

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NO RIO URUGUAI

Claudia Pereira Krueger
Luís Augusto Koenig Veiga
Pedro Luis Faggion

Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Departamento de Geomática
ckrueger@ufpr.br, kngveiga@geoc.ufpr.br, faggion@geoc.ufpr.br

RESUMO

No âmbito marinho, a concepção inicial do GPS era a de um sistema de navegação. Posteriormente, novos campos de aplicação para esse sistema foram se descortinando, como por exemplo: mapeamento do fundo do mar; levantamentos hidrográficos precisos; monitoramento de assoreamentos e de erosão em rios, lagos, áreas costeiras e áreas portuárias; controle de atitude em embarcações, bóias e plataformas flutuantes; navegação precisa em áreas costeiras. Atualmente, verifica-se o grande interesse nas aplicações em tempo real e na integração com outros sensores. O propósito deste artigo é mostrar os resultados alcançados com um levantamento batimétrico realizado em duas áreas do Rio Uruguai, as precisões alcançadas e os problemas encontrados na região.

ABSTRACT

GPS was firstly concerned in the marine environment as a navigation system. Since then, new applications have been developed, such as: sea bottom mapping, precise hydrographical surveyings, shoreline monitoring (in terms of in retreat or progradation), the precise positioning of vessels, of artificial reefs, buoys and floating platforms; the location of artificial reefs; the cadastral surveys of ports and the establishment of a local geodetic network. At the present, there is a great interest in real-time applications and in the integration with other sensors. The purpose of this paper is to present the results obtained from a bathymetry survey performed in 2 areas of the Uruguai River, the accuracy and the problems found in the region.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um extenso litoral e grande quantidade de rios navegáveis, os quais são utilizados para o transporte de pessoas e cargas e o para o lazer e turismo. Contudo faz-se necessário que estas áreas sejam cartografadas. A execução e o controle dos levantamentos hidrográficos, bem como a produção e edição das cartas náuticas são atribuições da Marinha do Brasil, através da Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN. Estas cartas náuticas brasileiras são reconhecidas pelos serviços hidrográficos de todo o mundo e pela Organização Hidrográfica Internacional, devido à sua qualidade e a precisão da tecnologia empregada.

Na divisa dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul localiza-se um trecho do rio Uruguai onde foi realizado um levantamento hidrográfico, o qual se desenvolveu em duas áreas distintas. A área 1 compõem-se de 25 perfis transversais às margens deste rio e de 9 perfis longitudinais perfazendo um total de 1,43 km². Na área 2 foram realizados 24 perfis transversais às margens deste rio e 1 perfil em diagonal, perfazendo um total de 2,10 km². A

precisão deste levantamento será verificada mediante a análise das profundidades nos pontos de interseção entre os perfis longitudinais e transversais.

Na figura 01 observa-se, esquematicamente, as áreas levantadas 1 e 2, bem como a distribuição dos perfis.

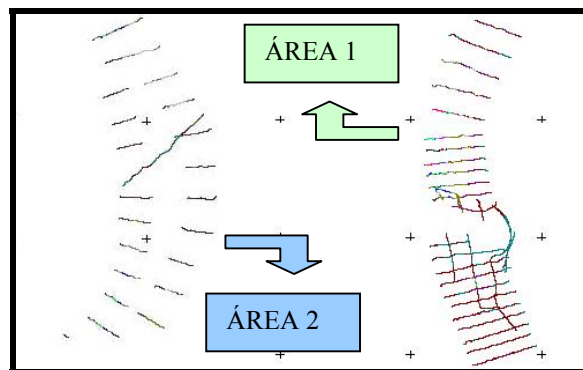


Fig. 1 – Áreas levantadas 1 e 2, com os seus respectivos perfis transversais e longitudinais

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Alguns conceitos fundamentais serão abordados nesta seção.

DGPS

O princípio do GPS Diferencial (DGPS) (Krueger, 1996) consiste no posicionamento de uma estação móvel através das correções geradas na estação de referência. Essas correções são enviadas em tempo real por meio de um sistema de comunicação (rádio de transmissão, linha telefônica, ou satélites de comunicação) e dentro de um formato apropriado, definido pela Radio Technical Committee for Maritime Service-RTCM.

Levantamento Hidrográfico

Entende-se como Levantamento Hidrográfico (LH), o conjunto de trabalhos executados na obtenção de dados batimétricos, geológicos, maregráficos, fluviométricos, topo-geodésicos, de ondas, de correntes e outros, em áreas marítimas, fluviais, lacustres e em canais naturais ou artificiais, navegáveis ou não, desde que não tenham como finalidade a pesquisa e a investigação científica, de que trata o Decreto nº 96.000, de 02 de maio de 1998.

Levantamento Batimétrico

Este levantamento tem por objetivo realizar as medições de profundidades associadas a uma posição na superfície d'água, necessárias em áreas marítimas, fluviais, em lagoas, e em canais naturais ou artificiais, navegáveis ou não, visando a representação destas áreas em uma carta. As profundidades são de extrema importância para que se possa representar as linhas isobáticas, as quais permitirão a visualização da topografia submersa. Diversos instrumentos podem ser empregados na medição de profundidades, dentre eles: o prumo de mão, a máquina de sondar, as estádias e os ecobatímetros.

Ecobatímetro

O seu princípio fundamental de um ecobatímetro consiste em que um feixe de ondas sonoras (frequência menor que 18 KHz) ou ultra sonoras (frequência maior que 18 KHz) seja transmitido verticalmente por um emissor instalado na embarcação, atravessando o meio líquido até atingir o fundo submerso e aí se reflete, retornando à superfície, onde é detectado por um receptor. O tempo decorrido entre a emissão do sinal e a recepção do eco refletido do fundo submerso é convertido em profundidade, visto que a velocidade do som na água é conhecida ou determinada. Basicamente, eles são compostos de: transmissor, receptor, amplificador, registrador, transdutor e comando de transmissão (fig. 02). A intervalos de tempos constantes, o comando de transmissão envia um pulso ao transmissor, que recebendo este sinal, envia um pulso de energia elétrica de potência muito maior que a recebida, ao transdutor. O transdutor de recepção transforma energia elétrica em sonora (pelo princípio da magnetostricção ou da piezoelectricidade). O eco refletido pelo fundo submerso impressiona o transdutor de recepção, que transforma energia sonora em elétrica, que é, por sua vez, enviada ao

medidor de intervalo de tempo. Nele, é medido o intervalo entre a emissão do pulso e a recepção do eco, que é transformado diretamente em profundidade e apresentado, visualmente ou graficamente, no registrador (Miguens, 1996).

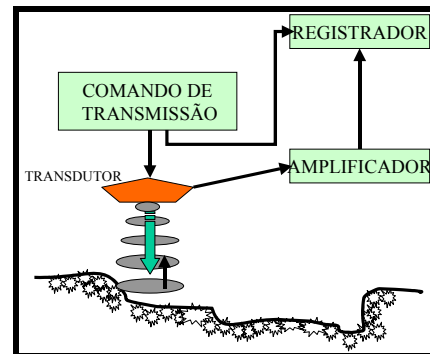


Fig.2 – Princípio de Funcionamento do Ecobatímetro (Adaptado de Miguens, 1996)

3 METODOLOGIA

Levantamento Batimétrico

O levantamento batimétrico das seções, indicadas na figura 01, foi realizado utilizando-se o sistema DGPS para o posicionamento bidimensional da embarcação acoplado ao sistema ecobatimétrico para a medição das profundidades.

Nestes levantamentos, foram utilizados os equipamentos relacionados a seguir:

- receptores Ashtech Z-XII com o DGPS;
- sistema de comunicação, composto por um par de rádios Pacific Crest, operando com uma potência de 35 W e 2 W, na faixa de UHF em FM;
- computador laptop com o programa hidrográfico HYPACK ; e
- ecobatímetro modelo SDH-13A , instalado com o DIGITRACE.

Conforme já citado na seção 2, o DGPS necessita de uma estação de referência e de uma estação móvel, a primeira foi instalada sobre uma RN denominada M2, situada no alto de um morro as margens do rio Uruguai. Nessa estação, instalou-se receptor Ashtech Z-XII; o rádio Pacific Crest operando com uma potência de 35W e os demais acessórios. As coordenadas geodésicas desta estação foram determinadas à priori através de um posicionamento relativo estático com uma precisão relativa milimétrica.

A estação móvel (figura 3) constituiu-se por uma embarcação, onde foram instalados um receptor Ashtech Z-XII; o outro rádio Pacific Crest operando com uma potência de 2W, o ecobatímetro SDH-13 e um computador , no qual estava trabalhando o programa hidrográfico HYPACK.

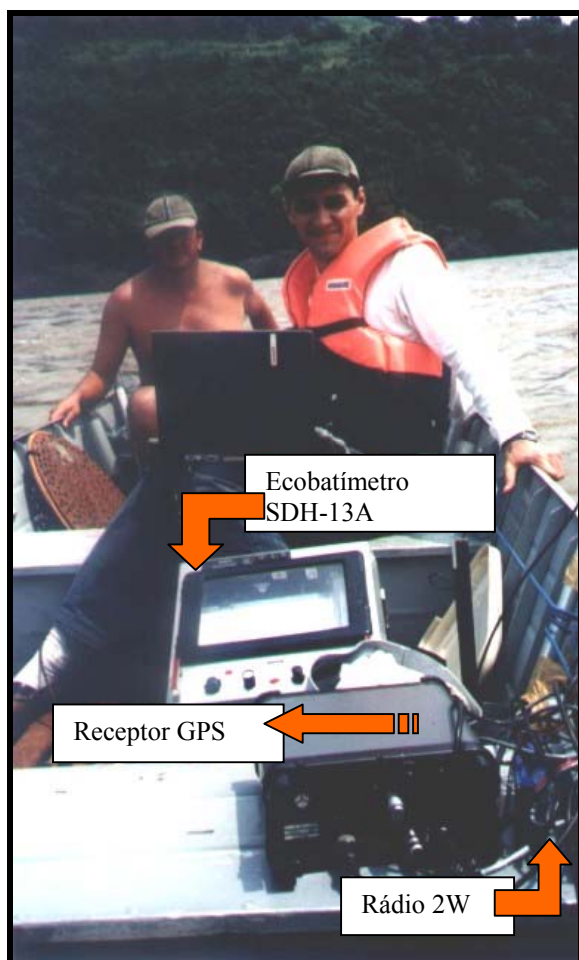


Fig.3 – Estação Móvel

O ecobatímetro utilizado, modelo SDH-13A, é portátil, preciso e permite tanto leituras gráficas das profundidades (ecogramas), quanto leituras digitais no visor. Opera numa frequência de 208 KHz realizando medidas de profundidades a partir 0,35 m até 123 m. Seguindo as orientações estabelecidas em Krueger (1996), empregou-se um transdutor de borda de feixe único e com uma ângulo de abertura de $8^\circ (+/- 1^\circ)$, o qual foi instalado de forma centrada em relação a antena cinemática GPS (figura 4), visando a simplificação do modelo matemático de correção dos erros no posicionamento da antena GPS em relação ao ecobatímetro.

Para obtenção das profundidades locais no instante da sondagem faz-se necessário somar às leituras do ecobatímetro, o valor do calado da embarcação. O DIGITRACE permite a introdução deste valor no instante do levantamento batimétrico, de modo que as suas indicações tem como referência a lâmina d' água. O valor do calado estático está associado a montagem do conjunto transdutor, sargento, tipo de embarcação e quantidade de peso no seu interior. No levantamento realizado, o calado foi medido após todos os componentes da equipe estarem em seus lugares e todos os equipamentos estarem devidamente instalados, resultando em 20 cm.

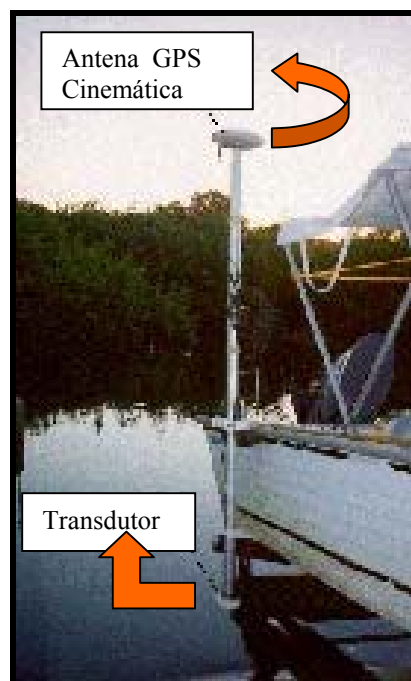


Fig.4 – Antena Cinemática GPS e Transdutor posicionados na embarcação

Os ecobatímetros devem ser calibrados buscando-se a correta medição da profundidade. Esta calibração é realizada alterando-se a frequência do sinal emitido e conseqüentemente obtendo-se uma adequada velocidade de propagação do som na água. Nestes levantamentos empregou-se um disco de calibragem, preso a uma corda graduada de meio em meio metro, com um comprimento de 2,5 metros. Este disco é posicionado abaixo do transdutor a uma profundidade conhecida. A profundidade obtida com o emprego deste disco deve ser igual a profundidade fornecida pelo equipamento quando ele estiver devidamente calibrado.

A velocidade de propagação do som na água empregada foi igual a 1.460 m/s., em face das características da água do rio e do fundo submerso.

Inicialmente, com o auxílio do programa HYPACK, procedeu-se a introdução das linhas planejadas. O posicionamento da estação móvel (embarcação) foi obtido através das correções diferenciais das pseudodistâncias geradas na estação de referência (RM02). Utilizou-se as observações da fase do código P suavizada pela portadora L1 (PL1). As correções foram transmitidas continuamente através do sistema de rádio, no formato RTCM 2.0. O computador, a bordo da embarcação, recebia simultaneamente as informações enviadas pelo receptor GPS, no formato NMEA e as informações enviadas pelo ecobatímetro. O armazenamento das medidas, obtidas pelo GPS (posição bidimensional) e pelo ecobatímetro (profundidade), foi realizado pelo programa HYPACK. Durante os levantamentos procurou-se navegar conforme os perfis planejados.

Durante todo o levantamento dos perfis na região, foram realizadas observações de maré, possibilitando as reduções de maré para as sondagens. Essas observações, foram realizadas à montante e à jusante de cada uma das áreas levantadas do rio Uruguai. As leituras foram efetuadas a cada 15 minutos. Verifica-se que nos dias dos levantamentos não ocorreram variações significativas.

O programa hidrográfico e comercial HYPACK possibilitou que as informações coletadas em tempo real fossem através do módulo EDITING, devidamente editadas.

Na figura 5, apresenta-se um exemplo de uma linha planejada e de sua correspondente executada. Observa-se o afastamento da linha executada com relação à linha planejada e o perfil levantado do fundo do rio.

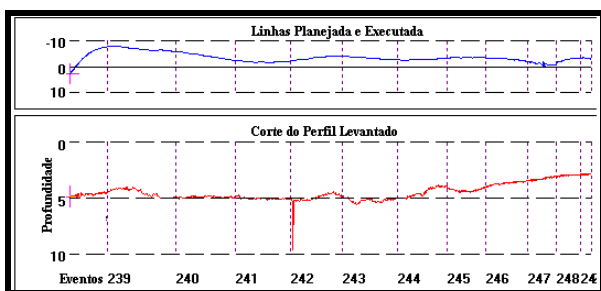


Fig.5 – Perfis planejado e executado e o perfil em estudo.

Constatou-se, que as maiores diferenças entre as linhas planejadas e executadas ocorreram para a região próxima ao Salto. Esta área, apresentou maiores perturbações em função da turbulência existente (conforme pode ser observado na figura 6), inviabilizando o levantamento de alguns perfis planejados sobre o Salto e dificultando o levantamento total dos perfis situados em suas proximidades

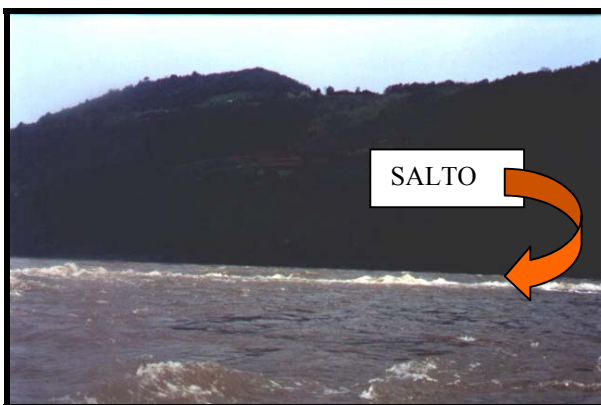


Fig.6 – Salto existente na área 1 levantada.

Na figura 7, percebe-se claramente a perturbação que o Salto gera na coleta dos dados batimétricos. Ela, representa o perfil 12 realizado na área 1 sem o processamento dos dados. Na figura 8 apresenta-se este mesmo perfil após o tratamento dos dados.

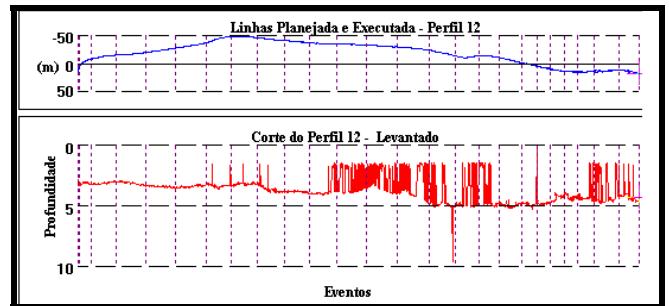


Fig.7 – Perfil 12, realizado na área 1 com os dados levantados

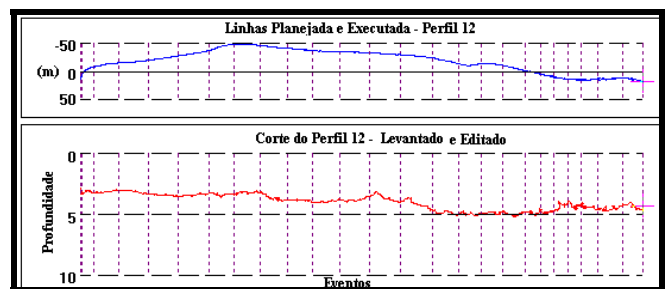


Fig.8 – Perfil 12, realizado na área 1 com dados editados, sem perturbações

Constatou-se também que algumas linhas planejadas não puderam ser levantadas de extremo à extremo em face de obstruções existentes na área (p.ex. vegetações, pedras), conforme pode ser observado na figura 9.



Fig.9 – Tipo de obstruções existentes em alguns extremos das seções planejadas

Altimetria de Apoio

A determinação de desníveis de precisão, necessários para o apoio dos levantamentos batimétricos, são realizados através do nivelamento geométrico, métodos de visadas iguais. Neste trabalho utilizou-se o nivelamento trigonométrico, com algumas adaptações objetivando atingir precisões compatíveis com nivelamento geométrico de primeira ordem com baixo custo e alto rendimento.

Método Indireto

Um dos métodos indiretos mais utilizados na determinação de desnível é o nivelamento trigonométrico. Os inconvenientes deste método são a medida da altura do instrumento e do refletor. Para minimizar estes efeitos coloca-se sobre as Referências de Nível dois bi pés de mesma altura e a estação total no centro do lance. Com isto, minimiza-se os efeitos da curvatura da terra e refração atmosférica, além de eliminar altura do instrumento e altura do refletor. A demonstração da metodologia pode ser vista a seguir (Faggion et all, 2003).

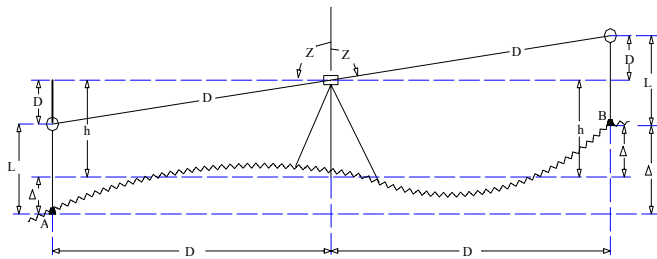


Fig. 10 - Nivelamento Trigonométrico

$$h_i + \Delta_{h1} = L_{m1} + D_{v1} \quad h_i + D_{v2} = L_{m2} + \Delta_{h2}$$

$$\Delta_{h1} = L_{m1} + D_{v1} - h_i \quad \Delta_{h2} = h_i + D_{v2} - L_{m2}$$

$$\Delta_{AB} = D_{v1} + D_{v2}$$

Utilizou-se esta metodologia para o transporte da referência altimétrica de uma margem para outra do rio e também para o referenciamento altimétrico das réguas utilizadas no monitoramento do nível do rio durante o levantamento.

4 RESULTADOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com o levantamento batimétrico das seções planejadas foram gerados os perfis das áreas 1 e 2, representados em plantas. As profundidades levantadas e indicadas estão referidas à RN M2.

O sistema de comunicação no presente trabalho teve excelente desempenho, visto que se observou a recepção das correções enviadas pela estação de referência à móvel durante todo o levantamento. Pode-se também afirmar que o local de implantação da estação de referência para esse caso foi bem definido.

A taxa de transferência dos dados foi de 1 s, visando uma atualização constante dos dados, garantindo um grau de precisão desejável no posicionamento horizontal.

O ecobatímetro modelo SDH-13A possibilitou a tomada de profundidades com uma precisão ao nível do decímetro.

A precisão deste levantamento foi verificada mediante a análise das profundidades nos pontos de interseção entre os perfis longitudinais e transversais. Constatou-se que dos 18 pontos de interseção analisados, 64% apresentaram diferenças de profundidades da ordem de 10 cm, 27% inferiores a 20 cm e 9% inferiores a 30 cm. As maiores diferenças ocorreram para pontos de interseção localizados próximos ao salto.

Os resultados obtidos com esta sondagem contribuem sobremaneira para qualquer estudo de viabilidade de uma obra de engenharia a ser implantada nesta área.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HYPACK for WINDOWS. *User's Manual*. Coastal Oceanographics, Inc. Durham, U.S.A.

Krueger, C.P., 1996, *Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho*, Universidade Federal do Paraná, Tese de Doutorado em Ciências Geodésicas, Curitiba, Paraná, 267 páginas.

Faggion, P. L. Veiga, L. A. K., De Freitas, S. R. C., Santos D. P. *Desníveis de primeira ordem com estação total*. In: Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 3, 2003. Curitiba. Anais... Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.2003. 1 CD-ROM.

Marinha do Brasil, 1999, *Especificações para Levantamentos Hidrográficos*. DHN, 2ª edição. Rio de Janeiro, Brasil.

Miguens A P.;1996; *Navegação: a ciência e a arte. - Navegação Costeira, estimada e em Águas Restritas*; Vol.1, DHN. Rio de Janeiro, Brasil, 538 páginas.