

Técnicas Aplicadas no Fundeio e Manutenção de Um Ondógrafo Direcional

Felipe Mendonça Pimenta¹, Daniel Antoniazzi Ribeiro Mendes², Andrei Souto³, Eloi Melo⁴,
Francisco Luiz Vincentini Neto⁵, Davide Franco⁶, Nilton Cezar Pereira⁶, Guilherme P. Castelhão⁷,
Guilherme Hammes⁸, Rodrigo Barletta⁸, Marco Antonio Rigola Romeu⁴

*felipe@geofisica.ufrn.br; daniel_asri@hotmail.com; andreisouto@hotmail.com; melo.eloi@gmail.com; chicovicentini@usp.br; <
d.franco.ocean@gmail.com, nilton.cezarc@ufsc.br; guilherme@castelao.net; guilherme@oceanum.com.br; rodrigo.barletta@cbi.com;
mar7surf@hotmail.com*

Recebido: 28/05/12 - revisado: 29/06/12 - aceito: 19/03/13

RESUMO

Aqui descrevemos as técnicas aplicadas na implantação e manutenção do Programa de Informação Costeira (PIC on-line), que manteve um ondógrafo fundeado ao largo da Ilha de Santa Catarina entre Dezembro de 2001 e Novembro de 2003. O documento cobre informações que vão desde a preparação do equipamento e seu lançamento, até uma descrição detalhada dos componentes do fundeio. Três operações de resgate do ondógrafo foram registradas e são descritas em conjunto à análise dos fundeios recuperados. Por fim, são dadas recomendações para continuação de futuros programas de medições.

Palavras-chave: *Waverider, ondógrafo direcional, técnicas de fundeio, ondas geradas por vento, Santa Catarina, Rede Ondas.*

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de instrumentos meteorológico-oceanográficos de comunicação remota vem permitindo a implementação de sistemas automatizados de monitoramento das condições do mar e disponibilização de dados em tempo real. No caso específico de ondas geradas por vento, o país vem atualmente promovendo medições através da "Rede de Monitoramento de Ondas em Águas Rasas (Rede Ondas)" financiada pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), e por agências nacionais e regionais de fomento à pesquisa. A Rede Ondas prevê a instalação e manutenção de diversos equipamentos ao largo da costa Brasileira, os quais serão mantidos principalmente por universidades e centros de pesquisa do país.

O presente documento foi elaborado no objetivo de apoiar as atividades da Rede Ondas, registrando parte da experiência adquirida pela equipe do Laboratório de Hidráulica Marítima da UFSC junto ao Programa de Informação Costeira online (PIC-online¹). Tal programa realizou medidas inéditas ao largo da Ilha de Santa Catarina entre Dezembro de 2001 e Novembro de 2003. Os dados coletados por um ondógrafo direcional eram enviados para uma estação de rádio costeira, onde eram reprocessados para sua disponibilização via internet (Figura 1).

Para tanto, este documento procura relatar os procedimentos envolvidos na preparação, lançamento e manutenção de um ondógrafo. O artigo encontra-se organizado em dez partes. Uma descrição geral do equipamento e do sistema fundeio é apresentado na próxima seção. Os riscos e uma descrição detalhada dos componentes utilizados no sistema de fundeio são abordados na terceira seção. A quarta seção descreve a instalação da base de rádio, a quinta o procedimento de lançamento e a sexta a pintura do equipamento. A troca de baterias é apresentada na sétima seção, os resgates do ondógrafo na oitava e a análise dos fundeios na penúltima seção. O documento é concluído com um breve sumário e recomendações

¹- Programa de Pós Graduação em Ciências Climáticas - UFRN

²- Bertioga, SP, Brasil

³- Queensland Australia.

⁴- Programa de Pós-Graduação em Eng. Oceânica – FURG

⁵- Instituto Oceanográfico da USP

⁶- Departamento de Engenharia Sanitária e

Ambiental/Departamento de Engenharia Civil - UFSC

⁷- CPTEC/INPE

⁸- Florianópolis, SC, Brasil

¹ Programa de Informação Costeira (PIC on-line). Financiado pelo CNPq, FUNCITEC e Petrobrás

futuras. Os resultados da análise dos dados coletados pelo ondógrafo estão descritos em Melo *et al.* (2002), Araújo *et al.* (2003), Melo *et al.* (2003), Melo (2004) e Pimenta *et al.* (2004).

DESCRIÇÃO GERAL

Ondógrafo direcional

O ondógrafo utilizado no programa PIC *on-line* foi um *Directional Waverider*, modelo *Mark II* fabricado pela empresa Holandesa Datawell². O equipamento possui um casco esférico de 0.9 m de diâmetro que funciona como abrigo dos sensores, componentes eletrônicos e de suas baterias. Seu peso é de aproximadamente 250 kg e, sob equilíbrio, o nível d'água cobre a metade inferior da bóia (Figura 1a). Exteriormente, o ondógrafo possui um cinturão de borracha para proteção e um triângulo de aço inoxidável para evitar rotações.

O ondógrafo é capaz de medir a altura e direção das ondas, além da temperatura da água e a posição geográfica. A medição das ondas se dá por meio de acelerômetros, que medem séries temporais da sua movimentação espacial (*i.e.* deslocamentos horizontais e vertical). A cada meia hora, o espectro em frequência é calculado por um microprocessador interno. A transmissão dos dados brutos e espectrais é realizada a cada hora, por meio de uma antena de rádio posicionada no topo da bóia. A frequência de operação do rádio é entre 27 e 40 MHz, sob um alcance aproximado de 50 km. O ondógrafo mede as ondas com períodos entre 1.6 e 30 segundos a uma frequência de amostragem de 3.84 Hz. A resolução das medições obtidas é de cerca de 1 cm para altura das ondas, 1,5° para direção e 0.05°C para temperatura da água. Um GPS (*Global Positioning System*) mede sua posição geográfica que também é enviada via rádio. Para sinalização, a bóia é dotada de um flash noturno. O tempo de vida de suas baterias pode chegar a 19 meses em situações ideais, já o tempo de vida do fundeio varia de 4 a 16 meses.

Sistema de fundeio

Diferente dos fundeios de correntógrafos de estrutura vertical sob forte tensão, o fundeio de um ondógrafo procura garantir a movimentação do aparelho sem interferir nas medições das ondas.

Neste sistema, o ondógrafo funciona como bóia principal de superfície que sustenta a amarração. Seu fundeio é composto por distintos tipos de cabos. Em superfície utilizam-se os cabos de borracha (*rubber-cords*), em meia-água os cabos de aço e no fundo cabos de polipropileno. As conexões entre os cabos é realizada por meio de manilhas e terminais especiais. Já a ancoragem do sistema é realizada por meio de uma poita de aproximadamente 600 kg (Figura 2).

Os cabos de borracha (CB) compõem a parte mais flexível e de amortecimento do sistema. Sua frequência natural de oscilação não interfere nas medições. O cabo de aço (CA) encontra-se situado em profundidades intermediárias e auxilia na verticalização do fundeio, evitando sua exposição à embarcações. O cabo de polipropileno (CPP) vem como segmento final. Ele possui flutuabilidade positiva e evita o contato com o fundo. Sua capacidade de carga e grande comprimento possibilitam a recuperação da poita.

A composição do fundeio pode variar entre aplicações. O comprimento dos cabos e número de bóias auxiliares de subsuperfície pode ser determinado pela Tabela 1. Como exemplo, um fundeio em águas rasas em profundidades inferiores à 17 metros, seria composto somente por cabos de borracha conectados em série (2 de 15 metros) e de um cabo de polipropileno de mesmo comprimento da profundidade local.

Já o ondógrafo de Santa Catarina foi fundeado em águas mais profundas, na isóbata de 80 m. Para esta profundidade, foram utilizadas 2 cordas de borracha de 15 m, 40 metros de cabos de aço galvanizado e 88 metros em cabo de polipropileno num total aproximado de 160 metros (Tabela 1).

RISCOS E DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE FUNDEIO

Riscos à vida útil do fundeio

Nesta seção são discutidos alguns riscos mais comuns ao sistema de fundeio. Os riscos em geral são proporcionais ao número de componentes envolvidos no sistema de amarração. Para sistemas montados em série é necessária uma avaliação cuidadosa dos cabos e conexões, pois cada componente desempenha um papel fundamental à integridade do equipamento.

² <http://www.datawell.nl>

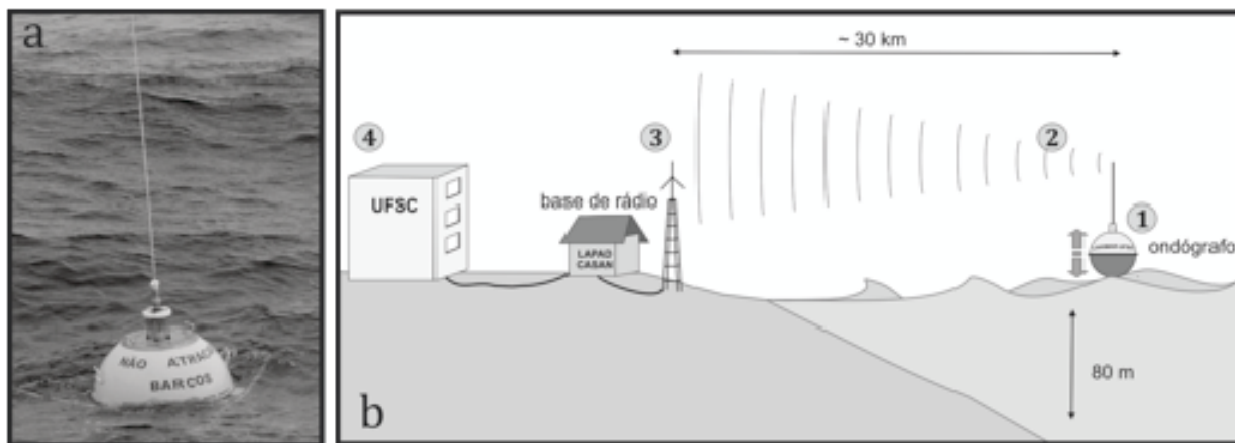


Figura 1 - Ondógrafo do Programa de Informação Costeira (fotografia à esquerda). Esquema funcionamento do sistema (direita): (1) medições, (2) transmissão de dados, (3) recepção, (4) processamento e divulgação.

Tabela 1 - Comprimento dos cabos de borracha (CB), polipropileno (CPP) e aço galvanizado (CAG) de acordo com a profundidade local D (m) (Datawell, 1999). A linha destacada em cinza, refere-se à configuração utilizada pelo PIC-online.

Profundidade (m)	Comprimentos dos componentes da linha de fundeio			
	CB	CPP	CAG	CPP
$D \leq 17$	2x15 + 2 bóias	–	–	D
$17 < D \leq 34$	30 + 1 bóia	–	–	D
$34 < D \leq 40$	30	–	–	D+8
$40 < D \leq 90$	30	–	D-40	D+8
$D \geq 90$	30	D-90	50	D+8



Figura 2 - Esquema simplificado do fundeio de um ondógrafo direcional (fora de escala). Modificado de Datawell (1999).

O primeiro fenômeno a ser observado é a corrosão galvânica entre diferentes metais na água salina. Quando uma manilha de aço carbono é colocada em contato com um ondógrafo de aço inoxidável (AISI 316), uma “pilha galvânica” é estabelecida, gerando a corrosão do material menos nobre. O desgaste do aço carbono é tão intenso que pode partir uma manilha de 5/16” em menos de um mês. O mesmo tipo de falha precoce pode ocorrer ao se colocar em contato diferentes tipos de aço inoxidável (e.g. AISI 304 com AISI 316).

A corrosão do metal pela água marinha também ocorre sem o acoplamento de metais. Um cabo de aço carbono sem a proteção de zinco (“zincagem”), por exemplo, pode romper em cerca de um mês (DATAWELL, 1999). A experiência em fundeios de correntômetros e ondógrafos mostra que cabos de aço galvanizado com a cobertura de nylon são bastante resistentes à corrosão marinha, desde que suas pontas terminais estejam bem lacradas. Tais cabos também demonstram maior resistência à dobras e torções que frequentemente podem levar à quebra dos cabos.

Atenção deve ser dada às conexões. Uma falha pode ocorrer pela simples abertura (*e.g.* quebra de um contra-pino) ou pela corrosão de parafusos, manilhas e terminais. O contato dos componentes destas peças deve ser cuidadosamente avaliado.

Outro risco deve-se à abrasão mecânica do fundeio. No caso dos cabos de polipropileno, existe a possibilidade de cortes por objetos e animais perfurantes de fundo. A utilização de bóias de sub-superfície é recomendada para garantir a separação entre os cabos e a poita. Por fim, acidentes com barcos e redes de pesca podem ser evitados através de campanhas de divulgação junto à rádios costeiras e cooperativas de pesca. Como a força dos cabos de pesca é muito superior a resistência do fundeio, tais acidentes fatalmente levam a ruptura do sistema.

Descrição detalhada dos componentes

O esquema básico da configuração foi baseado nas recomendações do fabricante (Datawell, 1999). Algumas adaptações, entretanto, foram adicionadas de forma a estender a permanência do equipamento na água. Tais modificações estão destacadas na Figura 3, 4 e na Tabela 2, onde são apresentados um desenho esquemático da linha de fundeio e uma lista dos componentes utilizados.

No topo da linha de fundeio situa-se o ondógrafo, que sustenta todo o cabeamento de amarração. No presente caso a bóia é construída em aço inoxidável (AISI 316)³. A conexão do ondógrafo com os cabos de fundeio se dá por meio de uma corrente de 5 kg também de aço inox. A função da corrente é de equilibrar o equipamento em caso de rompimento do fundeio, evitando rolamentos que danificam seus sensores e possibilitando sua comunicação para o resgate. Incrustações e choques com objetos em superfície podem danificar a pintura do ondógrafo em diversos pontos, acelerando sua corrosão. Assim, dois anodos de sacrifício de zinco (2 kg) são presos à corrente para proteção do casco. As conexões são efetuadas por manilhas de 12 mm com parafuso, porca e contrapino (2×32 mm) tudo em aço inoxidável. Na parte terminal da corrente, a conexão com o cabo de borracha (CB) é realizada através do terminal CB (Figura 3).

Na sequência, duas cordas de borracha (CB) de 4 cm de diâmetro e 15 m de comprimento

são conectadas com manilhas de 12 mm. A carga de ruptura da CB é de aproximadamente 600 kg e elas são projetadas para ondas de até 40 metros. Sem as CB os trancos recebidos pela bóia impossibilitariam as medições e reduziriam a vida útil do fundeio. Cada corda de borracha é dotada de dois terminais CB de aço inoxidável, onde o cabo é enrolado com duas voltas sob um pivô, antes de ser preso por pressão. Com isto, a tração do cabo é dividida por uma grande superfície evitando a fadiga da borracha. Tais terminais foram desenvolvidos pelo fabricante mas podem ser reaproveitados ou confeccionados em metalúrgicas náuticas.

Após o CB vem o cabo de aço galvanizado (CAG) de 5/16" (~8 mm), com alma de nylon, carga de ruptura de 3800 kg, peso linear de <0.25 kg m⁻¹ e aproximadamente 40 m de comprimento. CAG são mais resistentes à corrosão que os cabos de aço carbono e bem mais baratos que os cabos de aço inoxidável. Cabos com cobertura de nylon são de difícil aquisição e embora aumentem a proteção, podem sofrer a corrosão acelerada através de perfurações acidentais de sua superfície. A cobertura de graxa, embora reduza a corrosão marinha, dificulta o "trabalho de convés" e contamina o meio-ambiente. A utilização de CAG descobertos divide o desgaste pela superfície do cabo, reduzindo a velocidade de corrosão marinha e fadigas localizadas. Para conexão, foram realizados *super-laços* com presilhas de segurança (grampos de 5/16") e sapatilhas internas de proteção. O *super-laço* consiste em uma alça formada pela trança dos filamentos do próprio cabo de aço.

Em geral, torções do sistema podem se acumular nos CAG, aumentando a chance de dobras ou quebras. De forma a se possibilitar a rotação dos cabos, foram adicionados dois destorcedores de aço inoxidável de 5/8" de espessura e 17 cm de comprimento. A conexão dos terminais CAG com destorcedores foi realizada por manilhas de aço inox de 12 mm com olhais de tecnil para evitar o contato de metais. O tecnil é um material isolante semelhante ao nylon e de boa resistência à compressão. A montagem dos destorcedores, conectados aos *super-laços* podem ser visualizados na Figura 5.

Na parte inferior do fundeio, foi utilizado um cabo de polipropileno (CPP) multifilado de 18 mm (Figura 4). Tal cabo é comumente conhecido como "corda de segurança" em casas do ramo. Ele possui uma capa de revestimento que protege a alma (núcleo) contra a abrasão ou infiltração de sedimentos. O comprimento do CPP utilizado foi de 88 metros. Dois terminais CPP foram também fabri-

³ todos componentes de aço inoxidável referem-se ao tipo AISI 316.

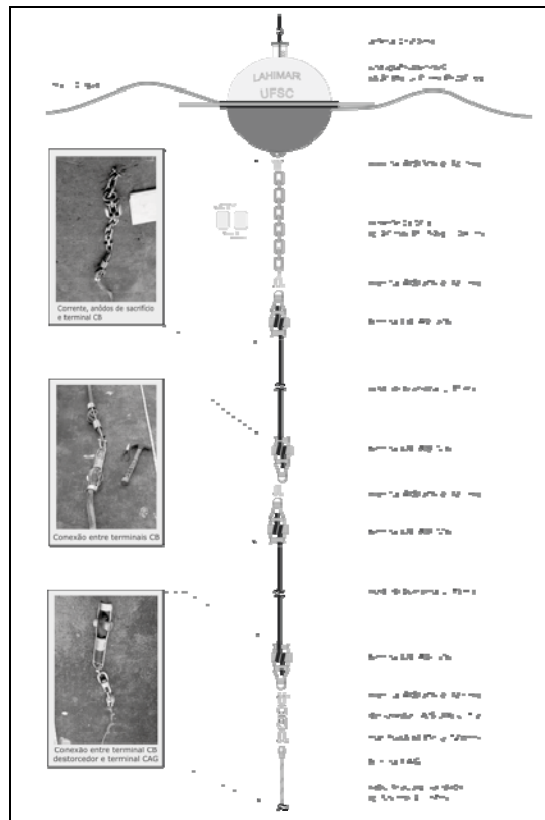


Figura 3 - Esquema detalhado do fundeio e suas conexões – parte superior (fora de escala).

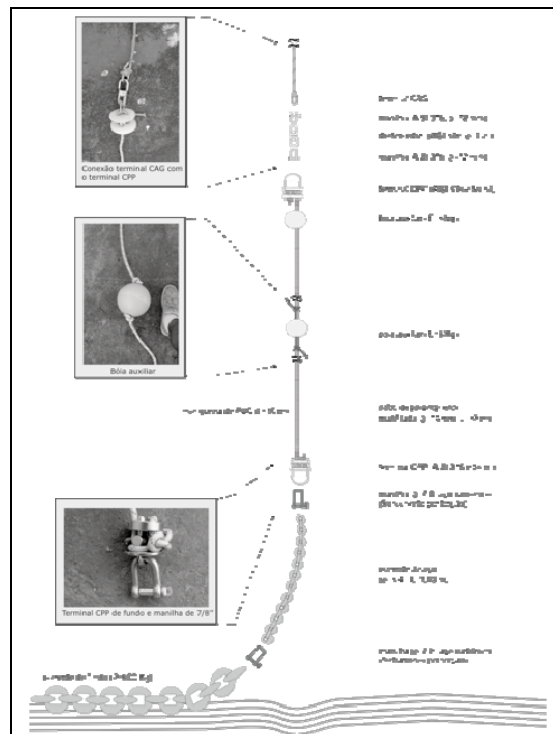


Figura 4 - Esquema detalhado do fundeio e suas conexões – parte inferior (fora de escala).

Tabela 2 - Check List. CB = corda de borracha, CAG = cabo de aço galvanizado, CPP = cabo de polipropileno, L = comprimento, ϕ =diâmetro, P = peso e E = Empuxo. Alterações do plano de fundeio original ou peças manufaturadas encontram-se sublinhadas.

√	Peças e conexões	Descrição
	Ondógrafo	ϕ =0.9 m, P = 250 kg
	Antena	L=2.5 m
	Triângulo anti-rotação	3 placas, 6 parafusos, porcas e arruelas de pressão (aço inox)
	<u>Manilha 12 mm</u>	Parafuso, porca e contra-pino 2x32 (aço inox)
	Corrente de estabilização	L = 0.5 m, P = 5 kg (aço inox)
	Anôdo de zinco	2 anódos. Parafusos, arruelas e porcas de pressão de aço inox.
	<u>Manilha 12 mm</u>	Parafuso, porca e contra-pino 2x32 (aço inox)
	1° CB	L=15 m, ϕ =4 cm
	Terminal CB	Material: aço inox
	<u>Manilha 12 mm</u>	Parafuso, porca e contra-pino 2x32 (aço inox)
	Terminal CB	Material: aço inox
	2° CB	L=15 m, ϕ =4 cm
	Terminal CB	Material: aço inox
	<u>Manilha 12 mm</u>	Parafuso, porca e contra-pino 2x32 (aço inox)
	<u>Destorcedor</u>	ϕ =1,2 cm, L=17 cm (aço inox)
	<u>Manilha 12 mm</u>	Parafuso, porca e contra-pino 2x32 (aço inox)
	<u>Terminal CAG</u>	Super-laço com olhau de tecnil. Sapatilha e presilhas (aço carbono)
	CAG	ϕ = 8 mm, L=40 m (aço galvanizado)
	<u>Terminal CAG</u>	Super-laço com olhau de tecnil. Sapatilha e presilhas (aço carbono)
	<u>Manilha 12 mm</u>	Parafuso, porca e contra-pino 2x32 (aço inox)
	<u>Destorcedor</u>	ϕ =1,2 cm, L=17 cm (aço inox)
	<u>Manilha 12 mm</u>	Parafuso, porca e contra-pino 2x32 (aço inox)
	CPP	ϕ = 2 cm, L=88 m
	<u>Terminal CPP</u>	Discos (tecnil), pivô, haste “U”, porcas e contra-pinos em inox
	<u>1ª bóia auxiliar</u>	E= 3 kg, posicionada a 1 m do terminal CPP superior
	<u>2ª bóia auxiliar</u>	E=3 kg, posicionada a 10 m do terminal CPP inferior
	<u>Mangueira de PVC</u>	ϕ =4 cm, L=10 m, extremidades tapadas
	<u>Terminal CPP</u>	Discos, pivô, haste “U”, porcas e contra-pinos em inox
	<u>Manilha de aço 7/8”</u>	Fechamento por torção, trava-rosca anaeróbico
	<u>Corrente aço</u>	ϕ =1” , L=3.8 m
	<u>Manilha de aço 7/8”</u>	Fechamento por torção, trava-rosca anaeróbico.
	Poita	Corrente de navio, \square =15 a 20 cm, L=3 a 5 m, P=600 kg

cados para o fundeio. Os mesmos são dotados de dois discos e um pivô cilíndrico central, unidos por meio de uma barra de aço inox em “U”. O CPP é amarrado através do disco no pivô central, dando três voltas. Sua extremidade fica presa por um nó através do outro disco por contra-pressão. Já a barra em “U” une o conjunto como um “sanduíche” atravessando os discos e o pivô (ver terminal CPP nas Figuras 4 e 5).

O material dos discos do terminal CPP superior foi o tecnil. Os pivôs, a barra em “U”,

porcas e contra-pinos são de aço inoxidável. Para o terminal CPP de fundo, sujeito a maior efeito abrasivo, todos os componentes foram fabricados em aço inoxidável. Este terminal foi enrolado por tiras de borracha de 4 cm para proteção contra objetos de fundo.

Bóias de 3 kg de flutuabilidade foram presas a 1 metro abaixo do terminal CPP superior e a 10 m do fim deste cabo de forma a garantir sua distância do fundo. Como proteção adicional, a parte terminal do CPP próxima do fundo foi revestida por

uma mangueira de PVC de 3 cm de diâmetro, 4 mm de espessura e 10 metros de comprimento (com malha interna de fibra de vidro). A mangueira pode ser fixada pela bóia auxiliar terminal através de um nó do CPP (Figura 4). Antes do embarque foi injetado silicone nas extremidades do tubo para dificultar a entrada de sedimentos e organismos.

Uma corrente de 3/4" foi utilizada na conexão do CPP com a poita. Seu comprimento deve ser superior à extensão da poita, para evitar o contato do CPP na reversão de correntes marítimas. As conexões de fundo foram feitas com manilhas de 7/8" e de fechamento por torção, pois manilhas tradicionais podem se abrir devido ao desgaste do contra-pino com objetos de fundo (Figura 4). Foi utilizado um líquido "trava roscas" engripante de ação anaeróbia para fechamento da manilha. Vale mencionar que a pilha galvânica formada com o aço inox tem sua corrosão atenuada, dada a grande massa e superfície do material de menor nobreza (aço carbono). Uma corrente de ferro de navio pode ser utilizada como poita. O levantamento progressivo dos elos (entre 20 e 40 kg cada) funciona como um sistema de amortecimento adicional em situações oceanográficas extremas.

BASE DE RECEPÇÃO DE RÁDIO

A base de recepção de rádio deve ser preferencialmente localizada próximo ao mar e sem a presença de obstáculos significativos como edificações ou montanhas que possam sombrear o sinal do rádio do ondógrafo. No PIC-*online* a localidade escolhida foi junto ao Lab. de Peixes de Água Doce (Lapad/UFSC) da Praia da Armação, no sul da Ilha de Florianópolis (Figura 6a). Esta estação encontra-se a uma distância de 30 km do ponto de fundeio, sem interferência direta do Morro da Armação ou da Ilha do Campeche. Somente na ocasião dos desgarres do ondógrafo (ver seção 8), tais promontórios chegaram a causar a interrupção no recebimento do sinal do ondógrafo que derivava ao longo da plataforma continental.

A primeira antena, de caráter provisório, foi instalada em um poste de eucalipto de 7 m de comprimento pela própria equipe do PIC-*online*. Para tanto, pedras e um cano de aço carbono de 40 cm de diâmetro foram utilizados na preparação da fundação. A antena Omnidirecional Katherin foi instalada no topo do poste, através de um cano galvanizado e parafusos (Figura 6b). O receptor de

sinais e o computador, foram conectados à antena por um cabo e instalados dentro do laboratório.

A partir da segunda campanha, uma nova antena foi construída e instalada mais próximo à praia. Um poste de aço galvanizado foi montado sobre uma fundação em concreto com o auxílio de um braço hidráulico (Munck). A nova antena ficou posicionada a uma altura de 12 m e sob a proteção de um pára-raios do tipo Franklin, instalado no topo do poste (Figura 6c).

LANÇAMENTO EM ALTO MAR

A montagem da linha de fundeio deve ser realizada preferencialmente alguns dias antes do embarque. Uma vez checados e conectados todos os componentes, o sistema deve ser organizado agrupando-se os cabos em laços no formato "8" para transporte no convés da embarcação (Figura 7). O ondógrafo pode ser amarrado sobre um pneu no convés do navio. A comunicação do receiver com o ondógrafo deve ser testada antes do embarque. A poita pode ser presa dentro do convés, ou preferencialmente, deve ser amarrada externamente no bordo da embarcação.

Um vez na posição, o ondógrafo deve ser conectado a linha de fundeio para lançamento ao mar pelo bordo da embarcação, se a altura de queda for inferior a 1,5 m. Caso contrário, o equipamento deve ser baixado por um guincho. Os cabos devem ser lançados em sequência, enquanto o navio progressivamente se distancia da bóia. Após estendido todo o CPP a poita pode ser finalmente lançada através do guincho, ou pelo corte das amarras que a prendem ao navio. A posição geográfica de lançamento da poita deve ser sempre registrada.

Idealmente, procura-se estender a vida útil do fundeio de forma que sua manutenção seja aproximadamente coincidente com o tempo de vida das baterias. Essa prática, adotada pelo grupo do CDIP⁴ (Scripps), diminui gastos logísticos e o tempo de manutenção em terra. Este ciclo pode variar entre 7 e 12 meses para um *Waverider Mark II* equipado com GPS.

PINTURA DO ONDÓGRAFO

A cada campanha o ondógrafo pode sofrer um considerável desgaste de sua pintura, além da incrustação de diversos organismos marinhos que

⁴ Coastal Data Information Program

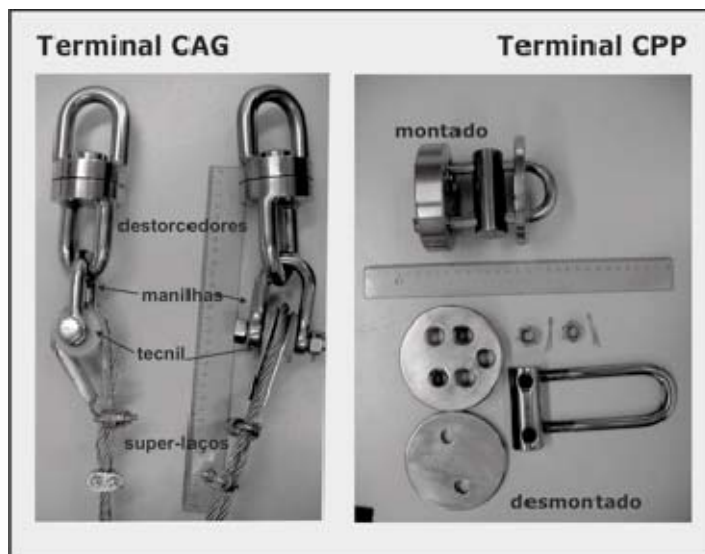


Figura 5 - Terminais do cabo de aço galvanizado (esquerda) e terminal da corda de polipropileno (direita).

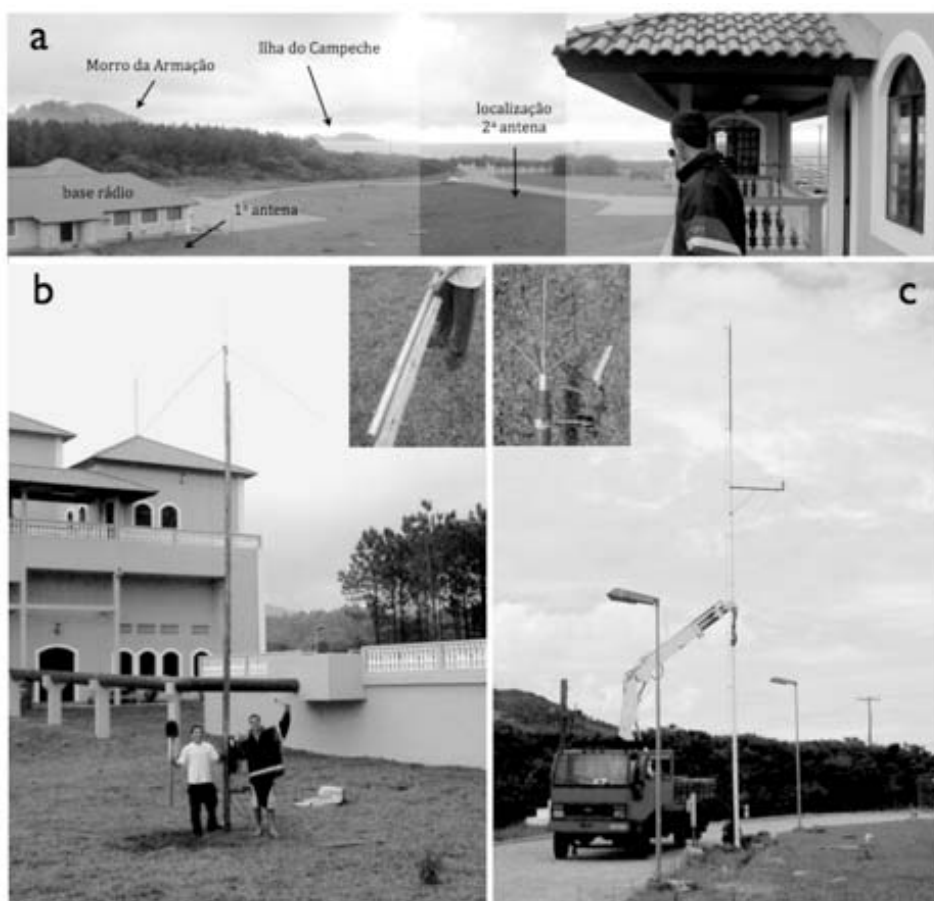


Figura 6 - (a) Localização da base de recepção de dados e das antenas na Praia da Armação em Florianópolis.
(b,c) Fotografias das duas antenas instaladas durante o PIC-online.

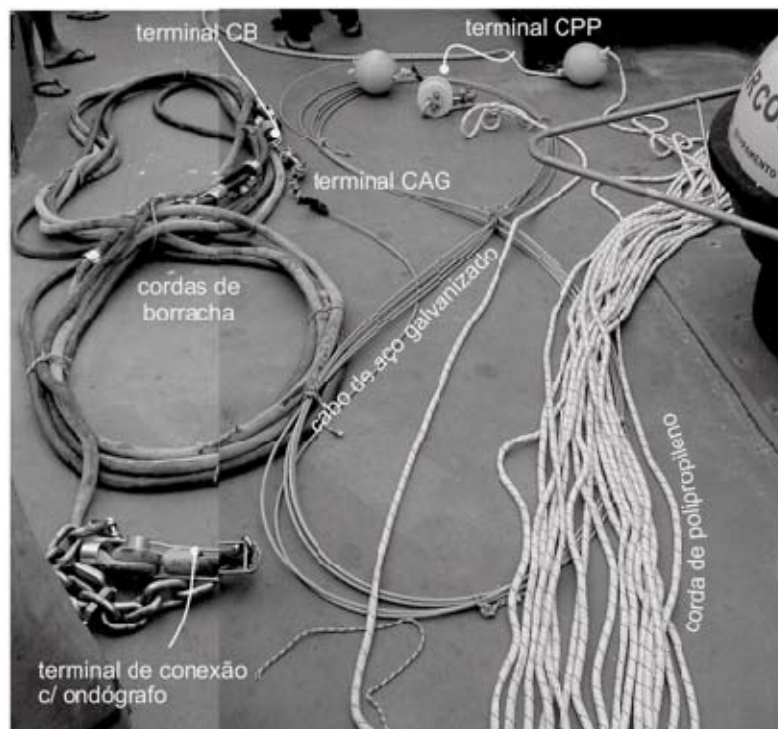


Figura 7 - Fundeio montado e preparado para o lançamento no convés do Navio Soloncy Moura (IBAMA).
Note a organização da amarração em laços com a forma de um “8”.

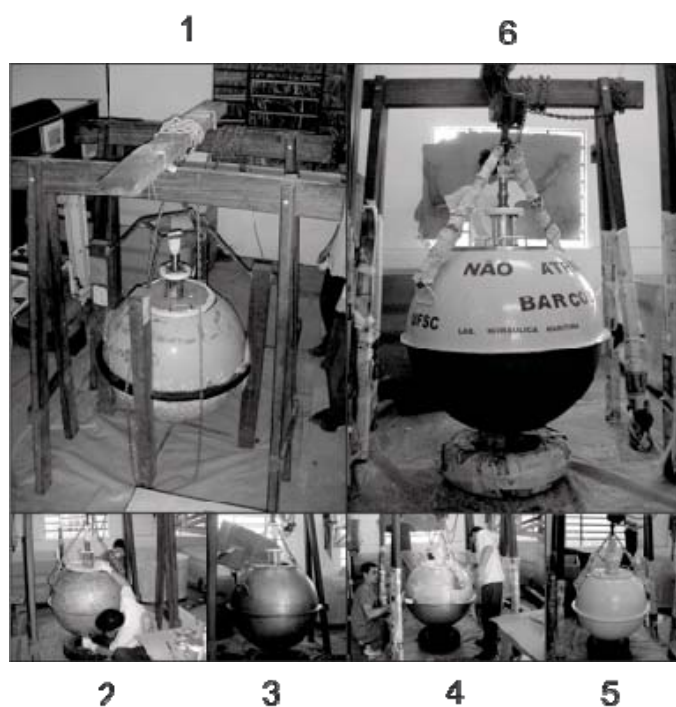


Figura 8 - Sequência das etapas envolvidas na pintura do ondógrafo: (1) montagem, (2) ataque ácido para remoção de tintas e incrustações, (3) lixação, (4) fundo de Galverette, (5) camada de Epóxi e (6) acabamento final com tinta sinalizadora e anti-incrustante.

Tabela 3 - Sequência de materiais e procedimentos para pintura do ondógrafo

Fase	Material utilizado	Procedimento
1 (~1 h)	Empilhadeira, cavaletes, talha	Montar tripés e talha, suspender o ondógrafo, retirar a armação de madeira e o cinto de borracha de proteção
2 (~1 h)	Removedor de tinta, pincéis, luvas e óculos de proteção	Espalhar removedor sobre toda superfície do ondógrafo para ataque ácido da pintura e incrustações. Raspar resíduos com espátula, aplicar outra camada de ácido e raspar novamente.
3 (~1,5 h)	Lixas nº 120 e 320	Remover resíduos grosseiros primeiramente com lixa nº120, dar polimento final com lixa nº 320
4 (~4,5 h)	Galverette, pincéis	Preparar superfície para pintura com demão de fundo de Galverette (20 min para aplicação e 2 h para outra demão).
5 (~14 h)	Tinta Epoxi, pincéis, lixa nº 320	Aplicar tinta Epoxi. Aguardar 6 h, lixar levemente e aplicar outra demão (40 min aplicação, 6 h para secagens).
6b (~15 h)	Tinta Micron e Perfection	Aplicar duas demãos de tinta Perfection amarela na parte superior e três demãos de anti-incrustante na parte inferior (35 min para aplicação e 5 h para próxima demão).

prejudicam a sua sinalização e aumentam os processos de corrosão. Aqui são descritos os procedimentos e materiais empregados pelo Lab. de Hidráulica Marítima da UFSC na manutenção da pintura do ondógrafo durante o PIC-online.

O processo da pintura envolve 6 etapas, num total aproximado de 37 horas de trabalho, conforme descrito pela Tabela 3 e Figura 8. Devido ao peso do ondógrafo recomenda-se o uso de uma empilhadeira e de uma talha respectivamente para seu transporte e suspensão. Sua sustentação pode ser realizada por cavaletes de madeira conforme indicados na etapa 1 da Figura 8.

A segunda etapa consiste na remoção da incrustação e dos resquícios da antiga cobertura de tinta. Para tanto, deve-se retirar a armação de madeira e a cinta de borracha. A remoção deve ser iniciada por ataques ácidos e pela raspagem com uma espátula. Ao fim desta etapa, deve-se obter uma superfície bem limpa com a aplicação das lixas nº 120 e nº 320 (Etapa 3).

Após o polimento, a superfície pode ser preparada para pintura com duas demãos de fundo de Galverete (International), esperando-se duas horas entre as aplicações (Etapa 4). Duas camadas de tinta Epoxi também devem ser aplicadas para conferir maior resistência à pintura. O período entre as demãos de Epoxi é de seis horas (Etapa 5).

Após a Epoxi, finalmente são aplicadas as tintas de acabamento. Na metade superior da esfera utilizou-se uma tinta de Poliuretano da cor amarela (Perfection 709 / International) enquanto na metade inferior uma tinta Anti-incrustante de alta performance (Micron Premium / International) de

cor vermelha. Mensagens de alerta e identificação devem ainda ser inscritos no topo da bóia. A utilização de compressores de ar é recomendada, pois reduz o tempo de pintura e aumenta a qualidade do acabamento.

TROCA DE BATERIAS

A troca de baterias deve ser realizada preferencialmente durante a pintura e manutenção do fundeio em terra. Para tanto, é necessário um mapa das conexões (fornecido pelo fabricante), além de ferramentas como chaves allen, alicates, plugs, fios sobressalentes, sílica-gel e as 85 novas baterias (Leclanché 4511/561 de Zinco e Carbono, para o Waverider *Mark II*). A troca das mesmas leva entre 2 e 3 horas e pode ser realizada nos intervalos da pintura. Em situações excepcionais de falha prematura do fundeio pode ser desejável relançar o equipamento com as mesmas baterias. Em todos os casos, é sempre aconselhável verificar a carga e variação da voltagem das baterias sob um resistor de 100 Ω . A queda de tensão deve ser inferior a poucos mV/seg (H. Leeuw - Datawell *comunicação pessoal*). Embora pouco aconselhável, é possível trocar as baterias em alto mar. Neste caso, o ondógrafo deve ser desconectado com auxílio de um bote inflável, deixando a linha de fundeio suspensa por uma bóia auxiliar ("bombona" de pesca). Posteriormente, o equipamento deve ser trazido à bordo da embarcação por um guincho.

Na ocasião da primeira campanha do PIC-*online*, realizamos a troca prematura de baterias em Fevereiro de 2002, através do N. Oc Soloncy Moura (Cepsul/IBAMA). As Figuras 9a-d ilustram a recuperação e troca das baterias do equipamento. Cuidado especial deve ser dado para evitar a entrada de água no interior do equipamento. Da mesma forma, antes de seu relançamento, a vedação do equipamento e a conexão ao fundeio devem ser verificadas. Um novo teste de comunicação deve ser realizado com a base de rádio em terra antes de retornar ao porto.

RESGATES DO EQUIPAMENTO

Parte importante das atividades do PIC-*online* foram os resgates do ondógrafo devido à quebras da linha de fundeio. A posição do equipamento era monitorada pela estação receptora, e quando ele se distanciava demasiadamente da posição da poita, um alarme era acionado com mensagens de email. O sucesso deste tipo de operação, entretanto, depende de um plano de contingência e uma equipe preparada em sobreaviso. Como são diversas as complicações que surgem em cada situação, relatamos alguns dos aspectos mais relevantes dos três resgates realizados durante o PIC-*online*.

Resgate de Dezembro de 2002

O desgarre ocorreu na tarde do dia 4 de Dezembro, finalizando a maior das campanhas de medições, com a duração total de 371 dias (28/11/01 a 04/12/2002). O desgarre ocorreu no dia 04/12 mas só foi detectado pela equipe no dia 05/12. De acordo com as posições registradas, a bóia derivava para o sul ao longo da plataforma continental. No dia 05/12 às 7:00 a bóia saiu do raio de alcance da antena da praia da Armação (Figura 10).

Apostando na deriva para sul, a base de rádio da Armação (antena, receiver e computador) foi desmontada, transportada e remontada à 100 km ao sul de Florianópolis, no Porto de Imbituba. De lá, o sinal da bóia foi novamente obtido na madrugada do dia 6/12, quando ela já passava de Garopaba (Figura 10).

A primeira tentativa de interceptação da bóia foi realizada a partir de Laguna, através da Lancha da Capitania dos Portos. Devido à dificuldade de comunicação com a base de rádio,

não foi possível atualizar as posições da bóia, impossibilitando seu resgate. A segunda tentativa foi realizada então com a Lancha da Praticagem de Imbituba. Com a posição atualizada por rádio, a bóia pôde ser finalmente encontrada às 9 pm do dia 06/12, de onde foi rebocada para o Porto de Imbituba.

Resgate de Abril de 2003

A segunda campanha teve 96 dias de duração (06/01/2003 à 12/04/2003). Embora as condições de vento locais fossem calmas, a passagem de um ciclone extratropical ao largo do Uruguai foi responsável por ondas e correntes intensas (MELO *et al.*, 2003). O desgarre ocorreu na noite de 12/04, com deriva da bóia em sentido norte (Figura 10). A equipe foi mobilizada para interceptação por Itajaí, que fica a cerca de 100 km ao norte de Florianópolis, onde também foi remontada a estação rádio receptora (Figura 10). Uma pequena embarcação de operações portuárias foi utilizada na primeira tentativa de resgate no dia 13/04. Devido às condições de mar severas e a falta de comunicação com a base, as operações de resgate foram abortadas.

Uma nova tentativa foi realizada no dia 14/04 sob o auxílio do Navio Balizador Mario Seixas da Marinha do Brasil, que partiu com a antena de recepção e receiver montados à bordo. Após dois dias de busca sem sinal da bóia a operação foi abortada. Uma última tentativa, sob auxílio da Base Aeronáutica de Florianópolis, foi uma busca aérea realizada no dia 16/04 ao largo de Itajaí, também sem sucesso. A partir daí, o desaparecimento da bóia foi comunicado à Rádio Costeira e à Marinha (Aviso aos Navegantes). Por muita sorte, o ondógrafo pode ser encontrado e recuperado no dia 22/04 por um barco da Empresa de Pesca Leardini. O equipamento encontrava-se a 80 km da costa de São Francisco do Sul a cerca de 200 km de Florianópolis.

Resgate de Novembro de 2003

A última campanha durou 168 dias (06/06/2003 a 21/11/2003). As condições de mar eram tranquilas no dia e o desgarre foi detectado 3 horas após sua ocorrência, que ocorreu na manhã do dia 06/06. Devido à sua deriva para o norte, a remontagem da antena e do receiver foram realizadas no Morro da Praia Brava em Florianópolis (Figura 10). Já a operação de resgate foi realizada no princípio da tarde por uma embarcação dotada de GPS, rádio e telefone satelitário (*Iridium*). O uso



Figura 9 - Troca das baterias em alto mar em Fevereiro de 2002, realizada à bordo do N. Oc. Solency Moura (Cepsul/IBAMA).

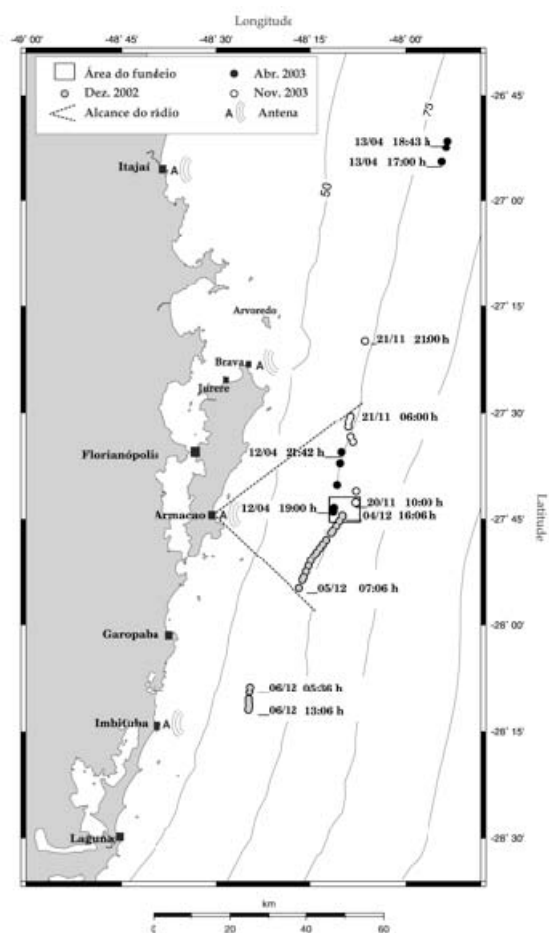


Figura 10 - Posições geográficas de deriva do ondógrafo após os três desgarres. Isóbatas indicam a profundidade em metros.

do telefone satelitário foi fundamental ao sucesso do resgate, pois o alcance de telefones celulares convencionais e do rádio foram perdidos durante as operações. Com as posições sendo atualizadas por telefone, o equipamento foi resgatado de noite, à cerca de 30 km da Ilha do Arvoredo. No seu retorno, o ondógrafo foi rebocado até o Yatch Clube do Jurerê no Norte da Ilha de Santa Catarina (Figura 10).

ANÁLISE DOS FUNDEIOS RECUPERADOS

Após os resgates, tanto o ondógrafo, quanto os cabos e conexões do fundeio foram analisados de forma a se avaliar os desgastes e também os possíveis motivos da ruptura do fundeio. Após a primeira campanha a bóia retornou coberta de algas sob sua metade superior e com forte incrustação sobre o triângulo e a cinta de borracha (Figura 11). A metade inferior da bóia e os avisos pintados com tinta Micron não sofreram incrustação significativa. Os terminais CB, manilhas e destorcedores de aço inoxidável retornaram em excelente estado (Figura 11b). Os CB apresentaram um comprimento ~1 m maior do que no lançamento e maior cobertura de algas e incrustações no cabo superior. Algumas fissuras de até 1 cm de largura por 1 mm de profundidade foram observadas na CB superior (11c,d). A CB inferior não apresentou algas, incrustações ou fissuras. O CAG, mesmo após um ano dentro d'água, apresentava bom estado, assim como o super-laço, sapatilha e o olhau de tecnil. As presilhas, embora firmemente presas ao cabo, já apresentavam considerada corrosão (Figura 11e). A ruptura do fundeio ocorreu no CAG à 5 metros do terminal CAG inferior. O rompimento do cabo foi simétrico transversalmente, o que leva a acreditar que o fundeio tenha sido cortado (*e.g.* após um “enrosco” com redes de pesca) (Figura 11b).

Para as campanhas subsequentes a pintura anti-incrustante foi estendida 20 cm acima da cinta de borracha o que inibiu a proliferação de organismos no topo da bóia. Forte incrustação ainda foi observada sobre a cinta de borracha (Figura 11g). A causa de desgarre na segunda campanha foi a ruptura da CB inferior, conforme ilustrado na Figura 11h. Embora as condições marítimas fossem severas, as mesmas ainda encontravam-se dentro do limite de resistência especificado pelo fabricante. Assim, acredita-se que o atracamento de barcos sob fortes ondas e correntes possam ter sido a causa do rompimento.

A terceira campanha apresentou algumas evidências quanto à possibilidade de um “enrosco” accidental com redes de pesca. Segundo as posições do ondógrafo, o mesmo deslocou-se muito rápido por cerca de 20 km nas três primeiras horas, para então continuar a deriva rumo norte sob menor velocidade (ver posições na Figura 10). O rompimento deste CAG também é notavelmente diferente da situação observada na 1ª campanha. Aqui o cabo de aço foi desfibrilado (Figuras 10j). Suspeita-se que o cabo tenha sido rompido após sujeito a uma carga muito superior à sua capacidade (como no enrosco com redes de pesca). O CAG utilizado nesta campanha, possuía cobertura de graxa e retornou com as presilhas do super-laço bastante oxidadas, mesmo sob um período de tempo 50% menor que o da primeira campanha (sem graxa) (Figuras 11k). O estado geral da superfície do cabo foi semelhante.

Nenhum dos fundeios foi recuperado com sua parte inferior (CPP e terminais), o que impossibilita a análise de seu desgaste. Acredita-se, entretanto, que as modificações tenham sido positivas já que o motivo dos três desgastes foi a ruptura das partes superiores do fundeio.

SUMÁRIO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

O presente artigo descreveu a experiência da equipe de trabalho do Programa de Informação Costeira (PIC-*online*) na montagem, manutenção e operações de resgate de um ondógrafo direcional que realizou medições de onda ao largo da costa de Santa Catarina entre 2001 e 2003. Descrições detalhadas de cabos e peças, antes e depois das campanhas de medições, foram realizadas procurando registrar e avaliar o sucesso do sistema de fundeio.

Os resultados da técnica empregada foram bastante positivos. Durante duas das três campanhas o equipamento realizou medições de 7 e 12 meses. Assim, as modificações efetuadas são recomendadas em futuras medições.

Algumas poucas observações, entretanto, são sugeridas de forma a se proporcionar campanhas mais duradouras e operações de resgate mais eficientes. A primeira é em relação à sinalização da bóia. Recomenda-se pintar a parte superior do ondógrafo, a borracha de proteção e o triângulo anti-rotação com tinta anti-incrustante. A segunda, é quanto a substituição dos grampos dos super-laços por presilhas de aço inox com cabos de

aço sem cobertura de graxa. Por fim, recomenda-se uma cuidadosa seleção do ponto de fundeio, procurando rigorosamente evitar regiões onde são comuns os arrastos de barcos de pesca. Uma solução pode ser a seleção de fundos marinhos incompatíveis com estas atividades (os chamados “pegueiros” de rede). Discussões prévias com associações e empresas de pesca são recomendadas pois podem evitar acidentes e operações nas imediações da bóia.

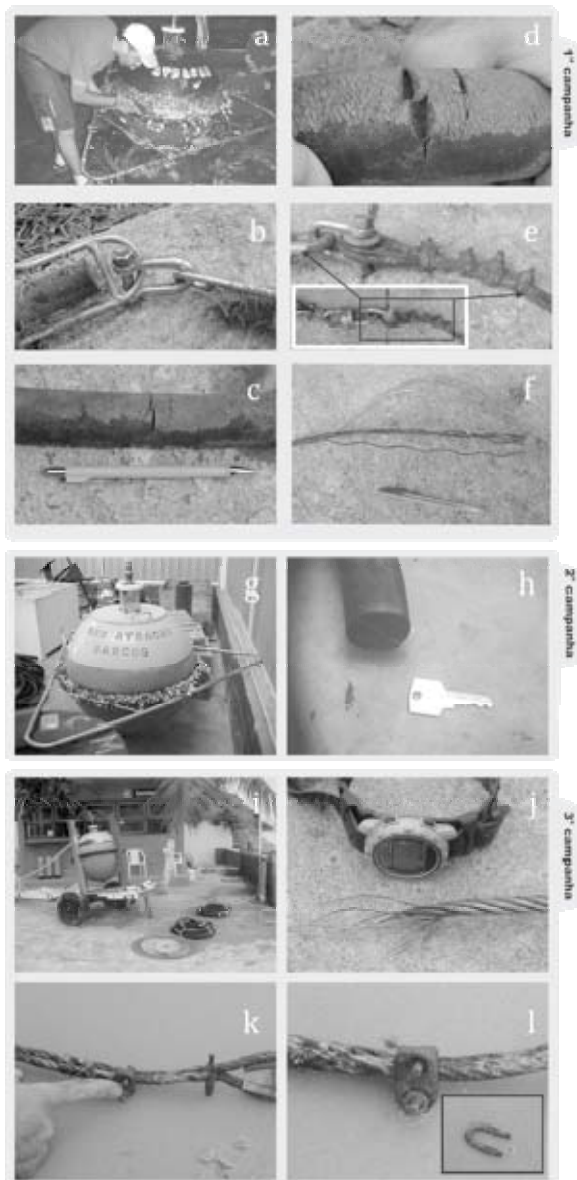


Figura 11 - Fotografias dos fundeios recuperados nas três campanhas. Topo: primeira campanha (painéis a, b, c, d, e, f). Centro: segunda campanha (g, h). Fundo: terceira campanha (i, j, k, l).

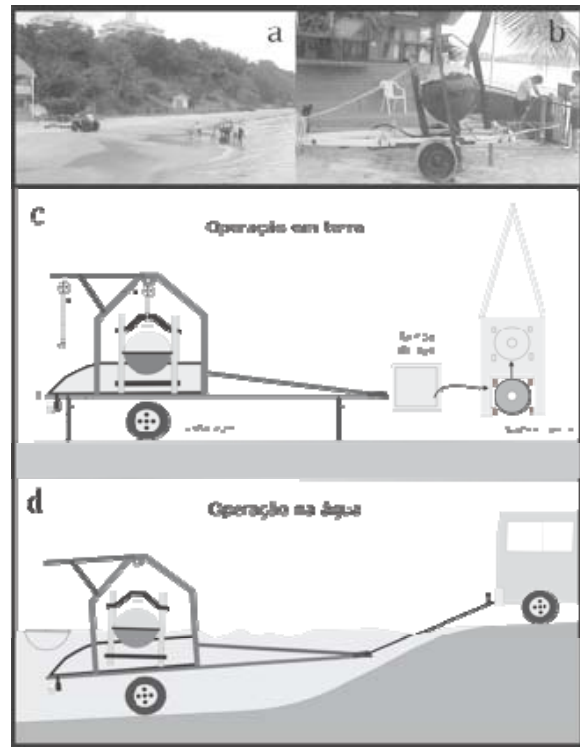


Figura 12 - (a,b) Situação improvisada de resgate com um trator e uma carreta para barcos realizada no Yacht Clube do Jurerê, ao Norte de Florianópolis. (c,d) Protótipo de uma carreta rodoviária projetada para carregamento e transporte do ondógrafo em terra ou em águas abrigadas.

Já em termos logísticos, três aspectos principais devem ser observados. Em primeiro lugar a comunicação da embarcação de resgate com a equipe em terra deve ser garantida. Embarcações de aluguel por vezes apresentam rádios defeituosos e a deriva do ondógrafo é significativa a cada hora. Tal comunicação pode ser garantida por um sistema de telefonia satelitária (e.g. *Iridium pós-pago*). O uso de um receptor portátil (*buoy-finder*) é altamente recomendável. Outra opção é a construção de uma antena Katherin Onidirecional sobressalente com tripé, o que agiliza o desmonte e transporte da base de rádio (antena e receiver). Vale destacar que modelos de bóias mais recentes possuem a opção de atualização das posições geográficas via satélite (sistemas Argos, Orbcomm e Iridium). Embora sob custo operacional adicional, esta informação pode ser fundamental para manutenção de programas de longo prazo.

Segundo, embarcações de médio porte podem aumentar o sucesso das operações de resgate. Além de serem mais rápidas, elas podem rebocar o equipamento de volta à terra até qualquer

localidade costeira abrigada (desde que sem causar a rotação do equipamento). É recomendado um cuidadoso planejamento, incluindo a separação de equipamentos, check-lists e um contato prévio com lanchas de aluguel. A exemplo do CDIP, em situações ideais o plano de contingência poderia contar com uma embarcação dedicada ao resgate transportada por via rodoviária para rápida interceptação do equipamento.

Por fim, o transporte da bóia é difícil e exige o uso de guinchos e empilhadeiras, que nem sempre podem estar disponíveis. Neste caso a construção de uma carreta rodoviária, dotada de uma talha e um fundo removível pode facilitar bastante o trabalho da equipe. A carreta poderia ser utilizada em terra ou mesmo em águas abrigadas. Sua utilização agilizaria bastante o resgate, de forma semelhante à operação de Novembro de 2003, quando o ondógrafo foi retirado da água pelo uso improvisado de uma carreta rodoviária de barcos e de um trator do Yatch Club do Jurerê (Figura 12).

AGRADECIMENTOS

Os autores desse artigo agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e a Fundação de Ciência e Tecnologia (FUNCITEC) pelo financiamento do Programa de Informação Costeira *on-line*. O primeiro autor agradece Terezinha e Luiz Pimenta pela revisão do texto.

Agradecemos ao Cepsul-IBAMA, Petrobrás (CENPES), Marinha do Brasil (Cap. dos Portos de Laguna e Navio Balizador Mario Seixas), Base Aérea de Florianópolis, Lab. de Cultivo de Peixes de Água Doce (UFSC), Porto de Imbituba, Rádio Costeira de Itajaí, Projeto Arqueologia Subaquática (PAS), Empresa de Pesca Leardini, Yatch Club do Jurerê e a Polícia Militar de Santa Catarina pelo importante apoio nos lançamentos e resgates do ondógrafo. Também agradecemos em especial ao Sr. Pedro (rádio Amador de Florianópolis) pelo apoio técnico prestado.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO C. E., FRANCO D., MELO E., PIMENTA F. M. (2003). Wave regime characteristics of the southern brazilian coast. In: VI Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries. Colombo, Sri Lanka, p. 15, publicado em CD.
- DATAWELL (1999). Directional Waverider Mark II. Tech. Report, Datawell BV, Neatherlands.
- MELO E. (2004). Programa de Informação Costeira *on-line*: Um balanço dos primeiros dois anos de funcionamento. In: Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica. Rio Grande, RS, p. 23, publicado em CD.
- MELO E., PIMENTA F. M., MENDES D. A. R., HAMMES G., FRANCO D., ALVES J. H., BARLETTA R. C., SOUTO A. M. C., CASTELÃO G. P., PEREIRA N. C., BRANCO F. September (2003). A real time, on-line coastal information program in Brazil. In: VI Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries. Colombo, Sri Lanka, p. 14, publicado em CD.
- MELO E., ALVES J. H., BARLETTA R., BRANCO F., FRANCO D., HAMMES G., PIMENTA F., MENDES D., PRIDO E., SALLES A. (2002). Implementação do Programa de Informação Costeira – on line. Tech. rep., Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, publicado em CD.
- PIMENTA F. M., MELO E., FRANCO D., ZAVIALOV P. (2004). Santa Catarina shelf currents dynamics throught the analisys of indirect measurements. *Journal of Coastal Research* (SI 39), 651–655.

Techniques Applied To Anchoring And Maintaining A Directional Ondograph

ABSTRACT

Here we describe the techniques used to implant and maintain the Coastal Information Program (PIC on-line- Programa de Informação Costeira), which maintained an ondograph anchored off the Island of Santa Catarina from December 2001 to November 2003. The document includes information ranging from the preparation of the equipment and its launching to a detailed description of the anchoring components. Three ondograph retrieval operations were recorded and are described together with the analysis of the anchorages retrieved. Finally, recommendations are made to continue future measurement programs.

Key-words: *Waverider, directional ondograph, anchoring techniques, wind-generated waves, Santa Catarina, Rede Ondas*