

# **Melhores práticas operacionais XBT para garantia de qualidade**

Versão 1.0

Autor: Justine Parks

Colaboradores: Francis Bringas; Craig Hanstein; Lisa Krummel

Principais Editores: Rebecca Cowley; Janet Sprintall

Outros editores: Lijing Cheng; Mauro Cirano; Samantha Cruz; Marlos Goes;  
Shoichi Kizu; Franco Reseghetti

2021

<b>1</b>	<b>Resumo</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Equipamentos</b>	<b>4</b>
3.1	XBTs	4
3.2	Lançador	4
3.3	Hardware de Aquisição de Dados	4
3.4	Computador	5
3.5	Navegação por Satélite (GNSS)	5
3.6	Transmissor	6
3.7	Cabeamento	6
3.8	Condicionador de Energia	6
3.9	Sondas de teste	6
3.10	Plataforma	6
3.11	Ferramenta de Medição de Distância	7
3.12	Peças de reposição e suprimentos	7
<b>4</b>	<b>Implantação</b>	<b>7</b>
4.1	Preparação pré-implantação	7
4.2	Instalação em campo	9
4.3	Campo	12
<b>5</b>	<b>Calibração</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Exatidão e Precisão</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Padrões</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Métodos de Avaliação de Qualidade</b>	<b>15</b>
8.1	Perfis XBT para Falhas Básicas	16
8.2	Verificação de Metadados	16
8.3	de Dados de Teste	16
8.4	Relatório de Cruzeiro	17
<b>9</b>	<b>Gerenciamento de dados</b>	<b>17</b>
<b>10</b>	<b>Resumo</b>	<b>17</b>
<b>11</b>	<b>Organizações/Agradecimentos</b>	<b>18</b>
<b>12</b>	<b>Glossário de termos</b>	<b>18</b>
<b>13</b>	<b>Referências</b>	<b>19</b>
<b>14</b>	<b>Apêndice: Exemplos de recursos de perfil de dados XBT</b>	<b>22</b>
14.1	Código 1 - QC foi realizado; parece estar correto	22
14.2	Código 2 - CQ foi realizado; provavelmente bom	24
14.3	Código 3 - CQ foi realizada; parece duvidoso	26
14.4	Código 4 - QC foi realizado; parece errôneo	27
14.5	Código 5 - O valor foi alterado em decorrência de CQ	32

## 1 resumo

Desde a década de 1970, os Expendable BathyThermographs (XBTs) forneceram a solução mais simples e econômica para amostragem rápida de perfis de temperatura versus profundidade da parte superior do oceano ao longo de transectos de navios.

Este manual, compilado pelo Painel de Implementação do Programa Ship of Opportunity (SOOPIP), um subgrupo do Sistema Global de Observação do Oceano (GOOS), Grupo de Coordenação de Observações (OCG), Equipe de Observações de Navios (SOT), juntamente com membros da Equipe Científica XBT, visa melhorar a garantia de qualidade dos dados XBT estabelecendo as melhores práticas para medições de campo e promovendo sua adoção pela comunidade operacional e científica global. Os componentes do sistema de medição incluem sondas de temperatura descartáveis comercialmente disponíveis, o lançador, o hardware de aquisição de dados (DAQ), um receptor do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), um transmissor de satélite opcional e um computador com controles de software. A plataforma de medição pode ser qualquer embarcação marítima com espaço disponível para o equipamento e operador, e capaz de realizar viagens oceânicas nas regiões de interesse. A adoção de uma metodologia padrão na instalação e implantação do sistema de medição levará a melhorias na qualidade dos dados com impacto subsequente no cálculo e compreensão das mudanças nas propriedades oceânicas próximas à superfície (por exemplo, conteúdo de calor), dinâmica da circulação oceânica e sua relação à variabilidade climática.

## 2 Introdução

As medições de temperatura XBT monitoram as mudanças da temperatura oceânica desde a submesoescala até as escalas globais, derivando as principais correntes de superfície e subsuperfície para estudar o transporte de calor meridional em todas as bacias oceânicas e também complementar outras plataformas observacionais para avaliar a variabilidade do conteúdo de calor do oceano superior. Os transectos XBT fixos são estabelecidos ao longo de rotas de navegação regulares direcionadas para amostragem com base em nossa compreensão de como a dinâmica regional do oceano superior e a estrutura térmica podem estar ligadas a sinais climáticos de longo prazo, eventos climáticos extremos, avaliações de ecossistemas, etc. Os dados XBT são arquivados e distribuídos por uma variedade de centros de dados internacionais e a maioria dos dados são disponibilizados no Global Telecommunication System (GTS) dentro de 24 horas após a aquisição, fornecendo informações críticas para clima, modelos de previsão do clima e outras aplicações científicas.

Desde 1980, o principal objetivo do Painel de Implementação do Programa Ship of Opportunity (SOOPIP) é atender aos requisitos globais de dados do oceano superior XBT estabelecidos pelas comunidades científicas e operacionais internacionais. Além disso, SOOPIP tem a tarefa específica de coordenar o intercâmbio de práticas recomendadas para a rede XBT. Agora envolvendo 20 agências de diferentes países distribuindo a maioria dos dados XBT quase em tempo real no GTS, a importância do SOOPIP desenvolver uma metodologia coerente para coleta de dados XBT é clara. Durante o 6º encontro internacional XBT Science em 2018, os participantes reconheceram a necessidade fundamental de um conjunto de boas práticas por meio de um item de ação com esse objetivo específico (IOC, 2018).

Este documento representa as melhores práticas operacionais XBT recomendadas pelo SOOPIP para garantia de qualidade e faz parte de um conjunto de documentos separados de melhores práticas que incluem:

- “Recrutamento de Embarcações SOT e Conduta a Bordo”
- “Controle de qualidade XBT em modo atrasado”
- “Conteúdo e formato de metadados XBT”

O sistema de medição XBT descrito neste documento foi adotado por sua viabilidade logística e financeira para estudos que requerem medições em larga escala, alta densidade e frequentemente repetidas de perfis de temperatura do oceano superior. Alguns objetivos de pesquisa oceanográfica exigem medições de perfil de temperatura altamente precisas em profundidades bem resolvidas que o XBT não pode cumprir com sua precisão especificada pelo fabricante de  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  e profundidades estimadas a partir de um cálculo de tempo. Os flutuadores autônomos de perfil de temperatura e salinidade Argo que atingem 2.000 m de profundidade fornecem uma rede global de temperatura mais precisa ( $\pm 0,002^{\circ}\text{C}$ ) durante todo o ano

perfis. A principal missão do Argo float, iniciada em 2000, é manter uma cobertura global em grade de mais de 3.000 desses carros alegóricos de perfil. No entanto, os flutuadores Argo são rapidamente varridos para fora das correntes de contorno onde ocorre o transporte de massa e calor em grande escala e há menos resolução espacial de amostragem por flutuadores Argo em regiões dinâmicas. Uma abordagem sinérgica para entender a circulação em correntes de contorno e outras aplicações pode exigir uma combinação de plataformas, incluindo transectos XBT de alta resolução, bem como planadores, perfis Argo, ancoradouros e medições de sensoriamento remoto.

### 3 Equipamentos Esta

seção discute os tipos de equipamentos comumente usados para implantações de XBT e fornece ajuda para as melhores seleções. A instalação, teste e manutenção do equipamento são abordados nas seções posteriores. Todos os preços (em USD) para equipamentos fornecidos aqui são típicos a partir desta data de publicação (2021).

#### 3.1 XBTs

Os XBTs fornecem a solução mais simples e econômica para a obtenção frequente de perfis de temperatura ao longo de transectos fixos do oceano superior. O XBT contém um termistor de precisão localizado no nariz da sonda e o cartão DAQ mede a resistência do termistor e o converte em temperatura. A profundidade é calculada empiricamente como uma função do tempo desde o contato com a água usando uma equação de taxa de queda (FRE). Atualmente, existem apenas dois grandes fabricantes de XBTs no mundo, a Lockheed Martin's Sippican, com sede nos Estados Unidos, e a Tsurumi-Seiki Company (TSK), com sede no Japão. A escolha da sonda é baseada principalmente em qual empresa a instituição financiadora pode acessar para compras. Cada fabricante possui uma variedade de modelos XBT; o SOOPIP recomenda Sippican Deep Blues ou TSK T-7s, classificado para atingir uma profundidade de 760 m a uma velocidade de navio de 20 nós, uma das sondas com melhor custo-benefício (<\$ 100 USD cada). Embora a sonda seja classificada apenas para 760 m de profundidade máxima, é comum que atinjam quase 1000 m, dependendo da velocidade do navio, com qualidade de dados equivalente. O XBT de maior alcance é o modelo Sippican e TSK T-5, que são capazes de atingir uma profundidade de 1830 m, mas devem ser lançados a uma velocidade de navio de 6 nós.

#### 3.2 Lançador O

projeto básico do lançador portátil e acionado manualmente para Sippican e TSK XBTs é o mesmo e está disponível comercialmente desses fabricantes de XBT (~\$ 1.500 USD). Uma alavanca comprime 3 pinos de contato elétrico afiados na caixa XBT com um cabo conectando-o ao sistema DAQ; o usuário segura o lançador sobre a lateral do navio e puxa o pino que prende o XBT dentro do recipiente, liberando a sonda XBT para cair no mar.

Fabricantes e diferentes instituições desenvolveram seus próprios lançadores capazes de conter várias sondas XBT e permitir o acionamento remoto e automatizado do lançamento XBT. As vantagens dos lançadores automáticos incluem: uma maior porcentagem de perfis bem-sucedidos, viagens menos frequentes ao convés com mau tempo, mais descanso para o técnico de campo quando a amostragem é ininterrupta e intervalos de queda programáveis que ajudam a evitar estações perdidas.

As desvantagens incluem: maior peso e volume de equipamento para transporte e armazenamento a bordo e maior potencial para falhas de equipamento devido ao aumento da complexidade dos lançadores manuais. O custo de desenvolvimento de um lançador automático tem muitas variáveis para estimar aqui, mas a economia pode ser alcançada produzindo um lançador automático desenvolvido por outra organização com sua cooperação.

Em última análise, o SOOPIP não recomenda especificamente lançadores de mão automatizados ou manuais; essa decisão deve ser baseada no atendimento das necessidades e do orçamento dos usuários. No entanto, se um iniciador automático for usado, um iniciador manual também deve estar disponível como uma valiosa ferramenta de solução de problemas e backup em caso de falha do componente do iniciador automático.

#### 3.3 Hardware de Aquisição de Dados

Tanto a Sippican quanto a TSK oferecem hardware DAQ (placas de circuito eletrônico proprietárias com gabinetes e cabos opcionais) para processar o sinal XBT, que fornece resultados dentro dos parâmetros prescritos de precisão e exatidão estabelecidos para a tecnologia XBT (~\$ 5.000 USD para Sippican LMC-16 PCBA, circuito somente cartão).

Além disso, os cartões DAQ podem ser projetados internamente, como o gravador de dados Turo, que foi originalmente projetado para uso no programa XBT na Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization of Australia (CSIRO). Qualquer que seja o hardware DAQ usado, seu desempenho em combinação com todo o sistema XBT para atingir precisão de  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  deve ser bem validado antes da implementação.

### 3.4 Software e Computador O computador

pode ser bastante básico, necessitando apenas dos conectores de cabo de dados corretos e requisitos do sistema para operar o software de controle do equipamento. Um estilo de laptop adequado (\$ 500 USD) é recomendado para reduzir o espaço de transporte e configuração da bancada.

O software de controle do equipamento pode ser obtido do fabricante do hardware DAQ ou pode ser projetado sob medida.

A base do design do software deve ser voltada para as necessidades dos usuários, mas os seguintes recursos são recomendados para serem incluídos:

- Interface com o receptor GNSS – Exibir continuamente a posição e capturá-la para cada perfil eliminando erros manuais de entrada de dados. Realize verificações internas para alertar o usuário sobre possíveis erros nos dados de posição. Uma opção para inserir posições manualmente é recomendada em caso de falha de dados da fonte de posição primária para evitar estações perdidas.
- Acionar automaticamente uma liberação XBT ou alertar o operador quando um ponto de coleta de dados prescrito for alcançado. Isso pode ser baseado em tempo, distância ou posição.
- Metadados de captura - requisitos de metadados conforme estabelecidos pela equipe de tarefas SOT-10 em metadados SOOP (WMO, 2019) e descrito no documento complementar a este conjunto de melhores práticas "XBT Metadata Content and Format", deve ser capturado e anexado a cada conjunto de dados de perfil. • Para cada perfil de temperatura, preserve os dados de sinal bruto para o perfil, bem como as temperaturas calculadas e profundidades.
- Transmitir dados – O programa deve criar um arquivo de dados adequado para transmissão em tempo real do navio para a costa. De preferência, o software deve ser capaz de interagir com o transmissor para enviar perfis automaticamente à medida que são agrupados e alertar o usuário sobre falhas de transmissão.
- Traduza e registre o sinal XBT em 3 casas decimais - Embora a precisão dos XBTs seja significativamente menor, sinais de ruído dessa magnitude são bons indicadores para alertar o operador sobre problemas de dados.
- Alertar o operador sobre várias falhas do sistema, como perda de sinal de GPS. • Capture sinalizadores iniciais de controle de qualidade (CQ) gerados a partir da entrada do usuário ou de uma avaliação automatizada.

### 3.5 Receptor do Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS) Uma posição

precisa (latitude e longitude) é necessária para cada perfil XBT coletado. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) oferece a cobertura e a precisão mais globalmente confiáveis de qualquer constelação de navegação global, por isso é melhor selecionar um receptor com acesso a satélites GPS para evitar a perda do sinal de posicionamento.

Com muitas variedades de dispositivos GPS acessíveis e precisos disponíveis comercialmente (~\$100 USD), praticamente qualquer modelo que possa ser conectado com os controles de computador implementados é aceitável. Os dados de posição do receptor devem ser interfaceáveis com o computador para evitar erros de entrada do usuário, em vez de depender de exibições e entrada manual.

Muitos modelos de transmissores também possuem GPS integrado, eliminando a necessidade de uma unidade GPS separada. Embora não seja necessária uma exibição separada, é uma excelente ferramenta de verificação para garantir que os dados de posição inseridos no programa estejam corretos. Recursos adicionais, como saídas para velocidade e direção, podem ser necessários, dependendo dos controles de software usados.

### 3.6 Transmissor

O valor dos dados XBT para aplicações climatológicas é aumentado ao tornar os dados amplamente disponíveis para a comunidade o mais próximo possível do tempo real. Onde os orçamentos e as condições de campo permitirem, deve-se implementar a transmissão de dados do navio para a costa. A transmissão quase em tempo real também permite uma verificação adicional da qualidade dos perfis durante o cruzeiro. Os transmissores Iridium são uma boa opção de transmissor (~\$1.500 USD incluindo a antena) porque eles têm taxas de preço de dados baixas (~\$1 USD/perfil dependendo do tempo de conexão) e podem ser usados como um modem dial-up para estabelecer uma conexão PPP com a Internet com arquivos de dados transferidos via FTP. O uso de FTP em vez de SMTP é recomendado como uma opção de economia devido à capacidade das conexões FTP de retomar o upload de dados em caso de queda de conexão, o que pode ser comum em locais remotos no oceano. Como os provedores Iridium normalmente precificam as transmissões com base no tempo de conexão e não no tamanho do arquivo, vários perfis podem ser agrupados para reduzir custos. O serviço Iridium Short Burst Data é mais caro e o Inmarsat é ainda mais caro do que a opção de transferência Iridium FTP.

### 3.7 Cabeamento

Os cabos, utilizados no convés desde o ponto de conexão da sonda XBT externa até onde ela se conecta internamente ao sistema de aquisição de dados, variam de acordo com a aplicação. Em qualquer instalação de longo prazo, o cabo deve ser durável contra danos causados pelo desgaste, clima e radiação ultravioleta. O cabo deve incluir blindagem contra interferência eletromagnética frequentemente presente em navios. Os conectores devem ser de baixa resistência, os conectores externos devem ser impermeáveis e, caso sejam utilizados conectores metálicos, não devem entrar em contato com o casco metálico do navio. Uma alternativa econômica ao cabeamento blindado de serviço pesado que não precisa suportar instalações de deck de longo prazo é o CAT6, que emprega pares trançados de fios e um amplificador diferencial, portanto, não deve exigir blindagem na maioria dos ambientes. Como alternativa, implemente uma solução sem fio.

### 3.8 Condicionador de energia

Uma fonte de energia limpa é essencial para evitar interferência no sinal da sonda, portanto, dispositivos de proteção de energia são necessários. A Sippican recomenda o uso de um transformador de ultra-isolamento (~\$800 USD) para isolar o sistema do solo do navio. Uma fonte de alimentação ininterrupta (UPS) de nível marítimo é outra opção para condicionamento de energia (~\$400 USD).

### 3.9 Sondas de teste

As sondas de teste podem ser adquiridas comercialmente ou personalizadas. Idealmente, o circuito de teste incluirá todos os componentes do sistema XBT, exceto a própria sonda XBT e fornecerá uma simulação de temperatura. Algumas sondas de teste podem servir apenas para testar o funcionamento do sistema sem fornecer uma simulação de perfil de temperatura; embora isso seja melhor do que nenhum teste, é altamente recomendável usar uma sonda de teste de temperatura. Outras sondas de teste podem ignorar o lançador, testando assim apenas os componentes eletrônicos, mas isso não revelará se há algum problema com os cabos ou conectores do lançador. Informações de diagnóstico importantes podem ser reveladas usando um teste de simulação de temperatura única. Também é importante ter várias sondas de temperatura de referência entre 1-30 °C para cobrir a faixa de temperatura do oceano usando resistores padrão de boa qualidade para simular a temperatura desejada. Verifique se as sondas de teste de temperatura funcionam em uma ordem de grandeza melhor do que o sensor de temperatura XBT em precisão e exatidão, registrando repetidamente a leitura de temperatura simulada durante um perfil XBT normal. Consulte a Seção 4.1.2 para obter mais informações sobre como testar o sistema.

### 3.10 Plataforma

Com a permissão e cooperação dos armadores e operadores, a plataforma XBT pode ser qualquer embarcação em condições de navegar com espaço disponível para o equipamento e o operador e capaz de realizar viagens oceânicas nas regiões de interesse na frequência necessária. A utilização de navios de oportunidade, sejam eles esportivos, militares, comerciais, de pesquisa ou de pesca, permite uma economia significativa na coleta de dados porque essas embarcações já estão empregadas em seus negócios habituais, eliminando os custos de fretamento. Muitos navios atracarão voluntariamente

espaço, enquanto outros cobram uma taxa nominal por alimentação e alimentação (US\$ 10 a US\$ 35/dia). A seleção, recrutamento e interação com embarcações adequadas são explicadas em detalhes no documento que acompanha este conjunto de melhores práticas "Recrutamento de embarcação SOT e conduta a bordo"; use esse guia de logística na preparação para atender a embarcação selecionada. Antecipe quais equipamentos, acessórios e ferramentas específicos para o projeto da embarcação podem ser necessários, além dos materiais especificados neste documento.

### 3.11 Ferramenta de medição de distância

A altura do local de lançamento acima da superfície da água deve ser medida para incorporar no FRE para melhorar o cálculo da profundidade do perfil (Bringas e Goni 2015). Uma ferramenta de medição de distância a laser (US\$ 50) fornece a altura real mais precisa para uma embarcação carregada em andamento.

### 3.12 Peças sobressalentes e suprimentos

Se custos, conveniência e espaço não fossem barreiras, as peças sobressalentes poderiam constituir um sistema de backup completo. Em geral, as peças de reposição mínimas recomendadas são aquelas com maior probabilidade de falhar e que não podem ser dispensadas, como: lançador manual, conectores de cabo, hardware DAQ, computador e GNSS. Complete a lista de equipamentos com suprimentos adicionais, como multímetro, lanterna, kit elétrico e kit de ferramentas para estar preparado para todas as eventualidades e evitar o empréstimo de ferramentas do navio e material de escritório.

## 4 Implantação

Como mencionado anteriormente, o sistema de medição XBT é um método econômico e de fácil implantação para obter perfis de temperatura oceânica em profundidades de até 2.000 m, onde a precisão da ordem de um décimo de grau Celsius é aceitável. O sistema de lançador manual mais simples pode ser transportado em uma caixa do tamanho de uma bagagem grande de passageiro de avião. Pode ser operado por um único técnico de campo sem conhecimento técnico avançado, demandando cerca de 5 minutos por perfil coletado. Aproveitando os navios de oportunidade e o pessoal que trabalha a bordo como operadores, os custos de fretamento de embarcações e técnicos de campo podem ser reduzidos a zero. Normalmente, para linhas de alta densidade (ou seja, onde uma sonda XBT é implantada a cada 10-30 km), um técnico de campo é fornecido pela organização e pago de acordo com a taxa contratada. Os recursos adicionais de pessoal (excluindo viagens e dias passados no mar) são estimados em horas/homem da seguinte forma: gerenciamento de projetos incluindo recrutamento e agendamento de embarcações, 8-40 horas por viagem; preparação e embalagem de equipamentos antes da implantação, 8 a 40 horas; instalação ou remoção do sistema a bordo, 8 horas; pós-processamento de dados e controle de qualidade 0,5-5 minutos por perfil.

### 4.1 Preparação pré-desdobramento A

preparação cuidadosa antes da missão é crítica para garantir a qualidade dos dados e evitar falhas que resultem na redução da coleta de dados.

#### 4.1.1 Planejamento

A importância crítica do planejamento de viagens, logística e programação não pode ser exagerada. Embora não incluídos para uma discussão aprofundada neste documento, alguns exemplos de armadilhas incluem:

- O transporte internacional de equipamentos está repleto de complexidades da indústria e das autoridades. • As embarcações SOOP estão frequentemente sujeitas aos caprichos do clima, portos e gerenciamento que podem atrasar ou navios de rota sem aviso prévio.
- A falha em antecipar ou entender as restrições e requisitos de viagem para países estrangeiros pode facilmente atrapalhar todas as outras preparações cuidadosas.

Consulte o documento complementar "SOT Vessel Recruitment and On-board Conduct" para obter mais dicas para criar oportunidades de coleta de dados bem-sucedidas.

#### 4.1.2 Teste Cada

componente do sistema, incluindo todos os cabos e peças sobressalentes, deve ser testado no laboratório imediatamente antes da implantação em campo. Monte um sistema completo no laboratório e use uma sonda de teste para iniciar uma série de quedas. Não se esqueça de incluir na configuração quaisquer extensões de cabo que possam ser necessárias em navios maiores. Mesmo no laboratório, as condições de energia podem flutuar, portanto, realizar essas quedas ao longo de dias ou semanas pode revelar suscetibilidades de energia ocultas. Testes repetidos exaustivos são importantes ao usar novos fabricantes ou modelos de componentes que não estiveram em campo antes.

Ao usar uma sonda de teste de temperatura, nunca deve haver nenhum desvio em um perfil de teste, mesmo desvio e ruído uma ordem de grandeza menor que a precisão XBT são indicativos de problemas sistêmicos. O ruído e o desvio podem não ser representados graficamente em escala total, como 0-25°C, portanto, expanda a escala do gráfico da gravação de temperatura para revelar visualmente sinais de ruído tão pequenos quanto 0,001°C. Exemplos de perfis de uma sonda de teste nominal de 1,5 °C ilustram dados de teste normais (Figura 1a) e dados de teste que indicam claramente um problema (Figura 1b). Se vistos apenas em uma escala aproximada de temperatura em um pequeno monitor de laptop, esses indicadores seriam invisíveis devido à sua pequena magnitude.

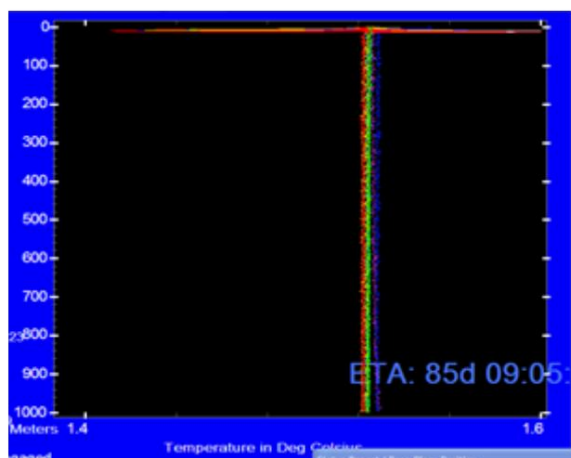


Figura 1a: Dados de teste XBT normais

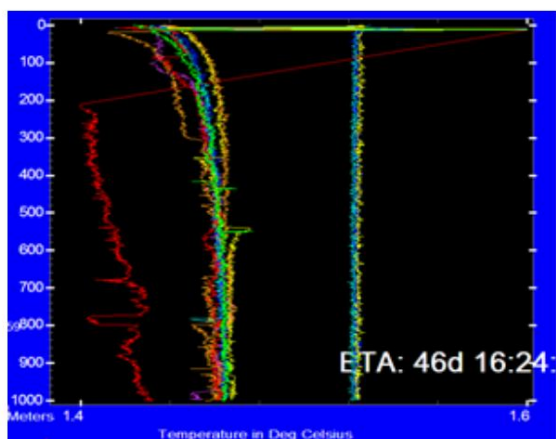


Figura 1b: Dados de teste XBT anormais

Aprenda a reconhecer as características usuais da escala expandida, perfis de teste de bom desempenho. Consulte a seção 6 “Exatidão e precisão” para uma discussão mais detalhada.

A sonda de teste também pode ajudar a identificar se há um curto-circuito no sistema que faz com que a coleta de dados comece antes que o XBT entre na água. A sonda de teste só deve começar a exibir dados após ser conectada ao solo do navio, se os dados forem exibidos sem uma conexão de terra, um curto é indicado que causará dados errôneos de XBTs conhecidos como “false splash”

Identifique quaisquer componentes que estejam com defeito ou a fonte de ruído ou desvio fora dos parâmetros aceitos e substitua ou repare-os antes da implantação em campo. Fontes comuns de ruído são pontos de aterramento, conexões de cabo, fontes de alimentação, falha no cartão DAQ, sondas de teste com defeito e equipamentos pesados sendo operados no mesmo sistema elétrico.

Inspeccione cuidadosamente a integridade de todos os componentes do sistema antes de implantar no campo. Crie cronogramas de manutenção integrados em listas de verificação e/ou relatórios de cruzeiro para incluir pelo menos o seguinte:

- Verifique o desempenho da qualidade de dados usando sondas de teste.
- Verifique se os componentes mecânicos e programáticos do sistema funcionam sem falhas.
- Inspeccione a integridade do isolamento do cabo, pontos de conexão e vedações expostas às intempéries.



- Operar e lubrificar peças móveis.
- Fornecer baterias de reposição para computadores e periféricos.
- Verificar o funcionamento dos componentes sobressalentes que serão enviados a campo.
- Atualize a segurança do computador e crie mídia de recuperação e espaço de armazenamento em disco.
- Verifique se o receptor GNSS é atualizado com posição, data e hora precisas.
- Envie dados de teste por meio do transmissor, garantindo que as configurações e o serviço de assinatura estejam atualizados.
- Verifique as entradas de software, incluindo os metadados da plataforma.
- Verifique se o Equipamento de Proteção Individual (EPI) está presente e intacto.

#### 4.1.3 Preparar um Plano de Amostragem

A localização e a frequência das implantações de XBT dependem da região em estudo, do objetivo do estudo e do orçamento. Por exemplo, as correntes de contorno são áreas importantes para o estudo do transporte de calor, de modo que essas regiões teriam uma frequência de amostragem mais alta em uma trajetória perpendicular ao fluxo da corrente, enquanto a amostragem em uma bacia oceânica aberta poderia ser menos frequente. Antes da viagem, desenvolva um plano de amostragem com esses fatores em mente em conjunto com a rota prevista do navio. Locais de amostragem predefinidos de latitude *ou* longitude (localizações exatas são impraticáveis devido a inevitáveis mudanças de curso) desenvolvidos para o objetivo científico são idealmente programados no software de controle do equipamento para monitorar a posição do GPS e lançar automaticamente uma sonda ou alertar o operador para fazê-lo. Se houver fatores que tornam um plano de amostragem de posição muito complexo, alternativamente, um plano de tempo ou distância pode ser implementado para intervalos designados.

No SOOP, os transectos de implantação XBT são designados como de baixa densidade, frequentemente repetidos e de alta densidade ou alta resolução. “Os transectos de baixa densidade normalmente visam 12 realizações por ano, com XBTs implantados em espaçamento de 150 a 225 km e são projetados para detectar modos de variabilidade oceânica de baixa frequência e grande escala. Frequentemente repetidos transectos [FR] normalmente visam 12-18 realizações por ano, com XBTs implantados em 100-150 km de espaçamento, e são projetados para obter observações de alta resolução espacial em realizações consecutivas em regiões onde a variabilidade temporal é forte e resolvível com uma ordem de amostragem de 20 dias. Os transectos de alta densidade (HD) [ou alta resolução (HR)] visam quatro realizações por ano, com XBTs implantados em ~ 10-25 km de espaçamento, e são projetados para obter alta resolução espacial sinótica, resolvendo a estrutura espacial de redemoinhos de mesoescala, frentes e correntes de contorno” (Abraham et al., 2013) (Goni et al., 2019).

**As Zonas Econômicas Exclusivas (ZEEs)** são onde as nações costeiras têm jurisdição sobre os recursos naturais do oceano e, portanto, pode ser necessária permissão prévia da nação antes que a amostragem seja permitida. Antes de iniciar um plano de amostragem, conheça os limites e as regras associadas a quaisquer ZEEs na região em estudo. Não fazer isso pode sujeitar a embarcação e o programa a multas graves e outras consequências.

## 4.2 Instalação em Campo

Conforme discutido em mais detalhes no documento complementar “SOT Vessel Recruitment and On-board Conduct”, os três aspectos mais importantes da instalação de campo adequada para todas as operações SOOP consistem em segurança, desempenho e estética.

- **Segurança:** O equipamento deve ser fixado no local de maneira adequada às condições climáticas extremas e às oscilações encontradas no mar. Não deve inibir a operação de escotilhas, equipamentos de segurança ou movimentação de pessoal. O EPI adequado é essencial para segurança e conformidade, incluindo no mínimo um capacete, colete de visibilidade e sapatos de segurança, além de um colete salva-vidas quando estiver no mar. Antes de trabalhar fora de bordo em qualquer convés, prenda todas as ferramentas e equipamentos com um cordão para que não caiam sobre o pessoal abaixo ou ao mar.
- **Desempenho:** Escolher o local mais adequado para o equipamento minimiza falhas e garante o melhor dados de qualidade.
- **Estética:** É importante projetar profissionalismo ao trabalhar com os parceiros do programa. A estética é importante para evitar um impacto negativo na embarcação hospedeira, porque não apenas uma instalação desarrumada é visualmente

pouco atraente, também parece pouco profissional e pode atrair a atenção incômoda de inspetores que podem levantar questões para as quais os oficiais podem estar despreparados. Comunicar e planejar a localização dos equipamentos com o comandante do navio e/ou o engenheiro-chefe pode ajudar a evitar violações e inconveniências ao navio.

#### 4.2.1 Colocação de Equipamentos

**XBT Probes:** Identifique um local de armazenamento o mais próximo possível do local de lançamento. Sempre que possível, o armazenamento do XBT deve ser climatizado para evitar danos causados por calor excessivo, congelamento ou umidade. Altas temperaturas podem degradar a cera, a cola e o isolamento dos fios. Com essas precauções em mente, os XBTs prontos para lançamento devem estar o mais próximo possível da temperatura da superfície do mar para minimizar o tempo de equilíbrio térmico do sensor de temperatura em contato com a água; não armazene sondas para implantação ártica em um espaço aquecido, nem aquelas para implantação tropical em um espaço com ar condicionado. (Cook e Sy, 2001). Armazene os XBTs em suas caixas de embalagem; uma causa comum de falhas do XBT são os empecilhos do fio, que podem ocorrer quando o fio escorrega em seu carretel devido a muito empurrão, vibração ou impacto. Reduza o envio ao mínimo e transporte em um palete para reduzir o manuseio sempre que possível. O manuseio e armazenamento adequados de XBTs garantem menos falhas devido à qualidade da sonda e, portanto, menos pontos de dados perdidos.

**Lançador:** O aspecto mais importante da seleção do local do lançador é minimizar a possibilidade de contato do fio XBT com qualquer parte do navio. O lançador e o operador devem estar fora do alcance das ondas do mar. Posicione o lançador no que se espera ser o lado predominantemente sotavento para a viagem, tendo em mente que pode ser necessário movê-lo se as condições de vento desfavoráveis persistirem. Evite locais onde as estruturas do convés possam criar redemoinhos de fluxo de ar que puxam o fio leve do XBT a bordo. O lançador deve estar cerca de 3-4 metros acima da linha de água (Bringas e Goni, 2015). Evite locais perto de onde os sólidos são descarregados ao mar, como calhas de lixo.

*Os lançadores automáticos* são normalmente montados na grade de popa no convés mais baixo, o mais longe possível de bombordo ou estibordo para evitar a turbulência da hélice. Os lançadores automáticos são pesados, certifique-se de que os fechos estejam seguros e de tamanho adequado para a carga; prenda-os sempre com uma corda de segurança antes de subir e descer.

*Os lançadores de mão* também estão melhor localizados no convés mais baixo, longe da turbulência, mas permitem mais flexibilidade em sua localização. Por exemplo, um lançador de mão no convés da ponte tem a vantagem de usar o recurso do pessoal da ponte para coleta de dados. Observe que, onde a ponte está bem acima da linha d'água e à frente das estruturas do navio que interferem, haverá mais falhas de XBTs lançados da ponte.

**Cabeamento:** segurança em primeiro lugar! O cabeamento deve ser instalado para evitar danos, evitar riscos de tropeçar, não deve impedir o travamento de escotilhas e vigias e não deve bloquear o acesso ao mar de botes salva-vidas/jangadas salva-vidas, nem o acesso pessoal a qualquer equipamento salva-vidas. Por exemplo, não prenda um cabo ao farol de luz de um bote salva-vidas, nem passe o cabo por um acesso raramente usado para a área de embarque do barco salva-vidas. Tome cuidado para que os cabos não sejam danificados por escotilhas. Os cabos devem ser esticados, com pontos de fixação frequentes para evitar que fiquem presos nos membros ou ferramentas dos trabalhadores, como hastes de amarração ou mangueiras de incêndio. Esteja ciente de que alguns espaços são proibidos para passagem de cabos, enquanto outros espaços exigem que as fixações dos cabos sejam de metal para que não derretam no fogo. Sempre que possível, os cabos que cruzam as passarelas devem ser roteados acima, caso contrário, use uma rampa de cabos. Reforce os pontos de atrito com camadas extras de isolamento. Para cabos longos, deixe um loop de serviço nos pontos de conexão para permitir reparos sem a necessidade de remover todo o cabo.

**Equipamento de controle:** Os controles eletrônicos do sistema (computador, etc.) devem estar em um espaço climatizado que possa ser acessado com segurança em todas as condições. O superaquecimento não é apenas o inimigo dos computadores, mas também causa erros nos componentes eletrônicos do DAQ. Fixe todos os componentes para evitar escorregar durante o rolamento em pesados

clima. Se este for um espaço de trabalho compartilhado, diminua o tamanho da bancada protegendo os componentes que não precisam ser acessados no chão ou em um gabinete.

**Transmissor e GPS:** As antenas desses instrumentos dependem de uma visão clara do céu até o horizonte para se comunicar com os satélites. Às vezes, uma antena de GPS pode ser colocada dentro de uma janela e receberá um sinal adequado, mas é fundamental que o sinal permaneça consistente porque um perfil de dados com uma posição ausente ou imprecisa é um perfil de dados inútil. Os transmissores têm menos satélites disponíveis, que podem ser bloqueados por estruturas de convés e, portanto, são melhor montados no topo da ponte.

#### 4.2.2 Aterramento O

o sistema de lançamento deve ser aterrado ao oceano (denominado "solo marinho"), conectando-se o ponto de aterramento do sistema ao casco metálico do navio com fio de seção transversal mínima de 3,3 mm<sup>2</sup>. Dependendo do sistema, o ponto de aterramento pode estar no lançador ou no sistema DAQ, mas nunca em ambos. Para cascos não metálicos, conecte ao eixo do leme ou ao encanamento do navio. Não use o aterramento elétrico do navio como ponto de aterramento do sistema. Um aterramento ruim causará grandes falhas nos dados e é sem dúvida a falha de instalação mais comum.

Teste a qualidade do solo usando um ohmímetro com um fio no solo do sistema e outro no metal exposto do casco do navio que não seja o ponto de fixação; a resistência deve ser inferior a 5 ohms.

Agite o fio terra em ambas as extremidades para garantir que não haja grandes flutuações na leitura da resistência.

Múltiplos pontos de aterramento no sistema podem criar loops de aterramento que causam interferência no sinal de temperatura (Lockheed Martin, 2003). Evite loops de aterramento eliminando as conexões com o aterramento elétrico do navio na fonte de alimentação do DAQ. Isso pode ser feito utilizando um cabo de alimentação sem pino de aterramento na extremidade do receptáculo. O ponto de aterramento do iniciador funcionará da mesma forma que o pino de aterramento do cabo de alimentação do hardware DAQ, desde que o aterramento do iniciador permaneça conectado ao sistema. **NOTA DE SEGURANÇA: Estabeleça primeiro o aterramento do sistema antes de conectar o sistema à tomada elétrica e não remova o aterramento do sistema quando o equipamento estiver conectado. Transformadores de isolamento, supressores de surto e no-break devem sempre ser aterrados normalmente com o terceiro pino aterrado no navio aterramento elétrico. Somente o hardware DAQ conectado a essas fontes de alimentação deve ter o pino de aterramento do cabo de alimentação eliminado enquanto mantém o aterramento através do ponto de aterramento do sistema.**

Aterre o receptor GNSS no casco do navio para protegê-lo contra raios.

#### 4.2.3 Considerações de energia A

interferência elétrica causada por desequilíbrios transitórios nos sistemas catódicos ativos do navio, falhas elétricas, transmissores eletromagnéticos, comunicação de rádio e o uso de equipamentos pesados a bordo podem interferir no cartão DAQ, nas fontes de alimentação ou mesmo no XBT fio de sonda atuando como uma antena, às vezes em níveis catastróficos (Cook e Sy, 2001). A visualização dos dados de teste XBT em escala expandida, conforme descrito na seção 4.1.2 "Teste", é uma boa ferramenta para revelar e diagnosticar interferência elétrica. A primeira linha de defesa é usar fontes de alimentação de alta qualidade no projeto do sistema. De acordo com Sippican, alguns problemas induzidos pelo navio podem ser remediados com o uso de um transformador de ultra-isolamento para isolar o sistema do solo do navio. Outros problemas podem se beneficiar de um no-break, mas é essencial selecionar uma unidade *de qualidade marítima* de alta qualidade. As régua de energia com supressão de surtos, se usadas, devem ser *de nível marítimo*. Os componentes eletrônicos do no-break e dos supressores de surto projetados para uso em terra são incompatíveis com a energia do navio e podem não apenas agravar o problema, mas também ser perigosos. Novamente, certifique-se sempre de que essas unidades estejam conectadas ao aterramento elétrico do navio por meio do cabo de alimentação aterrado fornecido pelo fabricante. Às vezes, um problema encontrado com a energia pode ser remediado usando um circuito diferente. Outras vezes, a interferência é transitória e desaparece sozinha. Por exemplo, equipamentos a bordo, como guindastes, soldadores e esmerilhadeiras, podem causar interferência elétrica que desaparecerá quando o equipamento não estiver em uso. Envolver o eletricitista e os engenheiros do navio geralmente ajuda a identificar e eliminar as fontes de interferência elétrica do navio.

#### 4.2.4 Teste Testar o

sistema *in-situ* antes de iniciar as medições de campo é tão importante quanto o teste pré-implantação. Teste para verificar se a instalação está correta, para verificar danos que possam ter ocorrido durante o transporte e também porque as condições de energia a bordo são diferentes das do laboratório. Assim como nas preparações de pré-implantação, use uma sonda de teste de temperatura e expanda a escala do gráfico para revelar padrões de traços incomuns na ordem de miligraus e teste para “falso respingo”. Realize um teste em cada uma das posições do lançador automático (se usado) e no lançador manual. Compare os resultados de cada posição entre si e com os resultados obtidos nos testes de pré-implantação. A aparência do traço deve ser uma linha reta, sem desvio, com máximo, mínimo e média nominal conforme o esperado. Consulte a seção 4.1.2 “Teste”, para obter a discussão completa.

### 4.3 Técnicas de Campo

#### 4.3.1 Monitorar o Plano de Amostragem O plano

de amostragem deve ter sido estabelecido durante os preparativos pré-desdobramento, mas pode exigir ajustes com base na rota real do navio ou nas condições locais.

- **Evite quedas múltiplas na mesma posição** uma vez que um bom perfil já tenha sido obtido para aquela posição.

Por exemplo, se o navio estiver à deriva ou ancorado, suspenda um plano baseado em tempo ou em posição. • **Monitore as alterações de curso e velocidade** para garantir que os objetivos do plano de amostragem permaneçam consistentes com o nova pista ou velocidade.

- **Monitore os dados para alterar a amostragem conforme apropriado.** Por exemplo, os limites esperados de um corrente importante pode mudar, então observe os dados na abordagem e aumente a densidade de amostragem conforme necessário.

Além disso, colete perfis de dados extras em um local onde os dados pareçam ruins, questionáveis ou incomuns. • **Monitorar EEZs.** O lançamento de XBTs é permitido em muitas EEZs, mas no caso de uma zona de lançamento proibida conhecida estiver na rota, ou o navio desviar para tal área, altere o plano conforme necessário.

#### 4.3.2 Medindo a altura de lançamento A altura de

lançamento deve ser registrada e a velocidade XBT fatorada no deslocamento de profundidade FRE empregado no processamento de dados (Bringas e Goni, 2015), ou seja, as sondas lançadas da ponte 10 decks para cima estarão se movendo mais rápido do que um sonda lançada do convés de popa perto da superfície. Isso é feito com mais facilidade e precisão usando uma ferramenta de medição de distância a laser mantida na mesma altura e localização do lançador *enquanto está em movimento na velocidade típica*. Alguma técnica é necessária com esta ferramenta porque se a água for muito vítrea e clara, o laser não será refletido na superfície da água; nesse caso, tente capturar um pouco de água branca diretamente abaixo criada pela turbulência. A velocidade do navio, a posição no navio e o carregamento do navio afetam a altura de qualquer convés acima da água. Portanto, as medições mais precisas da altura do lançador devem ser feitas em condições *in situ*.

Alternativamente, a altura pode ser calculada desde que as tabelas de velocidade, calado e agachamento (a mudança do calado do navio em andamento) da embarcação sejam incorporadas no cálculo. Não se esqueça de inserir a altura de lançamento nos metadados para cada queda, caso a posição do lançador seja alterada.

#### 4.3.3 Lançamento de XBTs Uma

vez lançada, a sonda XBT deve entrar na água o mais verticalmente possível e seu canister montado no navio deve estar alinhado o mais próximo possível com o ângulo da trajetória desenrolada do fio para minimizar a abrasão contra a abertura do canister. Os lançadores de montagem fixa na popa fornecem a entrada vertical mais confiável e devem ser ajustados em um ângulo de 10 a 30° para baixo em relação à horizontal. O lançamento manual deve liberar as sondas do casco do navio. Embora às vezes impossível, tente evitar que as sondas caiam ou façam contato com a água em uma posição mais horizontal, pois isso reduzirá a taxa de queda. Depois que a sonda é liberada, o lançador pode ser mantido no ângulo ideal para um desenrolamento suave do fio.

#### **4.3.4 Observação de dados e relançamento** Observe o

andamento dos dados durante o lançamento em tempo real usando o sistema disponível comercialmente ou um recurso de interface de plotagem desenvolvido pelo usuário. Traçar o perfil de temperatura atual sobre o(s) perfil(es) anterior(es) pode ser uma pista visual instantânea para alertar sobre possíveis dados incorretos. O perfil deve ser bastante suave e principalmente semelhante ao perfil anterior coletado nas proximidades, sem grandes deslocamentos de temperatura, sem ruído de alta frequência, nem picos grandes e agudos. Consulte a seção 8 “Métodos de avaliação de qualidade” e o livro de receitas de controle de qualidade da CSIRO (Bailey et al., 1994) para identificar características de perfil e modos de falha. Se houver um recurso incomum no perfil de dados ou quando os dados estiverem obviamente comprometidos, outro XBT deve ser iniciado o mais rápido possível. O perfil de temperatura subsequente pode confirmar os recursos de dados e garantir que não haja lacunas de dados. Se os custos da sonda XBT forem uma preocupação, as quedas repetidas podem ser limitadas onde os dados suspeitos estão nos 200 m superiores do perfil e/ou onde a área de observação do estudo é mais crítica.

Se estiver usando um iniciador automático, mantenha o iniciador manual pronto para que ele possa ser implementado sem perder nenhum dado da estação. O iniciador automático mais complexo pode levar muito tempo para solucionar problemas e reparar e pode não ser reparável no campo.

#### **4.3.5 Considerações meteorológicas** As

condições meteorológicas que causam movimentação extrema do navio, chuva forte, vento ou relâmpagos podem afetar negativamente a coleta de dados. Não suba ao convés se as condições forem muito perigosas; faça o check-in com o imediato de serviço e siga as ordens de segurança do comandante usando precauções extras, como levar escolta e usar colete salva-vidas. Faça esforços para garantir que o fio de desenrolamento não esteja em contato com o navio durante a queda. Às vezes, as condições do vento podem tornar isso desafiador, tente mudar o local de lançamento para um convés inferior ou uma área mais protegida onde as estruturas do convés não criem redemoinhos ou obstáculos. Os relâmpagos podem causar picos graves no perfil de dados por horas depois de não serem mais observáveis. O mau tempo geralmente resulta em estiramento ou quebra do fio, causando erros de dados óbvios e sutis (consulte a seção 8 “Métodos de avaliação de qualidade” para obter exemplos). Ao pré-carregar o lançador, é importante proteger as sondas carregadas da chuva. As sondas molhadas podem retornar dados antes de entrar na água, causando um contato precoce observado com a água ou “falso respingo”. Observações e lançamentos repetidos devem confirmar se o clima é a fonte de dados incorretos. Se o clima impedir lançamentos bem-sucedidos, retome o lançamento o mais rápido possível depois que as condições melhorarem.

#### **4.3.6 Cuidados e Manutenção** Durante a

viagem, todos os equipamentos devem receber manutenção regular para proteção contra danos causados pelo ambiente hostil. Além disso, colete dados de teste no início e no final de cada cruzeiro para verificar o desempenho e a estabilidade do sistema.

Proteja o lançador e qualquer equipamento externo da corrosão por sal e fuligem de chaminé, enxaguando com água doce a cada um ou dois dias. Quando não estiver em uso, deixe o recipiente vazio da sonda travado no lançador para proteger os pinos de contato da corrosão. Cubra o lançador conforme apropriado para protegê-lo de condições climáticas severas, como gelo.

Lubrifique as partes móveis com lubrificante de alta qualidade apropriado para os materiais. Lubrifique os componentes de vedação de borracha com uma pequena quantidade de lubrificante de silicone de alta qualidade sem revestir os contatos elétricos de metal. Certifique-se de que os contatos elétricos permaneçam livres de sal, fuligem, sujeira e óleo; vedações de reparo que estão permitindo a entrada desses contaminantes. Inspeccione o cabeamento quanto a dobras, conectores comprometidos e danos no isolamento; reforce os pontos de atrito usando isolamento adicional. Inspeccione os pontos de fixação quanto a sinais de afrouxamento e fadiga do material, geralmente causados por vibração do navio, corrosão e degradação UV. Proteja as partes corrosíveis com revestimentos anticorrosivos e coberturas de lona quando apropriado. Entre os cruzeiros, guarde o equipamento fora do convés em caixas de transporte.

A eletrônica interna deve ser monitorada regularmente quanto a sinais de superaquecimento ou umidade. Esteja ciente de que, à medida que a embarcação muda de rumo e posição, um local antes frio pode ficar exposto a mais sol ou mudanças no

clima. Tenha cuidado para não desalojar os cabos e mantenha a área ao redor do equipamento livre de poeira. Eletrônicos que são implantados por longos períodos podem ficar entupidos com poeira dentro de seus gabinetes, retendo calor, umidade e sal corrosivo do ar. Se forem usadas baterias, verifique se há corrosão e vazamento. Faça um cronograma de inspeção parte do relatório de cruzeiro e não se esqueça de incluir baterias sobressalentes e ferramentas auxiliares, como lanternas e multímetros.

## 5 Calibração

As sondas XBT individuais não podem ser calibradas antes do uso porque qualquer teste na água é destrutivo. No passado, mudanças nos métodos ou localizações dos fabricantes causaram mudanças nas características de desempenho e confiabilidade. Embora os fabricantes realizem exercícios de controle de qualidade em campo e em laboratório, é recomendável fazer testes pontuais em um pequeno lote de XBTs para garantir que eles funcionem de acordo com as especificações conforme o tempo e os orçamentos permitirem. Consulte "Procedimentos de Teste Padrão XBT/XCTD" desenvolvido para SOOPIP-III (Sy e Wright, 2000), para implementação de verificação independente.

Quando um lote problemático de XBTs for descoberto no laboratório ou no campo, rastreie os números de série da sonda e a data de fabricação (DoM) e faça referência cruzada com outras sondas desse período para ver a prevalência dos problemas (é por isso que o DoM deve ser sempre registrado nos metadados do perfil). A(s) falha(s) deve(m) ser documentada(s) e resumida(s) para o fabricante, pois isso pode levar à descoberta de problemas na fábrica que podem ser corrigidos em lotes futuros. Tanto a Sippican quanto a TSK obtiveram boa cooperação para solucionar problemas de qualidade e sondas de substituição.

A eletrônica proprietária dos cartões Sippican e TSK DAQ também não foi projetada para calibração. Uma sonda de teste de temperatura XBT com resistores padrão de boa qualidade é o melhor método para garantir que todo o sistema esteja funcionando de acordo com as especificações.

### 6 Exatidão e precisão Conforme declarado

pelos fabricantes, a precisão do sistema do Deep Blue XBT e TSK T-7s da Sippican para temperatura é de  $\pm 0,2$  °C e para profundidade é de 4,6 m ou  $\pm 2\%$ , o que for maior (Lockheed Martin, 2021). Observe que, em algumas condições e com sistemas que não são bem avaliados, a precisão pode ser pior. O transiente de inicialização é a profundidade na qual o sinal de temperatura inicial chegou ao equilíbrio com a temperatura da água do mar. Em profundidades menores do que isso, a temperatura está fora da precisão declarada do XBT e é considerada não confiável. A profundidade transiente de inicialização é comumente aceita como  $<4$  m, mas tem se mostrado dependente do cartão DAQ e pode ser mais profunda, uma consideração importante para evitar viés sistemático na temperatura da superfície do mar (Kizu e Hanawa, 2002). A comunidade científica determinou que a precisão nominal dos dados XBT é adequada para muitas aplicações científicas e dados históricos com correção de viés podem ser aplicados para fins de pesquisa climática (Cheng et al., 2016). Muitos estudos envolvendo precisão XBT foram realizados em volumes de dados históricos; para consideração adicional, uma lista abrangente de referências de teste de qualidade XBT compiladas pelos Centros Nacionais de Informações Ambientais (NCEI) da NOAA pode ser encontrada em seu site de bibliografia XBT (<https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-database/xbt-bibliography.html>). O NCEI também oferece uma lista de publicações de correções XBT que discutem vieses nos dados de temperatura, bem como erros de taxa de queda (<https://www.ncei.noaa.gov/expensible-bathymograph-xbt-corrections>). Além disso, a comunidade International Quality Controlled Ocean Database (IQuOD) (<http://www.iquod.org>) está trabalhando ativamente para construir uma base de dados de temperatura de qualidade climática a partir de todos os dados de perfil de temperatura coletados, desenvolvendo um padrão de controle de qualidade consistente (Cowley et al., 2021).

No programa SOOP XBT da Scripps Institution of Oceanography, as medições de teste usando o sistema Sippican MK21 XBT com sondas de teste XBT de 1,5 °C nominal são capazes de produzir resultados com faixas de ruído de  $\pm 0,001$  a  $\pm 0,005$  °C e com repetibilidade de  $\pm 0,005$  °C. Embora os resultados não sejam publicados, é uma boa estimativa de

observações sobre precisão que abrangem milhares de medições em dezenas de sistemas realizados por mais de duas décadas. Quando os cartões DAQ que não funcionam com esse nível de precisão são identificados, eles são excluídos do uso em medições de grau climático para reduzir o viés do sistema o máximo possível.

## 7 Padrões

Conforme descrito na seção 3.8 "Sondas de teste", as sondas de teste XBT fornecem o padrão usado para o sistema de medição XBT. O recipiente de teste acoplado ao sistema de medição deve ter desempenho pelo menos uma ordem de grandeza melhor do que a precisão declarada do sistema XBT de  $\pm 0,2$  °C em precisão e exatidão.

8 Métodos de avaliação de qualidade Esta seção discute

observações de avaliação de qualidade em tempo real e ações a serem tomadas no campo. Avaliações mais rigorosas e sinalizadores de QC expandidos podem ser aplicados no pós-processamento para produzir dados de modo atrasado, que são abordados no artigo complementar de melhores práticas "Controle de qualidade XBT em modo atrasado".

O técnico de campo é a primeira linha de ataque para grande garantia de qualidade, avaliação e controle. Após a identificação de problemas de qualidade, o técnico deve anotar sinalizadores de dados, tentar imediatamente corrigir a causa para evitar dados ruins ou ausentes e documentar as observações e etapas realizadas no relatório de cruzeiro.

Embora possa ser desejável, atualmente não existe um único esquema de sinalização de QC universalmente estabelecido e é geralmente reconhecido que é mais realista aceitar diversos padrões e traduzir entre eles (Bushnell et al., 2019). A Comissão Intergovernamental do Oceano (IOC) propôs um esquema de bandeira de qualidade de dois níveis para a troca de dados oceanográficos. O nível primário é definido por cinco sinalizadores e aplicado a qualquer tipo de dado que precise apenas de sinalizadores básicos. As bandeiras de nível primário são complementadas pelas bandeiras de nível secundário que são criadas pelo grupo usando as bandeiras com base em suas necessidades específicas e história (Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO, 2013). A proposta do COI inclui referências cruzadas a alguns esquemas de sinalizadores de dados para diferentes programas com um plano para manter as referências atualizadas no site da Ocean Data Standards (<https://www.oceandatastandards.org>). O SOOIP recomenda o uso do esquema de sinalização do Global Temperature and Salinity Profile Program (GTSP). Observe a diferença crítica entre os sinalizadores primários do IOC e o GTSP para a descrição do código 2.

**Tabela 1: Comparação do Esquema de Sinalização**

Sinalizadores	de qualidade do código GTSP (usados pelo SOOP)	IOC 54: V3 Bandeiras de Qualidade
0	Nenhum controle de qualidade foi atribuído	
1	QC foi realizado; parece estar correto Bom	
2	QC foi realizado; provavelmente bom	Não avaliado, não disponível ou desconhecido
3	QC foi realizado; parece duvidoso	Questionável/suspeito
4	QC foi realizado; parece errado	Ruim
5	O valor foi alterado como resultado do controle de qualidade	
9	O valor está em falta	dados ausentes



Os dados e metadados XBT a serem sinalizados são data/hora, posição, temperatura e profundidade. Observe que o perfil de temperatura pode conter vários sinalizadores, por exemplo, pontos de 0 a 250 m sinalizados como dados corretos, 251 a 350 m provavelmente bons e 351 a 900 m incorretos. Idealmente, o software XBT pode fazer uma avaliação automatizada de dados e sinalização de QC, ou permitir que o usuário insira sinalizações de QC antes de qualquer distribuição de dados.

### 8.1 Avaliação de perfis XBT para falhas básicas O operador é o

único observador diretamente ciente das condições de campo existentes que podem estar afetando a qualidade dos dados.

Experiência com condições de temperatura na região e comparações de dados adicionais são excelentes ferramentas para ajudar a identificar anomalias de temperatura errôneas versus reais. Em tempo real, o operador deve examinar a temperatura plotada em relação à profundidade em busca de ruído de alta frequência, dados ausentes, grandes deslocamentos de temperatura e picos agudos.

Embora inversões aparentes de temperatura e segmentos de temperatura constante sejam muitas vezes condições do mundo real, elas também podem indicar erros causados por estiramento de fio, quebra de fio ou contato com o fundo do mar. Compare o gráfico de temperatura-profundidade atual com o do perfil anterior e, se forem observados dados incorretos ou questionáveis, uma queda repetida deve ser feita o mais rápido possível, acionada pelo operador ou pelo software de sua avaliação automatizada de CQ. O perfil de temperatura de repetição subsequente pode confirmar os recursos de dados e garantir que não haja lacunas de dados. Recursos anômalos que estão presentes ou sugeridos no perfil anterior e presentes na queda repetida ou no próximo perfil conferem confiança aos dados. Na ausência de uma queda repetida, perfis vizinhos e dados históricos arquivados da mesma região geográfica são inestimáveis e devem ser representados graficamente sobrepostos. Os conjuntos de dados arquivados podem mostrar se recursos como grandes inversões, redemoinhos ou várias camadas mistas são esperados para a área de estudo.

Exemplos descrevendo dados normais, bem como modos de falha comuns e os sinalizadores QC descritivos para rotulá-los com base no livro de receitas de controle de qualidade da CSIRO (Bailey et al., 1994) podem ser encontrados no Apêndice: Exemplos de recursos de perfil de dados XBT. Embora todos os sinalizadores QC possam não ser aplicados ao perfil de dados em tempo real, os exemplos são uma referência útil para entender os dados do perfil de temperatura XBT.

### 8.2 Verificação de Metadados É

fundamental que o técnico de campo cuide para que todos os metadados de medição e plataforma sejam registrados e transmitidos com precisão, conforme descrito no Padrão de Metadados WIGOS (WMO, 2019). Ship-ID, fabricante e modelo do cartão DAQ, software e versão, informações da sonda XBT, posição de lançamento, data e hora da implantação, altura do lançador, coeficientes FRE e sinalizadores QC são exemplos de metadados cruciais. Como diferentes modelos de XBTs têm características diferentes que afetam sua taxa de queda, é importante não apenas usar o FRE apropriado, mas também incluir o nome do fabricante, modelo, número de série e data de fabricação nos metadados relatados com cada queda (WMO/ COI, 2019). A SOOPIP sustenta que “nenhum esquema de correção é aplicado aos dados XBT brutos. Todos os dados arquivados devem conter apenas profundidades calculadas pelos fabricantes ou pelo Hanawa et al. (1995) e temperaturas obtidas do sistema de coleta” (Cheng et al., 2016).

Além disso, como a profundidade do perfil é calculada em função do tempo, o tempo desde a implantação também deve ser registrado explicitamente ou implicitamente, conhecendo a taxa de amostragem do cartão DAQ.

Quando existem excelentes metadados, os pesquisadores podem visitar conjuntos de dados históricos e fazer melhorias usando correções ou ajustes com base em aprimoramentos de conhecimento que inevitavelmente vêm com o tempo, como feito pelo IQuOD. Esses conjuntos de dados ajustados de instituições díspares usando diferentes equipamentos e técnicas podem ser mesclados de forma eficaz, criando um registro histórico abrangente e coerente. De fato, durante o quarto workshop XBT, a equipe científica XBT fez a recomendação do trabalho de Cheng et al. (2014) para correções de dados históricos e uma avaliação abrangente de erros passados e presentes (Cheng et al., 2016).

### 8.3 Comparações de dados de teste



Além de testar o funcionamento do equipamento após a instalação, os dados de teste devem ser coletados no início e na conclusão de cada cruzeiro. O novo teste também deve ser realizado sempre que o cartão DAQ, iniciador, cabeamento ou fonte de alimentação for trocado ou reparado. Certifique-se de que o sistema permaneceu estável comparando os dados de teste de laboratório com todos os dados de teste de campo coletados durante o cruzeiro. Verifique se não há desvios fora dos resultados esperados.

#### 8.4 Relatório de cruzeiro

Um relatório detalhado para cada cruzeiro XBT deve ser escrito e, pelo menos, preservado com o arquivo de dados interno original. Deve incluir todos os metadados descritos na seção 8.2 "Verificação de metadados", bem como anotações sobre problemas de equipamentos, suas causas, alterações e reparos de equipamentos. Mantenha um registro diário que inclua observações regulares do clima que possam afetar as medições, como velocidade e direção do vento, raios, chuva forte, gelo etc. 1). Inclua estatísticas para o número de quedas, sondas usadas e taxas de falha da sonda. Liste os suprimentos necessários para a próxima viagem e resuma os conselhos para o próximo técnico. Tabule e resuma os resultados de todos os dados de teste. Documente qual manual de procedimentos e melhores práticas foram usados. Não se esqueça de especificar o nome e os identificadores do projeto científico, bem como qualquer projeto auxiliar operando ao mesmo tempo a bordo, como Argo ou implantações de drifter.

#### 9 Gerenciamento de dados Todos

os dados XBT coletados, incluindo cópias em papel de logs, relatórios de cruzeiro e dados de teste, devem ser retidos e arquivados pelo grupo que os coleta. É uma boa prática manter os dados usando vários métodos de armazenamento diferentes, como: arquivo de estado sólido, arquivo em nuvem e um disco acessível.

Os dados SOOP XBT são adicionalmente arquivados e distribuídos através da NOAA/NCEI, o Australian Ocean Data Rede (AODN) Portal, as instituições que conduzem as operações e outros centros regionais de distribuição de dados

Atualmente, o SOT está trabalhando com outras equipes de tarefas organizacionais estabelecendo os padrões e procedimentos para metadados de plataforma e medição e também modelos para o Formulário Universal Binário para a Representação de dados meteorológicos (formato BUFR) para envio de dados ao GTS. Assim que isso for formalizado, há planos para criar o documento complementar de melhores práticas "Conteúdo e Formato de Metadados XBT".

#### 10 Resumo A

medição dos perfis de temperatura oceânica do oceano superior usando sondas XBT implantadas em uma rede global de transectos estabelecidos continua a fornecer dados importantes aplicáveis a estudos climáticos, como mudanças nas correntes oceânicas superiores, transporte de calor meridional e aumento termostérico do nível do mar.

O sistema de medição XBT em sua forma mais simples é compacto, barato, robusto, confiável e fácil de operar.

A aplicação onipresente de sondas XBT, implantadas pela primeira vez por volta de 1967, levou ao suporte tecnológico de longo prazo do produto. Os componentes permanentes do sistema, consistindo no iniciador, hardware DAQ, receptor GNSS, controles e energia do computador, podem durar mais de 10 anos com manutenção cuidadosa e monitoramento de estabilidade (por exemplo, os lançadores e o cartão DAQ usados pelo programa XBT da SIO foram em serviço há mais de 20 anos).

O baixo custo de fazer um grande número de medições de temperatura espaçadas é a principal razão para a implementação desta técnica de levantamento. Os custos podem ser ainda mais minimizados recrutando plataformas de navios voluntários e empregando pessoal que já trabalha a bordo como operadores.

A longevidade dos programas de medição XBT aumenta sua relevância para estudos de circulação oceânica global. Embora outras plataformas de perfis de temperatura, como o programa central Argo, agora contribuam com muitos dados de alta qualidade, "elas não podem ocupar transectos de bacias transoceânicas repetidas e de resolução de mesoescala através das principais correntes no

escalas de tempo que são amostradas regularmente usando XBTs de navios em movimento rápido” (Goni et al., 2019). Por outro lado, as limitações de precisão e a especialização espaço-temporal dos XBTs requerem outras técnicas para compensar os vieses regionais dos dados do programa. Portanto, os XBTs e outras plataformas de perfis são complementares e também servem como referências cruzadas para identificar vieses no Sistema Global de Observação dos Oceanos. Como o sistema de medição XBT continuará a preencher um nicho importante, a comunidade SOOP permanece ativa na promoção de melhores práticas, avanços no design de sondas XBT e uma melhor compreensão de suas características que melhorarão a precisão da medição de temperatura (Abraham et al., 2013).

## 11 Organizações/Agradecimentos

Essas melhores práticas para garantia de qualidade XBT dependem fortemente da experiência e dos manuais operacionais inéditos dos colaboradores de dados XBT mais prolíficos do SOOP: Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, Australian Bureau of Meteorology, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation e Scripps Institution of Oceanography. O Programa Ship of Opportunity opera sob a Equipe de Observações de Navios (SOT), uma rede do Sistema Global de Observação do Oceano, Grupo de Coordenação de Observações (GOOS, OCG).

O Global Temperature and Salinity Profile Program (GTSP) é uma cooperativa internacional desenvolvida por um grupo de organizações de ciências marinhas para fornecer aos pesquisadores e gerentes de operações marítimas dados precisos, em tempo real e de melhor cópia de temperatura e salinidade. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) e a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (IOC) gerenciam em conjunto a rede de captura, arquivo e sistemas de disseminação do programa para garantir controle de qualidade, armazenamento e acesso sustentados.

Os Centros Nacionais de Informações Ambientais (NCEI) da NOAA hospedam e fornecem acesso público a um dos arquivos mais significativos de dados ambientais da Terra, fornecendo dados atmosféricos, costeiros, oceânicos e geofísicos abrangentes. Isso inclui a manutenção do arquivo de longo prazo do GTSP, fornecendo serviços de armazenamento e controle de qualidade para garantir que as melhores versões dos dados do GTSP sejam devidamente preservadas e disponibilizadas ao público (<https://www.ncei.noaa.gov>).

---

A CSIRO e o Earth Systems and Climate Change Hub do Programa Nacional de Ciências Ambientais do governo australiano apóiam Rebecca Cowley. Também apoiando Rebecca Cowley e Craig Hanstein está a sub-instalação Ships of Opportunity XBT, que faz parte do Sistema Integrado de Observação Marinha (IMOS) da Austrália - o IMOS é ativado pela Estratégia Nacional de Infraestrutura de Pesquisa Colaborativa (NCRIS). <https://imos.org.au/>

Mauro Cirano coordena o transecto NOAA AX97 High Density XBT, que é um esforço multi-institucional que recebe recursos brasileiros do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e dos projetos de pesquisa do CNPq 405908/2016-4 e 443262/2019-5.

Janet Sprintall e Justine Parks, da Scripps Institution of Oceanography, são apoiados pela NOAA Programa Global de Monitoramento e Observação dos Oceanos (Prêmio NA20OAR4320278)

## 12 Glossário de Termos

**AODN** Australian Ocean Data Network

**AOML** Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, **BUFR** Binary

Universal Form for the Representation of meteorological data **CSIRO** Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization of Australia **DAQ** Aquisição de dados **FTP** File Transfer Protocol é um protocolo simples

para transferência de arquivos na internet.

**GNSS** Sistema Global de Navegação por Satélite

**GOOS** Sistema Global de Observação Oceânica

**GPS** Global Positioning System, uma constelação GNSS.

**GTS** Global Telecommunication System

**GTSP** Global Temperature and Salinity Profile Program **IMOS**

Australia's Integrated Marine Observing System **IOC** the

International Oceanographic Commission **IQuOD**

International Quality Controlled Ocean Database **NCEI** NOAA's

National Centers for Environmental Information

**NOAA** National Oceanic and Atmospheric Administration, Departamento de Comércio dos Estados Unidos

Grupo de Coordenação de Observações

**OCG EPI** Equipamentos de Proteção

Individual **PPP** Protocolo ponto a ponto é um protocolo para comunicação entre dois nós.

**QC** Quality Control

**SIO** Scripps Institution of Oceanography na University of California, San Diego **SMTF**

Simple Mail Transfer Protocol é um programa usado para enviar e-mails usando um endereço de e-mail.

Painel de Implementação do Programa **SOOPIP** Ship of Opportunity

Equipe de Observações de

Navios **SOT UNESCO** Organização das Nações Unidas para a Educação, a

Ciência e a Cultura **WMO** Organização

Meteorológica Mundial **XBT** expendable BathyThermograph sondas de perfil de temperatura

## 13 Referências

Abraham, JP, Baringer, M., Bindoff, NL, Boyer, T., Cheng, LJ, Church, JA, Conroy, JL, Domingues, CM, Fasullo, JT, Gilson, J., Goni, G., Good, SA, Gorman, JM, Gouretski, V., Ishii, M., Johnson, GC, Kizu, S., Lyman, JM, Macdonald, AM, Minkowycz, WJ, Moffitt, SE, Palmer, MD, Piola, AR, Reseghetti, F., Schuckmann, K., Trenberth, KE, Velicogna, I., e Willis, JK, 2013. Uma revisão das observações globais da temperatura oceânica: Implicações para estimativas do conteúdo de calor oceânico e mudanças climáticas, *Rev. Geophys.*, 51, 450–483, (ver [doi:10.1002/rog.20022](https://doi.org/10.1002/rog.20022)).

---

Bailey, RJ; Gronell, AM; Phillips, HE; Tanner, E.; Meyers, GA, 1994. Livro de receitas de controle de qualidade para dados XBT (dados de batitermografia descartáveis): Versão 1.1. Relatório nº: 221. (Veja <http://hdl.handle.net/102.100.100/237126?index=1>)

Bringas, F., e Goni, G., 2015: Dinâmica inicial das sondas Deep Blue XBT. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 32, 2253– 2263. (Consulte [jtechD150048.2253..2263 \(noaa.gov\)](https://jtechD150048.2253..2263.noaa.gov))

Bushnell, M., Waldmann, C., Seitz, S., Buckley, E., Tamburri, E., Hermes, J., Heslop, E., Lara-Lopez, A., 2019. Garantia de Qualidade de Observações Oceanográficas: Padrões e Orientações Adotados por uma Parceria Internacional, *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, pp706, 2296-7745 (ver: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2019.00706>)

Cheng, L., Abraham, J., Goni, G., Boyer, T., Wijffels, S., Cowley, R., Gouretski, V., Reseghetti, F., Kizu, S., Dong, S., Bringas, F., Goes, M., Houpert, L., Sprintall, J., & Zhu, J. (2016). XBT Science: Avaliação de vieses e erros instrumentais, *Boletim da American Meteorological Society*, 97(6), 924-933. Recuperado em 27 de abril de 2021, de <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/97/6/bams-d-15-00031.1.xml>

Cheng, L., Zhu, J., Cowley, R., Boyer, T., & Wijffels, S. (2014). Tempo, tipo de sonda e correções de viés de variável de temperatura para observações históricas de batitermografia descartáveis, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(8), 1793-1825. Recuperado em 27 de abril de 2021, de [https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/31/8/jtech-d-13-00197\\_1.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/31/8/jtech-d-13-00197_1.xml)

Cook, S. e A. Sy, 2001. Melhor Guia e Manual de Princípios para as Operações do Programa Ships of Opportunity (SOOP) e Expendable Bathythermograph (XBT). Março de 2001. Preparado para a Comissão Oceanográfica Internacional (IOC) - Organização Meteorológica Mundial (OMM) - 3ª Sessão do JCOMM Ship of Opportunity Implementation Panel (SOOPIP-III), 28-31 de março de 2000, La Jolla, Califórnia, EUA

( Consulte [https://www.oceanbestpractices.net/bitstream/handle/11329/130/SOOP\\_best\\_guide.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.oceanbestpractices.net/bitstream/handle/11329/130/SOOP_best_guide.pdf?sequence=1&isAllowed=y))

Cowley, R., Killick, RE, Boyer, T., Gouretski, V., Reseghetti, F., Kizu, S., et al. 2021. Banco de Dados Oceânico Controlado por Qualidade Internacional (IQuOD) v0.1: A Especificação de Incerteza de Temperatura. *Frontiers in Marine Science*, 8:607, 12pp. DOI:10.3389/fmars.2021.689695.

Goni, GJ, J. Sprintall, F. Bringas, L. Cheng, M. Cirano, S. Dong, R. Domingues, M. Goes, H. Lopez, R. Morrow, U. Rivero, T. Rossby, R. Todd, J. Trinanés, N. Zilberman, M. Baringer, T. Boyer, R. Cowley, C. Domingues, K. Hutchinson, M. Kramp, M. Mata, F. Reseghetti, C. Sun, U. Bhaskar TVS, D. Volkov, 2019. Mais de 50 anos de medições contínuas de temperatura bem-sucedidas pela Global Expendable Bathythermograph Network, sua integrabilidade, benefícios, e futuro, *Fronteiras em Ciências Marinhas*. (Ver <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00452>)

Comissão Oceanográfica Intergovernamental/IODE. 2018. Sixth International XBT Science Workshop, IOC Project Office for IODE, Oostende, Belgium, 18-20 April 2018. Paris, UNESCO, 25 pp. 2018. (IOC Workshop Report No. 283) (Ver [http://www.iocunesco.org/index.php?option=com\\_oe&task=viewDocumentRecord&docID=21820](http://www.iocunesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=21820))

Hanawa, K., P. Rual, R. Bailey, A. Sy, M. Szabados, 1995. Uma nova equação profundidade-tempo para batitermógrafos descartáveis Sippican ou TSK T-7, T-6 e T-4 (XBT), *Deep Sea Research Parte I: Documentos de Pesquisa Oceanográfica*, Volume 42, Edição 8, pp 1423-1451, ISSN 0967-0637. (Ver [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(95\)97154-Z](https://doi.org/10.1016/0967-0637(95)97154-Z))

Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO, 2013. Paris. *Ocean Data Standards, Vol.3: Recomendação para um Esquema de Bandeiras de Qualidade para o Intercâmbio de Dados Oceanográficos e Meteorológicos Marinhos*. (Manuais e Guias do COI, 54, Vol. 3.) 12 pp. (Inglês) (Ver [https://www.nodc.noaa.gov/oads/support/MG54\\_3.pdf](https://www.nodc.noaa.gov/oads/support/MG54_3.pdf))

Kizu, S. e K. Hanawa, 2002. Transitório inicial da medição XBT, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Volume 49, Issue 5, pp 935-940, (ver [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(02\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(02)00003-1)).

Lockheed Martin, 2003. Manual de instalação, operação e manutenção do sistema de aquisição de dados de batitermógrafo Mk-21/USB. Número da peça 308437, Revisão C, pp 3-2 a 3-12.

Lockheed Martin. Instrumentação Oceanográfica. Recuperado em outubro de 2021. (Consulte <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/oceanographic-instrumentation.html>)

Administração Oceânica e Atmosférica Nacional. Correções do Batitermógrafo Dispensável (XBT). Centros Nacionais de Informação Ambiental. Recuperado em abril de 2021. (Consulte <https://www.ncei.noaa.gov/expendable-bathythermograph-xbt-corrections>)

Administração Oceânica e Atmosférica Nacional. Tabela de referências do teste de qualidade XBT. Centros Nacionais de Informação Ambiental. Recuperado em abril de 2021. (Consulte <https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-database/xbt-bibliography.html>)

Sy, A. e Wright, D., 2000. Procedimentos de teste padrão XBT/XCTD para testes de confiabilidade e desempenho de sondas descartáveis no mar. Projeto revisado. Genebra, Suíça, WMO, TC SOT JCOMM Ship Observations Team, 8pp. (Consulte <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/129>)

UNESCO, 1997. Recomendações SOOPIP-I para OOPC, SMC e IGOSS/GOOS. Primeira Sessão do Painel de Implementação do Programa Joint IOC-WMO IGOSS Ship-of-Opportunity: Anexo VI, Cidade do Cabo, África do Sul, 16–18 de abril de 1997.

Organização Meteorológica Mundial e Comissão Oceanográfica Intergovernamental (da UNESCO). 2019. COMISSÃO TÉCNICA CONJUNTA WMO/IOC PARA OCEANOGRAFIA E METEOROLOGIA MARINHA Equipe de observações de navios Décima sessão Hong Kong, China, 01 a 04 de abril de 2019. Equipe de trabalho sobre SOOP Metadata DRAFT.

Organização Meteorológica Mundial, 2019. Padrão de Metadados WIGOS. WMO-No. 1192. (Consulte o padrão [de metadados WIGOS \(wmo.int\)](#))

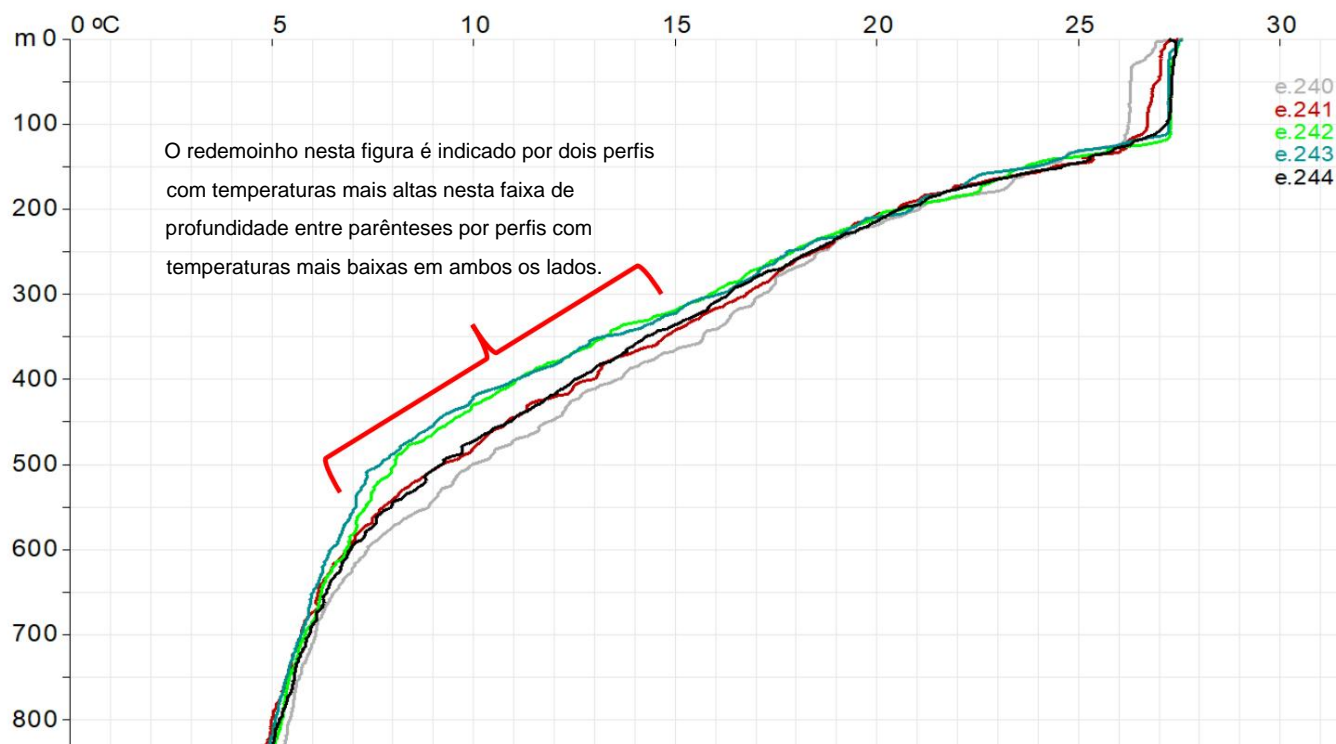
14 Apêndice: Exemplos de recursos de perfil de dados XBT Esta seção é organizada por códigos de bandeira GTSP QC (Tabela 1). Cada categoria de código inclui alguns exemplos de perfil com explicações do *livro de receitas de controle de qualidade da CSIRO para dados XBT* (Bailey, 1994).

#### 14.1 Código 1 - QC foi realizado; parece estar correto **Eddy ou Front Confirmado**

##### - Código 1

Um redemoinho ou área frontal é um aumento ou diminuição da temperatura em grandes intervalos de profundidade em comparação com os perfis vizinhos. Um deslocamento de temperatura pode aparecer em quedas alternadas ou sequenciais conforme a rota do navio cruza uma corrente, sistema de redemoinhos ou região frontal. Perfis repetidos mostrando temperaturas semelhantes em profundidade ou dados de arquivo podem confirmar o recurso.

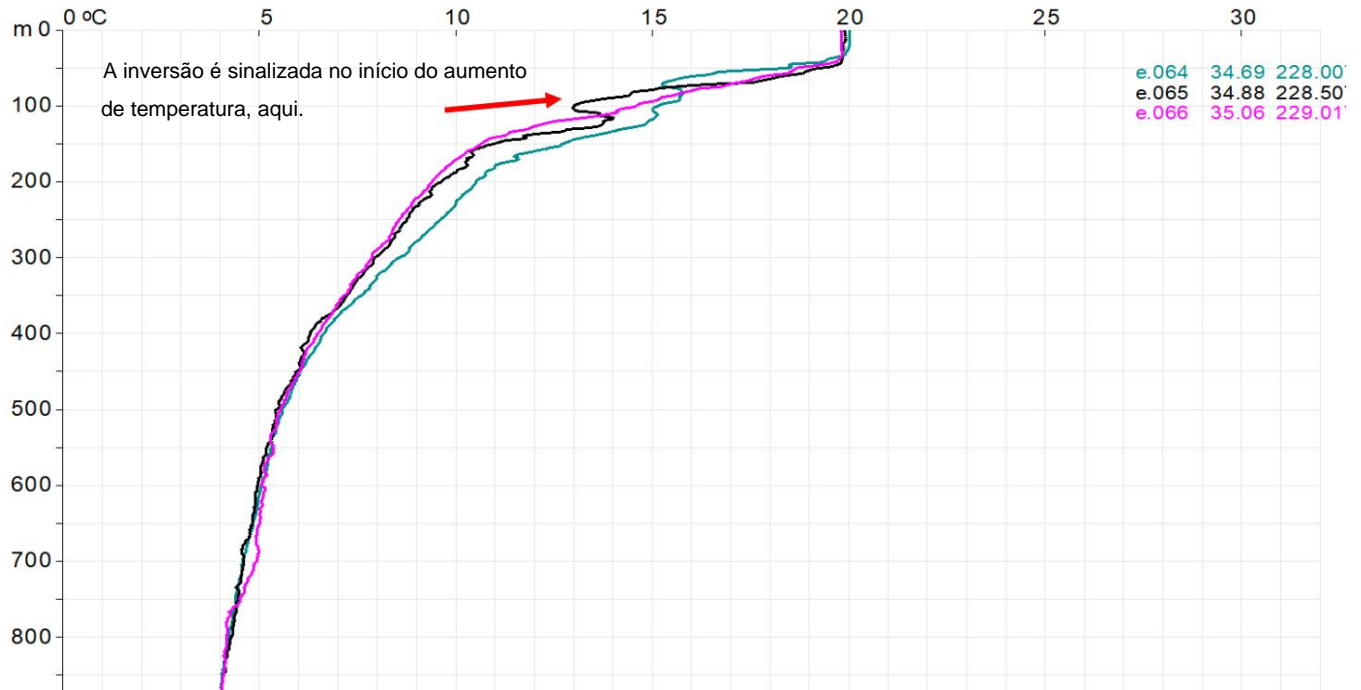
ÿ O redemoinho é sinalizado na superfície e todo o perfil é código 1.



### Inversão Confirmada - Código 1

Uma inversão é definida como um aumento confirmado de temperatura com profundidade observada em algum ponto do perfil. A confirmação é estabelecida através da observação do mesmo recurso em uma gota vizinha ou repetida. Esses recursos geralmente ocorrem em regiões específicas.

ÿ A inversão é sinalizada no início do aumento de temperatura e o perfil é o código 1.

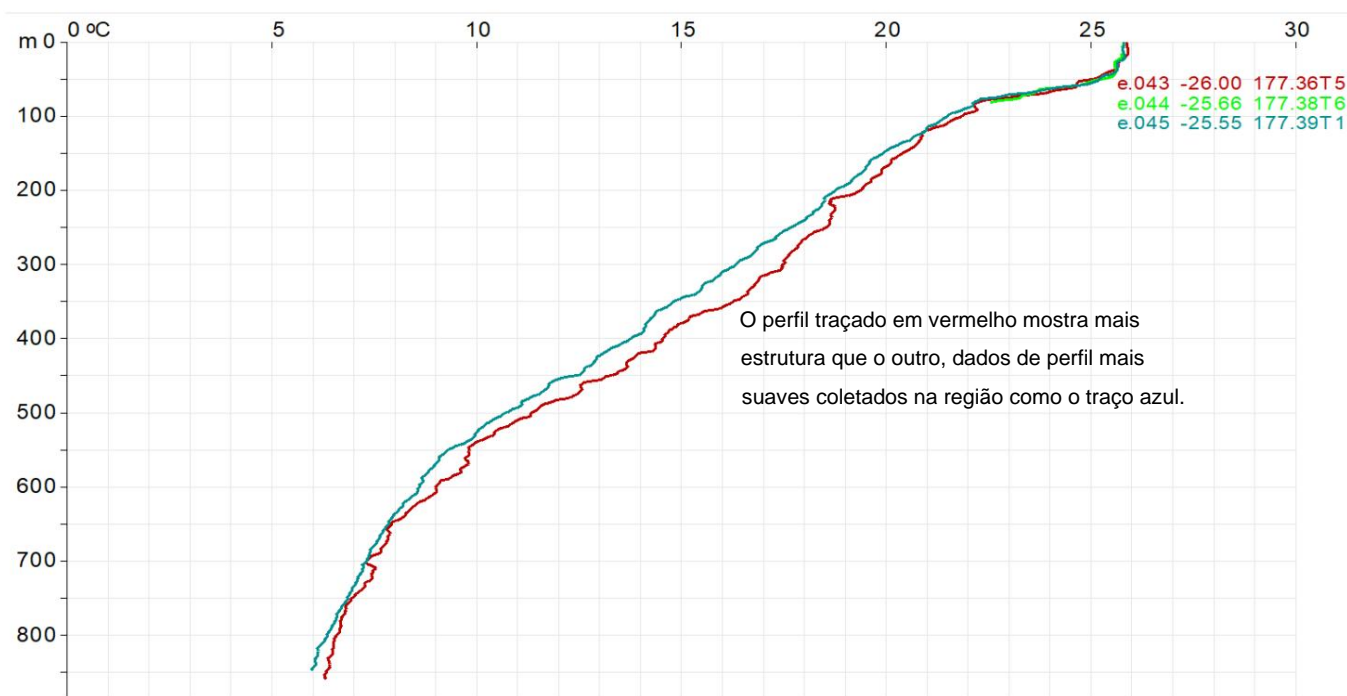


## 14.2 Código 2 - QC foi realizado; provavelmente bom

### Estrutura Fina/Degrau Provável - Código 2

Estruturas finas ou etapas são sinalizadas se recursos estruturados semelhantes a etapas forem observados em uma queda, mas não puderem ser completamente confirmados por um perfil vizinho. No entanto, o recurso é provavelmente real porque características semelhantes foram observadas anteriormente na região.

ÿ A estrutura fina é marcada na superfície e todo o perfil é sinalizado como código 2, então não use este sinalizador se o perfil for certamente bom.

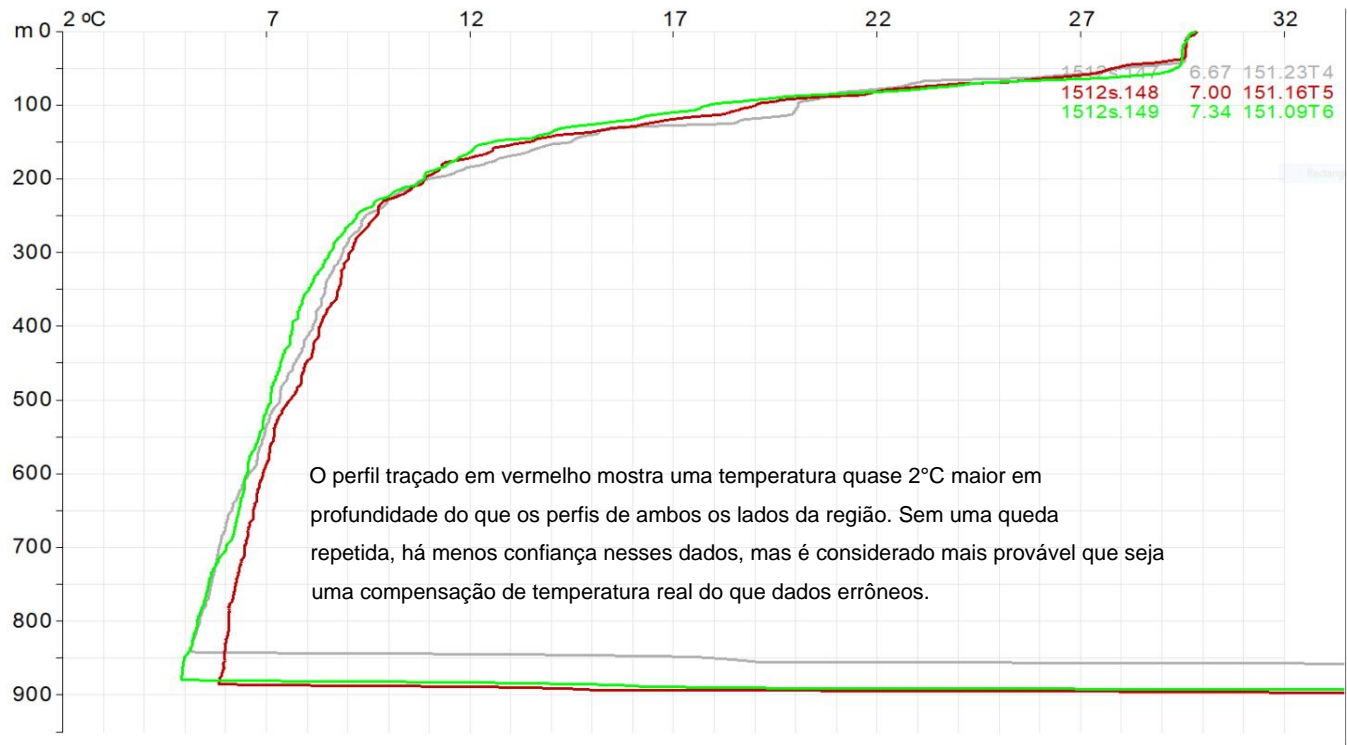




### Diferença de temperatura na profundidade - Código 2

Esse recurso é sinalizado se for observada uma diferença de temperatura ( $>0,2^{\circ}\text{C}$ ) em profundidade em relação aos perfis vizinhos, embora a diferença também possa ocorrer ao longo de todo o perfil. Se essa diferença não puder ser confirmada como real, mas redemoinhos ou frentes forem conhecidos na região a partir de arquivos, então o recurso é considerado provavelmente real.

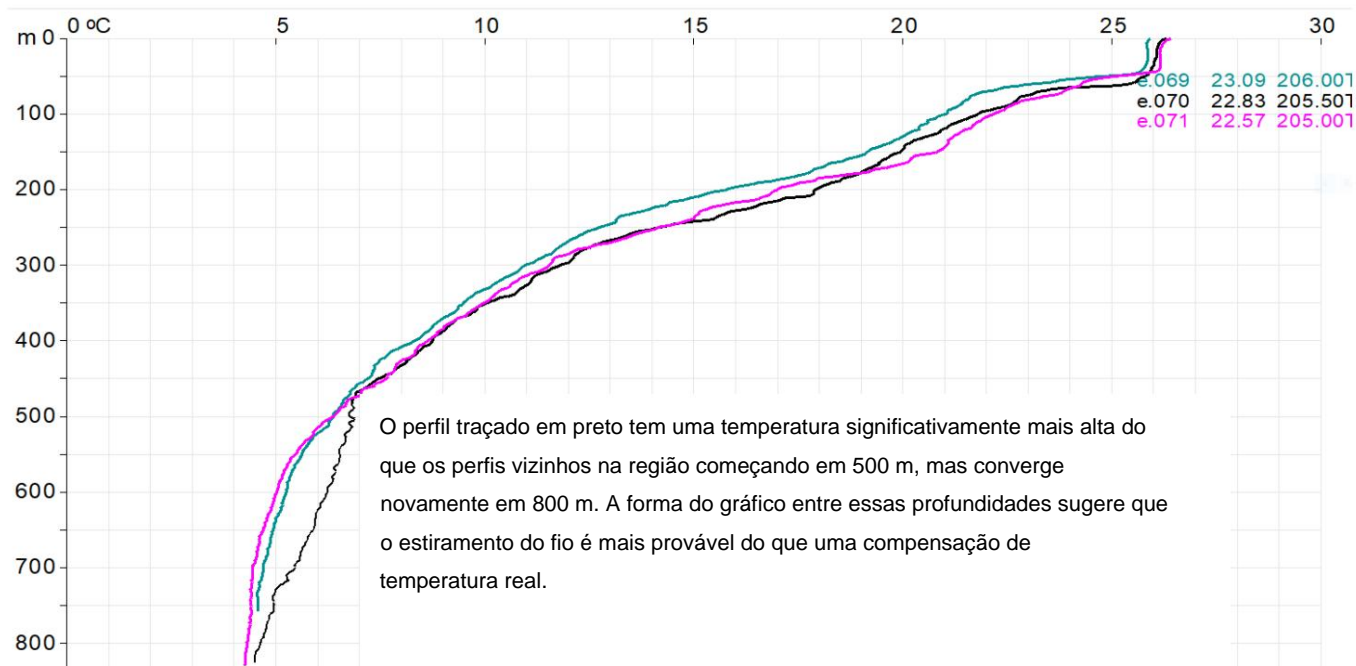
• A temperatura é marcada no início da diferença de temperatura e todas as profundidades mais profundas são o código 2.



### 14.3 Código 3 - QC foi realizado; parece duvidoso **Estiramento do fio ou compensação de temperatura possível - Código 3**

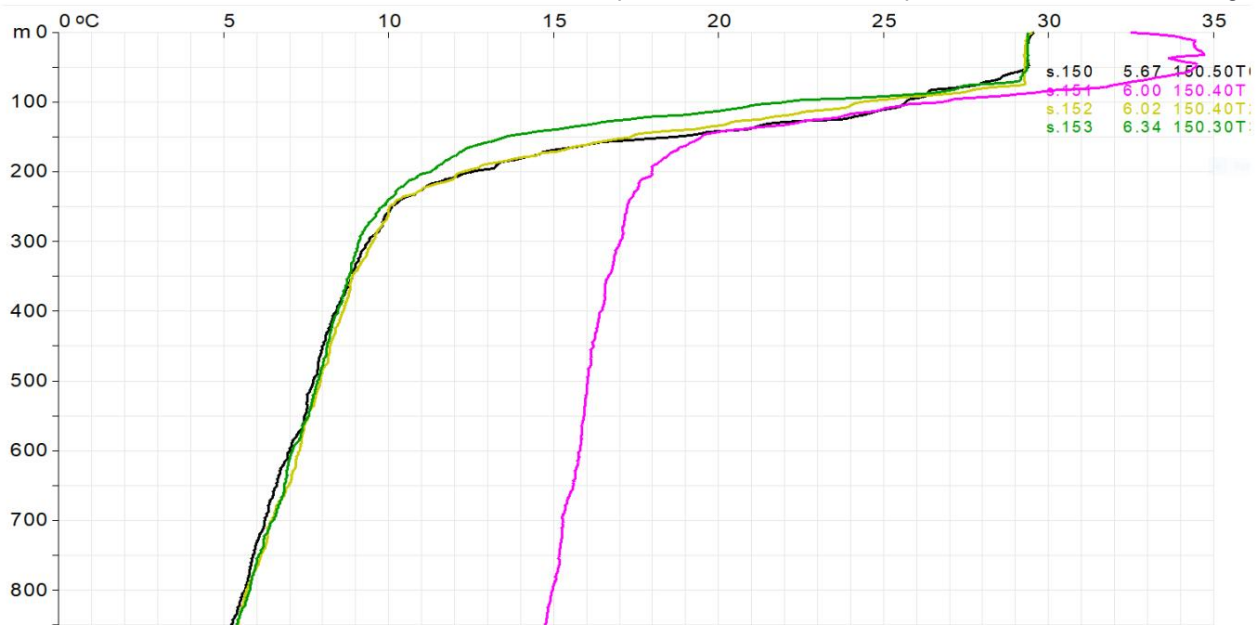
Um possível estiramento do fio é um pequeno e aparente aquecimento da temperatura com profundidade em algum ponto do perfil. Diferenças irrealistas de temperatura que não podem ser confirmadas por uma queda vizinha e há evidências limitadas de que redemoinhos ou frentes ocorrem na região de arquivos são frequentemente causadas por estiramento de arame.

ÿ O trecho do fio é marcado no início do trecho suspeito e todas as profundidades abaixo são código 3.



#### 14.4 Código 4 - QC foi realizado; aparece errado **Dados** incorretos por toda parte – Código 4

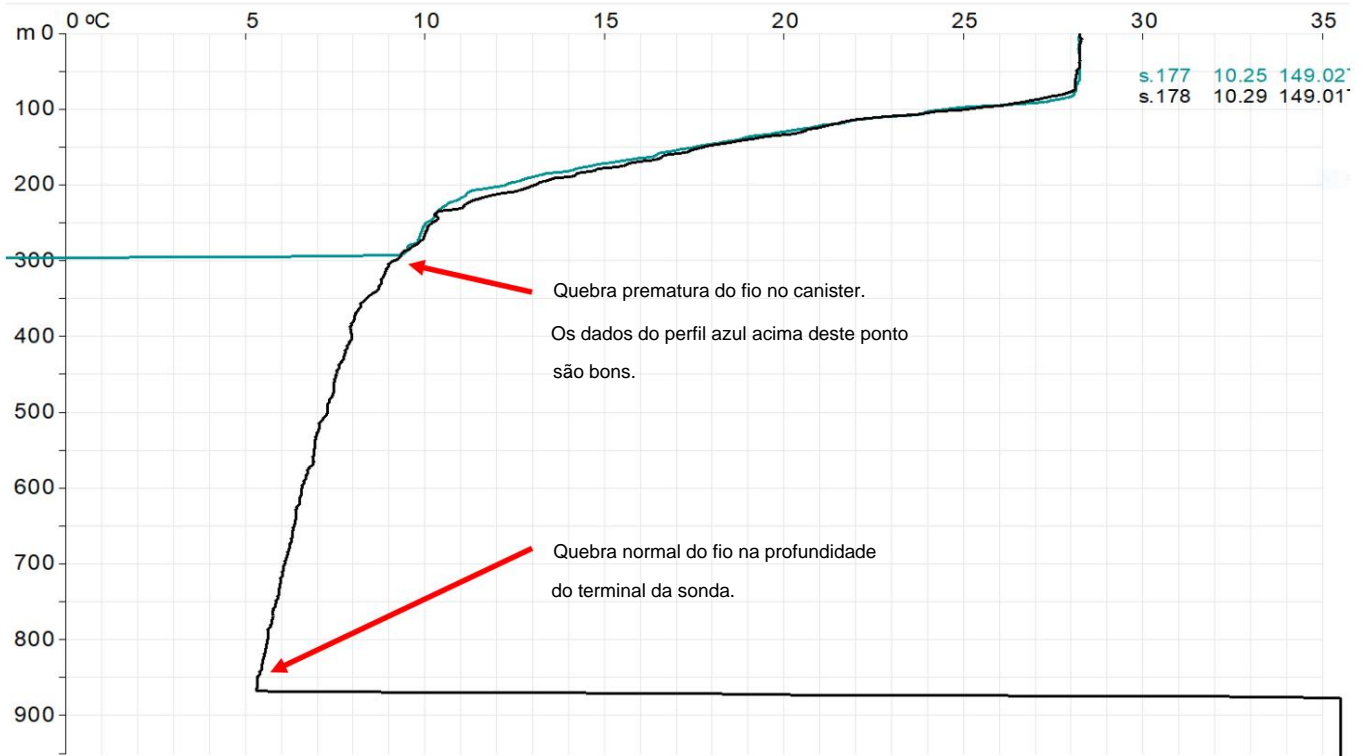
Se os dados estiverem obviamente errados, como no perfil rosa abaixo, todo o perfil é sinalizado como código 4.



#### Rejeição de quebra de fio - Código 4

Quando um fio XBT se rompe, um curto-circuito faz com que as leituras de temperatura saiam da escala, seja para baixo (quando o fio sai do carretel no canister) ou para alto (quando o fio sai do carretel da sonda descendente) da escala de temperatura. As principais causas de quebra de fio são quando a profundidade terminal da sonda é atingida. Um bom elenco de XBT em águas profundas termina em uma quebra de fio, mas também pode acontecer mais raso se o fio se prender em alguma coisa. Rupturas de fio mais rasas geralmente são precedidas por um estiramento de fio.

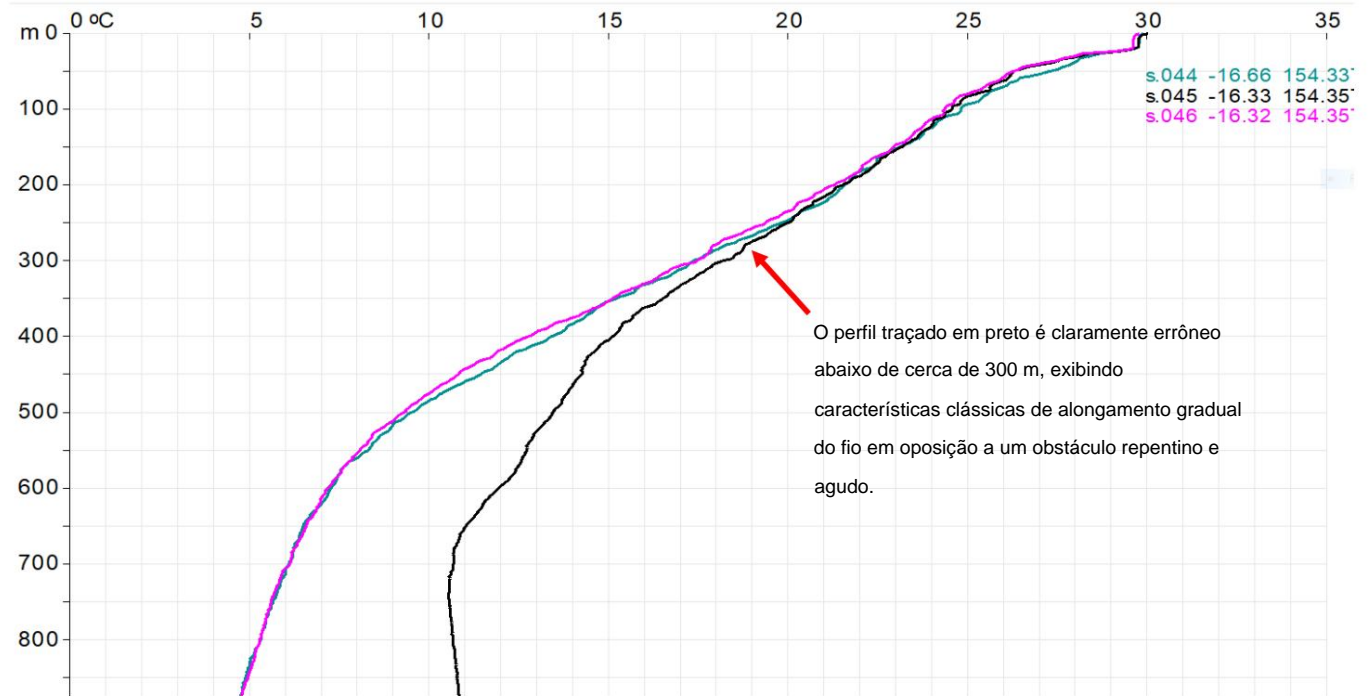
ÿ A quebra de fio é marcada no início da deflexão e os dados abaixo são sinalizados como código 4.



#### Alongamento do fio - Código 4

Um verdadeiro estiramento do fio causa um aumento anormal da temperatura com a profundidade (geralmente  $>0,2^{\circ}\text{C}$  observado em uma ampla faixa de profundidades). O recurso é considerado errôneo porque as temperaturas em profundidade são inconsistentes (mais quentes) quando comparadas com os perfis vizinhos. Um estiramento de fio é frequentemente observado na base de um traço antes de uma quebra de fio, ou se ocorrer incrustação ou desenrolamento restrito.

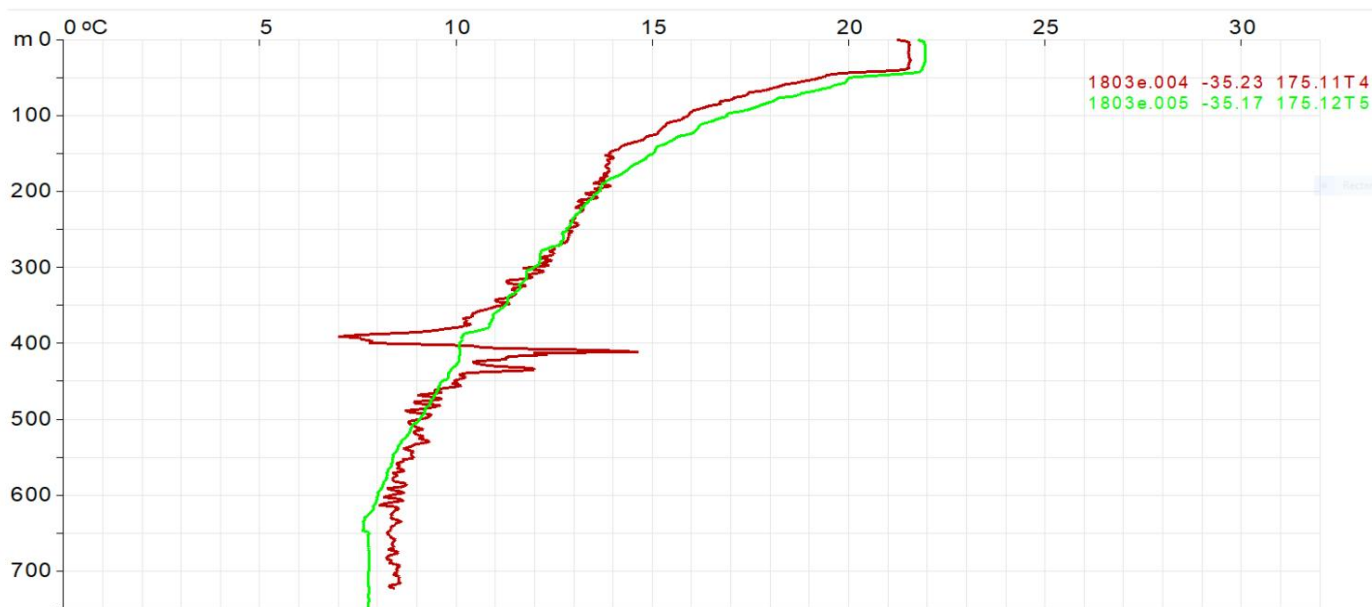
ÿ O trecho do fio é sinalizado no início do trecho e todas as profundidades abaixo são código 4.



### Spiking de alta frequência - Código 4

Spiking contínuo em uma ampla faixa de profundidades que não podem ser interpolados por filtragem (não é recomendado interpolar mais de 10m), podem ser causados por vazamento, penetração de isolamento ou interferência elétrica.

Os picos são marcados no início do pico e todas as profundidades abaixo são marcadas como código 4.



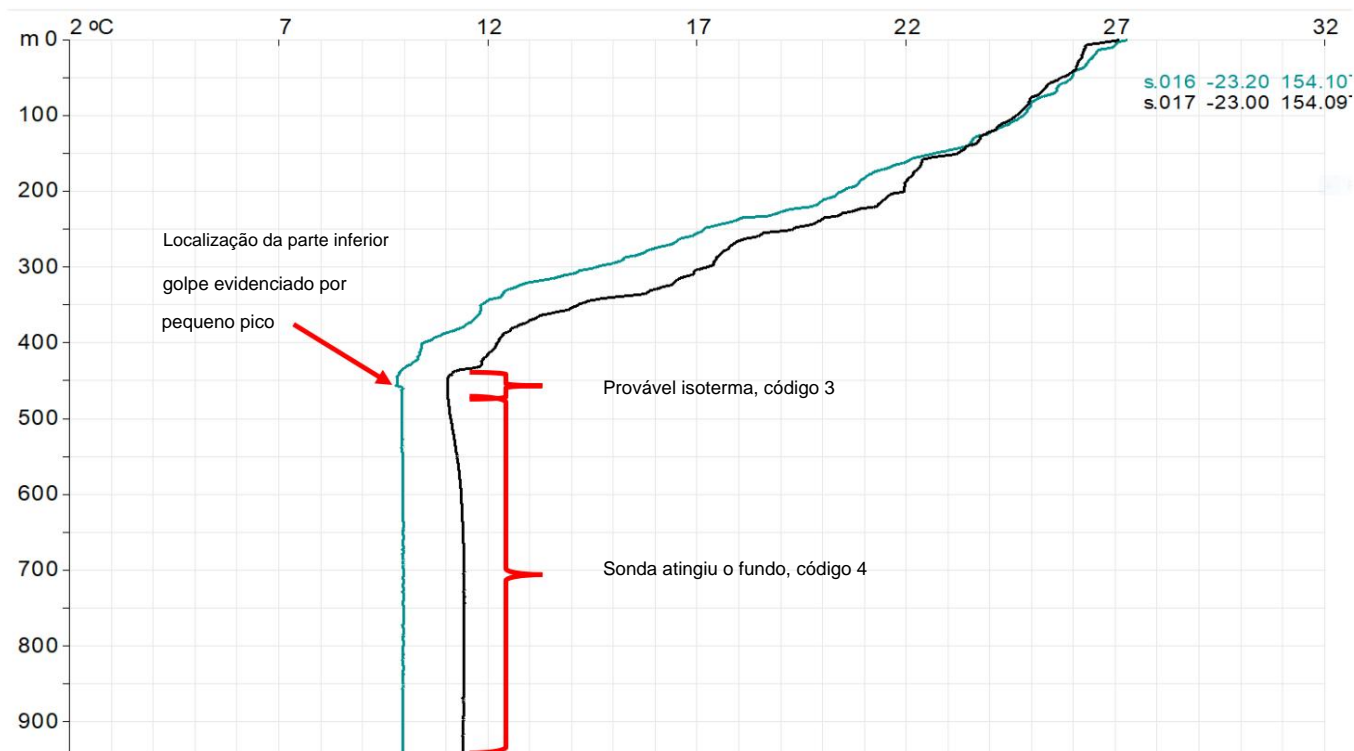
#### Acerte o fundo - Código 4

Quando uma sonda atinge o fundo, o traço de temperatura geralmente se torna isotérmico. O contato com o fundo geralmente é indicado por uma pequena ponta horizontal. Onde houver uma camada isotérmica perto do fundo e não houver espigão, pode ser difícil determinar a profundidade do golpe no fundo, use gráficos de topografia do fundo para ajudar a identificar a profundidade correta.

#### Límite isotérmico vs. Acerto inferior, Código 3 vs. Código 4

• A batida no fundo é marcada na profundidade da batida no fundo e todas as profundidades mais profundas são marcadas como código 4.

• A camada isotérmica é marcada no início da isotérmica e rotulada como código 3 até o ponto onde o fundo a profundidade é identificada pelo golpe no fundo e, abaixo do golpe no fundo, a bandeira é o código 4.



## 14.5 Código 5 - O valor foi alterado como resultado do QC

### Data Interpolated – Code 5

Onde houver um pico muito acentuado em uma pequena faixa de profundidade (<10m) e o restante dos dados do perfil parecer bom, o pico pode ser removido por interpolação.

Os dados interpolados são marcados no início do pico; os dados alterados interpolados sobre o pico são sinalizados como código 5 e os dados abaixo do pico são sinalizados como código 2.

