Medições por Satélite (3D)

Ao utilizar sistemas por satélite GPS, devem ser seguidos com grande cuidado os procedimentos de observação articulados pelo Instituto Hidrográfico e detalhados nos manuais do utilizador, a fim de assegurar que o equipamento é operado na sua capacidade máxima para os diferentes modos de posicionamento disponíveis (SPS, PPS, Diferencial e RTK).

Todos os sistemas devem ser verificados antes do trabalho de campo e efetuada uma validação final aquando da realização duma sessão de observações com linhas de base geodésicas, rede geodésica de uma ordem de grandeza superior ou com um sistema com uma exatidão de uma ordem de grandeza superior ou igual à requerida pela ordem do levantamento

4.1.6. Métodos de Controlo Horizontal e Equipamentos

4.1.6.1. Posicionamento por intersecção de linhas de posição obtidas por sextante

Descrição Geral

O posicionamento por sextante envolve a observação simultânea de dois ângulos horizontais entre três objetos conhecidos a partir da qual a posição de um ponto no mar é obtida (ver figura 7.1). O posicionamento por sextante é totalmente realizada a bordo da embarcação utilizada no levantamento e não está dependente de eletrónica, comunicações, ou apoio terrestre. Em certas condições (ou seja, perto de alvos ou para posições estáticas quase fixas) o posicionamento pode ser relativamente preciso quando conduzido convenientemente por uma equipa experiente. Em geral, para a maioria das aplicações, o posicionamento por sextante num navio em movimento não é considerado suficientemente exato.

As marcas hidrográficas utilizadas para levantamentos controlados por sextantes podem ser localizadas por marcações por sextante (*sextant fix*) ou segmentos capazes. Os métodos transversos inferiores ao de 3 ordem podem ser utilizados, se a distância a uma estação base ou de controlo suplementar não exceder os 4 km para os levantamentos hidrográficos em escalas inferiores a 1: 10 000 ou 2 km para escalas de levantamentos superiores.

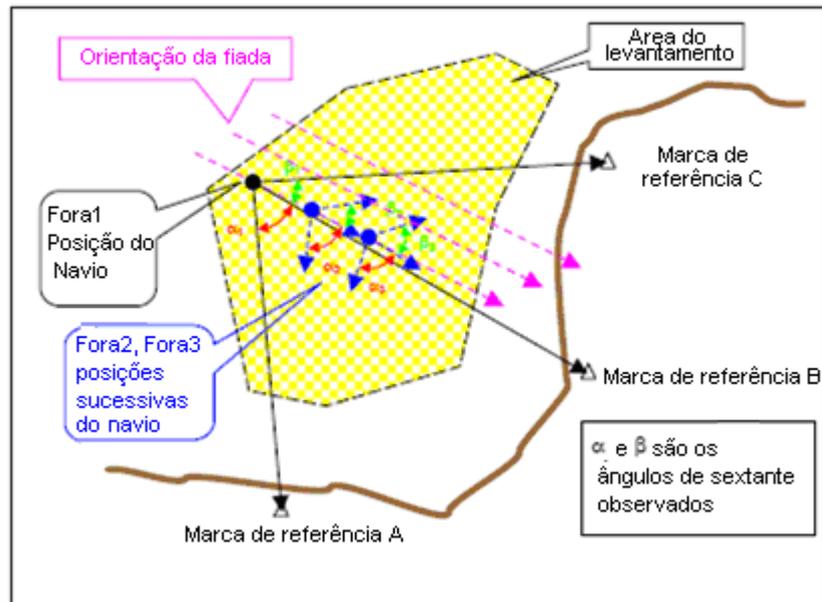


Figura 7.1 - “Posicionamento intersecção de linhas de posição obtidas por sextante”

Um único ângulo de sextante pode ser utilizado em conjunção com uma linha de posição (LDP) de distância fixa, como representado na Figura 7.2 (Posicionamento tipo *draga Hopper*). No passado era uma técnica comum para localizar dragas *Hopper*.

Em navios estáveis e outras plataformas, podem ser observados múltiplos ângulos de sextante para diversos alvos. A resultante pode ser ajustada por *software* de bordo utilizando técnicas de ajustamento por mínimos quadrados obtendo resultados bastantes precisos (menores de ± 1 m, em alguns casos isolados).

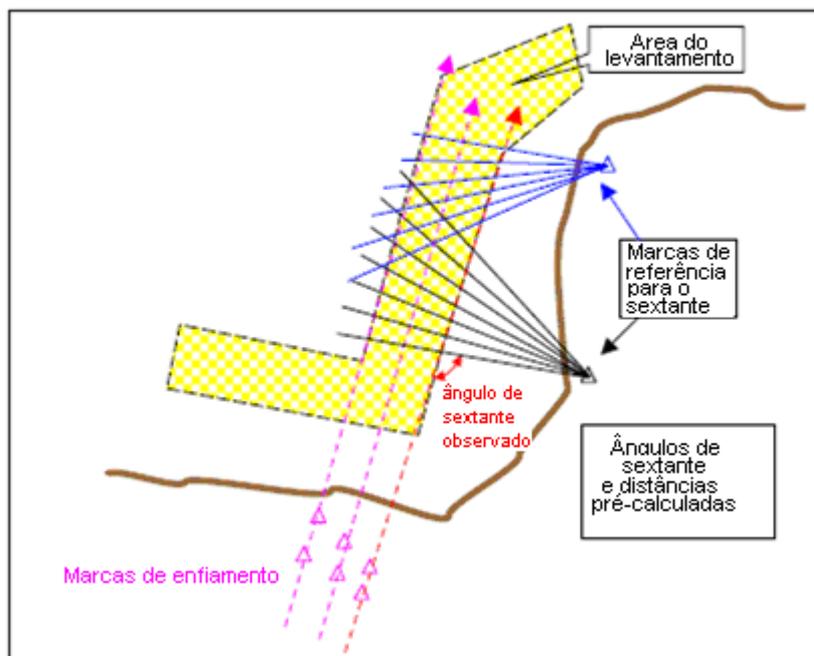


Figura 7.2 - “Posicionamento dragas *Hopper*”

Exatidão e Controlo de Qualidade

Os dois ângulos de sextante observados formam círculos de posição cuja intersecção se obtêm a posição do navio. Cada ângulo forma um círculo definido por três pontos: os dois pontos de controlo em terra/alvos e do navio. A geometria da intersecção destes dois círculos é um fator primordial na determinação da robustez da intersecção de linhas de posição de sextante. À medida que a intersecção dos dois círculos convergirem um no outro, a posição resultante enfraquece drasticamente. Nas melhores condições, a exatidão no posicionamento dinâmico raramente será melhor do que ± 5 m (95% RMS), a média das exatidões, em geral, anda nos 10 a 20 metros.

O método mais simples para estimar a exatidão da intersecção de linhas de posição em qualquer ponto é o de mover cada ângulo pelo valor estimado da sua exatidão e avaliar a consequente mudança de posição. Isto é facilmente efetuado quando utilizado um *software* automatizado para determinação da intersecção de linhas de posição, ou notando a mudança na posição no *station-pointer*. A exatidão posicional deve ser obtida em diversos pontos da área de trabalho. Na avaliação do desempenho da intersecção de linhas de posição por sextante os seguintes fatores do CQ devem ser considerados:

- a) Precisão dos ângulos dos sextantes;
- b) Sincronização do observador;
- c) Movimento e velocidade do navio;
- d) Fadiga e experiência do observador;
- e) Tipo de alvos.

As calibrações internas do sextante, devido à sua concepção e manipulação, não são particularmente estáveis; desta forma os observadores devem verificar continuamente a calibração dos seus sextantes. Isto geralmente é feito periodicamente durante o levantamento, normalmente no final de cada fiada.

No posicionamento por sextante existem poucas oportunidades para executar a garantia de qualidade (GQ). Quando são visíveis mais de três alvos, as posições obtidas por intersecção de linhas de posição obtidas por sextante podem ser comparadas a partir de uma posição fundeada.

As medições de sextante efetuadas no limite de visibilidade das marcas são susceptíveis de serem fracas porque a variação angular ou a taxa de variação são pequenas. O sextante deve estar perfeitamente ajustado, a medição e leitura dos ângulos efetuada com extrema exatidão, se necessário com aproximação aos 30 segundos de arco. Se a soma dos dois ângulos se aproximar frequentemente dos 180° sendo um dos ângulos repetidamente muito grande e o outro muito pequeno, a taxa de variação angular será rápida quando a embarcação está em movimento; assim, deve-se observar especial cuidado para garantir observações simultâneas; os efeitos dos erros introduzidos causados pela falta de simultaneidade na observação angular são minimizados quando as distâncias do observador às marcas são pequenas.

4.1.6.2. Posicionamento por Triangulação/Intersecção

Descrição Geral

Um navio ou plataforma no mar pode ser posicionado (triangulado) por ângulos *Transit* ou teodolito observados de pontos da linha base em terra. Esta técnica pode ser empregue em áreas onde os sistemas eletrónicos de posicionamento não podem ser empregues ou onde for necessário aumentar a exatidão posicional. Conforme indicado na Figura 7.3, são necessários dois (ou mais) observadores *Transit* ou de teodolito estacionados em terra. A precisão posicional pode ser muito boa devido à maior precisão e estabilidade dos instrumentos. As estações teodolito devem satisfazer os requisitos de precisão para levantamentos de ordem especial e 1ª ordem. O ângulo de

intersecção no navio deve ser tal que um erro direcional de 1 minuto a partir de uma estação teodolito não irá provocar um erro na posição do navio maior que 1 mm na escala da sondagem. Normalmente, ângulos superiores a 30° e inferiores a 150° asseguram esta condição. As técnicas de triangulação são frequentemente utilizadas para complementar as medições eletrônicas de distâncias (EDM) ou posicionamento DGPS de estruturas costeiras fixas (molhes, pontes, plataformas, etc.), tanto durante a construção como no acompanhamento posterior das deformações.

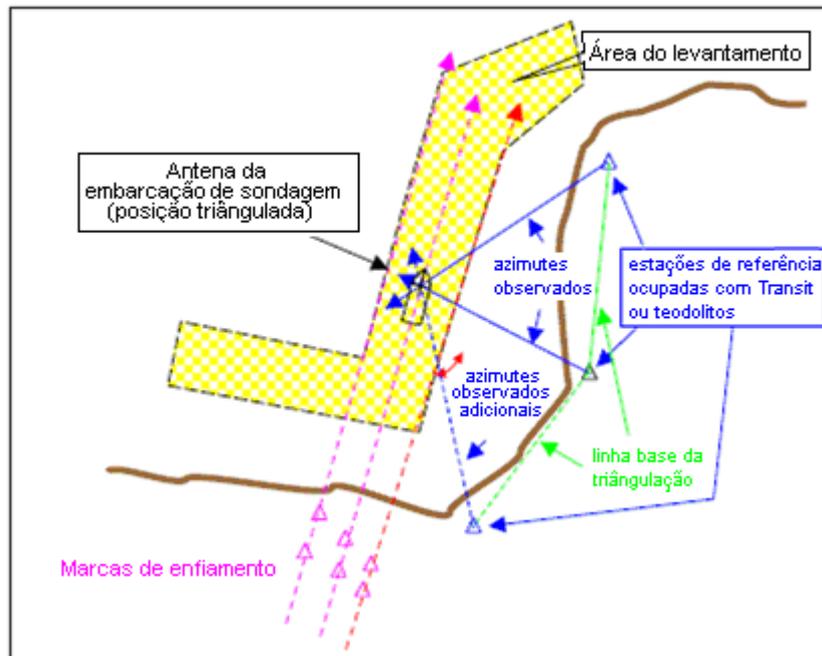


Figura 7.3 - “Posicionamento por Triangulação / Intersecção”

Exatidão

A exatidão posicional da triangulação/intersecção depende do controlo de precisão do sistema utilizado. Está relacionada com a robustez geométrica da intersecção dos dois ângulos ou azimutes e varia ao longo da área do levantamento porque os padrões dos erros angulares para cada instrumento variam em função da distância entre o instrumento e o navio. A média dos erros padrão para cada medição angular na posição do navio no mar, juntamente com a distância calculada para cada ponto de referência observado, dá uma estimativa da exatidão posicional da triangulação/intersecção.

As técnicas de intersecção de múltiplos azimutes, que permitam três ou mais observações angulares adicionais, possibilitam o aumento da exatidão através da redundância fornecida pelas medições adicionais de outras estações em terra.

Muitas vezes os alinhamentos azimutais são combinados simultaneamente com distâncias EDM ou GPS e, se durante o levantamento for utilizada a aquisição automatizada, é efetuado um ajustamento por mínimos quadrados.

Controlo de Qualidade e Garantia da Qualidade

O CQ é realizado por medições periódicas para trás (*backsight*) no decurso do levantamento. Deve ser realizada GQ independente com um terceiro instrumento, o que não é fácil de executar na prática, sendo usualmente utilizando um sistema EDM ou GPS para fazer as verificações.

4.1.6.3. Posicionamento visual

Descrição Geral

Este método tradicional era muitas vezes utilizado para posicionar dragas relativamente a marcas em terra ou bandeiras e é ainda utilizado em algumas aplicações tais como no alinhamento horizontal e vertical para equipamentos de construção, plataformas, barcaças, etc.

Atualmente, as técnicas de posicionamento visual relativo raramente são utilizadas, dada a disponibilidade dos Sistemas de Posicionamento Eletrónicos (SPE) de microondas, métodos de posicionamento por azimute e distância e GPS. É geralmente indicado apenas para trabalhos de reconhecimento sem navegação onde a posição das marcas identificáveis (ajudas à navegação, faróis, marcadores diários, pontes e outras estruturas ou marcas mapeadas) fornecidas nos desenhos, cartas de navegação ou mapas é assumida como suficiente para os requisitos deste tipo de levantamento.

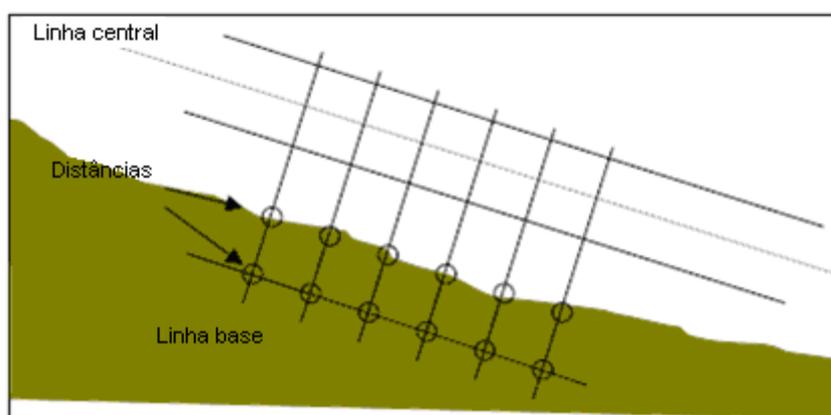


Figura 7.4 – “Estacas, bandeiras e/ou laser colocados em terra para posicionamento relativo”

Os pontos principais deste método são:

- A embarcação mantém constante a velocidade de sondagem entre todos os objetos identificados ou intersecções de distância;
- Os foras (*fixes*) são tirados sempre que o navio passar pelo través ou lateralmente por um objeto identificado;
- As posições são interpoladas entre foras;
- Entre foras a velocidade do navio é considerada constante e livre de erros;
- A determinação da posição pode ser efetuada pela intersecção de pontos em terra e distâncias estabelecidas por avistamento dessas marcas;
- Os resultados devem ser usados com precaução devido à natureza aproximada dos dados e as exatidões marginais deste tipo de levantamento.

Exatidão e Controlo de Qualidade

Quando se utilizam técnicas de posicionamento visual é difícil estimar a exatidão e raramente é efetuado o CQ.

4.1.6.4. Posicionamento por linha de distâncias (*tag line*)

Descrição Geral

Este método tradicional foi largamente utilizado antes dos anos 70 para monitorizar os processos de dragagem em projetos de navegação e levantamentos tradicionais às secções transversais dos canais, e em investigações de sub-superfície a obstruções de canais e levantamentos de varrimento para limpeza de canais. As técnicas de posicionamento por linha de distância foram substituídas pelos Sistemas de Posicionamento Eletrónicos (SPE) por microondas e por técnicas de azimute/distância que por sua vez foram substituídos pelos métodos de posicionamento GPS.

Dentro de certas distâncias da linha-base e com execução apropriada, um levantamento controlado por linha de distâncias é um método preciso e estável de realizar levantamentos hidrográficos e outros trabalhos de investigação marítimos:

- É empregue um cabo metálico calibrado, esticado perpendicularmente a partir de um cabeço ou ancoradouro até á embarcação de sondagem;
- É mantida próximo de áreas de atracação para trabalhos de investigação críticos; onde os sinais GPS são bloqueados (no entanto é preferível a utilização de uma estação total eletrónica);
- Geralmente não requer aparelhos eletrónicos ou de comunicação.

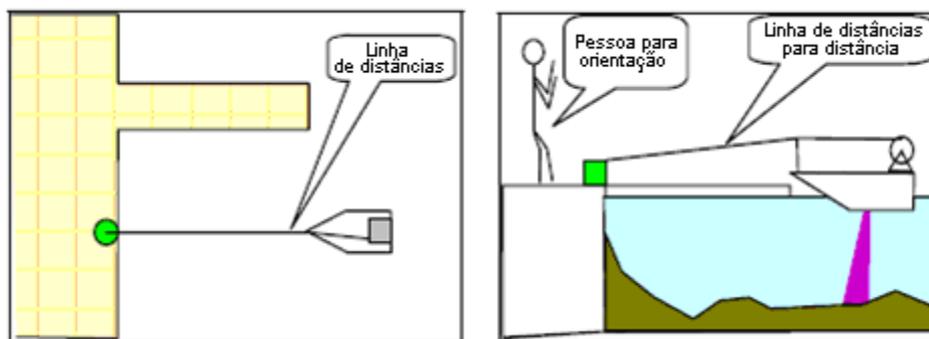


Figura 7.5 – “Levantamento com *Tag line*”

Técnicas

Um levantamento com linha de distâncias é um método de efetuar secções transversais a partir de uma linha-base fixa.

Podem ser executadas diversas técnicas, dependendo do tipo de operações e instrumentos utilizados:

- Observações estáticas – as observações com linhas de distância são efetuadas quando a embarcação estiver corretamente alinhada na secção e o cabo é esticado de forma a minimizar a catenária;
- Levantamento contínuo ou dinâmico com linhas de distância – alguns levantamentos com linhas de distância são conduzidos num modo dinâmico utilizando uma sonda de feixe simples analógica;

- c) Métodos de extensão – as linhas de distância podem estar amarradas a uma embarcação flutuante (embarcação linha-base) que foi previamente posicionada com uma linha de distância ou outro meio;
- d) Métodos de distância constante – a linha de distância pode ser usada para manter uma distância constante a partir do cabeço da linha-base;
- e) Planeamento de levantamento linhas de distância com linha-base – os pontos de referência ou intermédios para controlar o trabalho com as linhas de distância são definidos utilizando os requisitos e os padrões para as técnicas de levantamentos para construções;
- f) Métodos de alinhamento da linha de distância – são utilizadas bandeiras, prismas de ângulos direitos, *Transit*, teodolitos, sextantes e estações totais para manter o controlo do alinhamento lateral da embarcação de sondagem, que pode ser a parte mais fraca no desempenho do levantamento com linha de distância, especialmente quando estão presentes correntes fortes;
- g) Procedimentos para gravação de dados – o levantamento com linhas de distância e as profundidades respectivas podem ser gravadas numa folha de registo ou num livro para levantamentos de campo. Os dados do levantamento são impressos quer em planos locais ou em secções específicas;
- h) Embarcações de sondagem – qualquer tipo de embarcação de sondagem equipada com uma linha de distância manobrada por um homem ou por guinchos elétricos pode ser utilizada para efetuar este tipo de levantamentos. Geralmente, o comprimento das embarcações varia entre 5 a 8 metros e o calado é inferior a 0,40 metros o que se torna essencial para trabalhos em águas de profundidade reduzida e proporciona maior facilidade para encalhar na praia.

Requisitos de exatidão e calibração

Exatidão: a exatidão posicional de um ponto posicionado utilizando uma linha de distância pode ser calculado utilizando a exatidão estimada das medições de alinhamento e distância; semelhantemente ao efetuado para os métodos de levantamento com azimute/distância.

Calibração: os intervalos entre as graduações da linha devem ser calibrados periodicamente a cada 3 a 6 meses ou depois duma paragem comparando com uma corrente de medição ou um sistema EDM.

4.1.6.5. Posicionamento por distância/azimute

Descrição Geral

Esta técnica de posicionamento amplamente utilizada baseia-se na intersecção de medições de azimute e distância, geralmente realizados a partir de uma estação de referência em terra (ver a Figura 7.6). Hoje em dia este método só é empregue em situações onde o posicionamento GPS não pode ser utilizado devido à obstrução dos satélites. As principais características são:

- a) Observações angulares (azimute) pode ser medido por *Transits*, teodolitos ou estações totais;
- b) Observações de distâncias podem ser medidas por equipamentos SPE (laser ou EDM infra-vermelhos, SPE de microondas ou estações totais);

- c) Os dados podem ser observados manualmente, anotados num caderno de campo e retransmitidos para a embarcação por dispositivos rádio ou gravados digitalmente e transmitidos para a embarcação via rádio modem;
- d) Utilizado tipicamente a distâncias inferiores a 5 km da linha de costa e/ou da estação de referência;
- e) Pode ser obtida elevada exatidão relativa dependendo dos equipamentos utilizados (melhores exatidões são obtidas por teodolitos automáticos/EDM ou estações totais);
- f) Calibrações periódicas ou uma terceira LDP (ângulo ou distância) é essencial para redundância;
- g) É necessária uma equipa pequena para efetuar o levantamento (eficiência relativa);
- h) São utilizadas usualmente embarcações de 5 a 8 metros;

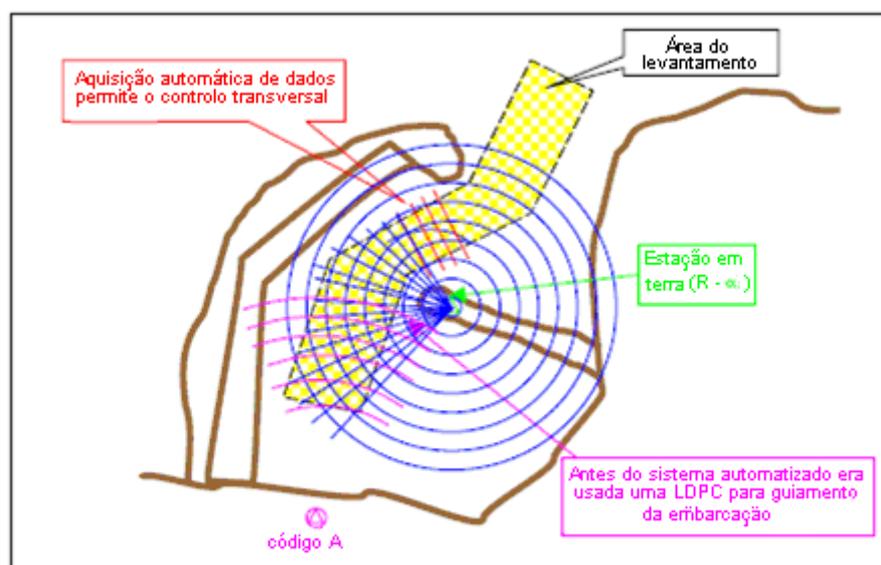


Figura 7.6 – “Posicionamento distância - azimute”

- i) Teodolitos com laser ou EDM infra-vermelhos e estações totais são sistemas de distância/azimute de elevada exatidão para levantamentos para áreas de Ordem Especial num raio de 2 km do ponto de referência;
- j) SPE de microondas irá raramente atingir os requisitos de exatidão para levantamentos de Ordem 1 (2 a 5 m);
- k) Distâncias com estadia ou alidade dinâmica atingem os requisitos de exatidão posicional para levantamentos de Ordem 1 (exatidão a 5 metros) num raio de 30-50 metros, dependendo das condições.

Requisitos e Procedimentos para o Controlo da Qualidade

Orientação angular:

- a) O prato inferior do instrumento de seguimento deve ser referenciado inicialmente, relativamente ao projeto do levantamento, à grelha azimutal do *back sight* de referência (000° linha de visão);

- b) Devem ser obtidas visadas adicionais de outras marcas em terra para obter orientações redundantes da referência;
- c) Os controles visíveis mais distantes e fiáveis, avistados e com os erros relativos resolvidos localmente, devem ser selecionados como pontos de orientação de referência;
- d) Todas as medições de orientação e o cálculo dos azimutes da grelha devem ser registados no caderno de campo.

Verificações periódicas da orientação:

- a) Devem ser realizadas durante o levantamento (normalmente a cada 20/30 foras ou 5/10 minutos ou no final de cada fiada) verificações periódicas da orientação inicial de referência (000° linha de visão) para garantir que nenhum desalinhamento horizontal ou vertical ocorreu com o instrumento;
- b) Devem ser obtidas linhas de visão de referência adicionais (marcas em terra), normalmente efetuadas no início e no fim da sessão do levantamento;
- c) Devem ser efetuados reajustamentos periódicos e re-nivelamento dos instrumentos como exigido após cada uma dessas verificações;
- d) Todas as operações de verificações periódicas e re-nivelamento devem ser anotadas no livro de campo;
- e) Se a verificação da orientação indicar um desalinhamento significativo, todos os foras efetuados desde a última verificação da orientação devem ser rejeitados e efetuados novas medições.

Verificações da garantia de qualidade:

- a) Verificações de posição independentes estão raramente disponíveis como na maior parte dos métodos de posicionamento visual;
- b) Técnicas de observação da fase da portadora RTK-DGPS permitem verificações independentes da posição, mas estas devem ser realizadas com receptores geodésicos em modo estático e no alcance topográfico (*topographic range field*);
- c) Para levantamentos em áreas críticas para a navegação, as verificações do posicionamento devem ser efetuadas sempre com a embarcação de sondagem o mais próximo possível do ponto de controlo de referência.

4.1.6.6. Posicionamento Eletrónico

Descrição Geral

Foi desenvolvido uma variedade de sistemas, a maioria dos quais tornaram-se obsoletos desde que o GPS se tornou plenamente operacional. No entanto, os conceitos básicos de funcionamento dos Sistemas de Posicionamento Eletrónicos (SPE) baseados em terra e o posicionamento por trilateração (incluindo o GPS) não se alteraram significativamente.

Os sistemas de posicionamento baseados em terra (ou terrestre) utilizam técnicas das diferenças em tempo e trilateração para determinar uma posição.

Sistemas de Posicionamento Eletrónico (SPE)

Em geral os SPE são classificados de acordo com a largura de banda ou as frequências de funcionamento (consultar tabela 7.2 do Apêndice 3 do Capítulo 7) que determina o alcance operacional e a exatidão, e a aplicabilidade de um determinado sistema a um tipo particular de trabalho. Em geral, quanto maior a frequência do sistema e quanto mais curto o comprimento de onda, maior exatidão é alcançada na posição determinada (consultar tabela 7.2 do Apêndice 3 do Capítulo 7).

Sistemas de Posicionamento Eletrônico de média frequência (RAYDIST/DECCA):

- a) Os primeiros sistemas foram desenvolvidos em 1950, mas já não são utilizados;
- b) Estes sistemas utilizam métodos de diferenciação em tempo/fase, resultando em malhas circulares ou hiperbólicas (diferenças de tempo);
- c) Requerem calibrações repetidas para resolver as ambiguidades do comprimento de onda total (linha) e uma monitorização contínua durante todo o levantamento para resolver a linha e os saltos de ciclo, semelhantemente à determinação da ambiguidade inteira nos equipamentos GPS modernos;
- d) A calibração local é necessária para manter a exatidão, mas em levantamentos longe de costa as calibrações eram impossíveis;
- e) São utilizadas técnicas de posicionamento visuais para calibrar estes sistemas.

Sistemas de Posicionamento Eletrônico de baixa frequência (LORAN-C):

- a) Principal sistema de navegação marítima e aérea por mais de 40 anos;
- b) Sistema hiperbólico de diferença de tempo de baixa frequência;
- c) Adequado apenas para a navegação geral ou levantamentos de reconhecimento (3ª Ordem quando calibrado);
- d) Calibração diária nas proximidades do local ou no local é crítica quando se quer manter a exatidão absoluta;
- e) A exatidão posicional absoluta é de cerca de +450 metros (+0,25 milhas), na melhor das hipóteses, sem calibração local.

SPE distância - distância

Estes SPE de microondas (hiperbólica ou circular) foram introduzidos na década de 1970 e continuaram a ser o sistema de posicionamento principal até meados da década de 1990. A sua utilização diminuiu posteriormente quando as técnicas de GPS diferencial ficaram disponíveis para grandes áreas. Atualmente os SPE microondas (Distância/Distância) ainda estão em utilização em áreas onde a cobertura do sinal GPS é deficiente.

- a) A trilateração é o processo efetuado pelos microondas de um SPE distância/distância na determinação das coordenadas pela intersecção das distâncias medidas a partir de dois (ou mais) pontos de controlo em terra:
 - i. Uma Linha de Posição Circular (LDPC) é associada a um distância de cada estação em terra;
 - ii. Cada par de LOPC dá origem a dois pontos de intersecção, que são as extremidades da linha que une os pontos das duas estações em terra;

- iii. Cada SPE utiliza o seu próprio método para resolver as ambiguidades, pela orientação às coordenadas iniciais do ponto de referência ou referenciando a posição calculada relativamente ao azimute da linha base;
- iv. As distâncias SPE eram inicialmente observadas e guiadas visualmente, efetuando-se o registo manual dos dados num livro de trabalho ou no livro de campo com marcação manual numa prancheta;
- v. Os SPE modernos utilizam sistemas automáticos de aquisição de dados que gravam as distâncias e calculam as posições relativas, enviando subsequentemente os dados para um monitor ou uma impressora de seguimento;
- vi. Atualmente os SPE e os sistemas GPS transmitem os dados brutos para um PC no qual um *software* de Controle e Aquisição de dados está a ser executado, com capacidade de sincronizar a posição e com os dados de profundidade em ficheiros de dados, enquanto efetua o CQ do posicionamento em tempo real e monitoriza a posição em diversas janelas selecionadas para o monitor do operador principal e do patrão da embarcação.

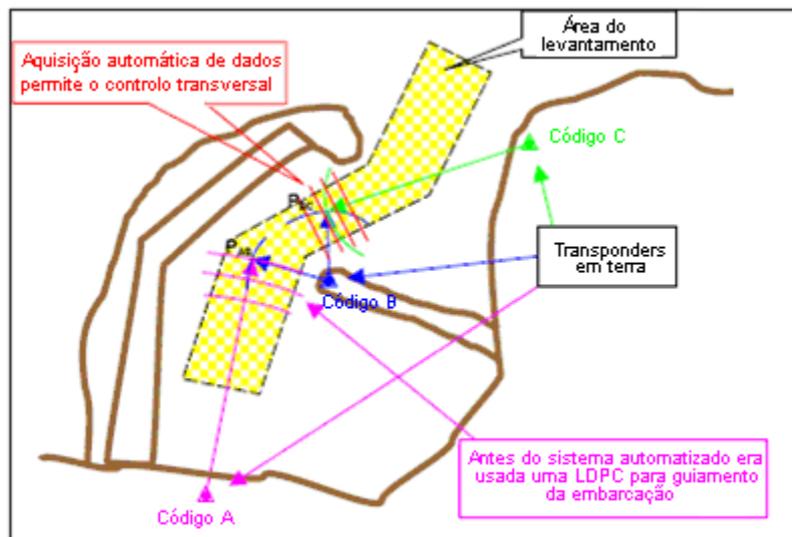


Figura 7.7 – “Intersecção de duas distâncias”

- b) A monitorização constante da distância fornece uma boa capacidade de salvaguarda se alguma falha ocorrer no sistema automático de posicionamento e guiamento. Quando não estão disponíveis técnicas automáticas, a embarcação segue uma LDPC:
 - i. Mantendo uma distância constante a partir de uma estação referênciã;
 - ii. Marcando a distância de intersecção de outra estação de referênciã;
 - iii. Navegando a baixa velocidade, para produzir um posicionamento mais exato e facilitando a tarefa do patrão a seguir a as curvas de distância padrão;
 - iv. As fiadas são circulares, desalinhasdas com o sistema de coordenadas do projeto e muitas vezes não são perpendiculares à batimetria.
- c) Seguimento automático distância/distância:

- i. As coordenadas derivadas da intersecção de distâncias são calculadas automaticamente a partir das coordenadas precisas da estação em terra;
- ii. As coordenadas do ponto são transformadas de acordo com o alinhamento do sistema de coordenadas do projeto (*offset* da estação);
- iii. Os indicadores analógicos/digitais de rumo e os indicadores direita/esquerda recebem os dados de posição, possibilitando a monitorização do afastamento transversal;
- iv. Os foras são tirados manualmente pelo observador de um receptor ou impressora de seguimento, gravando as coordenadas num registo adequado;
- v. A cada fora, a profundidade é marcada no papel da sonda analógica de feixe simples e o seu valor registado no livro adequado;
- vi. A correlação entre a posição e a profundidade é efetuada durante a fase de pós-processamento;
- vii. Os dados digitais de profundidade são correlacionados em tempo real com os dados posicionais, num *software* de aquisição, em intervalos regulares predefinidos.

Exatidão distância - distância

A exatidão da intersecção é uma função de dois fatores:

- a) A exatidão nas medições das distâncias (ou desvio padrão σ);
- b) O ângulo de intersecção que varia relativamente à linha-base, a exatidão da posição varia à medida que a embarcação varia a sua posição na área do levantamento.

Controlo da Qualidade

Os principais critérios a serem considerados no controlo da qualidade da exatidão em SPE com microondas são:

- a) O ângulo de intersecção α tem uma grande influência na determinação da posição e deve estar compreendido entre os 45° e os 135° ;
- b) σ não é constante com a distância à estação em terra e geralmente é da ordem de grandeza de ± 3 m em vez dos ± 1 m ou 2 m declarados pelo fabricante para condições ideais ou com boa calibração;
- c) A exatidão média posicional ($\sigma \pm 3$ m) pode variar de 5 a 10 metros.

Posicionamento por Múltiplas Distâncias

Técnicas de posicionamento por múltiplas distâncias. (ie. Racal Micro Fix, Sercel Syledis, Motorola Falcon VI)

A posição é determinada a partir das coordenadas determinadas pela intersecção de três ou mais círculos de distâncias observados simultaneamente.

As LDPCs não se intersectam no mesmo ponto porque cada distância contém erros de observação:

- a) Da observação de 3 distâncias obtêm-se três coordenadas diferentes e da observação de 4 distâncias obtêm-se seis coordenadas diferentes;

- b) Um ajustamento destas coordenadas dá a posição final que normalmente é feita *on-line* a cada ciclo utilizando geralmente a técnica dos mínimos quadrados ou pelo ângulo de intersecção mais forte ou por uma média não ponderada de todas as coordenadas da intersecção.

Os dados posicionais são depois transformados para um sistema específico de coordenadas de projeto conforme descrito para um sistema de duas distâncias:

- a) A utilização de múltiplas distâncias minimiza as incertezas da posição da embarcação, que foram obtidas por um ajustamento destas distâncias à posição que melhor se ajusta; uma avaliação *on-line* da exatidão é alcançada mediante a avaliação dos resíduos da intersecção das LDPCs do posicionamento que contêm erros (consultar figura 7.8);

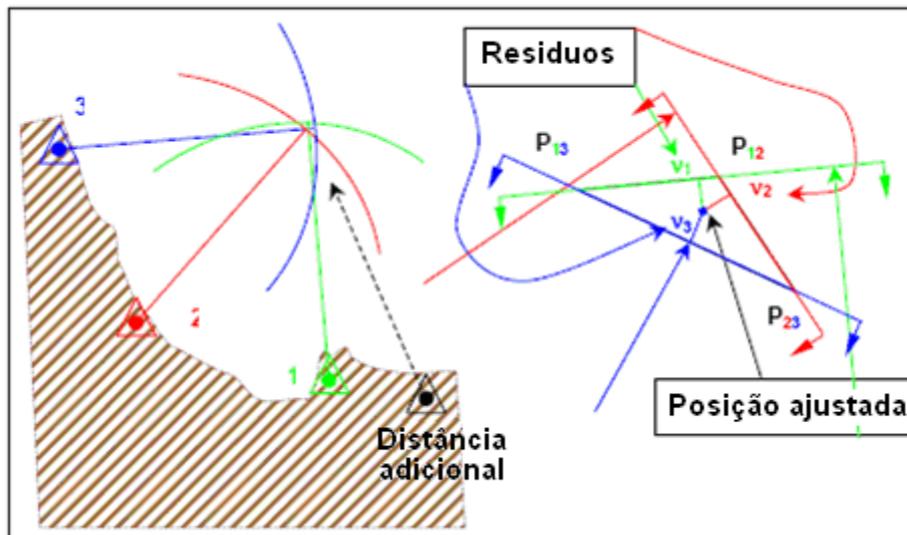


Figura 7.8 – “Intersecção de múltiplas LDPCs”

- b) Uma avaliação da exatidão das medições de distâncias pode ser efetuada calculando os erros residuais (v) para cada posição (um *software* automático, que utilize um ajustamento dos mínimos quadrados, pode providenciar uma estimativa da exatidão do erro médio quadrático posicional para cada posição atualizada);
- c) Um SPE automático pode dar o alarme quando o erro médio quadrático exceder os limites prescritos, assumindo um erro padrão inicial constante na área do levantamento.

Calibrações e Controlo da Qualidade

As seguintes etapas básicas devem ser efetuadas no processo de calibração de um SPE com microondas:

- a) Determinação da localização da antena do navio de forma independente;
- b) Comparação das diferenças observadas entre as distâncias obtidas pelas microondas e as distâncias calculadas a partir de um sistema de medição independente (se observadas as distâncias diretas);

ou

- c) Comparação das diferenças das coordenadas observadas pelas microondas e aqueles calculados a partir de um sistema independente;
- d) Realização de uma série de calibrações independentes, a correção a ser aplicada no SPE é representada pela diferença média das distâncias e pode ser aplicada na consola ou armazenada no *software* de cálculo da posição.

Os sistemas e métodos empregues numa calibração independente podem incluir:

- a) Calibração EDM – séries de leituras de distâncias EDM diretamente comparadas com as distâncias microondas observadas simultaneamente sendo as correções então aplicadas;
- b) Calibrações da linha-base - o método mais simples de calibração de SPE com microondas EPS. A embarcação de sondagem é posicionada num ponto da linha-base entre duas estações em terra e as distâncias calculadas são comparadas com as observações de distância combinadas do sistema de microondas, as correções às distâncias são calculadas e aplicadas. Este método deve ser repetido em vários pontos sobre a linha de base e deve ser realizada entre todos os pares das estações em terra.
- c) Calibração da estação total - as coordenadas observadas de um sistema de posicionamento automático podem ser diretamente comparadas com as coordenadas mais exatas obtidas por medições de uma estação total EDM;
- d) Intersecção da triangulação - o método mais exato de calibração de sistemas de microondas é realizado num ambiente dinâmico. Três teodolitos são utilizados para calibração por triangulação de alta exatidão, uma série de 5 a 10 medições para a embarcação de sondagem em movimento. Para cada série de medições, as posições das triangulações são calculadas invertidas e convertidas em distâncias planares que são comparadas com as observações simultâneas efetuadas pelo sistema de microondas. Uma estimativa da validade estatística da diferença média nas distâncias deve ser calculada como anteriormente explicado;
- e) Intersecção de linhas de posição obtidas por sextante - este método é válido somente quando a geometria da intersecção de linhas de posição é ideal, perto da linha de costa e com velocidade da embarcação reduzida. Um número simultâneo de ângulos de intersecção de linhas de posição (5 a 10) e de distâncias SPE de microondas são observados com três sextantes centrados nas proximidades da antena do SPE para minimizar os erros excêntricos. O cálculo da intersecção de linhas de posição deve ser efetuado com *software* adequado fornecendo uma indicação da qualidade dessa intersecção baseada na geometria e erro padrão estimado dos ângulos observados, para se decidir se é estatisticamente adequado aplicar uma correção média à distância.
- f) Critérios gerais para o CQ dos SPE:
 - i. A calibração estática não simula as condições dinâmicas nos levantamentos;
 - ii. A calibração deve ser efetuada nas proximidades ou na área do levantamento, para simular o comportamento real na área do levantamento;
 - iii. A exatidão dos procedimentos das calibrações independentes deve ser melhor ou no mínimo igual ao da calibração SPE com microondas;
 - iv. Os efeitos residuais do multi-trajecto podem ser reduzidos mas não eliminados pelos procedimentos de calibração devido à localização e orientação da antena na embarcação de sondagem;

- v. As calibrações dos SPE com pulsos de microondas só são válidos para o sistema de medição de distância utilizado;
- vi. O sistema mais exato utilizado para calibrar o SPE deve também ser calibrado independentemente, ou verificado, para evitar erros grosseiros (GPS, estações totais, teodolitos, etc.);
- vii. Os procedimentos de calibração devem ser consistentes durante todo o levantamento.

Alguns destes critérios básicos, descritos para calibrações de SPE, também são aplicáveis às técnicas de posicionamento por GPS.

4.1.6.7. Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Descrição Geral

Durante a década de 1990 o Sistema de Posicionamento Global (GPS) tornou-se mundialmente o sistema de posicionamento e de navegação padrão e tem vindo a substituir quase todas as outras técnicas. Só em casos ao longo de zonas relativamente pequenas é que ocorre uma pobre cobertura dos satélites GPS. Nestes casos, os métodos tradicionais terrestres terão de ser empregues. Os sistemas de GPS diferencial permitem ampla cobertura mundial, e nem sempre requerem o emprego local de meios como os sistemas terrestres, no entanto uma calibração *à anteriori* e uma respectiva validação *à posteriori* continua a ser necessária. Neste momento as exatidões excedem as de qualquer outro sistema de posicionamento utilizado em levantamentos hidrográficos.

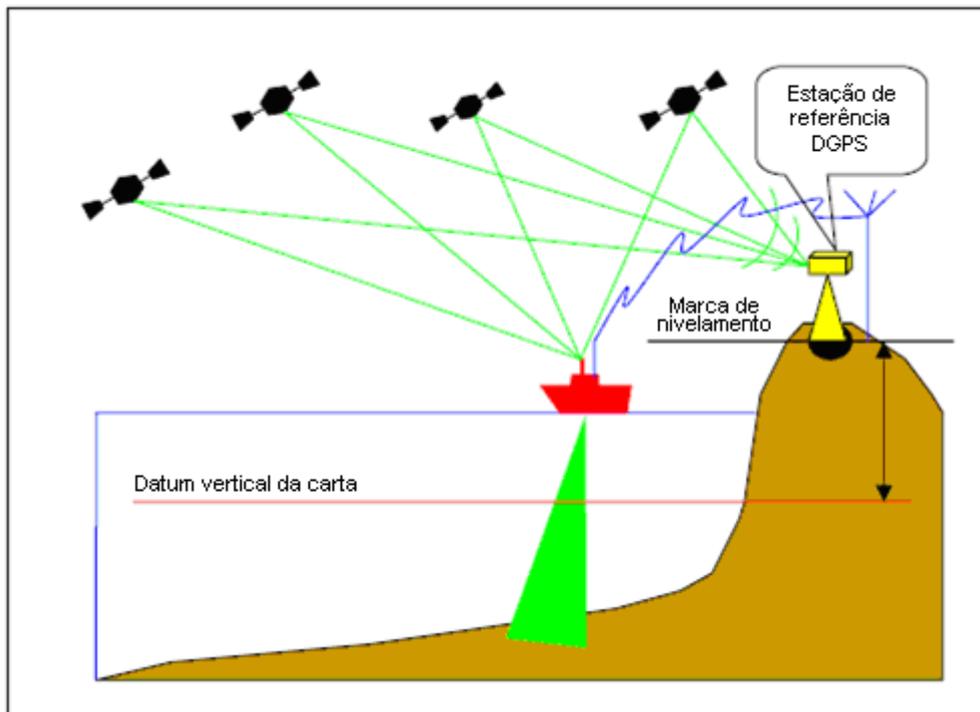


Figura 7.9 – “Posicionamento por GPS diferencial de uma embarcação de sondagem”

O sistema é composto por dois serviços de posicionamento absoluto, o Serviço de Posicionamento Padrão (*Standard Positioning Service - SPS*) e o Serviço de Posicionamento Preciso (*Precise Positioning Service PPS*):

- a) O SPS está disponível para utilizadores civis, utiliza o código C/A na portadora L1, que providencia exatidões de 10-30 metros no modo de posicionamento absoluto;
- b) O PPS foi desenvolvido para os militares dos E.U.A e outros usuários autorizados; utiliza o código P(Y) na portadora L1 e L2 providenciando uma exatidão absoluta de 5-15 metros no modo posicionamento absoluto.

Para muitas aplicações, o posicionamento absoluto não fornece exatidão suficiente. A técnica de GPS diferencial (DGPS) providencia o posicionamento relativo com uma exatidão de poucos metros utilizando medições do código da portadora até poucos milímetros com medições da fase da portadora. A técnica DGPS requer dois ou mais receptores GPS a gravar simultaneamente as medições e um *software* de processamento para reduzir ou eliminar os "erros comuns". Com um sistema de referência posicionado num ponto de controlo de coordenadas conhecidas, os dados DGPS podem ser utilizados para determinar as linha-base entre estações e estabelecer as posições de outros receptores no mesmo sistema de referência. O DGPS com medições de código (pseudo-distância) e fase de batimento da portadora. Quando utilizado em modo diferencial, pode servir para efetuar o seguimento em tempo real de plataformas em movimento, dragas, embarcações e navios de sondagem (consultar figura 7.9) e providenciar em tempo real exatidões requeridas para o posicionamento em levantamentos hidrográficos e/ou dragagens.

Técnicas de seguimento (consultar parágrafo 6.1.4.1 do Capítulo 2)

As técnicas de seguimento de fase são:

- a) Seguimento da fase de batimento da portadora;
- b) Seguimento do código da portadora.

Exatidões

As exatidões absolutas nas medições de distância e o desvio padrão alcançados com o sistema GPS depende de:

- a) O tipo de código utilizado (C/A ou P);
- b) O elipsóide tridimensional (3D) de confiança que descreve as incertezas nas três coordenadas geocêntricas, quando combinado com o GDOP dos satélites durante a determinação da posição;
- c) O tempo e a localização da variação da geometria dos satélites.

As estatísticas da exatidão nominal de um utilizador GPS são definidas por técnicas de propagação dos erros. As exatidões das medições de distâncias pelos utilizadores referem-se a coordenadas geocêntricas, podendo ser transformadas para um *Datum* local, e para uma matriz 3D de co-variância, que define e avalia as dimensões (direção ou coordenadas) do elipsóide de erro no sistema de referência.

Os métodos mais utilizados para descrever as medidas de erro são listados a seguir:

- a) Exatidões posicionais GPS a 2-D (horizontal) são normalmente estimadas utilizando a estatística do erro radial do erro médio quadrático (RMS);
- b) A exatidão das medições 3-D do GPS é frequentemente expressa pelo *Spherical Error Probable*, ou SEP. Esta medida representa o raio de uma esfera com um grau de confiança ou de probabilidade de 50% . A medição do raio do esferóide só se aproxima

do elipsóide atual 3-D, representando as incertezas no sistema de coordenadas geocêntrico;

- c) Para o posicionamento horizontal 2-D, é frequentemente usado o erro circular provável (*Circular Error Probable* - CEP) como medida do erro provável ou estatístico, representado pelo raio de um círculo com um grau de confiança ou de probabilidade de 50% na posição;

Comparação das Exatidões

É importante que a exatidão das medições GPS identifiquem claramente as estatísticas das quais derivam. Uma estatística de exatidão na ordem dos "20 metros" ou "5 metros" de precisão é inútil se não for identificado como sendo a 1-D, 2-D ou 3-D, juntamente com um grau de probabilidade associado. Além disso, a exatidão de um ponto GPS no posicionamento absoluto é definida em relação a um sistema de coordenadas/*Datum* geocêntrico. Este sistema de coordenadas difere significativamente do *Datum* local do projeto ou de construção. As exatidões nominais GPS também podem ser publicadas como padrão ou limites de tolerância, sendo que as exatidões reais alcançadas podem diferir significativamente destes valores.

Exatidão Relativa das Medições

Nos levantamentos hidrográficos realizados de acordo com os requisitos da OHI/S-44 a preocupação é a exatidão posicional absoluta (ϕ , λ , h) a nível mundial com um nível de confiança de 95%, mas normalmente os levantamentos realizados para fins de engenharia, construção e dragagem estão preocupados com as coordenadas do projeto local (X , Y , h), e com a manutenção de alta exatidão dentro do projeto de construção local. A medida da exatidão relativa é expressa normalmente em partes por milhão (ppm) como uma função da distância entre dois pontos ou receptores e geralmente é dado o nível de erro padrão a 1 sigma (ou desvio padrão a 68%).

Diluição da Precisão (*Dilution of Precision* - DOP)

Os erros GPS resultantes da configuração da geometria dos satélites pode ser expresso em termos de Diluição da Precisão (DOP), que é a robustez da configuração geométrica dos satélites observados durante a sessão. Em termos matemáticos, o DOP é uma quantidade escalar utilizada numa expressão de um rácio da exatidão posicional (ou do desvio-padrão de uma coordenada em relação à exatidão da medição). A DOP representa o contributo da geometria de um determinado escalar para a incerteza (ou seja, desvio-padrão) da medição GPS. Para o posicionamento a 2-D (horizontal) o fator é o HDOP.

***Datum* de Referência**

Em geral, os levantamentos com métodos diferenciais estão preocupados com as diferenças das coordenadas relativas, mas em posicionamento absoluto e para fins de navegação tem que se considerar as variações do sistema de referência global utilizados pelo *Navstar* GPS. Desta forma, as diferenças nas coordenadas GPS ou as transformações a partir do sistema de referência geodésico mundial 1984 (*World Geodetic System* - WGS 84) devem ser aplicadas a qualquer tipo de *Datum* de referência local. Na América do Norte as coordenadas em WGS84 estão altamente consistentes com o *Datum* Norte Americano 1983 (*North American Datum* 83 – NAD 83). O *European Terrestrial Reference Frame* (ETRF89) é uma realização do WGS 84 para o continente Europeu. Cada nação na Europa estabeleceu a sua própria transformação para ligar o ETRF aos *Data* locais.

Fontes de Erro (consultar parágrafo 6.1.3 do Capítulo 2) e Requisitos de Calibração

A exatidão do GPS é uma função dos erros, das interferências no sinal de GPS e nas técnicas de processamento utilizadas para reduzir e eliminar esses erros. Semelhante aos sistemas distância/distância de microondas, os sinais GPS são altamente afetados pela umidade e multi-trajecto. Erros adicionais são causados pelo trajeto do sinal de cerca de 20000 km através das camadas ionosfera e troposfera. Convém ter em conta que os sinais dos satélites podem ser alterados por razões de segurança nacional dos E.U.A. através da utilização do *Anti Spoofing* (AS). As técnicas diferenciais utilizadas na proximidades da estações de referência permite eliminar a maioria desses erros, porém quanto mais afastado da estação se opera, menor é a correlação entre os erros dos dois receptores.

As operações DGPS não têm requisitos de calibração prescritos (lista de verificação), ao contrário dos sistemas de microondas ou R/A Os erros grosseiros a serem verificados são:

- a) *Datum* de projeto ou referência geodésica incorreta;
- b) Coordenadas da estação de referência incorretas;
- c) Medições das alturas das antenas incorretas;
- d) O modo DGPS na unidade não selecionado;
- e) O formato RTCM-104 de entrada e saída não selecionado.

Métodos de posicionamento

Em geral existem dois métodos de funcionamento, usados para obter posições GPS para controlo horizontal dinâmico, com uma variedade de aplicações para levantamentos hidrográficos no mar:

- a) Posicionamento absoluto de pontos;
- b) Posicionamento relativo (DGPS).

Geralmente o posicionamento absoluto de pontos envolve apenas um único receptor passivo e não é suficientemente exato para levantamentos precisos ou para cumprir os requisitos do posicionamento hidrográfico. No entanto, é o método de posicionamento GPS mais utilizado a nível militar (PPS) e comercial (SPS). O posicionamento relativo (diferencial) exige pelo menos dois receptores e pode providenciar exatidões requeridas para levantamentos em terra e posicionamento no mar.

Posicionamento absoluto de pontos (pseudo-distâncias)

O receptor GPS gera uma solução de navegação por pseudo-distâncias, medindo uma distância aproximada (pseudo-distância) entre a antena e o satélite pela correlação de um código transmitido pelo satélite e um código de referência criado pelo receptor, não são efetuadas correções dos erros de sincronização entre os relógios do transmissor e do receptor. A distância que o sinal percorre é igual à velocidade de transmissão do satélite multiplicado pelo tempo decorrido desde a sua transmissão. Atrasos adicionais (erros) que podem afetar a exatidão posicional, são causados pelas condições das camadas ionosférica e troposférica. Para criar uma posição GPS a 3-D, são necessárias pelo menos, quatro observações de pseudo-distância para resolver o erro sistemático do relógio (t) contido tanto no satélite como no receptor.

A solução das quatro equações de pseudo-distância contém quatro incógnitas (X , Y , Z e t), fornece a solução para o posicionamento a 3-D de um ponto (para uma localização a 2-D são necessárias apenas três observações de pseudo-distâncias) e é altamente dependente das seguintes exatidões:

- a) A exatidão das coordenadas conhecidas de cada satélite (ou seja, X_s , Y_s , e Z_s);
- b) Exatidão do modelo de atraso atmosférico (d);
- c) A exatidão na resolução do processo da medição do tempo real efetuado no receptor GPS (sincronização dos relógios, processamento de sinais, ruído do sinal, etc.);
- d) A exatidão da posição absoluta de um ponto é uma função da exatidão na medição das distâncias e da geometria dos satélites (DOP).

Diluição da Precisão (DOP) é descrita como a contribuição da geometria para a incerteza numa determinada posição GPS e está relacionada com a orientação física dos satélites relativamente ao receptor em terra, juntamente com a exatidão na medição da distância.

Solução estática – como acontece em qualquer processo de medição, uma série de observações repetidas e redundantes aos satélites com diferentes orientações irão reforçar a exatidão e a fiabilidade posicional. No modo estático a antena GPS permanece imóvel, efetuando continuamente medições de distâncias a cada satélite ao longo das diferentes órbitas dos satélites. A alteração das órbitas dos satélites provoca mudanças na intersecção geométrica da posição ao longo da mesma posição no terreno. Além disso, as observações simultâneas de distâncias a inúmeros satélites podem ser ajustadas com técnicas de ponderação baseadas na força de intersecção e na fiabilidade das medições das pseudo-distâncias.

Solução dinâmica - No modo dinâmico em que a antena GPS está em movimento, as medições de distâncias a cada satélite são únicas devido à alteração da localização orbital dos satélites. A variação das órbitas dos satélites e a velocidade do navio provocam mudanças na intersecção geométrica da posição ao longo da posição da antena GPS.

O sistema de satélite NAVSTAR GPS fornece dois níveis de exatidão absoluta posicional:

- a) Serviço de Posicionamento Padrão (SPS). O SPS é capaz de alcançar em tempo-real o posicionamento absoluto a 3-D na ordem dos 10-30 metros (grau de confiança a 95% na exatidão horizontal) O departamento de defesa dos E.U.A. implementou o *Anti-Spoofing* (AS), que troca o código P pelo código classificado Y, negando deste modo ao utilizador do SPS a utilização da maior exatidão do código P.
- b) Serviço de Posicionamento Preciso (PPS). Os utilizadores civis do serviço PPS têm de ser autorizados pelo departamento de defesa dos E.U.A. de modo a terem um dispositivo de descodificação capaz de descodificar o sinal GPS encriptado. Esta autorização tem de ser obtida na Agência Nacional de Segurança (NSA). Os Corpos de Engenheiros dos E.U.A. (USACE) são utilizadores autorizados; no entanto, o atual emprego dos equipamentos acarretam implicações na segurança. Os utilizadores do PPS podem obter um SEP em tempo-real no posicionamento absoluto a 3-D na ordem dos 16 metros (ou 5-15 m a um grau de confiança a 95% na exatidão horizontal).

As ações de segurança do US DoD não têm impacto significativo numa operação hidrográfica se for utilizado o modo de posicionamento diferencial.

O posicionamento absoluto (SPS/PPS) só fornece exatidões absolutas posicionais em tempo-real e não satisfazem os requisitos da OHI/S-44 para levantamentos hidrográficos de Ordem Especial e Ordem 1. Não tem aplicações gerais e eventualmente será o substituto do LORAN-C e outros sistemas utilizados na navegação de navios e aeronaves.

Posicionamento Diferencial (DGPS)

A técnica de posicionamento diferencial é utilizada para posicionar um ponto relativamente a outro, ambas as estações receptoras observam simultaneamente os mesmos satélites. Como os erros na posição dos satélites (X_s , Y_s , e Z_s) e do atraso atmosférico estimado (d) são efetivamente os mesmos, eles podem ser ignorados em grande parte da sua extensão. Este método pode ser realizado através de medições de código ou da fase da portadora e podem fornecer resultados em tempo real ou pós-processamento.

- a) DGPS Seguimento do código da portadora. A técnica consiste em dois receptores GPS; um estabelecido sobre um ponto de coordenadas e outro deslocando-se de um ponto para ponto ou colocado numa embarcação de sondagem em movimento, efetuando medições de pseudo-distâncias a pelo menos quatro satélites comuns. Uma vez que as posições dos satélites são conhecidas e a posição de um dos receptores é conhecida, pode ser calculada uma "distância conhecida" para cada satélite observado. Essa "distância conhecida" pode ser então comparada com a "distância medida" (ou pseudo-distância), para obter uma Correção à Pseudo-distância (*Pseudo Range Correction* - PRC), que é calculado para cada um dos satélite monitorizado no ponto de coordenadas conhecidas. Cada PRC pode então ser aplicado ao receptor remoto ou em movimento para corrigir as distâncias medidas. A observação do código da portadora é a aplicação primária para o posicionamento em tempo-real com exatidões da ordem métrica. É suficiente para o posicionamento em levantamentos hidrográficos obedecendo aos requisitos da OHI S-44 para levantamentos de Ordem 1, uma vez que o posicionamento com esta exatidão é suficiente para a grande maioria dos levantamentos.

- b) DGPS observação da fase da portadora. Esta é a técnica de levantamento GPS para posicionamento relativo entre dois receptores GPS (um de referência estabelecido num ponto de coordenadas conhecidas e um outro num local desconhecido ou a bordo de uma plataforma em movimento) mais exata e na ordem de grandeza dos dois a cinco partes por milhão (ppm). O método de monitorização utiliza uma fórmula semelhante à das pseudo-distâncias utilizadas nos sistemas de seguimento da fase do código da portadora descrita anteriormente, mas num processo mais complexo quando é efetuado o seguimento dos sinais da portadora. Devido ao curto comprimento de onda (19 cm) é adicionado um fator de ambiguidade às equações de soluções que corresponde ao desconhecimento do número de ciclos inteiros na medição da pseudo-distância. O seguimento da fase da portadora providencia uma resolução da distância mais exata devido ao curto comprimento de onda (19 cm) e à capacidade do receptor para resolver a fase da portadora em cerca de 2 mm. Este método é denominado cinemático em tempo-real ou RTK e providencia o posicionamento a 3-D com uma exatidão de poucos centímetros com alcances até cerca de 20 quilómetros. É aplicável ao posicionamento em levantamentos hidrográficos obedecendo aos requisitos da OHI S-44 para levantamentos de Ordem Especial e pode ser empregue em receptores estáticos ou cinemáticos.

- c) Vantagens das medições de código (DGPS) em relação às medições de fase da portadora (RTK):
 - i. Comprimento de onda são muito maiores que os comprimentos de onda da fase, eliminando os problema das ambiguidades.

- d) Desvantagens das medições de código (DGPS) em relação às medições de fase da portadora (RTK):
 - i. Longos comprimentos de onda decrescem a exatidão do sistema;
 - ii. Longos comprimentos de onda são mais afetados pelo multi-trajecto.

Sistema de Posicionamento Dinâmico em Tempo-Real (Fase do código)

O sistema geralmente inclui:

- a) Equipamento da estação de referência (*master*);
- b) *Link* de comunicação;
- c) Equipamento da estação móvel ou (*rover* ou *remote user*).

Existem diversos serviços DGPS que providenciam correções às pseudo-distâncias em tempo real:

- a) Serviços de rádio balizas (Sistema de balizas IALA);
- b) Serviços de satélite de subscrição comercial;
- c) Serviços comerciais de rede DGPS instalados em terra (ligações telefónicas ou telemóveis);
- d) Sistemas DGPS locais.

Os sistemas DGPS locais são normalmente instalados ou usados pela entidade responsável pelo levantamento em locais onde os serviços não providenciam suficiente cobertura ou exatidão requerida pelas especificações do levantamento.

Estação de Referência

A estação de referência consiste num receptor GPS, antena e um processador que:

- a) É colocado numa estação de coordenadas conhecidas com uma visibilidade desimpedida do céu de pelo menos 10° acima do horizonte;
- b) A antena GPS deve ser colocada livre de objetos que causem multi-trajecto ou interferência (evitar áreas com antenas, torres de microondas, linhas de alta tensão e superfícies refletoras);
- c) Efetua medições do tempo e distância da informação transmitida pelos satélites;
- d) Calcula, formata e transmite as correções à pseudo-distância (PRC), a cada 1 a 3 segundos, ao receptor móvel na embarcação ao largo via link de comunicação; o protocolo recomendado é o da *Radio Technical Commission for Maritime Service (RTCM) Special Committee 104* versão 2.0;
- e) Efetua funções de CQ determina a validade e a qualidade das PRC calculadas.

Link de Comunicação

- a) O *link* de comunicação é usado como um meio para transferir as correções diferenciais, o tipo é dependente dos requisitos do utilizador e a taxa mínima de transmissão deve ser pelo menos de 200 bps;
- b) Os links de comunicação que operam a *Very High Frequency (VHF)*, *Ultra High Frequency (UHF)* e *High Frequency (HF)* são sistemas viáveis para a transmissão das correções DGPS, com alcances de 20 a 50 km (VHF/UHF) e até 200 km (HF), dependendo das condições locais de propagação e da elevação do local. As desvantagens na utilização de links UHF e VHF são o alcance restringido ao horizonte visual e a interferência no sinal de ilhas, estruturas, edifícios, multi-trajecto e licenciamento;

- c) Os links de comunicação requerem frequências de operação reservadas de forma a evitar interferências com outras atividades locais, todas as frequências necessitam de autorização de utilização nas áreas geográficas de responsabilidade de cada nação;
- d) Diversas companhias oferecem subscrições para comunicações por satélite, sistemas de comunicação por telefone ou telemóvel, passíveis de ser utilizados para transmissão das PRCs;
- e) Sistemas de comunicação por telefone ou satélite são menos limitados em alcance que os sistemas UHF/VHF mas normalmente são mais dispendiosos.

Equipamento do utilizador

Utilizando a tecnologia da pseudo-distância diferencial, a posição de uma embarcação de sondagem pode ser calculada relativamente à estação de referência com um receptor (equipamento do utilizador) que consiste num DGPS com seguimento do código da portadora em tempo real, antena e processador:

- a) Deve ser receptor GPS do código C/A de frequência simples (L1) com multi-canais;
- b) Ser capaz de receber as correções diferenciais do link de comunicação no formato RTCM SC-104 versão 2.0 e aplicar essas correções às pseudo-distâncias medidas;
- c) A atualização do receptor deve ser de 1 a 3 segundos;
- d) O formato de saída (output) do receptor móvel deve ser o NMEA-183 que é o formato mais utilizado como entrada (input) nos *softwares* utilizados em levantamentos hidrográficos;
- e) Os equipamentos devem ser capazes de manter as tolerâncias na posição para velocidades de sondagem até 10 nós;
- f) Os receptores não devem gerar desvios na posição durante as guinadas da embarcação devido a excesso de filtragem.

Distâncias de Separação

- a) As correções diferenciais troposféricas e ionosféricas não são aplicadas atualmente nas soluções internas dos receptores GPS e estes erros contribuem para erros horizontais na posição, em média 0,7 km por cada 100km;
- b) O tipo de link utilizado vai ser um fator limitativo na distância que separa a estação de referência e receptor móvel. A estação de referência pode ter de ser transportada de um ponto a outro de modo que os requisitos para a distância mínima sejam mantidos.

Geometria dos Satélites

A *Horizontal Dilution of Precision* (HDOP) é o componente geométrico crítico que:

- a) Nos levantamentos de Ordem 1 e 2 HDOP <5;
- b) Os 24 satélites GPS Block II mantêm um HDOP de aproximadamente 2 a 3 durante a maioria do tempo.

Outros serviços DGPS (Serviço de Rádio Balizas de Navegação e WAAS comercial)

Serviço de Rádio Balizas de Navegação

A principal função do Serviço de Rádio Balizas de Navegação é fornecer ajudas à navegação em águas navegáveis abrangidas pelo serviço, o objetivo é a de substituir os sistemas Loran-C e Ómega, que foram utilizadas como os principais sistemas de navegação para a navegação marítima ao largo, por uma cobertura total de GPS para o posicionamento com maior exatidão. Muitas nações têm comissionado sistemas de posicionamento em tempo real, para as suas zonas costeiras, rios e regiões de lagos, utilizando a tecnologia DGPS e de rádio balizas. Existe um desejo de outros governos marítimo para expandir a cobertura para todas as vias navegáveis ao largo e eventualmente ter cobertura mundial.

a) Montagem e configuração do sistema:

i. Rádio baliza GPS:

- Estações de referência geodésicas receptoras N.2 GPS L1/L2 com antenas geodésicas independentes para providenciar redundância e rádio baliza transmissora com antena de transmissão;
- Receptores N.2 combinando L1 GPS/*Modulation Shift Key* (MSK) utilizados como monitores de integridade, cada um utilizando uma antena GPS independente e uma antena MSK *near-field passive loop*.

b) Localização:

- i. Os pontos de controlo geodésico da localização das antenas GPS das estações de referência são de coordenadas conhecidas baseados no ITRF [ou seja, ETRF (*European Terrestrial Reference Frame*) Datum para a Europa e NAD 83 (*North American Datum* de 1983) Datum para os E.U.A./Canadá];
- ii. As correções à pseudo-distância do código C/A são calculadas e transmitidas via rádio balizas marítimas;
- iii. O sistema a bordo dos navios consiste num receptor marítimo de rádio balizas e um receptor GPS (ou um receptor GPS/Rádio balizas integrado) com a capacidade de aceitar e aplicar as correções à pseudo-distância, com exatidões inferiores a 5 m dependente do tipo e qualidade receptor GPS utilizado, a distância da estação de referência e da geometria dos satélites.

c) Transmissão de dados (tipos de dados):

- i. As correções e outras informações são transmitidas utilizando o protocolo para a transmissão de dados da *Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committe* 104 (RTCM SC-104) versão 2.1;
- ii. Informação detalhada deste tipo de protocolo é explicada nos requisitos para a transmissão disponíveis pelo Serviço de Rádio Ajudas de cada nação;
- iii. São geradas correções para um número máximo de 9 satélites monitorizados pela estação de referência GPS com um ângulo mínimo de observação de 7,5° acima do horizonte. Se mais de 9 satélites estiverem acima dos 7,5°, as correções são efetuadas para os nove satélites com os maiores ângulos de elevação;
- iv. Os satélites abaixo de 7,5° são rejeitados devido à sua susceptibilidade do multi-trajecto e a descorrelação espacial;

- v. As correções são normalmente transmitidas a uma taxa 100 ou 200 baud;
 - vi. Correções podem ser consideradas válidas para um período de 15 segundos após serem geradas;
 - vii. Utilizar correções com mais de 30 segundos de idade (após serem geradas), especialmente para o posicionamento de uma plataforma em movimento, pode causar saltos de posicionamento.
- d) Disponibilidade e fiabilidade do sistema:
- i. O sistema mantém uma disponibilidade de transmissão que ultrapassa 99,7% nas áreas de cobertura destinadas, assumindo uma constelação GPS saudável e completa;
 - ii. A disponibilidade do sinal, na maioria das áreas, será mais elevada devido à sobreposição das estações emisoras;
 - iii. Cada local está equipado com dois monitores de integridade (ou seja, um receptor GPS com uma rádio baliza MSK), que são montadas num ponto de coordenadas conhecidas, estes recebem as correções às pseudo-distâncias a partir desse local e calculam a sua posição e comparam com as coordenadas conhecidas para determinar se as correções se encontram dentro dos valores de tolerância esperados;
 - iv. As posições corrigidas calculadas pelos monitores de integridade são enviadas através de linhas telefónicas para as estações de monitorização e controlo, que notifica os utilizadores, através da mensagem *tipo 16* de quaisquer problemas com a rádio baliza até 10 segundos após ser detectada uma condição de valores de tolerância anormais.
- e) Cobertura:
- i. Um mapa de cobertura atualizado pode ser encontrado no site de internet do Serviço de Rádio Balizas de Navegação de cada nação participante, na secção DGPS.
- f) Requisitos e equipamentos dos utilizadores:
- i. Para receber e aplicar as correções de pseudo-distância geradas pela estação de referência, o utilizador necessita de ter um receptor de rádio balizas MSK com antena e pelo menos um receptor GPS da portadora L1 código C/A com antena ou uma opção mais dispendiosa: um receptor combinado rádio balizas MSK e GPS com uma antena combinada MSK.

O receptor MSK desmodula o sinal da estação de referência e, geralmente seleciona automaticamente a estação de referência com o sinal mais forte para monitorizar ou permite que o utilizador selecione uma estação de referência específica. Uma vez que a estação de referência só gera correções para os satélites acima de $7,5^\circ$ elevação, os satélites observados pelo receptor GPS do utilizador abaixo de $7,5^\circ$ elevação não serão corrigidos.

- g) CQ nas verificações de tolerância e calibrações:

- i. A maioria dos DGPS *augmentation systems* é capaz de fornecer exatidões sub-métricas a distâncias razoáveis da estação de referência mais próxima. Contudo,

se a distância aumentar os erros decorrelação espacial (devido a diferenças nas condições ionosféricas/troposféricas) podem induzir erros sistemáticos na posição;

- ii. Normalmente em condições atmosféricas nominais, exatidões posicionais menores que 5 metros RMS (95%) podem ser alcançado a distâncias superiores a 200 milhas;
- iii. De forma a confirmar que a tolerância na exatidão posicional é melhor que 5 m, um ponto de coordenadas conhecidas deve ser ocupado em modo estático nas proximidades da área do levantamento;
- iv. Quando se utiliza o Serviço de Navegação Rádio balizas, devem ser observadas posições estáticas a partir de diferentes estações de rádio balizas de referência para averiguar se os erros sistemáticos na posição estão presentes. Na prática, a baliza mais próxima será normalmente a que tem menores erros;
- v. Quando ocorrerem erros grandes ou ambíguos no posicionamento na área do levantamento, pode ser necessário criar uma rede local DGPS (código ou RTK), para efetuar a comparação das posições das balizas em modo estático;
- vi. Um processo semelhante deve ser realizado quando se utiliza DGPS *Wide Area Augmentation Systems* comerciais (WAAS, GLONASS, EGNOS, GALILEO, MSAS, etc.).

Sistemas de Posicionamento Dinâmicos em Tempo Real RTK DGPS (medições de fase da portadora)

Generalidades

O DGPS com observação da fase da portadora é capaz de providenciar uma exatidão no posicionamento horizontal e vertical de ordem decimétrica numa embarcação em movimento numa área geográfica de 20 km. Esta tecnologia, conhecida como “*On The Fly*”, pode fornecer em tempo real elevações das embarcações de sondagens.

As técnicas cinemáticas atuais permitem a resolução das ambiguidades enquanto o receptor se encontra em andamento e providência exatidões na ordem dos 2 a 5 cm. Este método de posicionamento por observação da fase da portadora é usualmente chamado de cinemático em tempo-real ou levantamento RTK.

O sistema de posicionamento cinemático em tempo real ou DGPS RTK baseia-se na tecnologia DGPS de observação da fase da portadora semelhante às técnicas cinemáticas atualmente utilizadas nos levantamentos geodésicos em modo estático onde é possível alcançar exatidões milimétricas. Os procedimentos RTK permitem o movimento de um receptor GPS após a resolução das ambiguidades inteiras (isto é, número inteiro de ciclos) entre os satélites e o receptor, tal como descrito no Capítulo 2.

Elevações exatas em tempo real (e profundidades relacionados à altura da antena GPS) podem ser obtidas diretamente sem observar dados de medição de marés, se for utilizado um sensor de movimentos adequado e ter sido realizado um modelo do *Datum* mareográfico (ver figura 7.10).

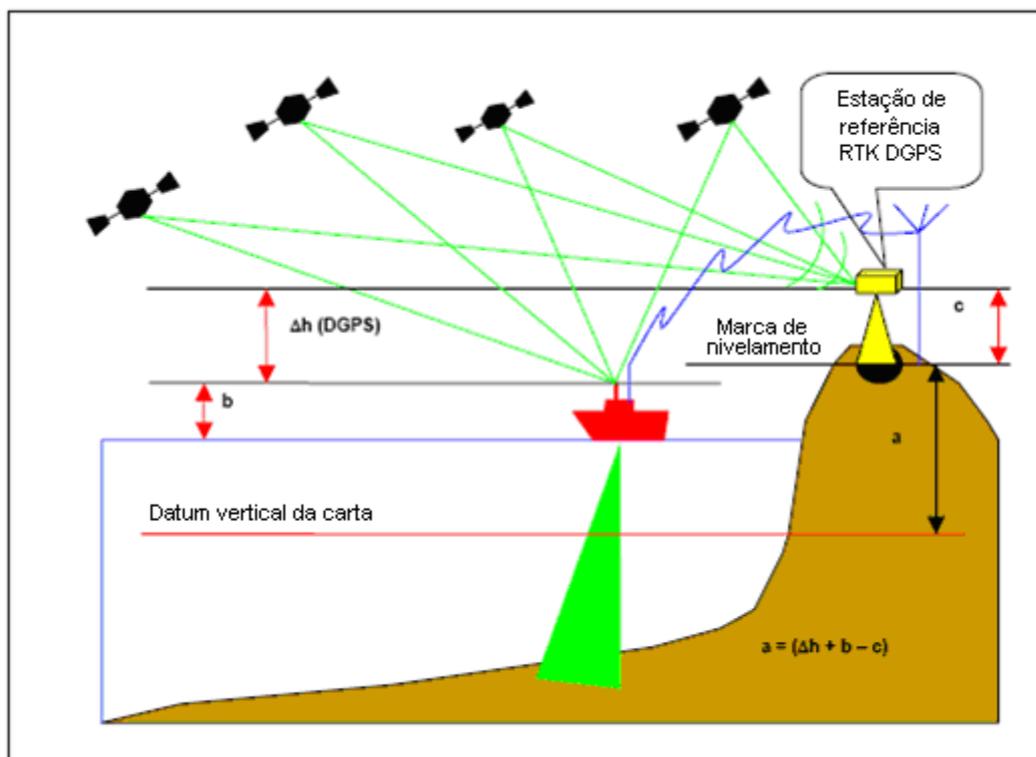


Figura 7.10 – “Princípios da determinação da elevação utilizando DGPS RTK”

Na determinação das elevações utilizando as técnicas DGPS RTK é obrigatório efetuar procedimentos de modelação do geóide - elipsóide e das marés, os quais devem ser realizados antes dos levantamentos RTK começarem.

Estação de Referência

Os sistemas de posicionamento de observação da fase da portadora são atualmente muito semelhantes ao de observação do código da portadora (pseudo-distância). A estação de referência GPS está situada em terra numa marca de coordenadas conhecidas e ligada ao referencial geodésico horizontal/vertical local. No entanto, a estação de referência deve ter a capacidade de recolher dados das pseudo-distâncias e da fase da portadora dos satélites GPS e será composta por:

- Um receptor de dupla frequência de observação da fase da portadora capaz de receber a L1/L2 com técnicas de cruzamento de correlações durante o tempo de seguimento do código P encriptado;
- Um receptor GPS móvel (*rover*) com os seus cabos e antena associados, processador de alta velocidade e um *link* de comunicação com uma taxa de atualização de pelo menos 1 segundo;
- A localização será a mesma que para um sistema DGPS de monitorização do código da portadora;
- O processador irá calcular as correções à pseudo-distância e fase da portadora e formatar os dados para serem enviados pelo *link* de comunicação;
- As correções são formatadas no formato RTCM SC-104 versão 2.1 (CMR) para transmissão para o receptor móvel.

Link de comunicação

- a) Os sistemas de posicionamento de observação da fase da portadora exigem uma taxa mínima de dados de 4800 baud e diferem dos sistema DGPS de observação do código da portadora, que exigem uma taxa de transmissão de 300 baud, pelo volume de dados que têm de ser transmitidos;
- b) A elevada taxa de dados limita a área de cobertura quando são utilizados sistemas de transmissão de alta-frequência;
- c) Sistemas de comunicações com frequências VHF e UHF estão bem adaptados para essa taxa de dados

Equipamento do utilizador

O equipamento a ser utilizado na embarcação de sondagem é:

- a) Um receptor de dupla frequência de observação da fase da portadora capaz de receber a L1/L2 com um processador integrado capaz de resolver as ambiguidades inteiras enquanto a embarcação tem seguimento;
- b) Uma antena GPS geodésica associada capaz de reduzir os efeitos do multi-trajecto no sinal GPS;
- c) Um *link* de comunicação para receber dados da estação de referência;
- d) A taxa mínima de atualização da estação de referência para a embarcação deve ser 1 segundo;
- e) O formato de saída do posicionamento DGPS por observação da fase da portadora (NMEA 183) deve permitir a navegação em tempo real e a gravação da posição verdadeira do navio necessária para o processamento do levantamento.

Os sistemas RTK não são projetados para serem utilizados em levantamentos com distâncias superiores a de 20 km da estação de referência.

Resolução das Ambiguidades

- a) Deverá estar disponível na estação móvel (*rover*) posicionamento em 3D subdecimétrico em tempo real, se o sistema permanecer no modo RTK;
- b) Tanto a estação de referência como os receptores móveis devem manter-se bloqueados (dados GPS contínuos) a pelo menos quatro satélites;
- c) Se o número de satélites baixar de quatro, as ambiguidades voltarão a ser resolvidas depois de o sistema readquirir o bloqueio a um número suficiente de satélites, o sistema irá funcionar entretanto em modo DGPS ou Autónomo durante esse período.

4.2. Controlo Vertical e Calibração

4.2.1. Descrição Geral

O *Datum* ao qual as profundidades estão a ser reduzidas é fundamental para qualquer levantamento batimétrico e as Especificações Hidrográficas irão conter uma descrição pormenorizada da forma como este deverá ser estabelecido em conjunto com os detalhes das

marcas de nivelamento estabelecidas. Se o *Datum* não se encontra definido, deve ser utilizado na medida do possível o *Datum* da carta existente.

A necessidade de estabelecer um novo *Datum* ou transferir o *Datum* deve ser cuidadosamente considerada. Qualquer *Datum* novo ou transferido deve estar relacionado ao *Datum* local do levantamento através de marcas de nivelamento existentes ou recém-criadas, para as quais todos os detalhes devem ser registados e entregues ao Serviço Hidrográfico. Para levantamentos em rios e estuários fluviais é necessário um cuidado especial. Estão disponíveis orientações no *Admiralty Tidal Handbook* Volume 2.

Utilizando os dados fornecidos com a Especificações Hidrográficas, deve ser determinada a localização das estações maregráficas. Se for possível, ao repetir um levantamento a estação maregráfica deve ser instituída na posição da estação antiga. Se forem necessárias várias estações maregráficas a distância entre elas não deve ser muito grande e, em caso algum exceder os 10 quilómetros. As Especificações Hidrográficas darão orientações sobre a colocação de marégrafos ao largo.

Dados para auxiliar na criação de cartas cotidais serão incluídos na Especificações Hidrográficas. Deve ser produzida uma carta cotidal e co-amplitude conforme descrito no capítulo 5.

Devem ser instalados nos locais pretendidos as escalas de maré e os marégrafos pré-calibrados. As escalas de maré devem estar ligadas ao *Datum* da sondagem através de um nivelamento e devem ser instaladas marcas de nivelamento como um futuro meio de visualização rápida para aferir a integridade das escalas de marés. Se, por qualquer razão, não existir nenhuma marca de nivelamento disponível devem ser estabelecidas pelo menos 2 marcas e os seus detalhes registados integralmente.

Devem ser efetuadas comparações das leituras da escala de marés e do marégrafo durante um período de 25 horas tanto para estabelecer o *Datum* da sondagem como para assegurar a correta operação. Posteriormente, devem ser efetuadas verificações em intervalos regulares durante o levantamento.

O cálculo do Nível Médio do Mar (NM) deve ser realizado no início e no final do levantamento, utilizando 39 horas de observação. Devido às influências atmosféricas e climáticas diárias, os resultados devem estar +/- 0,3 metros do NM citado na Tabela de Marés, o que irá proporcionar maior confiança nos dados de marés observados.

Quando é utilizado um marégrafo estabelecido, os parâmetros devem ser independentemente controlados de forma a verificar que o zero corresponde ao valor indicado.

Os dados de maré observados devem ser inspecionados diariamente para garantir que as observações satisfazem os requisitos das Especificações Hidrográficas. Sempre que possível, devem ser obtidas leituras contínuas de maré durante o levantamento. Caso não sejam obtidas leituras contínuas, devem ser tomados cuidados no início e no final de cada período de sondagem com as diferenças em tempo cotidais de forma a garantir que os dados de marés abrangem o período de sondagem.

4.2.2. Modelação da Maré para Levantamentos RTK

A área do levantamento deve ter um *Datum* mareográfico suficientemente detalhado de forma a satisfazer as exigências do projeto a ser empreendido. A razão para estabelecer um *Datum* mareográfico na área do levantamento é atualizar o conhecimento do *Chart Datum* e para permitir aplicar a tecnologia DGPS RTK e efetuar o levantamento sem utilizar marégrafos.

Os principais requisitos são:

- a) Efetuar levantamento estático GPS na área selecionada;
- b) Instalar suficientes marégrafos na área de forma a obter detalhes do *Datum* mareográfico nesses locais, detalhes esses obtidos durante longos períodos de observação;
- c) Realizar medições GPS das marés na área do levantamento para obter um conjunto de dados de maré GPS das alturas de água de forma a serem comparados com as medições dos marégrafos;
- d) Fundear uma embarcação, equipada com um receptor RTK móvel por períodos de 25 horas, em determinados locais de forma a gerar pontos intermediários na área do levantamento, para permitir a correlação entre os métodos convencionais (marégrafos) e o método GPS e para verificar quaisquer alterações nas alturas elipsoidais entre as estações RTK e os marégrafos em terra durante um ciclo completo de marés de 28 dias;
- e) A utilização de *software* com configurações adequadas que permitam introduzir os valores de separação do elipsóide e o *Datum* vertical para ser usado nos cálculos das alturas de maré a partir da linha de água da embarcação de sondagem.

Toda a área do projeto tem estar relacionada com as medições de maré relativas ao marégrafo mais próximo usado para medir a Baixa-Mar Inferior média (MLLW) para a área, também é necessário um *Datum* mareográfico de referência para incorporar as medições de maré realizadas na área do levantamento. O elipsóide de referência GPS e o *Datum* vertical local devem ser usados ao longo de toda a área do levantamento.

Diagramas do *Datum* mareográfico

Existem dois tipos diferentes de dados de marés que se podem alcançar:

- a) O relacionamento tradicional das marés para a área é representado pela Baixa-Mar Inferior média (MLLW) em relação ao *Datum* vertical local, que deve fornecer o MLLW de referência com uma tolerância aceitável (padrão S-44) e deve ser teoricamente paralelo à superfície de referência geodésica local na ausência de correntes;
- b) Um diagrama do *Datum* elipsoidal mareográfico para a área é representado pela superfície cinemática GPS mareográfica da Baixa-Mar Inferior média (MLLW) obtida a partir dos valores da altura elipsoidal.

Os valores da superfície de alturas elipsoidais e da estação de referência GPS usada para medir a separação entre o elipsóide - Baixa-Mar Inferior média (MLLW) permite efetuar levantamentos hidrográficos com GPS em modo cinemático sem a utilização de um marégrafo.

Localização da Estação de Referência GPS

Uma estação de referência GPS permanente (Figura 7.11) deve estar localizada nas proximidades da linha de costa para levantamentos hidrográficos em portos e áreas de aproximação a canais. A altura da antena h_1 em metros (negativa) deve ser inserida no receptor GPS durante o levantamento hidrográfico com GPS. Se a antena da estação de referência é movimentada, o valor introduzido deixa de ser válido. Se a antena tem de ser movida, a diferença vertical ΔH entre a parte inferior da antena de referência e a marca de nivelamento de referência deve ser medida novamente e confirmar que a marca de nivelamento (altura elipsoidal h_2 em metros) se encontra abaixo do elipsóide. Devem ser efetuados nivelamentos a partir da marca de nivelamento até à antiga e nova localização da antena.

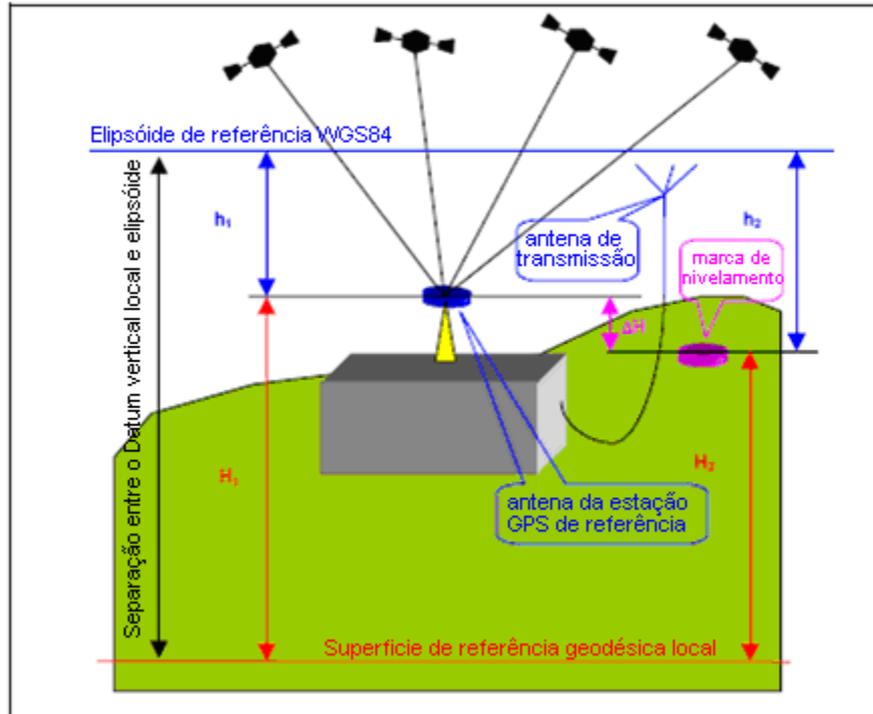


Figura 7.11 – “Parâmetros da estação de referência DGPS RTK”

h_1 = altura elipsoidal da antena GPS abaixo da superfície do elipsóide WGS 84

h_2 = altura elipsoidal da marca de nivelamento abaixo da superfície do elipsóide WGS 84

H_1 = altura ortométrica da antena de GPS acima da superfície Local de referência Geodésica (VD)

H_2 = altura ortométrica da marca de nivelamento da superfície Local de referência Geodésica (VD)

ΔH = diferença vertical entre a base da antena GPS e a marca de nivelamento de referência medido através de nivelamento geométrico.

Exatidão resultante das elevações com DGPS RTK

A exatidão absoluta resultante no projeto é estimada ser inferior a 10 cm. A exatidão absoluta refere-se à MLLW em relação ao *Datum* Geodésico Vertical Local de referência. Para o levantamento deverá ser tentado um projeto local de modelação da separação do elipsóide - geóide. Um programa de computador adequado deve ser utilizado de forma a introduzir as posições horizontais adquiridas no levantamento para calcular as separações entre a referência geodésica Local/elipsóide WGS 84.

Medições RTK no Mar

A medição vertical mais importante a ser efetuada na embarcação de sondagem é a distância entre a linha de água e a antena GPS. Em condições estáticas, a medição é a ilustrada na figura 7.12. Com o decurso do movimento da embarcação na água, esta figura sofrerá algumas alterações, no entanto no sistema de sondagem o caimento dinâmico da embarcação não é introduzido como uma correção tal como a imersão do transdutor que é reduzida do mesmo valor que a altura da antena.

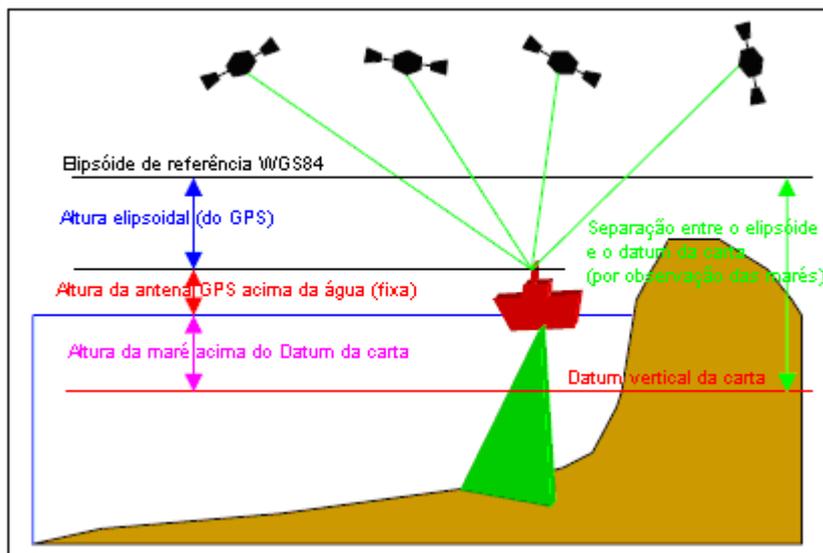


Figura 7.12 – “Medições RTK na embarcação de sondagem”

Procedimentos de Levantamento, Testes e Processamento

- a) Método convencional:
 - i. Devem ser estabelecidos uma série de marégrafos e efetuado a respectiva recolha dos dados de forma a produzir uma série temporal, que deverá estar referenciada com os números das estações;
 - ii. Os dados do marégrafo devem ser utilizados para eliminar as diferenças reais em tempo na área das diferenças médias horárias entre os marégrafos;
 - iii. Deve ser apreciado o erro médio resultante da utilização de um marégrafo, a distância máxima a que os dados são válidos e onde os mesmos não excedem os requisitos enumeradas na S-44 5^a Edição 2008;
 - iv. A distância de separação entre marégrafos não deve exceder o dobro da distância máxima descrita em iii.
- b) Método de observação da fase da portadora DGPS RTK:
 - i. Não é requerida a utilização de marégrafos durante o levantamento;
 - ii. Deve ser produzida uma superfície MLLW por um *software* adequado a partir dos diagramas do *Datum* maregráfico;
 - iii. A embarcação de sondagem deve estar equipada com um receptor móvel GPS OTF capaz de efetuar correções de fase da portadora;
 - iv. Os dados da embarcação (esquema de equipamentos, calado, caimento dinâmico, etc.) devem ser obtidos a partir de medições de referência a bordo da embarcação de sondagem.

Deve ser realizado um teste sobre o valor de separação das marés GPS RTK de forma a criar a matriz das diferenças entre o elipsóide/MLLW através de um *software* adequado. Para isso um

número suficiente de fiadas transversais na área situada entre os dois marégrafos acústicos, os quais devem estar a recolher dados de marés.

- c) Dois métodos de processamento do levantamento são possíveis:
- i. O método convencional utiliza só as coordenadas horizontais GPS (e despreza a vertical) e a profundidade reduzida relativamente ao MLLW é obtida através da aplicação dos dados dos marégrafos às sondas medidas;
 - ii. O método GPS RTK providencia uma medição exata da profundidade relativamente à altura da antena GPS sem necessidade de observação das marés. As profundidades GPS estão referenciadas à superfície cinemática GPS maregráfica da Baixa-Mar Inferior média (MLLW). Deve ser selecionado um número aleatório de profundidades de cada fiada para comparar com as profundidades GPS reduzidas com os dados do marégrafo.

4.3. Observações Ambientais

A direção e velocidade da corrente de maré devem ser observadas em locais com significado para a navegação e onde não existam quaisquer observações anteriores. Os requisitos e as posições para as observações devem ser mencionadas nas Especificações Hidrográficas, no entanto, se forem consideradas necessárias estações adicionais, estas devem ser incluídas.

As observações devem ser efetuadas utilizando um correntómetro, perfilador de corrente ou um *floating log-ship*. As observações devem ser feitas a uma profundidade idêntica ao calado médio dos navios que constituem o tráfego na área ou conforme prescrito. As observações não devem ser efetuadas com condições meteorológicas anormais.

Em área com predominância semi-diurna, as observações devem ser efetuadas ao longo durante um único período de 25 horas em marés vivas. Em áreas com predominância da componente diurna são necessários 30 dias de observações utilizando um correntómetro para permitir a análise harmónica. Se não for possível efetuar observações prolongadas, devem ser efetuadas observações suficientes que permitam uma descrição para ser inserida nos Roteiros e representação dos vetores de correntes de marés na carta.

Além das observações tradicionais podem estar disponíveis a partir de fontes locais informações de natureza menos formal, especialmente se afetar embarcações ou iates. Os dados obtidos deverão incluir uma estimativa das velocidades máximas e as direções dos fluxos das marés em período de marés vivas avaliadas pelos melhores meios possíveis. Nas áreas de fortes correntes de maré, especialmente nas imediações dos bancos, zonas rochosas e passagens estreitas, podem ocorrer turbilhões e quedas de água que podem ser de grande importância especialmente para embarcações pequenas ou de baixa potência. Os limites destes fenómenos devem ser fixados, nas marés vivas, em ambas as direções da corrente de marés.

As observações iniciais da velocidade de propagação do som na água devem ser efetuadas de forma a permitir a determinação da variação espacial e temporal em toda a área do levantamento. Uma rede de pontos de observação deve assegurar uma amostragem representativa realizada durante toda a área do levantamento de uma forma metódica e oportuna. Estes dados conjuntamente com outros fatores ambientais tais como o clima, fluxos de água doce, variações sazonais e a topografia do fundo marinho, irá determinar a frequência das observações do perfil da velocidade do som ao longo da coluna de água. A utilização dos perfis em embarcações com seguimento, perfiladores ondulantes e perfiladores montados no casco irão reduzir a necessidade de observações com a embarcação estacionária; porém a profundidade e dimensão do navio podem limitar a capacidade de utilizar tais equipamentos.

Nas Especificações Hidrográficas elaboradas pelo Serviço Hidrográfico deve estar estabelecida a periodicidade para a obtenção dos perfis de velocidade de propagação do som e como devem ser aplicados. A importância da correta utilização dos perfis de velocidade de propagação do som quando se utiliza sondadores de multifeixe não pode ser subestimada.

4.4. Orientação das Fiadas

Descrição Geral

Em termos posicionais, o processo de aquisição de dados pode ser resumido na Figura 7.13. Após a decisão do espaçamento e direção das fiadas ter sido decidido, o hidrógrafo necessita de conhecer a sua posição ao longo da fiada selecionada em todos os instantes.

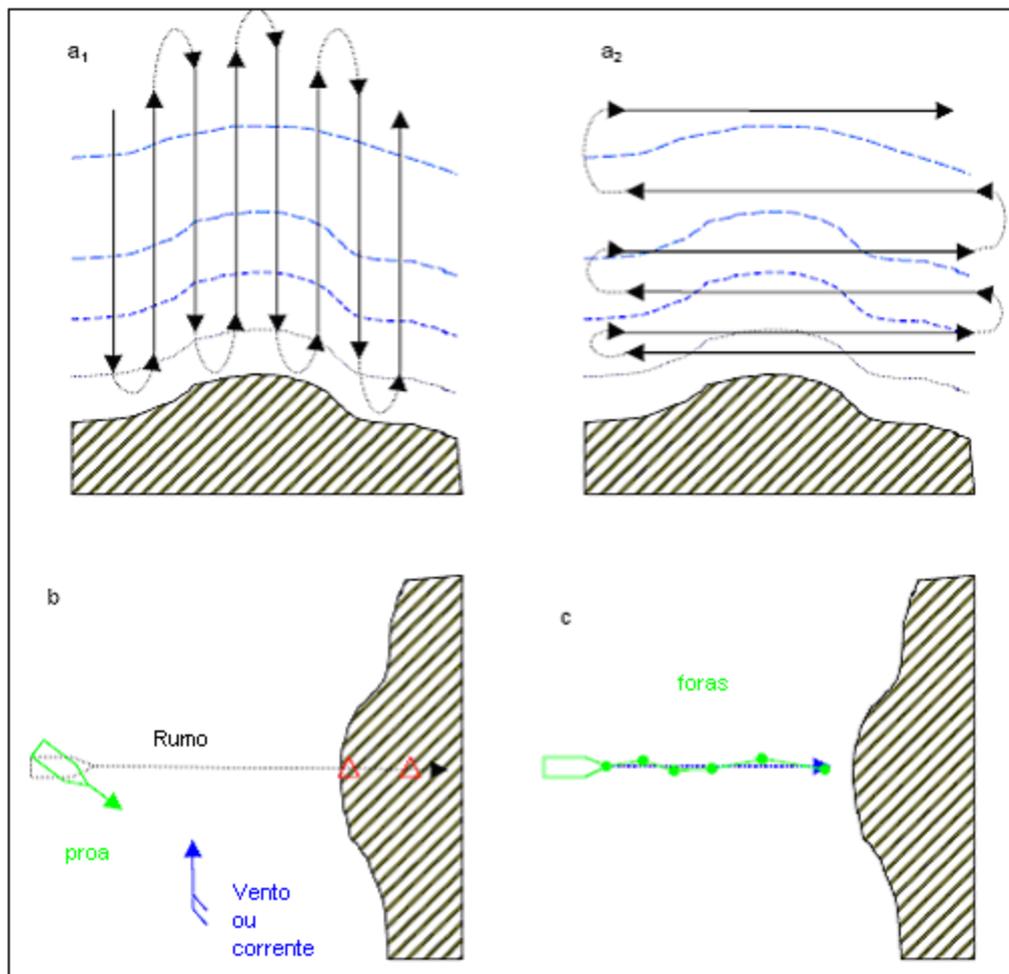


Figura 7.13 – “Fiadas e respectivo controlo das fiadas”

- A decisão sobre a orientação e espaçamento das fiadas para um levantamento metódico da área vai ser influenciado pelos equipamentos a serem utilizados. A Figura a₁ retrata um levantamento com sondador de feixe simples (SFS), com um espaçamento entre linhas reduzido e uma orientação perpendicular à batimetria, a figura ilustra a₂ levantamento com sondador multifeixe (SMF) ou Sonar Lateral (SL) com linhas espaçadas de forma a terem uma sobreposição mínima e paralelas à batimetria;
- Percorrer a fiada selecionada;

- c) Determinar a fiada atual. A posição da embarcação é registada a intervalos regulares na fiada escolhida assumindo que as posições intermédias se mantêm na linha que une as posições registadas;

O posicionamento tradicional por SPE é atualizado continuamente e, ao observar marcador de posição ou o indicador esquerda/direita, pode ser detectado e corrigido o mais pequeno desvio em relação à fiada escolhida. Além disso, o histórico do marcador de posições, se selecionada para mostrar intervalos de tempo ao longo do percurso da embarcação, permite a representação gráfica precisa de outros dados adquiridos. Os foras visuais, por outro lado, são eventos periódicos e com o pressuposto de que as posições entre os foras irão situar-se na linha que une todas as posições dos foras e que serão cada vez mais erradas à medida que o intervalo entre os foras aumentar. As foras com sextantes, teodolito, estações totais durante um levantamento portuário, podem ser adquiridas em intervalos de poucos segundos e o afastamento da rumo pretendido pode ser corrigido através da manobra da embarcação (como no exemplo acima) ou por uma variedade de outros métodos.

Os modernos SPE e de satélite permitem obter a posição a cada segundo ou menos, providenciando informação contínua da posição num indicador esquerda/direita ou a um sistema automático de aquisição de dados, o que oferece um meio para determinar, em tempo real, o rumo e velocidade do navio em relação ao fundo com uma exatidão diretamente relacionado com o sistema de posicionamento escolhido.

Os levantamentos em áreas inferiores a 25 km², podem ser usados agregados de sonares acústicos de fundo, posicionados e fundeados com recurso aos métodos de posicionamento tradicional, em conjugação com sondas ou distâncias sonar de forma a providenciar informação contínua do posicionamento e consequentemente o controlo do governo da embarcação.

Orientação visual das fiadas

Quando são utilizados os métodos visuais de determinação da posição, o percurso do navio é, invariavelmente, representado manualmente com linhas a interligar os foras que representam a rumo seguido pela embarcação. Por isso, o intervalo entre foras e a velocidade da embarcação são selecionados para que as posições sejam suficientemente próximas (separadas entre 3 a 4 cm no papel) para que as imprecisões sejam assumidas como desprezáveis para a escala do levantamento (ou seja, não são representadas as posições da embarcação que não estejam na linha entre foras). O controlo da fiada durante o levantamento geralmente é alcançado de forma independente.

No caso mais difícil de levantamentos no mar sem visibilidade dos pontos de controlo, a condução da embarcação nas fiadas será feita com recurso a uma girobússola ou agulha magnética. Este método não é de todo satisfatório, com exceção de levantamentos a uma escala muito pequena, onde é necessário adiar o ajustamento do rumo até que o fora seja representado. Nestas circunstâncias, um método alternativo de orientação da fiada é o de governar o navio em torno do arco de um ângulo fixo subentendido entre duas marcas ou seguindo uma LDP circular/hiperbólica de uma cadeia SPE tradicional. Estes métodos são superiores aos rumos fornecidos pela agulha/girobússola mas podem ser difíceis de efetuar em levantamentos de grande escala com marcas em terra relativamente perto da zona do levantamento e onde os arcos de pequeno raio constante exigem grandes variações de rumo. Nos nossos dias, os levantamentos no largo utilizam exclusivamente técnicas SPE ou GPS.

Os outros métodos de orientação visual das fiadas e controlo das fiadas são:

- a) Trânsito natural - mantendo um objeto próximo da linha de costa enfiado com outro objeto mais no interior na mesma direção da fiada a ser efetuada, o timoneiro deve ser capaz de manter a fiada com mais facilidade e exatidão do que com recurso à agulha. Qualquer objeto adequado pode ser utilizado (arbustos, cercas ou postos telegráficos,

cabanas, partes de edifícios, etc.). As marcas utilizadas no trânsito devem ser suficientemente afastadas, cerca de um terço do comprimento da fiada de forma a permitir obter a sensibilidade adequada.

- b) Trânsito Artificial – aplicam-se os mesmos princípios que o trânsito natural. São colocadas marcas artificiais para satisfazer o espaçamento exigido entre fiadas, permitir um guiamento mais preciso e pode ser essencial para trabalhos de grande escala junto a uma costa sem marcas. Este método é particularmente útil quando se efetua levantamentos de grande escala de portos e cais, onde o trânsito perpendicular pode ser erguido de forma a fornecer linhas de orientação e posições fixas em intervalos constantes de forma a satisfazer os requisitos do levantamento;
- c) Prisma colimador de 180° - este instrumento simples e robusto permite que o homem do leme consiga ter no seu campo de visão as marcas à sua frente e as localizadas na suas costas simultaneamente para que, em levantamentos portuários ou em rios, a embarcação possa navegar ao longo da linha que liga os pontos localizados em ambas as margens.
- d) Direção a partir da costa - a direção da linha pretendida é tirada da carta com o *station pointer* como um ângulo a um objeto de referência ou diretamente a partir da folha de campo pela intersecção de LDPs de uma grade. A direção necessária é observada em seguida por teodolito ou com o sextante com a embarcação direcionada ao longo da linha pelo observador em terra utilizando bandeiras, luzes ou comunicações via rádio. Quando o levantamento é efetuado num rio, bacia ou área de atracação, o observador em terra consegue observar um objeto na margem oposta sobre a linha a ser efetuada, permitindo assim acompanhar o progresso da embarcação a olho.
- e) Protagonistas - Ao planear o levantamento com linhas radiais centradas numa marca em terra, essa marca pode servir como marca anterior dum enfiamento. O homem do leme escolhe depois uma marca posterior (natural ou artificial) sucessivamente para cada nova linha. Alternativamente, o método "direção a partir da costa" pode ser utilizado com o observador em terra a ter de ocupar apenas uma estação. Este método é particularmente adequado para levantamentos em torno de cabos e promontórios.

Orientação de uma linha SPE

O controlo pode ser alcançado pelo mero planeamento das fiadas ao longo das linhas circulares de distância ou nas hipérbolas de diferentes distâncias dependendo do tipo de sistema utilizado. Se as fiadas são guiadas com as rotas padrão de leitura, qualquer desvio destas linhas é detectada facilmente e a embarcação e a posição da embarcação pode ser fixada na intersecção da linha por uma segunda linha padrão. Num padrão hiperbólico as linhas e os intervalos regulares irão divergir ou convergir mas o incremento da rota é geralmente desprezível. Deve ser tido em conta o incremento da rota, quer pela mudança dos intervalos fixos utilizados ou executando linhas extra entre as linhas iniciais de forma a manter uma distância mínima entre linhas. O indicador esquerda/direita mostra a posição do navio em relação à linha e fornece uma clara orientação para o homem do leme.

Quase todos os fabricantes de sistemas SPE de curto e médio alcance oferecem a possibilidade de um monitor de seguimento como equipamento periférico, o que é especialmente útil quando as linhas não podem ser executados ao longo das fronteiras das rotas como é frequentemente em trabalhos de dragagem ou de assentamento de cabos submarinos. A grade pode ser representada e a fiada selecionada seguida num indicador visual luminoso. Os foras podem ser registados no monitor de seguimento como verificação mas é mais habitual manter registador separado uma vez que a grade é muitas vezes distorcida num monitor de seguimento. alguns tipos de grade são mostrados como uma quadrícula retangular e a escala necessária para o levantamento raramente é a do monitor.

Sistemas automáticos de guiamento

O apêndice 4 do Capítulo 7 (página 8 e 9) delinea uma configuração típica de um sistema hidrográfico automático para uma Sala de Operações num navio de sondagem e a configuração geral do *hardware* na embarcação de sondagem.

De uma forma geral, a configuração do *hardware* de um sistema hidrográfico de aquisição de dados automático é semelhante tanto no navio de sondagem como na embarcação de sondagem, com um *software* hidrográfico adequado para controlar a aquisição, manusear, adquirir e armazenar dados num formato digital específico a partir dos dados do sistema de posicionamento e do sistema sondador (SFS/SMF/SSS). Os modernos *softwares* hidrográficos de aquisição dos dados devem proporcionar uma janela para o homem do leme para permitir conduzir a embarcação, quer manualmente ou automaticamente, ao longo das fiadas pré-programadas.

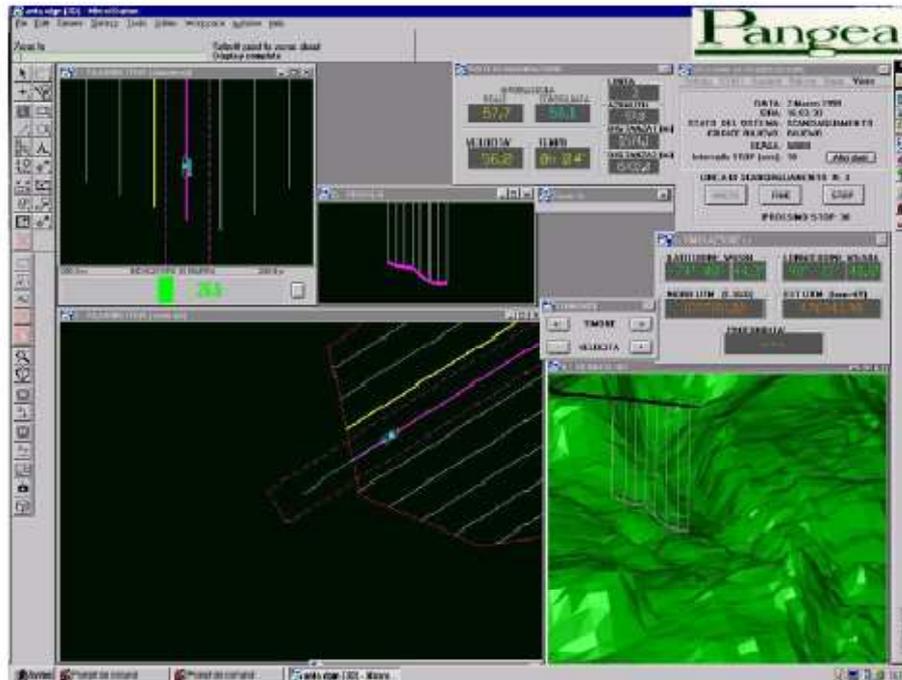


Figura 7.14 – “Imagem vídeo de um *software* de aquisição”

As Figuras 7.14 e 7.15 ilustram algumas imagens típicas adequadas para o homem do leme da embarcação de sondagem fornecendo as seguintes informações:

- A fiada a ser seguida pela embarcação com a posição georreferenciada em tempo real e atualizada em intervalos de 1 segundo;
- Indicador esquerda/direita;
- Informação digital recebida e gerida pelo *software* de aquisição (coordenadas da posição, profundidades, COG, proa, SOG, número da linha e foras, distâncias do início e término da fiada, etc.)

Toda esta informação permite ao homem do leme e ao hidrógrafo controlar e monitorizar o processo de aquisição ao longo da fiada selecionada para cobrir a área do levantamento. O manual do operador do *software* de aquisição deve conter todas as instruções e procedimentos para gerir o controlo da fiada automático que é, em geral, conceptualmente semelhante para todos os fabricantes de *software*.



Figura 7.15 – “Imagem vídeo de um software de aquisição”

4.5. Fiadas de Verificação

As fiadas de verificação devem ser executadas no início do levantamento, perpendicularmente às fiadas principais de sondagem e, sempre que possível devem ser executadas em diferentes fases do ciclo de maré e com boas condições de mar. Deve ser recolhida suficiente informação sonar das fiadas de verificação para permitir uma declaração no Relatório de Sondagem da extensão e direção das *ripples* de areia na área do levantamento.

As sondas correspondentes às zonas de cruzamento das fiadas principais de sondagem com as de verificação devem ser comparadas à medida que o levantamento progride para verificar se existem erros grosseiros, erros na modelação cotidal ou avarias nos equipamentos.

Deverá ser utilizada monitorização on-line SMF para verificar a repetibilidade no desempenho do sondador pelo acompanhamento das faixas de sondagem adjacentes. Estes também devem ser usados para garantir que a cobertura e sobreposições das faixas sondadas estão a ser mantidas. Se existirem lacunas na cobertura, devem ser efetuadas fiadas adicionais.

4.6. Fiadas Principais

O tipo de varrimento sonar deve ser articulado nas Especificações Hidrográficas, as quais devem detalhar a % de cobertura, a % de sobreposição e os critérios a serem alcançados para a detecção de objetos. É necessária uma cuidadosa inspeção dos limites das Especificações Hidrográficas e dos levantamentos adjacentes recentes para garantir que não existem lacunas entre eles.

Quando se efetuarem fiadas principais de sondagem em simultâneo com fiadas de sonar, deve ser mantido um cuidadoso equilíbrio entre os requisitos antagónicos. Todos os esforços devem ser efetuados para garantir que não existem lacunas na cobertura sonar e geralmente é necessário dar prioridade à cobertura sonar em detrimento da batimetria. Podem ser necessárias fiadas adicionais para ajudar na delimitação das batimétricas ou objetos críticos, ou no preenchimento de lacunas em zonas onde o erro na posição da fiada é >25% do espaçamento entre fiadas.

Deve ser efetuado um balanço de erros *a priori* e comparado com os requisitos das Especificações Hidrográficas. O balanço de erro deve ser repetido caso existam variações ambientais significativas ou efetuadas mudanças nos equipamentos inicialmente utilizados. Os novos resultados servem de base para a comparação.

O espaçamento das fiadas principais, direção e velocidade do som na água devem cumprir os requisitos das Especificações Hidrográficas e dos critérios estabelecidos. A velocidade ótima e máxima de sondagem deve ser avaliada tendo em conta o leque de profundidades e os sistemas em uso para o levantamento; a taxa máxima de transmissão e a escala das profundidades selecionada deve ser proporcional à profundidade. Normalmente, as fiadas principais de sondagem devem ser executadas perpendicularmente à batimetria (SFS); no entanto as fiadas sonar devem ter uma orientação até 20° em relação à corrente predominante (corrente ou de maré). Em áreas com fortes correntes de maré, direções inferiores a 20° devem ser adotadas para que o sonar rebocado siga, o mais possível, na esteira do navio.

Quando só se utiliza SMF no levantamento, a orientação e o espaçamento das fiadas será ditada pelos critérios detalhados nas Especificações Hidrográficas e pelas necessidades dos clientes. A detecção de objetos e a densidade de dados determinará a % de sobreposição entre faixas adjacentes, o que será uma função da profundidade da água. Desta forma o espaçamento entre fiadas será influenciado pela profundidade da água, densidade de dados, critérios para a detecção de objetos e % de sobreposição, o que dará a % da cobertura alcançada. É provável que o espaçamento entre fiadas varie ao longo da área do levantamento, especialmente se houver diferenças acentuadas nas profundidades. É necessária uma monitorização cuidadosa durante o levantamento de forma a garantir que são atingidos os objetivos desejados.

Os intervalos dos foras e o intervalo de gravação devem ser definidos consoante a escala do levantamento e o sistema de processamento utilizado.

Quando se utilizar SFS, devem ser executadas fiadas adicionais perpendiculares à batimetria com um espaçamento normal desde a batimétrica dos 10 metros até costa de forma a determinar a batimétrica dos 5 e 2 metros. Devem ser efetuadas fiadas adicionais paralelas aos cais e molhes com um espaçamento entre 2,5 e 10 metros.

A sondagem de bancos de areia deverá ter lugar em marés mortas e após períodos de acalmia meteorológica, período em que os bancos de areia têm a maior amplitude. Sempre que possível deve efetuar-se novo levantamento na área dos bancos de areia seguindo as mesmas fiadas de forma a detectar mudanças nos perfis dos bancos de areia.

Devem ser tomados cuidados na delimitação da linha de costa, particularmente no que diz respeito aos bancos submersos, rochas e baixios, pois a posição de tais características pode ter implicações legais internacionais. Quando se efetuam levantamentos em portos e baías, com áreas de ancoradouro ou de encalhe das pequenas embarcações, as zonas secas e de lodo devem ser rigorosamente delimitadas.

Sempre que um levantamento inclua um canal, trajetos recomendados ou um enfiamento em águas restritas, estes devem ser cobertos por sonar. Ao planear estas ações deve ter-se em conta os navios de maior dimensão esperados praticar estes caminhos, com especial atenção às bacias de manobra e locais de mudança de rumo.

Devem ser efetuados controlos periódicos de forma a verificar o desempenho sonar. As ocasiões recomendadas são:

- a) Na primeira fiada;
- b) Uma vez por dia, quando operando em áreas de fundos regulares;

- c) Após a manutenção ou reparação;
- d) Após mudança do peixe rebocado ou das aletas;
- e) Se o desempenho estiver duvidoso.

O varrimento sonar deverá ser modificado para garantir a cobertura completa, se se verificar que o sistema sonar não está a funcionar no seu alcance máximo devido às condições da água ou devido à inadequação de materiais que não podem ser reparados.

Deverá ser empregue um magnetómetro em toda a área coberta pelo sonar de varrimento para fornecer provas adicionais da existência de metais ferrosos no, ou abaixo, do fundo marinho.

É de extrema importância que o fundo seja totalmente coberto, sem falhas e que cada característica significativa do fundo marinho, artificial ou obstrução seja localizada.

4.7. Adensamentos e Investigação

Os itens da lista de navios afundados requerem uma pesquisa de confirmação a qual deve estender-se até um raio de 2,5 milhas centrado na posição listada. O limite da área de pesquisa pode estender-se para além dos limites dados nas Especificações Hidrográficas. Porém essa extensão é essencial para evitar a anomalia de ter uma posição aproximada (PA) de um navio afundado numa área considerada como tendo cobertura total. Deve-se assegurar que qualquer pesquisa necessária que se estenda para além dos limites da área de sondagem seja coberta. Deverão ser planeadas fiadas adicionais para serem executados fora da área de forma a garantir a completa insonificação da área com a adequada sobreposição.

Devem ser tidos cuidados especiais nas zonas de resguardo de 500 metros em torno de instalações submersas, operações com cabos submarinos, campos de petróleo ou áreas de exploração para garantir a segurança de qualquer equipamento rebocado.

Para um objeto cartografado com PA, a pesquisa sonar deve ser realizada em 2 direções perpendiculares e estender-se a pelo menos 2,5 milhas posição do *Datum*. Se existir um elevado grau de confiança de que a pesquisa inicial em determinada direção foi totalmente exaustiva e que o equipamento sonar estava a funcionar de forma satisfatória, pode ser tido em conta para dispensar a pesquisa na segunda direção.

Objetos cujas posições tenham sido previamente determinadas, mas que não podem ser encontrados durante o levantamento, necessitam de uma investigação muito pormenorizada para confirmação. Quando esses objetos são abrangidos pelo levantamento e quando é concluída uma busca sonar de meia milha de raio em torno da posição listada, esta pesquisa será considerada suficiente. Deverá ser utilizado também um magnetómetro. Quando não existe nenhuma dúvida sobre a posição geográfica de um navio naufragado após sondagens repetidas, o raio de busca acima pode ser reduzido. Deve-se ter em consideração o emprego da rocega.

Cada contacto deve ser cuidadosamente analisado utilizando um sonar lateral. A sua posição e profundidade mínima devem ser determinadas por uma sondagem próxima caso seja confirmado o contacto. Deverão ser executadas no mínimo 4 boas fiadas, compreendendo 2 pares perpendiculares. No caso dos navios afundados, um par de fiadas deverá ser paralelo e o outro par perpendicular ao eixo do navio naufragado.

Pode ser obtida informação adicional referente ao contacto a partir da utilização de sonares, sondas, magnetómetros, rocega, mergulhadores ou uma combinação destes. Cada contacto deve ter os seguintes detalhes:

- a) Posição;
- b) Sonda mínima;
- c) Natureza do objeto;
- d) Comprimento, largura e orientação;
- e) Profundidade, comprimento e orientação da forma erosiva;
- f) Comprimento e orientação do campo de destroços;
- g) Força do campo magnético.

O exame da lista de destroços pode fornecer uma ajuda na identificação do objeto. Porém, deve-se ter cuidado na ligação de destroços recém-descobertos com os contidos na lista dos navios afundados. As pesquisas de confirmação podem ser necessárias em posições cartografadas. O uso de mergulhadores pode ser útil na identificação de navios afundados e no relato do seu estado e atitude particularmente na detecção e localização de sondas mínimas que podem não ter sido distinguidas pelo sonar ou sonda.

A profundidade mínima dos navios naufragados e obstáculos tem de ser estabelecida, em determinadas circunstâncias isto exigirá o uso de rocega, que deverá ser realizada após determinação da posição, tamanho, orientação e provavelmente a profundidade mínima por sonar ou sonda. A rocega por cabo deve ser considerada nas seguintes circunstâncias:

- a) Como diretiva nas Especificações Hidrográficas para destroços específicos;
- b) Se a profundidade mínima é provável que seja menor que 40 metros;
- c) Quando as profundidades em torno do navio naufragado forem significativamente diferentes das representadas na carta;
- d) Quando operações de recuperação/dispersão tenham tido lugar após o último levantamento;
- e) Indicações sonar de mastros ou estruturas salientes;
- f) Áreas cartografadas como obstrução (*foul*) dentro de fundeadouros;
- g) Destroços em áreas de fortes correntes de maré e de fundos de grande mobilidade;
- h) Quando a posição do navio naufragado é significativamente diferente da cartografada.

Deve-se ter cuidados para assegurar que toda a área do destroço está coberta pela rocega, com várias passagens, e que não há lacunas entre as varreduras (passagens). Não é suficiente cobrir apenas as áreas que parecem ser as sondas mínimas.

Deve ser dada especial atenção à medição de profundidades <40 metros, onde a profundidade mínima deve ser obtida sobre todas as características do fundo. O adensamento da sondagem deve ser efetuado em profundidades <40 metros a menos que o fundo do mar seja plano, sem estruturas e se comprovasse a inexistência de perigos através de uma cobertura completa com sonar rebocado ou SMF de alta definição.

4.8. Observações auxiliares/diversas

Devem ser obtidas amostras de fundo a intervalos regulares durante toda a área do levantamento. Amostras adicionais devem ser efetuadas em todos os ancoradouros prováveis, em todos os bancos, baixios e montes submarinos, especialmente onde estes são susceptíveis de ser instáveis e nos canais entre eles. Aproximadamente 10% das amostras obtidas devem ser conservadas para serem entregues no final do levantamento.

As amostras de fundo devem ser obtidas em toda a área do levantamento antes do início do varrimento sonar de forma a proporcionar um método de autenticar as fotografias sonar do fundo e para permitir a interpretação mais exata das texturas do fundo.

Antes da chegada à área do levantamento, devem ser identificadas das cartas de maior escala, da Lista de Luzes e da Lista de Radioajudas todas as marcas e ajudas à navegação, fixas ou flutuantes. À chegada à área, todas as ajudas ou marcas de navegação desconhecidas devem ser identificadas.

A posição de cada nova marca de navegação fixa ou flutuante deve ser determinada. Sempre que exista suspeita que as marcas flutuantes de encontrem fora da posição na carteadada, deve ser registada a sua posição na vazante e na enchente de maré. No entanto, se for possível obter uma posição inequívoca da poita/ferro de amarração através da batimetria de multifeixe, é admissível utilizar essa posição como a posição na carta.

Devem ser registados as seguintes características para ajudas à navegação com luzes:

- a) Altura do plano focal;
- b) Características da luz e som;
- c) Sectores de luz e arcos de ocultação;
- d) Forma e cor da estrutura;
- e) Forma e cor da marca (alvo) superior.

Devem ser tiradas fotografias a cor de todas as marcas para inclusão nos Roteiros (*Sailing directions*).

As autoridades portuárias devem ser consultadas sobre as mudanças encontradas nas ajudas à navegação de forma a determinar se essas alterações são temporárias ou permanentes. Devem ser obtidos detalhes de algumas alterações planeadas.

Deverão ser recolhidos os detalhes das operações rádio portuárias, incluindo *Ship Reporting Systems* (VTS, VTM, VTIS, etc.), serviços de rádio dos pilotos, radioajudas à navegação (incluindo (Aero) rádiobalizas, balizas radar, etc.), serviços de estação rádio costeiras (ou seja, avisos à navegação e difusão de informações meteorológicas, horários, etc.), instalações GMDSS, juntamente com procedimentos de Busca e Salvamento.

Todas as oportunidades devem ser utilizadas para obter detalhes de fenómenos naturais durante o decorrer do levantamento. Estes fenómenos incluem:

- a) A *Deep Scattering Layer* é constituída por plâncton, pequenos organismos marinhos e de peixes que se alimentam deles. Algumas destas espécies têm bexigas-natatórias que respondem às transmissões dos sonares ou das sondas, causando dispersão das ondas sonoras, o que pode ter considerável efeito sobre operações sonar. Relatórios do fenómeno são portanto importantes e devem ser produzidos;

- b) Bio-luminescência marinha é causada principalmente por animais marinhos que variam em tamanho desde organismos microscópicos até grandes de peixes, lulas e alforrecas. É mais comum encontrá-los em águas quentes do que nas frias e são de considerável interesse para os biólogos marinhos e cientistas militares. Relatórios do fenômeno são portanto importantes e devem ser produzidos;
- c) A descoloração da água é geralmente de origem biológica. As amostras de água e observações *secchi* de tais áreas são de grande interesse e devem ser obtidas e relatadas;
- d) Relatórios da vida marinha deverão ser elaborados de forma a cobrir os movimentos das baleias e de outras espécies de mamíferos marinhos, que são de grande interesse na guerra anti-submarina e para os biólogos marinhos. A presença de atividade de pesca comercial na área do levantamento é de grande importância porque o som gerado pelos motores e artes de pesca utilizados podem afetar significativamente os níveis de ruído ambiente. Também a presença de uma frota de pesca pode indicar a presença de grandes populações de peixes. O efeito sonoro causado pelos cardumes de peixes pode inibir o desempenho sonar. Avistamentos devem ser incluídos no Relatório Final.

5. DELIMITAÇÃO DA LINHA DE COSTA

5.1. Generalidades da Linha de Costa

A delimitação exata da orla costeira e das características costeiras é uma característica essencial de um Levantamento Hidrográfico, uma vez que o navegante necessita muitas vezes de determinar a sua posição por azimutes, ângulos ou distâncias a promontórios ou estruturas com características semelhantes no litoral. Geralmente, nos levantamentos hidrográficos, a linha de costa é definida em relação um *Datum* na Preia-mar.

A linha de costa, com exceção dos levantamentos expeditos e superficiais, deve ser sempre efetuada a pé sempre que a natureza o permita. Com a prática de efetuar uma passagem ao longo da costa com a embarcação e só efetuar o desembarque em determinados locais discretos perderam-se muitos rios e embocaduras de pequenas dimensões.

Em alguns casos, a utilização de mapas dos levantamentos topográficos baseados em fotografias aéreas modernas ou imagens por satélite irão fornecer dados adequados que podem ser utilizados para auxiliar no traçado da linha de costa. Ocasionalmente será efetuada fotografia aérea especialmente para o levantamento e um ortofotomapa produzido à escala adequada. Este fato, todavia, não elimina a necessidade de efetuar uma passagem a pé pela orla costeira.

Todos os mapas dos levantamentos topográficos e as fotografias aéreas devem ser verificadas no campo antes da sua utilização nas pranchetas. Quando os mapas não são adequados, a linha de costa deve ser levantada devidamente com a determinação da posição das características importantes por um método regular dependendo da escala do levantamento.

Ao delimitar a linha de costa, o hidrógrafo deve traçar a linha de costa da melhor forma possível e observando sempre a natureza da faixa litoral submersa, mesmo quando se encontra a verificar um mapa ou uma foto. A melhor maneira para encontrar a linha de costa é por sondas reduzidas, mas toda parte da faixa litoral submersa deve, se possível, ser vista pelo menos uma vez durante o período da baixa-mar, a fim de ver se existem perigos que possam ter escapado à inspeção. Isto é especialmente necessário quando a amplitude da maré é grande.

5.2. Detalhes costeiros necessários

O hidrógrafo deve efetuar as seguintes tarefas:

- a) Delinear e determinar as posições da linha de costa com os melhores métodos possíveis;
- b) Determinar as posições de todos os objetos conspícuos e proeminentes para o navegador, os quais não têm a sua posição determinada e verificar se as marcas/características existentes nas cartas e publicações se encontram posicionados e descritos corretamente, muito embora possam estar mais para o interior;
- c) Determinar as posições, descrever ou indicar na carta todos os objetos e as características da linha de costa que irá ajudar o navegador a determinar a sua posição e identificar o litoral. Os levantamentos em escalas grandes incluirão muitos detalhes pequenos que só poderão ser observados junto a costa;
- d) Medir e calcular as alturas de todas essas características, algumas destas características podem ser descritas em termos gerais, como " falésia vermelha baixa, 5 a 6 metros de altura";
- e) Determinar as posições de todas as ilhas, perigos ao largo visíveis e determinar a sua altura, também determinar as posições das marcas adjacentes flutuantes (bóias não representadas na carta);
- f) Descrever a composição da praia entre a linha de baixa-mar da água e a linha de preia-mar como acima desta última linha. Os símbolos apropriados devem ser inseridos nas pranchetas;
- g) Indicar locais de desembarque estabelecidos ao longo da costa. Determinar as posições dos quebra-mar, esgotos, descargas e tudo o que possa constituir perigo para o desembarque. Determinar as posições dos cais e molhes e obter uma descrição completa a qual deverá incluir tipo de estrutura, as profundidades, a altura do cais acima do *Datum* da Preia-mar e facilidades disponíveis;
- h) Detalhes dos portos devem ser obtidos contendo facilidades de atracação e abastecimento disponíveis, estas informações devem ser incluídas nos Roteiros;
- i) Sempre que apropriado, a toponímia correta deve ser obtida de fontes locais confiáveis e verificadas com os nomes descritos nas cartas, mapas e publicações.

Adicionalmente o hidrógrafo deve ter uma preocupação com os detalhes topográficos nas proximidades da costa. A quantidade de detalhes vai depender do tempo disponível, a escala do levantamento e se a topografia vai ser obtidas por uma outra equipa de campo ou por outros meios, tais como fotografia aérea.

5.3. Detalhes com interesse para o navegante

Marcas/objetos CONSPÍCUOS. – Os navegadores utilizam azimutes a cumes, igrejas, chaminés, moinhos de vento, mastros, edifícios permanentes, etc. Estas serão visíveis a uma boa distância de costa.

Marcas proeminentes. – Novamente os navegadores usaram azimutes a cumes, igrejas, chaminés, moinhos de vento, mastros, edifícios permanentes, etc. Estas serão visíveis perto de costa/na costa.

Cabos, Ilhas, estruturas ao largo. - Os navegadores utilizam azimutes de resguardo à esquerda e à direita e ângulos verticais ao topo dos precipícios, etc.

Facilidades Portuárias e instalações. – Determinar as dimensões e altura dos molhes, orientação e profundidades, tipo de construção, ancoradouros e facilidades de atracação, facilidades para

pequenas embarcações, detalhes para embarcações visitantes, marinas, clubes náuticos, facilidades de reabastecimento de combustível, etc.

Características Principais em Terra:

- a) Objetos Naturais – Colinas, rios, lagos, pântanos, bosques, contornos, etc.
- b) Objetos Artificiais – Edifícios, cidades, bandeiras, estradas, linhas de caminho de ferro, fábricas, etc.
- c) Contornos – Suficientes para indicar a altura e forma da região costeira.
- d) Natureza da topografia de costa – Para ajudar o reconhecimento e seleção de locais para desembarque.

Luzes. – Os detalhes devem ser verificados no campo e comparados com a Lista de Luzes.

Roteiros. – Descrição detalhada de toda a linha de costa, dos portos e facilidades portuárias.

5.4. Topografia

Caso exista mapas de levantamentos topográficos recentes, fotografias aéreas ou impressões a partir de fotografia, devem ser totalmente verificados no campo e quaisquer discrepâncias devem ser assinaladas e registadas.

A topografia representada nas cartas de grande escala deverá ser igualmente verificada no campo para ser atualizada ao pormenor o que normalmente não é representado nas cartas e que não é visível em fotografias aéreas, prestando especial atenção aos detalhes da costa, por exemplo, balizas, bandeiras, quebra-mar, etc. Os objetos cartografados que já não existem devem ser registados, de preferência como “retirado (apagar)” numa cópia da carta, que deverá ser enviada com os resultados do levantamento.

Nenhum detalhe topográfico deve ser representado na prancheta a menos que tenha sido adquirida no campo, ou se a sua existência e localização no mapa ou fotografia aérea tiverem sido confirmadas pelo hidrógrafo. Os detalhes recentemente levantados devem ser incluídos, enquanto que os detalhes oriundos de outras fontes e que são considerados corretos podem ser transferidos para a prancheta tendo em conta o poder discricionário do hidrógrafo para uma apresentação mais equilibrada e completa. Os detalhes devem ser inseridos meticulosamente, de modo a que não se coloquem quaisquer dúvidas sobre a sua autenticidade em subseqüentes pedidos de informação.

Quando não existem mapas ou fotografias aéreas recentes, a posição de todos os detalhes topográficos úteis para o navegador devem ser determinados com exatidão e representados na prancheta. Em particular, todas as estruturas que podem ser utilizadas para determinar a posição do navio, quer visualmente ou por radar, devem ser registados e, se possível, coordenados. A não ser que se tenha tempo e meios disponíveis, não devem ser dispendidos esforços em recolher dados topográficos de menor detalhe ou sem interesse para o navegador ou que não sejam visíveis do mar.

Quaisquer alterações encontradas devem ser reportadas.

5.5. Delimitação da linha de baixa-mar (*Drying line*)

A linha de baixa-mar é, em geral, a linha base para determinação dos limites do mar territorial e das linha base associadas e a sua cuidadosa delimitação é muito importante porque pode afetar os limites da pesca, a observância dos regulamentos da poluição, as licenças de extração mineira ao largo, bem como a delimitação das fronteiras internacionais. Os hidrógrafos devem, portanto, ter

especial cuidado na delimitação da linha de baixa-mar no continente, ilhas e estruturas localizadas na zona de cobre e descobre, embora possam ser de pouco interesse para o navegador.

O levantamento de uma área que envolve características que podem ficar a seco (área cobre descobre) deve ser considerado incompleto se a linha de baixa-mar não estiver devidamente delineada, a menos que sejam emitidas instruções específicas em contrário.

5.6. Alturas das características em terra

A altura de todos os terrenos ribeirinhos na costa deve ser obtida mesmo que a sua elevação seja reduzida, em particular todas as pequenas ilhotas e rochas que aparecem acima do nível de água devem ter a sua altura registada. Se não houverem cumes disponíveis, a altura das pontas da árvore ou ilhas devem ser calculadas e registadas. Da mesma forma, a altura de todas as características artificiais altas tais como postes, chaminés etc.

As falésias devem ter anotada a sua altura e a sua cor, se for conspícua.

As alturas de objetos devem ser referidas ao Nível Médio do Mar (ou equivalente). Se isto for impossível, a altura real do objeto pode ser mostrado como uma legenda. Para objetivos específicos ou em levantamentos em rios, outros critérios para o plano de referência podem ser utilizados.

5.7. Carteando o espraído

A principal preocupação quando se efetua a cartografia do espraído é a determinação da posição de todos os perigoso que podem ter escapado durante a sondagem, como os afloramentos rochosos ou obstruções construídas pelo homem. As posições dos objetos que estão para além da linha de baixa-mar devem ser determinadas, tais como as condutas ou cabos proeminentes que se estendem da praia para o mar para além da linha de baixa-mar e que possam ser um perigo para as embarcações que fundearem. A natureza do espraído deve ser registada.

5.8. Overlay da linha de costa

Uma *overlay* da linha de costa devidamente preparada deve conter:

- a) Título do levantamento. Número específico do levantamento, escala, nome do navio e qualquer outra identificação subsidiária;
- b) Posição de todas as marcas coordenadas utilizadas;
- c) A grade em coordenadas geográficas cujas posições são marcadas com um círculo a tinta cujo valor é indicado pelo menos com 2 posições;
- d) Escala da diagonal;
- e) Meridianos verdadeiros e magnéticos;
- f) Uma nota do valor da distância mínima impressa, que é $\frac{1}{4}$ de mm em papel, independentemente da escala ($1: 10\ 000 = 2\ \frac{1}{2}$ m)

5.9. Utilização de prancheta de fotografia aérea

Uma prancheta de fotografia aérea da área costeira dentro dos limites do levantamento hidrográfico poderá, por vezes, ser preparada no Serviço Hidrográfico quando:

- a) A topografia existente encontrar-se ultrapassada, seja medíocre ou inexistente;

- b) As características hidrográficas com interesse, por exemplo rochas submarinas são representadas inadequadamente ou não se encontram incluídas nos mapas topográficos e são evidentes nas fotografias efetuadas;
- c) As alturas das áreas a seco podem ser estabelecidas de forma rigorosa e eficiente por meios fotogramétricos.

Quando uma prancheta de fotografia aérea tenha sido fornecida como apoio a uma especificação de um levantamento, pode ser adotado o seguinte procedimento:

- a) A prancheta de fotografia deve ser cuidadosamente verificada no campo para os erros de interpretação da foto, forma e posição. As dificuldades enfrentadas na compilação da prancheta e discrepâncias com os dados existentes, devem ser salientados no relatório que acompanha a fotografia. Especial atenção deve ser dada à resolução dessas divergências;
- b) Os dados da prancheta de fotografia que não foram verificados no campo não devem ser incluídos na prancheta batimétrica. Convém notar que a linha de água retirada da fotografia aérea raramente coincide precisamente com *Datum* da Carta, especialmente em áreas com declive pouco pronunciado e pode haver uma necessidade de ajustá-lo antes de inserir na Prancheta final;
- c) Emendas à fotografia devem ser ilustradas através da marcação das correções numa cópia da prancheta;
- d) Quando exigido, as fotografias aéreas fornecidas devem ser marcadas e identificadas no verso, para ilustrar o controlo adicional estabelecido para o levantamento.

As fotografias aéreas existentes podem ser de grande utilidade na delimitação da linha de costa. Os pontos de controlo no terreno anteriormente utilizados devem ser verificados tendo em conta o sistema de referência do levantamento e tendo em mente que a escala do voo pode ter de ser expandidas 4 ou 5 vezes para igualar a escala do levantamento. Note que erros na elevação do terreno em fotogrametria são cerca de 1/5000 da altura do voo enquanto os erros horizontais são bastante inferiores.

Quando o objetivo é a delimitação da linha de costa devem ser planeadas faixas retilíneas paralelas à linha de costa. A sobreposição das faixas deverá incluir pontos de controlo comuns e os voos devem ser efetuados em períodos de baixa-mar.

Para os levantamentos de grande escala (inferiores a 1:50000) em que será utilizada fotogrametria para a obtenção do relevo do terreno e outros detalhes topográficos será necessário um controlo a 3D adicional. Os erros nas coordenadas dos pontos de controlo no terreno devem ser inferiores a metade dos erros da aerotriangulação dos pontos utilizados durante a interpretação fotogramétrica.

Para o ajustamento da faixa de aerotriangulação são obrigatórios 4 pontos de controlo planimétricos (3D). Para cada faixa devem ser selecionados no seu interior mais pontos de controlo.

Em voos mais complexos com um grande número de faixas paralelas, a aerotriangulação possibilita efetuar um ajustamento em bloco. Os pontos de controlo planimétricos no terreno podem ser da ordem de $5+0,2M$ (onde M = o número do modelo do processo aerotriangulação). Pontos de controlo altimétricos adicionais podem ser requeridos em áreas onde são necessárias alturas exatas dos objetos.

Para os levantamentos de menor escala (superior a 1:50000) é exigido um menor número de pontos de controlo no terreno, apenas alguns com as coordenadas horizontais conhecidas. Isso também é válido para a imagem por satélite.

A fotogrametria ou imagens por satélite não dispensa o hidrografo de efetuar no campo a exploração da linha de costa.

5.10. Métodos para obtenção da linha de costa

Seja qual for o método utilizado, os pontos devem ser determinados sobre o nível da preia-mar (HWL) tão perto no papel que os detalhes conseguem-se distinguir com exatidão. O espaçamento no papel depende, portanto, da complexidade da linha de costa.

O registo típico para tirada utilizando um sextante e uma estaca de 10 polegadas é detalhado abaixo. Um registo similar será empregue quando se efetua a intersecção das linhas de posição ou quando se usa uma combinação de ambos os métodos. Observe que o diagrama engloba todos os ângulos e distâncias constantes na página de registo.

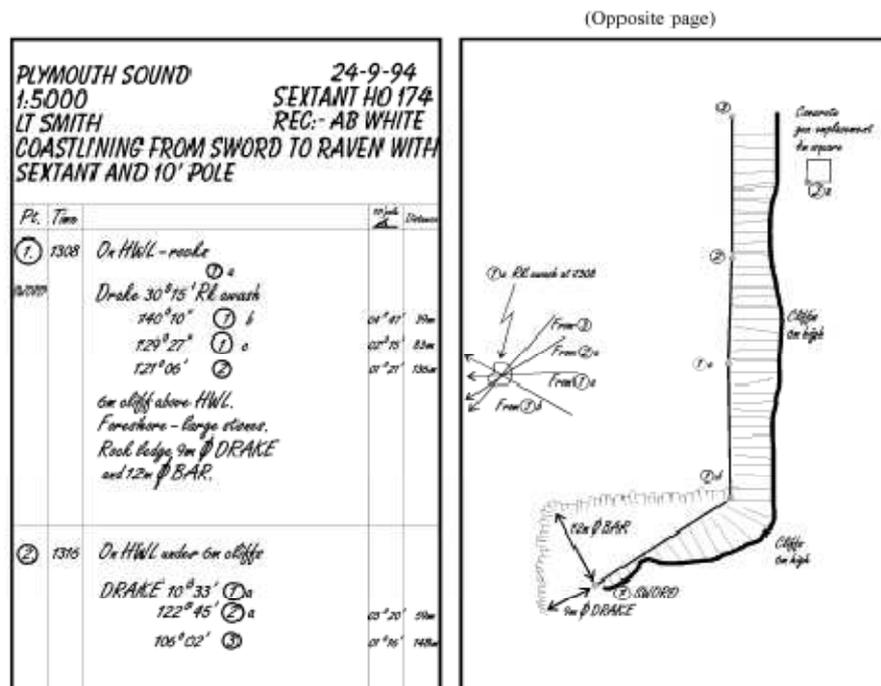


Figura 7.16

5.11. Traçar a linha de costa

É costume desenhar a linha de costa traçando as posições derivadas da intersecção de linhas de posição ou dos pontos retirados diretamente numa *overlay* da linha de costa, apesar de também poder ser utilizada uma folha milimétrica. Poderá também ser apropriado calcular os pontos de viragem de uma tirada e ajustá-los antes de traçar. Selecione vários pontos de coordenadas conhecidas usados para iniciar e fechar as tiradas enquanto que os restantes detalhes da linha de costa podem ser traçados à mão.

O método gráfico para traçar a linha de costa é dado em seguida:

- Traçar os pontos por protração de ângulo e distância. Será conveniente a utilização de um grande transferidor circular de plástico transparente, compasso, picador e lápis 4H bem

afiado. É importante lembrar-se de evitar o uso de zeros curtos sobre o papel para alinhar o transferidor. Quando traçar os raios, deve garantir que estes são desenhados mais compridos que o exigido e os buracos feitos nos cantos do transferidor são marcados de forma a poderem ser utilizados novamente para alinhamento do transferidor caso seja necessário. É importante fazer isto quando o objeto de referência é a marca traseira da transversa e desta forma o zero para o traçado deve ser bastante curto se a marca traseira dos buracos fossem utilizados para alinhar o transferidor. Se os resíduos da transversa forem aceitáveis esta deve ser ajustada graficamente. Se os resíduos existentes forem grandes normalmente será devido a um único erro grosseiro do que a uma acumulação de erros menores. A gravação deve ser cuidadosamente verificada antes de ser abandonada e voltar a efetuar um novo levantamento da secção no campo;

- b) Os pontos intermédios, tangentes e *plotting shots* são desenhados a partir das posições corretas dos pontos de viragem; deve-se ter cuidado a zero nos pontos corretos das marcas traseiras, desenhar das linhas através deles;
- c) O detalhe da linha de costa entre os pontos intermédios é inserida de seguida utilizando o esboço cartográfico; fotografia aérea e os mapas existentes são bastante úteis tal como a informação retiradas nas notas dos sondadores no final de cada fiada;
- d) A linha de costa é então colorida utilizando as cores e símbolos apropriados (consultar INT5011). Quando representar arribas ou costas íngremes, a base das arribas deve ser corretamente representada mas o topo pode ser desenhado bastante dentro de forma a permitir inserir o trabalho com a caneta; um exagero semelhante é necessário com determinados símbolos mas é preciso ter muito cuidado com aqueles que representam características da baixa-mar para garantir que o limite para o lado do mar é representado corretamente.

5.12. Relatório da delineação da linha de costa

Os levantamentos da linha de costa devem ser reportados de acordo com o Apêndice 2 deste capítulo, no entanto alguns dos aspectos mais importantes são os seguintes:

- a) Declaração do objetivo do trabalho, anotando se é para atualização de uma carta existente, para uma nova carta ou para fins especiais. Indique quais as outras fontes de material utilizadas para além das observações de campo efetuadas pelo hidrógrafo no terreno;
- b) Um breve resumo dos métodos utilizados e as medições efetuadas para estabelecer o controlo para o levantamento da linha de costa, incluindo quaisquer pontos de controlo para as fotografias aéreas;
- c) Realçar eventuais dificuldades encontradas e de quaisquer trabalhos adicionais requeridos; fornecer uma indicação da duração prevista antes de efetuar novo levantamento se for necessário;
- d) Fornecer uma avaliação dos erros de coordenação dos objetos e marcas levantadas;
- e) Descrever todos os novos pontos de controlo estabelecidos com a indicação da esperança de vida, relatar os pontos de controlo antigos que foram reocupados e avaliar o estado do material; deve ser efetuada uma descrição detalhada de todos os pontos;
- f) Deverão ser entregues informações completas sobre os resultados obtidos; todas as impressões, fotografias, gravações vídeo, relatórios com informação dos portos e portuárias, amostras obtidas e registos do levantamento devem ser listados para serem entregues;

- g) As fontes da toponímia que tenham sido obtidos deverão ser comunicadas, caso obtido localmente os mapas modernos devem ser utilizados para confirmar esses nomes, as cópias devem ser enviadas com o Relatório do Levantamento;
- h) O hidrógrafo deve comentar a plenitude do levantamento e indicar onde é necessário novos trabalhos.

Como com todos os registos dos levantamentos, é vital que todos os registos do levantamento da linha de costa sejam verificados para garantir que não existam anomalias e que existe coerência entre as informações citadas. Todos os registos a serem entregues devem ser cuidadosamente controlados e listados para garantir que no Serviço Hidrográfico exista um entendimento claro do levantamento.

6. PROCESSAMENTO DE DADOS

O cuidado e a atenção dedicada ao trabalho no campo deve ser estendida a todos os aspectos do processamento de dados e para a anotação cuidadosa e legível de todos os materiais originais usados para gerar os registos finais. O princípio subjacente a ser observado na elaboração dos registos de qualquer levantamento é que eles devem ser totalmente compreensíveis para qualquer pessoa que tenha um conhecimento sólido do tipo de levantamento em causa. A preparação de todos os dados na forma estabelecida, ordenada, concisa e exata, é absolutamente vital; a terminologia utilizada deve ser efetuada de acordo com as definições da Publicação S-32 da OHI.

6.1. Batimetria

O resultado do processo de detecção do fundo, quando se utiliza um SMF, é o tempo exato e o ângulo de chegada para cada profundidade medida. Estes 2 parâmetros, conjuntamente com a informação do perfil da velocidade do som na água são utilizados como entradas para os algoritmos de traçado do raio sonoro que irão convertê-los numa profundidade determinada com exatidão e numa distância perpendicular à fiada que é realizada quase em tempo real.

O grande volume de dados recolhidos com SMF significa invariavelmente que o processamento por área é o único método realista. Os levantamentos efetuados com SFS podem ser processados de forma semelhante, porém um processamento fiada a fiada com comparação direta com o trajeto do, se gerado, é muitas vezes mais adequado.

A utilização de sistemas de navegação por satélite tem vindo a reduzir a quantidade de pós-processamento e a necessidade de edição da trajetória da embarcação. Porém um cuidadoso CQ da saída do sistema de navegação online e as estatísticas são fundamentais para garantir que os requisitos posicionais são alcançados.

Os dados dos perfis da velocidade de propagação do som da coluna de água deverão ser obtidos em intervalos regulares durante as operações de sondagem particularmente se não estiverem a ser efetuadas e aplicadas observações contínuas da velocidade de propagação do som. O intervalo entre as observações da velocidade de propagação do som vai ser determinado pela dinâmica ambiental avaliada a partir dos dados iniciais temporais e espaciais obtidos em conformidade com o parágrafo 4.4.5.

Todos os algoritmos utilizados na edição dos dados deverão ser registados e incluídos no Relatório do Levantamento de forma a permitir uma clara compreensão do processamento pelo Serviço Hidrográfico. A suavização e os parâmetros dos filtros podem ser detalhados na Especificação Hidrográficas ou estabelecidos por norma do Serviço Hidrográfico. Qualquer alteração deve ser justificada no Relatório do Levantamento. O excesso de filtragem e suavização deve ser evitado.

O processo de edição e tratamento deve seguir uma lógica, permitindo efetuar uma auditoria clara a todas as ações e parâmetros a fim de serem verificados e aprovados. Uma rotina de CQ deve estar em funcionamento durante todo o levantamento que deverá permitir a comparação com levantamentos anteriores, cartas publicadas ou dados validados de levantamento, bem como comparar com dados adjacentes recentemente obtidos. Deve ser efetuada uma análise cuidadosa da comparação das sondas das fiadas principais com as de verificação, devendo ser impresso a estatística e se as diferenças forem $>\sqrt{2}$ vezes o balanço de erro da sonda previsto (*sounding error budget*) devem ser investigadas.

As marés observadas pelos marégrafos ou escala de marés devem ser reduzidas ao *Datum* da sondagem nas estações maregráficas utilizando os valores obtidos quando estes foram instalados. Qualquer fator cotidal em tempo e amplitude deve ser aplicado de forma a reduzir a sondagem aos valores da maré na área sondada.

Uma comparação diária entre o marégrafo e a escala de marés deve ser realizada através da comparação simultânea das leituras. Após redução para o *Datum* da sondagem, devem ser efetuadas leituras simultâneas do marégrafo e da escala de marés para garantir que o marégrafo se encontra a funcionar corretamente.

As leituras reduzidas dos marégrafos devem ser comparadas graficamente com a curva de maré esperada para a estação maregráfica de forma a assegurar a coerência dos dados e garantir que o marégrafo se encontra a funcionar corretamente. A não ser que se esperem anomalias nas curvas de maré, estas podem ser suavizadas, os saltos grandes e repetitivos devem ser referidos no Relatório do Levantamento e o marégrafo verificado para detectar qualquer mau funcionamento.

Quando se utilizam *links* telemétricos com marégrafos estabelecidos, deve ser efetuada uma comparação dos valores reais do marégrafo e os telemétricos durante o período de 25 horas de comparação entre a escala de marés e o marégrafo, e depois, em intervalos durante todo o levantamento.

A densidade de dados deve estar de acordo com os requisitos para a detecção de objetos, o que determinará o tamanho da grelha a ser utilizada. Nos levantamentos para a cartografia náutica o critério usualmente utilizado é a detecção das sondas mínimas, porém, há ocasiões em que a profundidade média será adequado. As Especificações Hidrográficas e a política do Serviço Hidrográfico devem fornecer orientações sobre os requisitos.

As Especificações Hidrográficas deverão detalhar a apresentação do produto final do levantamento incluindo os intervalos das isóbatas. No entanto, deve ser feito pleno uso das inúmeras ferramentas de visualização disponíveis para ajudar na verificação e no CQ do levantamento. Alguns dos formatos de visualização são:

- a) Impressões de sondas;
- b) Impressões das isóbatas;
- c) Visualização digital a cores das sondas e isóbatas;
- d) Modelo batimétrico colorido a 3 D;
- e) Modelo batimétrico escala cinza a 3 D iluminado.

Se forem criados modelos batimétrico escala cinza a 3 D iluminados, a superfície deve ser visualizada a partir de 2 direções perpendiculares de forma a destacar as anomalias ou artefatos que possam necessitar de uma investigação mais aprofundada.

Devem ser efetuadas anotações de todas as características e profundidades mínimas para comparação com os registos sonar, se estes forem obtidos. Em qualquer caso, deverá ser feita uma avaliação de forma a saber se é necessária uma investigação mais aprofundada.

6.2. Caracterização do fundo marinho

Os dados da textura deduzidos do registo sonar ou do *backscatter* serão conjugados num mosaico quer utilizando um sistema automático ou criando um desenho à mão da textura do fundo. Em ambos os casos a interpretação será guiada pela grelha das amostras de fundo efetuadas no início do levantamento.

Os detalhes iniciais devem incluir a batimetria das cristas das dunas (*sandwaves*), a posição das obstruções com as respectivas alturas e o início e o fim dos afloramentos rochosos e picos. O detalhe da textura deve ser impressa para definir os limites da textura. Devem ser tidos em conta cuidados para assegurar a conformidade dos detalhes da textura com as áreas previamente sondadas.

Irão ocorrer situações onde serão necessárias amostras adicionais do fundo para esclarecer a textura complexa do fundo. Deverão ser obtidas amostras adicionais em quantidade suficiente até atingir um grau de confiança de que o fundo se encontra classificado com exatidão.

A qualidade e a totalidade da cobertura sonar devem ser determinadas através da inspeção de:

- a) Uma impressão do trajeto da embarcação, as inspeções irão revelar se existem lacunas de cobertura devido à deficiente manutenção da embarcação na fiada ou de velocidade excessiva de reboque, estas lacunas devem ser efetuadas novamente;
- b) O controlo de qualidade dos dados de cada fiada que irão indicar se a velocidade máxima do reboque foi excedida, as áreas onde se excedeu a velocidade devem ser efetuadas novamente;
- c) Os registos sonar devem ser inspecionados para garantir que o peixe rebocado foi implantado à altura correta acima do solo e que os dados gravados são bons. Quaisquer áreas com dados suspeitos devem ser levantadas novamente.

6.3. Detecção de Objetos (estruturas)

Os destroços ou obstáculos artificiais que se elevam do fundo podem constituir um perigo para os navios ou submarinos a navegar nas áreas ao longo plataforma continental. Todos estes objetos devem ser localizados, examinados e registados.

Durante a primeira varredura sonar da área, têm de ser cuidadosamente analisados os registos sonar e todos os contactos são susceptíveis de representar obstruções que devem ser cuidadosamente anotados. Os contactos devem ser registados metodicamente com:

- a) Número do registo;
- b) Dia juliano e horas;
- c) Número do contacto (deve ser consecutivo durante o levantamento);
- d) Detalhes de posição;
- e) Canal estibordo/bombordo;
- f) Distância inclinada (*Slope range*);

- g) Inclinação (*layback*);
- h) Altura do peixe acima do fundo;
- i) Avaliação do contacto;
- j) Outras ações necessárias (isto é, investigação, adensamento, examinação rápida, nenhuma ação futura).

O registo do magnetómetro e os dados da profundidade devem ser cuidadosamente examinados para fornecer elementos de prova.

Para completar um exame, os registos devem ser cuidadosamente verificados para assegurar que o processo foi conduzido cuidadosamente. Os seguintes pontos devem ser considerados ao avaliar o detalhe de um exame:

- a) Desde que um destroço, áreas de fundo sujo ou obstruções continuarem a ser um perigo para a navegação ou para qualquer outra atividade marítima, estes devem aparecer na carta;
- b) Quaisquer objetos descritos como ecos não identificados “*non-sub*” ou que constituam áreas de fundo sujo devem ser encontrados, classificados, determinada a sua posição e registados; deve ser esclarecido se são perigos ou não para a navegação;
- c) A responsabilidade é a de classificar ou refutar todos os destroços cartografado, áreas de fundo sujo, obstruções ou entre em contactos anteriormente descritos como “*non-sub*”, a não ser que sejam refutados sem margem para dúvidas, eles devem permanecer na carta.

O exame satisfatório de cada objeto significativo localizado durante um levantamento é um fator importante na decisão se uma área foi totalmente coberta.

6.4. Observações auxiliares/diversas

As correntes de marés recolhidas durante o levantamento, independentemente do método utilizado, devem ser avaliadas quanto à sua solidez e consistência. Caso existam dados anteriores das correntes de marés, as novas observações devem ser comparadas de forma a garantir a continuidade e homogeneidade. Quando não existem dados anteriores, as observações devem ser inspecionados para garantir que estão de acordo com as correntes de maré sentidas durante o levantamento, podendo ser avaliadas a partir da comparação entre a proa verdadeira e velocidade de superfície em relação ao rumo e velocidade verdadeira.

É usual que a análise dos dados observados das correntes de marés para inclusão em cartas seja efetuado pelo Serviço Hidrográfico.

A posição média das ajudas à navegação flutuantes deve ser observada durante a baixa-mar e preia-mar, a não ser que a posição da poita possa ser deduzidos a partir da batimetria.

A posição, característica, sectores e descrição física de cada ajuda à navegação fixa ou flutuante deve ser comparada com a publicada na carta e com a Lista de Luzes para verificação de erros grosseiros. É importante verificar se as posições derivadas das ajudas à navegação cumprem os requisitos estabelecidos.

A lista final das ajudas à navegação fixas e flutuantes observadas e verificadas durante o levantamento devem ser comparadas com a lista original criadas a partir das cartas publicadas, Lista de Luzes, em conformidade com o parágrafo 4.8.3, de forma a assegurar a cobertura completa de todas as ajudas à navegação.

Quaisquer alterações aos dados publicados e confirmadas pelas autoridades competentes em conformidade com o ponto 4.8.7, devem ser comunicadas imediatamente por mensagem/e-mail para o Serviço Hidrográfico e acompanhado posteriormente por uma nota hidrográfica.

Os detalhes das operações rádio portuárias obtidas durante o levantamento, de acordo com o ponto 4.8.8, deverão ser verificados com a Lista de Radioajudas.

Devem ser entregues os pormenores de qualquer vida marinha, bioluminescência, *secchi*, observações das camadas profundas. Detalhes de outras características tais como pequenas marcas, lagos salgados e qualquer amostra de sedimento deve ser fornecida com uma descrição de como as observações foram efetuadas.

Se as frentes oceânicas, turbilhões (*eddies*) ou ondas internas tiverem sido investigados, devem ser fornecidos os detalhes da sua localização, o tipo de características, os métodos utilizados e os sensores empregues. Comentar sobre a forma como os dados foram entregues bem como todas as conclusões efetuadas.

6.5. Conformidade com o Planeamento

Deve ser efetuada uma avaliação da plenitude do levantamento e sua conformidade com a Especificação Hidrográfica e com o planeamento original. Quaisquer áreas que exijam uma investigação mais aprofundada, incluindo as áreas com cobertura incompleta ou onde os requisitos das Especificações Hidrográficas não tenham sido alcançados devem ser identificadas e quais são as ações necessárias para corrigir as deficiências que podem ser devido a limitações dos equipamentos ou condições físicas. Qualquer novo trabalho necessário deve ser realçado e devem ser efetuadas recomendações da forma como pode ser abordado com êxito no futuro.

7. ENTREGA DOS DADOS

7.1. Relatório do Levantamento

Quando qualquer tipo de material do levantamento é entregue ao Serviço Hidrográfico, este deve ser acompanhado de um relatório explicando como foi obtido. Em alguns casos, como nas Notas Hidrográficas, podem ser relativamente breves, mas na grande maioria dos casos o Relatório do Levantamento é a parte crucial dos dados do levantamento, devendo referir cada aspecto do levantamento e todos os outros dados a serem entregues com ele. Para levantamentos batimétrico convencionais, muitas vezes é dividido em duas partes; um exemplo do seu conteúdo está contido no Apêndice 2 do presente Capítulo.

O Relatório do Levantamento é o principal meio pelo qual o hidrógrafo responsável aprova o conteúdo de TODOS os registos do levantamento sendo portanto um documento muito importante, no qual o hidrógrafo deve ter um considerável cuidado na sua apresentação. Este deve ser claro e abrangente na forma como o levantamento foi realizado, dos resultados alcançados, as dificuldades encontradas e as lacunas. Na 1ª Parte deve ser dado ênfase à análise das exatidões alcançadas e se foram alcançados os requisitos das Especificações Técnicas e da Publicação da OHI S-44. A 2ª Parte contém a discussão técnica necessária para apoiar as opiniões expressas na 1ª Parte. Deve-se ter em mente que, muitas vezes, é tão importante dizer o que não foi feito e porquê, como dizer o que foi feito e como.

Um relatório minucioso do levantamento pode reduzir a necessidade de troca de correspondência posterior entre o Serviço Hidrográfico e unidade que efetua o levantamento, caso contrário esta pode ser necessária para elucidar questões que não foram cobertas num relatório menos exaustivo. O exemplo no Apêndice 2 apresenta um esboço do material de que é aconselhável incluir, juntamente com um formato adequado para levantamentos batimétricos. Nos parágrafos que não

são aplicáveis a um determinado tipo de levantamento é útil a utilização de uma breve declaração do tipo “Não foram efetuadas observações de”.

O Relatório do Levantamento é um registo significativo do levantamento, tal como qualquer outro e deve ser compilado e apresentado com a mesma cautela, cuidado e exatidão. O modo e o formato de como o Relatório do Levantamento é entregue ao Serviço Hidrográfico irá variar de acordo com os requisitos nacionais.

O Relatório do Levantamento e os respectivos dados associados serão entregues ao Serviço Hidrográfico, onde serão submetido a um rigoroso processo de avaliação e validação. Recomenda-se que uma cópia completa dos dados seja mantida na unidade que efetuou o levantamento até que todas as perguntas sejam respondidas. Deve ser lembrado que o Relatório e o conjunto de dados verificados serão arquivados e permanecerão a título definitivo como uma fonte de dados para a criação de produtos futuros.

7.2. Requisitos dos Dados

As Especificação Técnicas irão articular a razão para efetuar o levantamento e os requisitos primários dos produtos para o cliente, ou seja, levantamentos para a segurança da navegação ou para colocação de oleodutos/cabos submarinos que originaram batimetria, levantamentos arqueológicos ou guerra de minas que originaram a deteção de objetos enquanto levantamentos ambientais podem originar textura dos fundos marinhos e da coluna água. O Serviço Hidrográfico deve detalhar os dados que devem ser entregues após a conclusão do levantamento e qual o período de tempo.

7.3. Formato e Densidade dos Dados

A maioria das organizações hidrográficas tem normas detalhadas para o formato e a densidade dos dados de forma a satisfazer os seus requisitos. As Especificações Hidrográficas devem detalhar quaisquer variações no formato dos dados a estas normas, o que dependerá dos sistemas utilizados no levantamento e dos sistemas disponíveis para verificação e validação dos dados entregues. As modificações à densidade dos dados serão estipuladas nas Especificações Hidrográficas.

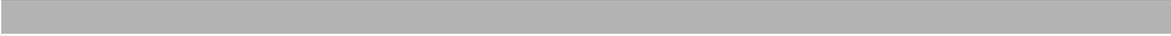
As ferramentas de visualização modernas têm permitido uma maior flexibilidade na apresentação de dados para o hidrógrafo tanto gráfica como digitalmente. Devem ser tidos cuidados para garantir que a prudência inerente dos levantamentos hidrográficos não é ofuscada por o imagens coloridas que podem ser criadas com relativa facilidade e com pouca interação humana.

7.4. Requisitos de Média

As Especificações Hidrográficas detalharão em que tipo de formato média os dados do levantamento devem ser entregues, dependendo se o cliente pediu o levantamento digital completo ou pranchetas específicas. Os média mais utilizados são:

- a) DVD;
- b) CD-ROM;
- c) Cassete DAT;
- d) Películas gravadas Ozatex / Cronaflex;
- e) Registos em papel.

Qualquer que sejam os média utilizados, deve ser tomado muito cuidado com a transmissão e o tratamento para garantir que os dados chegam ao seu destino final incorruptíveis e intactos. Grande parte dos dados serão únicos e irão formar a base para alteração e manutenção das cartas e publicações até que a área seja novamente levantada (muito provavelmente muitos anos depois) passando a fazer parte do registo dos arquivos públicos da nação. Como tal, este material deverá ser guardado com o maior grau de segurança para evitar que se perca uma parte ou a totalidade, o que seria claramente muito dispendioso em tempo, esforço e material.



REFERÊNCIAS

Edition 1/04 2004	<i>Hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys</i>	UK Hydrographic Office
17 th Edition 1996	<i>General Instructions for Hydrographic Surveys</i>	UK Hydrographic Office
11 th Section 1968	<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 1</i>	UK Hydrographic Office
1969 to 1973	<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 2</i>	UK Hydrographic Office
PP24 (Parts 1 & 2) 1987	<i>The Use of Side-scan Sonar for Hydrographic Surveying and the Gathering of Bottom Texture Information</i>	UK Hydrographic Office
5 th edition – 1994	<i>“Hydrographic Dictionary” S-32</i>	International Hydrographic Organization, Monaco
5 th edition – 2008	<i>“IHO Standards for Hydrographic Survey” S-44</i>	International Hydrographic Organization, Monaco
1 January 2002	<i>EM 1110-2-1003 “Hydrographic Surveying”</i>	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
1 July 2003	<i>EM 1110-1-1003 “NAVSTAR Global Positioning System Surveying”</i>	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
Fourth Edition 4 July 1976	<i>“Hydrographic Manual”</i>	Melvin J. Umbach Rockville, Md. U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
March 2003	<i>NOS Hydrographic Surveys “Specifications and Deliverables”</i>	National Ocean Service (NOS) U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
A.A. 2002/2003	<i>“Lezioni di Idrografia teorica ed operativa”</i>	National Ocean Service (NOS) Luigi Sinapi Napoli
1976	<i>“Electronic Surveying and Navigation”</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
January 1983	<i>“Electronic Surveying in practice”</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
1991	<i>“Radionavigation system”</i>	Börje Forssell Prentice Hall International (UK) Ltd
July 1974	<i>“Sea Surveying”</i>	Alam E. Ingham John Wiley & Sons, Inc New York (USA)

BIBLIOGRAFIA

Edition 1/04 2004	<i>Hydrographic Quality Assurance Instructions for Admiralty Surveys</i>	UK Hydrographic Office
17 th Edition 1996	<i>General Instructions for Hydrographic Surveys</i>	UK Hydrographic Office
11 th Section 1968	<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 1</i>	UK Hydrographic Office
1969 to 1973	<i>Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Volume 2</i>	UK Hydrographic Office
PP24 (Parts 1 & 2) 1987	<i>The Use of Side-scan Sonar for Hydrographic Surveying and the Gathering of Bottom Texture Information</i>	UK Hydrographic Office
PP25 1990 1998	<i>The assessment of the Precision of Soundings</i> "La georeferenziazione delle informazioni territoriali"	UK Hydrographic Office Luciano Surace Estratto dal "Bollettino di geodesia e scienze affini"
Prima Edizione – 2000 Prima Ristampa – 2001	"GPS Principi Modalità e Tecniche di Posizionamento" "Topografia"	A. Cina Celid L. Costa Cooperativa Libreria Universitaria – Genova
Terza Edizione – 1949 II 3100. Quinta Edizione – 1992/Prima Ristampa – 1998 NorMas FC 1028 Seconda Edizione – 1978 5 th Edition – 1994	"Manuale di Idrografia per la costruzione delle carte marine" "Manuale dell'Ufficiale di Rotta" "Norme di Massima per i Rilievi Idrografici" "Hydrographic Dictionary" S-32	Manoia G. Romagna Accademia Navale di Livorno Istituto Idrografico della Marina, Genova
5 th Edition – 2008	"IHO Standards for Hydrographic Survey" S-44	Istituto Idrografico della Marina, Genova International Hydrographic Organization, Monaco International Hydrographic Organization, Monaco
1 January 2002	EM 1110-2-1003 "Hydrographic Surveying"	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
1 June 2002	EM 1110-1-1004 "Geodetic and Control Surveying"	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
1 July 2003	EM 1110-1-1003 "NAVSTAR Global Positioning System Surveying"	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
31 August 1994	EM 1110-1-1005 "Topographic Surveying"	U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington.
Fourth Edition 4 July 1976	"Hydrographic Manual"	Melvin J. Umbach Rockville, Md. U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOS)
March 2003	NOS Hydrographic Surveys "Specifications and Deliverables"	U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Ocean Service (NOS)

A.A. 2002/2003	<i>“Lezioni di Idrografia teorica ed operativa”</i>	Luigi Sinapi Napoli
1976	<i>“Electronic Surveying and Navigation”</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
January 1983	<i>“Electronic Surveying in practice”</i>	Simo H. Laurila John Wiley & Sons, Inc New York (USA)
1991	<i>“Radionavigation system”</i>	Börje Forssell Prentice Hall International (UK) Ltd
July 1974	<i>“Sea Surveying”</i>	Alam E. Ingham John Wiley & Sons, Inc New York (USA)

