



QUALIFICAÇÃO DE DADOS OCEANOGRÁFICOS REALIZADOS PELA MARINHA DO BRASIL ENTRE 2008-2018, UTILIZANDO O PROGRAMA CARGO 2.0

**Autores: MSc Augusto Andrade Pereira¹
CF(T) Marcia Helena Moreira Valente²
1º Ten (T) Fernando Ribeiro³
1º Ten (RM2-T) Valquiria Pacheco⁴**

RESUMO

O objetivo deste artigo é descrever a qualificação dos perfis de temperatura e salinidade adquiridos por navios da Marinha do Brasil (MB), assim como os oriundos de fontes externas ao longo de uma década. Para isso foi utilizado o software CARGO 2.0 desenvolvido pela própria MB. Buscou-se descrever este software e seus principais testes de controle de qualidade, a distribuição espaço-temporal dos perfis coletados, e os principais erros encontrados.

Apenas 13% dos perfis analisados com o CARGO 2.0 foram considerados inconsistentes e, conseqüentemente, descartados. A análise dos perfis mostrou os principais erros encontrados: inversão de temperatura, equipamento

tocando o fundo, valores constantes, entre outros. Ainda mostrou que proporcionalmente, os navios hidroceanográficos e oceanográficos da MB atingiram índices menores de perfis excluídos, comparados com os dados estrangeiros.

Palavras-chave:

Perfis XBT, CTD, Temperatura, Salinidade, Controle da Qualidade de Dados Oceanográficos, CARGO 2.0.

ABSTRACT

The aim of this paper is to describe the temperature and salinity tests acquired by Brazilian Navy (MB) ships, as well as other sources over a decade. For this

¹ Ajudante da Divisão de Oceanografia Física, Oceanógrafo pela USP, MSc em Oceanografia Física pelo IOUSP.

² Encarregada da Divisão de Oceanografia Física. Oceanógrafa pela UERJ, MSc em Oceanografia Física pelo IOUSP, DSc em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ.

³ Ajudante da Divisão de Oceanografia Física, Oceanóloga pela FURG, MSc em Oceanografia Física, Química e Geologia pela FURG.

⁴ Ajudante da Divisão de Oceanografia Física, Oceanógrafo pela UFSC, MSc em Oceanografia pela UFSC.



purpose, the CARGO 2.0 software developed by the Brazilian Navy MB itself was used. We describe this software and its main quality control tests, the spatiotemporal distribution of the collected profiles, and the main errors found.

Only 13% of the profiles analyzed with CARGO 2.0 were considered inconsistent then discarded. The analysis of the profiles showed the main errors found: temperature inversion, equipment touching the bottom, constant values, among others. It also showed that proportionally the Brazilian Navy Hydroceanographic and Oceanographic Research Ships had the lowest number of excluded profiles, compared with foreign data.

Keywords:

XBT Profiles. CTD. Quality Control of Oceanographic Data. CARGO 2.0.

1. INTRODUÇÃO

Amostrar com qualidade os oceanos é um desafio desde os primeiros levantamentos hidrográficos datados do século XIX. As metodologias vêm sendo aprimoradas com o advento das garrafas de coleta e, especialmente dos equipamentos eletrônicos e sistematização dos bancos de dados. No Brasil, a Marinha protagoniza esse processo desde a década de 50, com o advento das primeiras Comissões Oceanográficas nacionais. Em novembro de 1956, o NE Guanabara partia para o que seria a primeira comissão com propósitos marinho-científicos catalogada pela Marinha (VALENTE, MH, 2019).

Essa primeira expedição foi efetuada com garrafas de coletas e redes, mas ao longo das décadas foram implementados os *Bathy Thermograph*, BTs (e posteriormente *eXpendable BathyThermograph*,

XBTs) e, no final da década de 1970, perfiladores *Conductivity Temperature Density*, CTD. Atualmente são catalogadas 266 Comissões Oceanográficas da Marinha do Brasil, totalizando 8062 perfis de CTD (VALENTE, MH 2019). As Comissões priorizam as regiões de interesse da Marinha, sobretudo a Zona Econômica Exclusiva (ZEE).

Dessa forma, grande parte das medições oceanográficas encontram-se na plataforma e talude continentais. Para suprir as informações de interesse para a Marinha além da ZEE, recorre-se também a dados de outras instituições estrangeiras.

A qualificação criteriosa com respaldo internacional é a condição inicial para a utilização da informação oceanográfica de forma padronizada e unificada. A Marinha do Brasil, além de possuir a responsabilidade de intercambiar os dados oceanográficos com entidades internacionais que possuam base de dados vinculadas a Comissão Oceanográfica Internacional (COI), através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), utiliza a Base de Dados Qualificada (BDAQ) para compor sistemas de apoios a decisão como o Sistema Tático de Fatores Ambientais (STFA) e o Sistema de Previsão do Ambiente Acústico em apoio às Operações Navais (SISPRES), coordenados pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), e com a cooperação do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM).

O esforço ímpar despendido na coleta de dados oceânicos, produz uma robusta quantidade de dados a serem analisados e qualificados. A inspeção minuciosa dos perfis oceanográficos pode ser uma tarefa exaustiva, já que muitos fatores devem ser considerados para uma triagem consciente.





Com o intuito de facilitar e agilizar essa qualificação dos dados, em 2003 foi criado pelo IEAPM, a primeira versão do software Carga e Armazenamento de Registros Oceanográficos (CARGO) com a qual centenas de milhares de perfis oceanográficos foram carregados, triados e qualificados gerando uma base unificada, de fácil acesso aos dados e com sua qualidade assegurada por profissionais especializados.

Este artigo está organizado em cinco capítulos, sendo este, o primeiro apresentado. O segundo capítulo, busca descrever o *software* CARGO e sua evolução. No capítulo três são apresentadas as estatísticas dos dados utilizados e os principais erros encontrados. A seguir, no capítulo 4, é explorada a distribuição espaço-temporal dos dados. E por fim, as considerações no capítulo 5.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA CARGO 2.0

A primeira versão do software, CARGO 1.0, realizava cargas de dados de garrafas de coleta, e dos retiladores BT, XBT e CTD. Realizava 12 testes, segundo os protocolos de qualidade do *Global Temperature and Salinity Profile Programme* (GTSP) vigentes na época (UNESCO-IOC, 1990). Em 2018, esse *software* ganhou uma atualização (CARGO 2.0). Este, por sua vez, baseou-se no protocolo de 2010, que conta com 24 testes (UNESCO-IOC, 2010), incluindo comparações com a última versão da climatologia do World Ocean Atlas (Garcia H.E., et al. 2019). Além dos testes e parâmetros atualizados, o novo CARGO conta com uma interface mais dinâmica e interativa que otimiza o processo de qualificação, já que permite que sejam carregados diversos perfis simultaneamente para um conjunto inteiro de dados. Ao

contrário do CARGO 1.0, todos os erros apresentados nos perfis, bem como as decisões do usuário, são armazenadas no banco do CARGO 2.0, o que permite a análise mais minuciosa dos dados medidos e dos testes que serão apresentados nos próximos capítulos. Por fim, o software mostra a posição no mapa da estação em relação à comissão, a climatologia do ponto e de pontos próximos. A lista completa dos testes e seus possíveis erros encontra-se na Tabela 1.

Os testes são divididos em cinco grupos:

1. Testes de Localização e Identificação (em amarelo na Tabela 1): testam se a localização é possível (se a latitude e longitude existem, não estão em terra e são compatíveis com a comissão) e se os identificadores de data/hora e plataforma são válidos. Estes testes também incluem os testes de duplicidade;

2. Testes de perfis (em azul na Tabela 1): testam se os valores de medições de profundidade, temperatura e salinidade são plausíveis comparados com o esperado para a região, a profundidade de medida, e os outros dados do perfil.

3. Testes Climatológicos (em azul na Tabela 1): testam se a diferença dos valores de temperatura e salinidade estão dentro de 1,5 desvios padrões em relação à climatologia mensal do ponto;

4. Testes de Consistência entre os perfis (em magenta na Tabela 1): compara os dados medidos com todos os perfis válidos medidos nas proximidades presentes no banco de dados; e

5. Inspeção Visual (em laranja na Tabela 1): inspeção dos perfis de temperatura, salinidade e da trajetória da plataforma durante a comissão;

Ressalta-se que os protocolos de qualidade intentam apontar qualquer



singularidade nos dados, que podem ou não configurar erros na medição. Sendo assim, quando o programa aponta alguma discrepância, o usuário é convidado a deliberar quanto à qualidade da medição podendo aceitar a qualificação de erro (o ponto será excluído das análises), rejeitar o *flag* de erro (o ponto será considerado válido no perfil) ou interpolar (um valor interpolado será calculado, mas o original continuará disponível

se necessário no futuro). Além disso, o usuário realiza a inspeção visual tanto do perfil quanto da trajetória da plataforma, podendo qualificar uma medição ou um perfil inteiro como errôneo, mesmo após a aprovação nos testes. Este processo é importante não só por assegurar a consistência da base de dados, como também para aquilatar os testes aplicados. No próximo capítulo, os dados serão analisados estatisticamente.

Nome do Teste	Aplicáveis a	Descrição
1 Teste de data	CTD e XBT	Verifica se a data está em um formato possível e se não é futura;
2 Teste de posição impossível	CTD e XBT	Verifica se a Latitude/Longitude são possíveis
3 Teste de posição no mar	CTD e XBT	Verifica se não se trata de um ponto em terra utilizando a topografia do ETOPO
4 Teste de velocidade possível	CTD e XBT	Verifica através da data/hora e latitude e longitude se a velocidade média da plataforma não supera 30 nós.
5 Teste de XBT bateu no Fundo	XBT	Verifica se o PROBE do XBT não continuou medindo após atingir o fundo.
6 Teste de parâmetros globais	CTD e XBT	Verifica se os valores estão dentro dos extremos encontrados nos oceanos mundiais para cada parâmetro.
7 Teste de parâmetros globais por profundidade	CTD e XBT	Verifica se os valores estão dentro dos extremos encontrados nos oceanos mundiais para cada faixa de profundidade.
8 Teste de parâmetros regionais	CTD e XBT	Verifica se os valores estão dentro dos extremos já medidos anteriormente em cada sub região do planeta para cada profundidade.
9 Teste de ausência de spikes	CTD e XBT	Verifica se os valores de temperatura e salinidade possuem valores que destoam do seu anterior e próximo no perfil.
10 Teste de valores não constantes	CTD e XBT	Verifica se o mesmo valor de temperatura ou salinidade se repete mais de 20 vezes consecutivas no perfil.
11 Teste de gradiente suave	CTD e XBT	Verifica se a temperatura ou salinidade variam de forma abrupta em um intervalo curto de profundidade.
12 Teste de sondagem possível	CTD	Verifica se a profundidade medida é maior do que a local.
13 Teste de gradiente por faixas de profundidade	CTD e XBT	Verifica se o gradiente vertical é maior do esperado para cada profundidade.
14 Teste de velocidade de descida possível	CTD	Verifica se o equipamento desceu muito rapidamente, muito lentamente ou se ficou parado.
15 Teste de profundidade monotonicamente crescente	CTD	Verifica se o equipamento oscilou verticalmente durante a descida, ao invés de manter uma descida constante.
16 Teste de ponto de congelamento	CTD	Verifica se as condições de temperatura, salinidade e pressão são compatíveis com a água líquida.
17 Teste de top bottom spike	CTD e XBT	Verificam se o primeiro e o último valores diferem muito dos seus mais próximos no perfil.
18 Teste de inversão de densidade	CTD	Verifica se existe águas consideravelmente mais densas sobre águas menos densas.
19 Teste de spikes anormais	CTD e XBT	Verifica se os pontos estão muito distantes de uma curva "alisada estatisticamente".
20 Teste de inversão de temperatura	CTD e XBT	Verifica se a temperatura cresce consideravelmente com a profundidade em alguma parte do perfil.
21 Teste climatológico	CTD e XBT	Verifica se os valores possuem uma diferença de mais de 1,5 desvios padrões da climatologia.
22 Teste de leituras próximas	CTD e XBT	Verifica se os perfis apresentam diferenças significativas em relação aos pontos válidos inseridos no banco anteriormente.
23 Inspeção Visual	CTD e XBT	O usuário observa a plotagem do perfil e da trajetória da plataforma a fim de reconhecer incongruências.

Tabela 1 – Lista e descrição de todos os testes efetuados pelo CARGO 2.0.



3. ESTATÍSTICA DOS DADOS ANALISADOS

Dos 307 mil perfis válidos do banco qualificado atualmente, 283 mil foram qualificados pelo CARGO 1.0. Embora a grande diferença entre as quantidades de dados medidos refira-se à extensão temporal consideravelmente maior destes dados, observamos na Figura 1 que o número de perfis anuais inseridos foi sensivelmente menor após a década de 90.

O número de perfis incluídos somente em 1974 (15692) superam todas as inclusões entre 2010 e 2014. Esta máxima ocorreu pois naquele ano a NOAA começou a processar os dados do *National Oceanographic Data Center* (NODC) que estavam guardados para a confecção de um atlas, publicado em 1982 (Lévitus, 1982). É notável a redução sistemática de Comissões Oceanográficas na Marinha do Brasil nas últimas décadas, muito embora a contribuição internacional ao NODC também tenha caído drasticamente. Quando comparamos os dados das duas

versões do CARGO, observamos uma queda do percentual de exclusão de perfis. Apenas 13% dos perfis foram considerados inconsistentes no CARGO 2.0, ante a 30% dos perfis assim considerados da primeira versão (Figura 2).

A Figura 3 representa um histograma de ocorrência dos erros por tipo de equipamento (XBT e CTD) no CARGO 2.0. Foram totalizados mais de 238 mil erros, nos 9 mil perfis de CTD; e 686 mil, nos 16 mil de XBT, somando quase 924 mil erros. Ainda observamos que apenas 44% do erros encontrados realmente foram ratificados como valores incongruentes, segundo o usuário. Isso significa que, na maior parte das vezes, o erro apontado na verdade era um falso positivo, ou seja, o teste apontou um erro que não existia. Esse resultado é esperado, já que o protocolo de erro GTSP é concebido para ser bastante sensível e apontar qualquer tipo de possível discrepância, deixando para o usuário a decisão final de ignorá-la ou qualificar como dados espúrios.

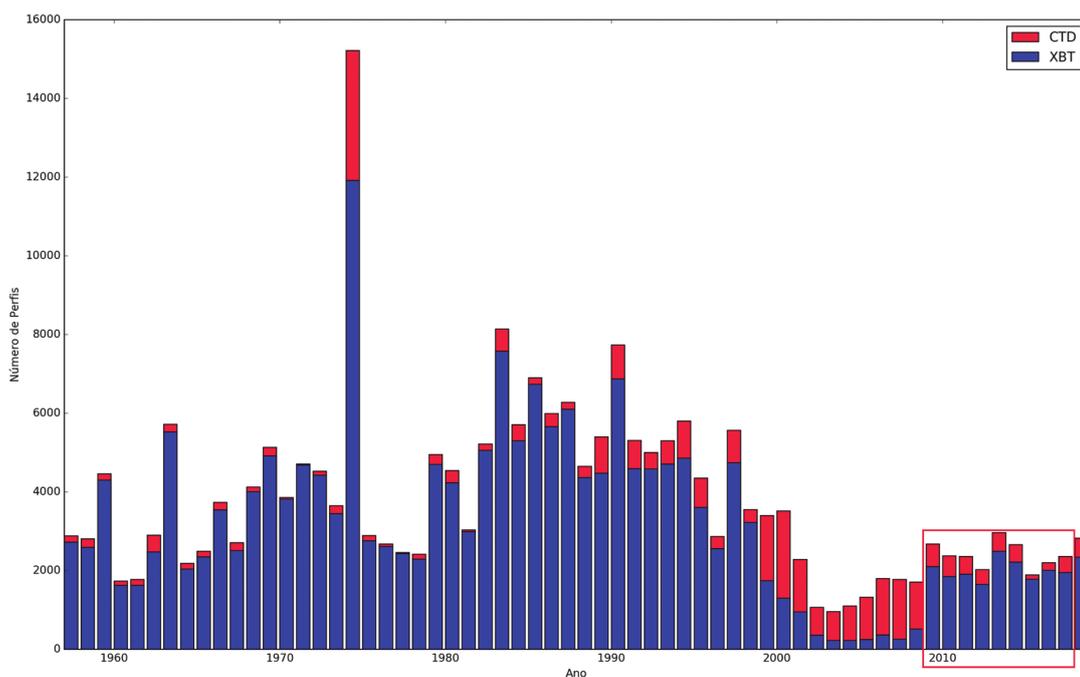


Figura 1 – Número de perfis adquiridos de X(BT) e CTD de 1958 a 2018

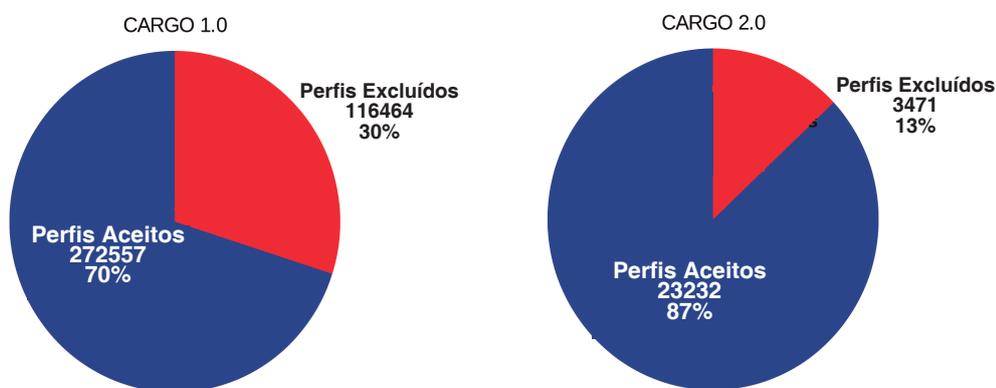


Figura 2 – Gráfico mostrando a relação de dados aceitos e excluídos

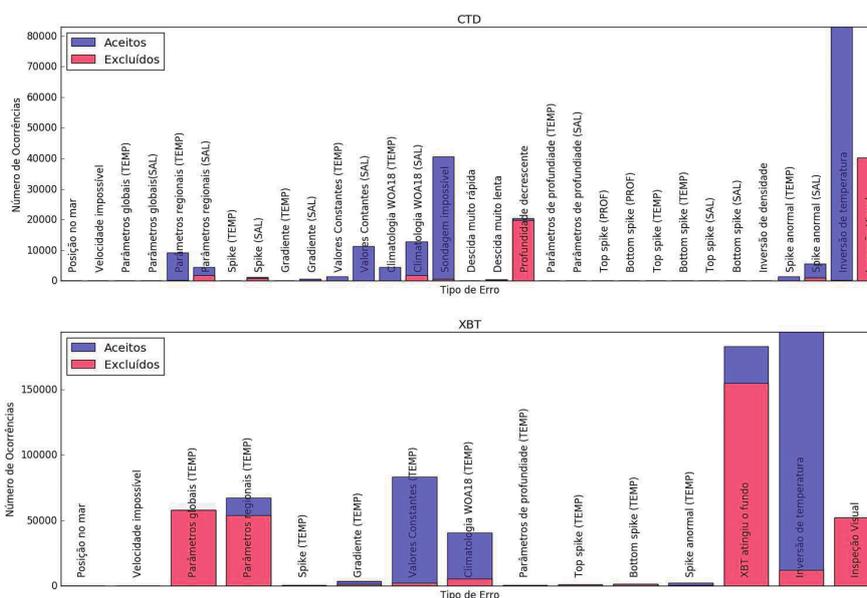


Figura 3 – Histograma de ocorrência dos tipos de erro nos perfis analisados de CTD (quadro superior) e XBT (quadro inferior). Os gráficos em rosa referem-se às que foram qualificadas como erros e em azul os que o usuário qualificou como dados válidos e descartou o erro apontado pelo CARGO.

O erro mais comum é o erro “inversão de temperatura”. Foram constatados mais de 270 mil ocorrências desse erro no banco de dados, sendo que apenas 12 mil se confirmaram como inconsistências nas medições. Sobretudo para os perfis de CTD, onde a inversão de densidade já foi testada, esse teste poderia ser revisto, embora tenha de ser aplicado para garantir as padronizações internacionais dos testes GTSP.

Em segundo lugar, o erro mais comum é o erro associado ao *probe* do XBT “atingido o fundo”. Esse tipo de erro é muito comum, visto que os equipamentos não param de medir imediatamente quando atingem o fundo. Este teste, embora simples é muito importante porque essas medições são muito discrepantes e introduzem erros consideráveis nas análises. Felizmente, esse teste apresenta uma alta de taxa de aderência, sendo



que 85% dos dados que reprovam no teste são realmente deficientes. Para garantir a qualidade deste teste, foram combinadas as informações de profundidade local do dado (quando presentes no cabeçalho ou na planilha digital do Modelo DHN-6230) com dados do ETOPO1 de alta resolução - modelo tridimensional com informações de batimetria, disponibilizado pelo *National Geophysical Data Center* (NGDC), da *National Ocean and Atmospheric Administration* (NOAA) (Amante & Eakins, 2009).

O erro “valores constantes” também é muito presente nos dados de XBT. Isso ocorre porque o sensor deste equipamento é muito menos sensível do que os sensores de CTD. Embora seja improvável a permanência da temperatura exatamente igual por dezenas de metros no perfil, isso é inerente à sensibilidade do sensor e em mais de 70% das vezes foi aceito pelo usuário. Sendo assim, mesmo o teste sendo indispensável, na maior parte das vezes ele não representa efetivamente um erro de medição.

Os parâmetros regionais são valores extremos por subáreas da região de interesse, estimados através de medições anteriores. Este teste apresentou mais de 80 mil erros, tendo uma performance com mais de 80% de aderência dos resultados e poucos exemplos de falsos negativos. Embora com resultados satisfatórios, intenta-se melhorar esses parâmetros com maior número de qualificações. Este erro pode estar associado à calibração do equipamento, a problemas de conexão do cabo que gera dados espúrios ou até mesmo problemas de aterramento.

Nenhum erro “parâmetro global” foi aceito. Além disso, esse teste ajuda a indicar perfis que devem ser

inteiramente marcados como errôneos. Perfis com este tipo de erro, normalmente, apresentam problemas no cabo de conexão ou no conector ou mesmo de aterramento, e apresentam valores completamente fora dos aceitáveis. Uma única medição com este tipo de erro pode afetar seriamente toda uma análise de dados.

O teste “climatologia” apresenta, relativamente, mais erros nos dados de salinidade do que dos de temperatura, devido a dois fatores principais: os sensores de condutividade são essencialmente mais sensíveis e derivam mais do que os de temperatura; e, as climatologias globais possuem sensivelmente menos medições de salinidade do que de temperatura (visto que o maior montante de medições é feita com XBT).

A análise da Figura 4, nos indica que menos de 14% dos dados realmente apresentam erros, o que indica que as climatologias globais de salinidade estão subamostradas. Ou seja, grande parte desses falsos positivos devem-se à qualidade das climatologias globais, evidenciando a necessidade de amostragem e processamento dos dados oceanográficos, sobretudo no Atlântico Sul. Além disso, fica clara a importância do incremento na quantidade de dados de CTD.

O teste “sondagem impossível” compara as profundidades medidas nos perfis de CTD com a profundidade local (retirada do *header* e do ETOPO1 de alta resolução). Muitas vezes, as profundidade ultrapassam o ETOPO1 devido à imprecisão deste, porém este teste é muito importante para alertar o usuário quanto a erros de latitude e/ou longitude. Muitos perfis são excluídos ou têm sua latitude/longitude corrigidas por conta deste teste.



O teste “profundidade crescente”, implementado apenas para CTD, acusa quando o CTD não apresentou uma descida constante e os pontos são considerados inconsistentes em mais de 95% dos casos. Erros deste tipo associam-se usualmente a problemas de limitação ou de operação do guincho.

Além de todos os testes, a “inspeção visual” de perfis em sequência pode notificar alguma inconsistência nos perfis. Nestes casos, considera-se um problema de falso negativo dos testes, visto que o perfil problemático não reprovou nos testes. Esses erros totalizam 10% do total, sendo 40 mil nos perfis de CTD e 52 mil nos perfis de XBT. Estes perfis serão futuramente analisados com o intuito de aprimorar os testes existentes e até mesmo identificar padrões regionais que indiquem a necessidade de criar novos testes capazes de otimizar as qualificações no futuro.

Os outros erros juntos somam menos de 15% das ocorrências.

3.1 Tipos de Erros por Comissão/Navio:

Nesta seção, será discutida a distribuição dos erros por perfis segundo os navios e comissões. Para isso, foram utilizados 4441 perfis (2280 de CTD e 2162 de XBT) de 3 navios da Marinha do Brasil: NOc Antares, NHo Cruzeiro do Sul e NPqHo Vital de

Oliveira. A tabela 2 apresenta a quantidade de perfis realizados por cada navio no período de análise.

Dentre a totalidade dos perfis qualificados por navio, ressalta-se que o número de perfis rejeitados no CARGO 2.0 são ainda menores quando consideramos somente medições em embarcações da Marinha (12%), e cai ainda mais nesses três navios que realizam comissões específicas para medições oceanográficas (9%), em comparação com a porcentagem de erros de toda a base qualificada.

Apesar da maior precisão dos CTDs em relações aos XBTs, os primeiros apresentaram mais perfis rejeitados pelo CARGO. Isto ocorre, primeiramente, porque o sensor de condutividade é mais sensível e mais propenso à deriva do que o de temperatura (SEABIRD, *Application Note* N° 31).

Além disso, os CTDs necessitam de uma conexão mais robusta, via cabo, do que o XBT. Essa conexão é suscetível a uma ampla gama de erros. Por fim, a manutenção e calibração do CTD é também um fator sensível, sobretudo em comissões longas. Esse padrão é mostrado na Figura 4, além da diferença na porcentagem de perfis excluídos para CTD em relação ao XBT, observamos a baixa frequência dos perfis sem erros em relação aos aceitos. Mais uma vez fica evidente a alta frequência dos falso positivos dos testes GTSP.

	CTD	XBT	Total
Noc Antares	1466	1021	2487
Nho Cruzeiro do Sul	1461	927	2388
NPQHoVital de Oliveira	125	213	338
Total	3052	2161	5213

Tabela 2 – Tabela apresentando o número de perfis coletados por navios

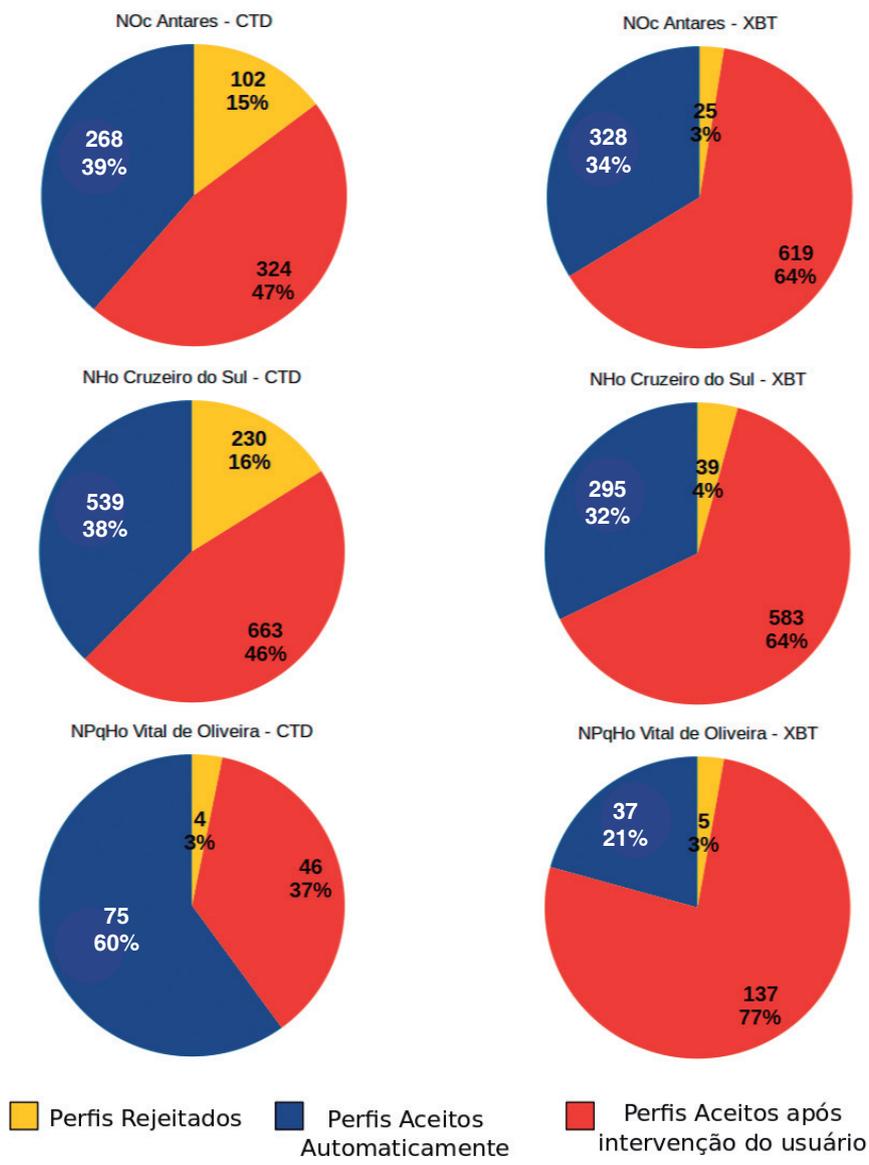


Figura 4 – Quantidade absoluta e percentual das avaliações do CARGO 2.0 por navio e por Equipamento. Em amarelo, observamos a quantidade de perfis qualificados como inconsistentes segundo os testes do sistema e o usuário. Em azul os perfis que foram aceitos sem apresentar nenhum erro em nenhum teste. Em laranja os perfis que, embora apresentem algum erro em algum teste foram aceitos pelo usuário. Estes perfis podem ter sofrido alguma alteração do usuário (exclusão de pontos ou retificação de dados de cabeçalho como latitude, longitude, data ou hora).

Cabe comentar que os Navios da Marinha do Brasil responsáveis pela coleta de dados provenientes de XBTs e CTDs durante as Comissões Oceanográficas adotam os procedimentos descritos na NAVEMARINST nº10-01B, que tem como propósito estabelecer normas para a realização de observações batitermográficas, contribuindo para assegurar a qualidade e a adequada utilização dos dados

obtidos. Além disso, os Navios se baseiam também na Instrução Técnica L-18 A, que discorre sobre a Operação de Perfiladores Oceanográficos de Condutividade, Temperatura e Pressão. O anexo C da NAVEMARINST nº10-01B apresenta os problemas mais comuns observados nos perfis de temperatura, bem como as instruções para a sua prevenção, identificação e reparo, ainda na fase da coleta.



Todos os navios listados possuem um percentual menor de exclusão de CTDs (14,7%) do que a média do banco inteiro (21,3%). Enquanto o NPqHo "Vital de Oliveira" possui a mais baixa quantidade de perfis rejeitados (3%) e 60% dos perfis passaram em todos os testes, sem apresentar nenhum tipo de erro. Os outros navios possuem valores relativamente mais altos. Esta diferença era esperada devido às tecnologias mais modernas deste navio, muito embora a quantidade de perfis na análise seja ainda pequena.

O erro mais recorrente nas medições de CTD do NOc Antares foi o erro "profundidade crescente" o que significa que a velocidade de descida não está constante de modo a prejudicar as medições. Embora esse problema possa relacionar-se ao funcionamento ou manuseio do guincho, ele pode indicar, simplesmente, que os dados próximos a superfície, quando o CTD está sendo aclimatado, não estão sendo propriamente eliminados. O segundo erro mais frequente nos dados de CTD deste navio são os "spikes de salinidade". Este tipo de erro pode estar associado a problemas de conectividade, variação de corrente elétrica ou até mesmo do sensor, ou pode ser fruto da velocidade de descida do guincho, assim como o tipo de erro anterior. Os anexos A e B da Instrução Técnica L-18 apresenta os procedimentos para o lançamento dos CTDs, com o intuito de evitar esses possíveis erros. Os dados de XBT apresentaram poucos problemas sendo o erro mais frequente de que o "XBT bateu no fundo", perfeitamente esperado para este tipo de perfil e sendo eliminado pelo próprio programa CARGO.

O erro "profundidade crescente" também é o predominante nos dados de CTD do NHo Cruzeiro do Sul, seguido

da "climatologia de salinidade". Este erro pode ocorrer devido a problemas no sensor de condutividade, à sua calibração ou até mesmo à deriva do sensor ocasionando o terceiro erro mais frequente: o erro "parâmetros regionais" para salinidade. Os perfis de XBT, além dos erros "XBT bateu no fundo" já descritos, também apresentaram erros de "parâmetros globais". Estes erros ocorrem quando os perfis apresentam valores muito incoerentes, sendo relacionados a inconformidades elétricas ou nos sensores. Estes erros deve, estar a problemas de conexão no fio de cobre ou mesmo a falta de aterramento do equipamento.

Os escassos erros dos perfis do NPqHo "Vital de Oliveira" devem-se associar ao sensor de salinidade sendo: "spikes anormais" e "valores constantes". Cabe reiterar a importância dos cuidados com este sensor. Os perfis de XBT apresentaram os previstos erros "XBT bateu no fundo".

4. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS DADOS INSERIDOS EM TODA A BASE

Para entender as especificidades dos perfis de CTD e XBT no Atlântico Sul é preciso detalhar sua disposição espaço-temporal. Primeiramente, é notável que a ocorrência dos perfis não são é distribuída uniformemente quanto aos meses do ano. Na figura 5, observamos que mais de 10% dos perfis foram medidos no mês de março, enquanto menos de 6% contemplam o mês de junho.

A distribuição espacial das medições também é muito heterogênea. A figura 6 representa o número de perfis medidos na região de interesse com resolução de 0,25°. Embora algumas regiões possuam mais de 256 medidas por ponto de grade, observamos diversas regiões sem



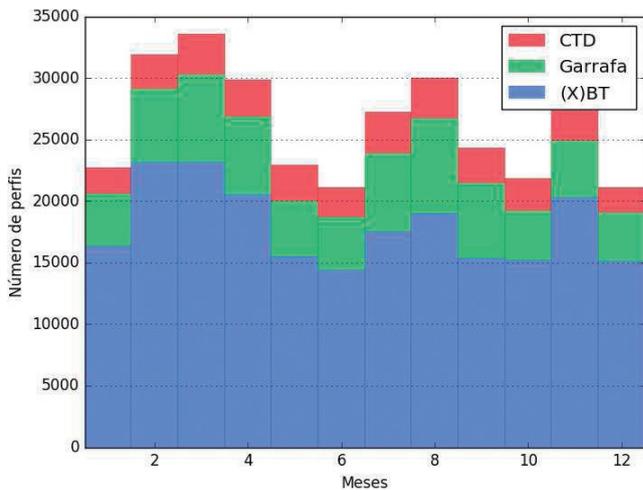


Figura 5 – Distribuição do número de perfis coletados por mês.

nenhuma medição, mesmo dentro da Zona Econômica Exclusiva. Quando observamos a dispersão mensal e espacial simultaneamente é notável que algumas regiões de grande interesse para a Marinha do Brasil não possuem dados para alguns meses.

Na figura 7, observamos pontos na área de interesse sem nenhuma medição de CTD, XBT ou garrafas de coleta (em preto). Estes pontos representam 23% do total da área. Embora grande parte deles sejam afastados da costa.

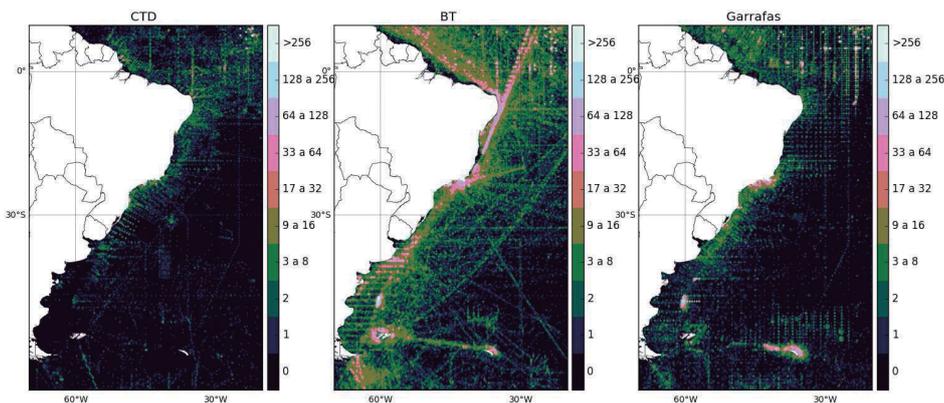


Figura 6 – Distribuição do número total de perfis na área de trabalho de CTD (esquerda); BT, XBTs e BTs (centro); e Garrafas, Garrafas de Nansen e Ninsky (direita). As figuras referem-se somente à perfis qualificados como válidos através das duas versões do CARGO, contemplando as medições oceanográficas de 1956 até 2017.

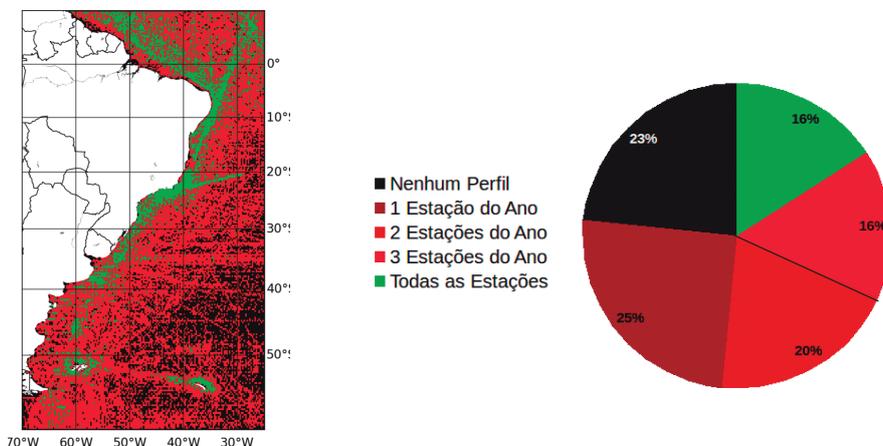


Figura 7 – Situação da amostragem de cada ponto de grade de 0,25° na região. Os pontos em verde referem-se aos locais onde as 4 estações foram amostradas, os pontos vermelhos referem-se às regiões que foram amostradas de 1 a 3 estações e os pontos em preto, onde o banco não conta com nenhum perfil válido.

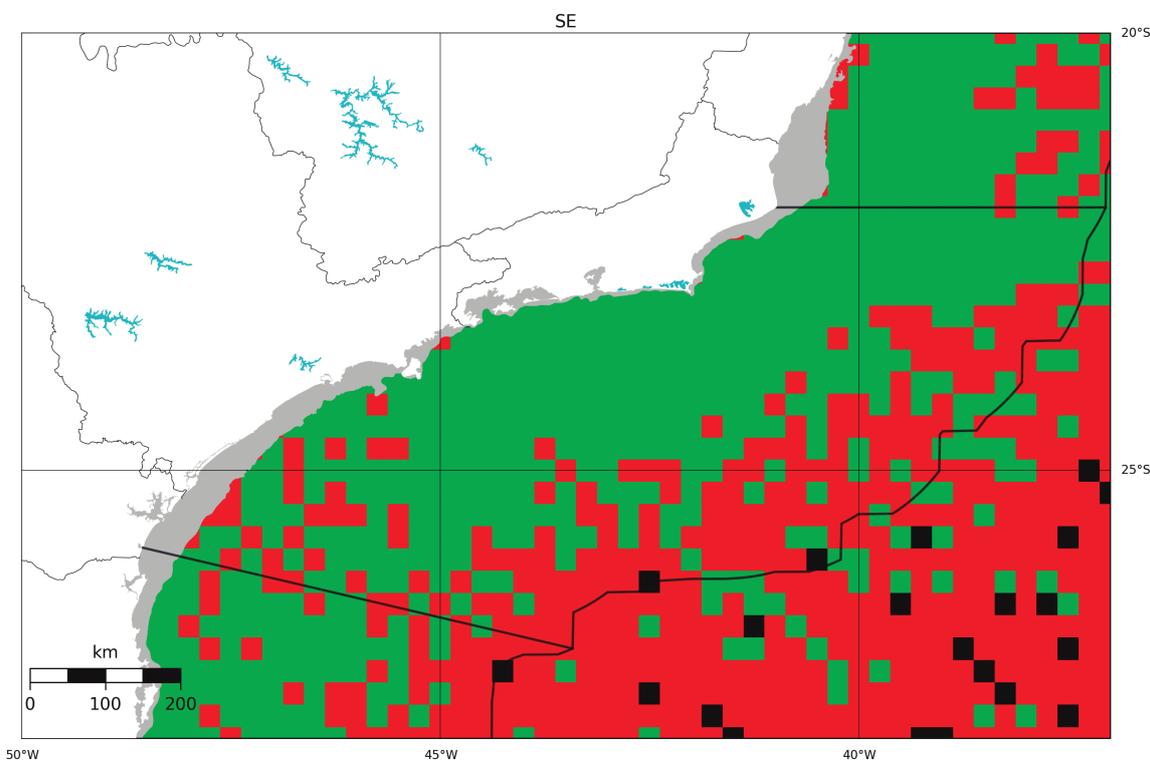


Figura 7 (Ampliada) – Amostragem na região Sudeste, onde cada pixel representa uma quadrícula de 0,25°. A região em verde representa onde foram coletados dados nas 4 estações do ano. A área em vermelho há de 1 à 3 estações; e em preto são as quadrículas que não foram amostradas em nenhuma estação do ano.

Além disso, a maior parte dos dados (25%) foram amostradas em apenas uma estação do ano. Os pontos em vermelho representam áreas com medições, mas não em todas as quatro estações do ano. Estes pontos somam mais de 61% de toda a área de abrangência.

Apenas 16% dos pontos de grade possuem amostragem representativa nas quatro estações do ano e ocorrem principalmente dentro da ZEE onde a Marinha do Brasil concentra esforços em Comissões Oceanográficas. Além disso, as contribuições dos XBTs das comissões que apoiam os projetos POIT/MOVAR, PIRATA e da radial AX08 do NODC destacam-se na figura 7.

Observa-se na figura 7 que mais de 92% das quadrículas, dentro da ZEE da região Sudeste; possuem ao menos uma amostragem em cada estação do ano. Quase 8% foi amostrada de 1 a 3

estações do ano enquanto apenas 2 pontos não possuem nenhuma medição (42° 30' W, 26° 15' S e 40° 30' W e 26° 00' S).

Mesmo sendo a região mais amostrada da nossa área de estudo, e apesar dos grandes esforços em explorá-la, a região Sudeste ainda é subamostrada quando considerada a distribuição espaço-temporal. Apenas 11% desta região, no interior da ZEE, possui ao menos uma medição por mês.

5. CONCLUSÃO

A análise dos perfis já qualificados mostrou que as análises através do CARGO foram satisfatórias para garantir a qualidade dos perfis. Entretanto, o aprimoramento dos testes GTSP poderia otimizar o processo com o usuário, bem como tornar-se mais específico para nossa região.



De forma geral os perfis oceanográficos foram considerados de boa qualidade, sendo que apenas 13% dos perfis não puderam ser utilizados. Esta porcentagem cai significativamente se considerarmos somente navios da Marinha do Brasil e ainda mais se restringirmos às Comissões Oceanográficas. O percentual de exclusão para XBT destes últimos é inferior a 4%.

Cada navio apresentou um perfil diferente de tipos de erro, sendo necessária uma análise detalhada com o intuito de aprimorar as técnicas de coleta e desse modo minimizar os perfis defeituosos.

Quando comparamos o Atlântico Sul com outros oceanos, explicita-se a sua subamostragem, sendo evidente a necessidade de se prosseguir com os esforços em medições oceanográficas. Mesmo na região de maior interesse da Marinha do Brasil, um significativo incremento no número amostral teria grande impacto na compreensão dos

processos oceanográficos, o que permitiria uma climatologia mais realística, que servirá de base para diversos outros estudos ou projetos operacionais.

Intenta-se, nas próximas etapas, assimilar outras medições com tecnologias mais recentes, vislumbrando a melhora da nossa malha amostral e da qualidade dos nossos produtos. A inserção de dados de equipamentos autônomos pode aumentar substancialmente o montante de medições na nossa região. Cabe ressaltar, porém, que estes não substituem o essencial papel das Comissões Oceanográficas que a Marinha desempenha há décadas no cenário nacional.

Muito se caminhou no sentido de amostrar, qualificar e analisar o oceano, mas fica claro que existe uma necessidade de continuidade no aprimoramento de tecnologias e metodologias, a fim de diminuir a defasagem de conhecimento das características físicas da ZEE.

6. REFERÊNCIAS

AMANTE, C.; Eakins, B. W. ETOPO1 Global Relief Model converted to PanMap layer format. NOAA-National Geophysical Data Center, PANGAEA 2009.

CSIRO Marine Laboratories Report 221. *Quality Control Cookbook for XBT Data*. Versão 1.1 by R. Bailey, A. Gronell, H. Phillips, E. Tanner+, and G.Meyers. Australia.

DHN. *Navemarinst 10-01B*. Observações Batitermográficas.

DHN. Instrução Técnica L-18A. *Operação de Perfiladores Oceanográficos de Condutividade, Temperatura e Pressão (CTD)*.

GARCIA, H.E.; T.P. Boyer; O.K. Baranova; R.A. Locarnini; A.V. Mishonov; A. Grodsky; C.R. Paver; K.W. Weathers; I.V. Smolyar; J.R. Reagan, D. Seidov; M.M. Zweng (2019). *World Ocean Atlas*, 2018.

LEVITUS, S., *Climatological Atlas of the World Ocean*, NOAA/ERL GFDL Professional Paper 13, Princeton, N.J., 173 pp. (NTIS PB83-184093), 1982.



SEABIRD.INC. Computing Temperature & Conductivity Slope & Offset Correction Coefficients from Lab Calibration & Salinity Bottle Samples. *Application Note No. 31*. Revised June 2016;

UNESCO-IOC 1990. *GTSP Real-Time Quality Control Manual*. IODE, Manuals and Guides N° 22.

UNESCO-IOC 2010. *GTSP Real-Time Quality Control Manual*. IODE, Manuals and Guides N° 22revised.

VALENTE, M.H.M. 60 anos da Oceanografia na Marinha: 260 comissões oceanográficas. *Catálogo das Comissões arquivadas do Banco Nacional de Dados Oceanográficos - BNDO*. Centro de Hidrografia da Marinha. 343p. 2019.

