



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE INFORMÁTICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

RODRIGO BARBOSA FOLHA

CRIAÇÃO DO TIPO ABSTRATO DE DADOS AIS NO PostgreSQL

Trabalho de Graduação em Engenharia da Computação 2014.1

RECIFE
2014

RODRIGO BARBOSA FOLHA

CRIAÇÃO DO TIPO ABSTRATO DE DADOS AIS NO PostgreSQL

Trabalho de Graduação em Engenharia da Computação 2014.1

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro da
Computação, pelo Curso de Engenharia da
Computação da Universidade Federal de
Pernambuco

Orientadora: VALÉRIA CESÁRIO TIMES

RECIFE
2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus pela paz e pela luz contida em todas as formas do universo.

A esta universidade e todos os seus funcionários por me proporcionarem esse ambiente de aprendizagem técnica, ética e cultural de qualidade.

À Professora Valéria Cesário Times pela dedicação, incentivo e suporte neste trabalho e a todos Professores que transmitiram seu conhecimento ao longo do meu curso e incentivaram a busca crítica do conhecimento.

À minha família pela formação sólida que moldou o meu caráter e pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

Aos colegas que compartilharam comigo toda a experiência adquirida durante essa jornada.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Com a implantação dos transceptores AIS, as embarcações representam sensores com grande capacidade energética. Os dados enviados por tais embarcações utilizando o padrão AIS, podem conter informações sobre as embarcações como a velocidade, a posição ou a quantidade pessoas à bordo; ou sobre o ambiente, como a velocidade do vento, a temperatura do mar ou a altura das ondas; ou mensagens de autoridades marítimas alertando sobre perigos ou requisitando informações. As ferramentas estudadas, que manipulam dados AIS, descartam parte das informações do AIS, ou não permitem buscas, filtrações nem armazenamento, sendo necessário a conversão sempre que são reiniciadas. O objetivo deste trabalho é criar um tipo abstrato de dados no SGBD PostgreSQL, que seja capaz de armazenar as informações AIS, permitindo buscas e filtrações. Um exemplo de uso é criado para extrair a trajetória das embarcações durante suas viagens. Por fim, o tipo é comparado com outros tipos de dados já existentes em termos de custo de inserção na base de dados criada.

Palavras-chave: AIS. PostgreSQL. TAD.

ABSTRACT

After the implementation of AIS transceivers, vessels represent sensors with large energy capacity. The data sent by these vessels using the AIS pattern can contain information about the vessels such as speed, position or the amount of people aboard; or about the environment, such as the wind speed, sea temperature or the waves' height; or messages of maritime authorities warning about hazards or requesting information. The tools that manipulate AIS data that were studied, discard part of the AIS information, or do not allow searches, filtering or storage, forcing a new conversion when reset. The objective of this work is to create a data abstract type in the PostgreSQL DBMS, capable of storing the AIS information, by allowing searches and filtering. Furthermore, an example of use was designed to extract the vessels' trajectory during their trips. Finally, the type is compared with other existing data types in terms of insertion costs in the database created.

Keywords: AIS. PostgreSQL. TAD.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Exemplo de mensagem AIVDM/AIVDO.....	18
FIGURA 2 - Esquema conceitual das tabelas usadas para monitorar as embarcações.....	32
FIGURA 3 - Modelagem do fluxo da função PL/SQL	33

LISTA DE LISTAGENS

LISTAGEM 1 - Conversão de caractere para o valor binário	19
LISTAGEM 2 - Representação interna na linguagem C do tipo AIS	27
LISTAGEM 3 - Criação do tipo no PostgreSQL.....	29
LISTAGEM 4 - Criação da tabela do exemplo de uso.....	32
LISTAGEM 5 - Criação da tabela equivalente às mensagens AIS do tipo 1	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tempo médio, em segundos, da operação de inserção.....	35
TABELA 2 - Tempo médio, em segundos, da operação de busca.....	35
TABELA 3 - Tempo médio, em segundos, gasto nas operações de busca e inserção no utilizando o TAD AIS e uma tabela.....	36

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Resumo das características dos trabalhos relacionados.....	25
QUADRO 2 - Representação textual do TAD AIS proposto	27
QUADRO 3 - Campos da mensagem do tipo 1.....	42
QUADRO 4 - Campos da mensagem do tipo 2.....	42
QUADRO 5 - Campos da mensagem do tipo 3.....	43
QUADRO 6 - Campos da mensagem do tipo 4.....	43
QUADRO 7 - Campos da mensagem do tipo 5.....	44
QUADRO 8 - Campos da mensagem do tipo 6.....	44
QUADRO 9 - Campos da mensagem do tipo 7.....	45
QUADRO 10 - Campos da mensagem do tipo 8.....	45
QUADRO 11 - Campos da mensagem do tipo 9.....	45
QUADRO 12 - Campos da mensagem do tipo 10.....	46
QUADRO 13 - Campos da mensagem do tipo 11.....	46
QUADRO 14 - Campos da mensagem do tipo 12.....	46
QUADRO 15 - Campos da mensagem do tipo 13.....	47
QUADRO 16 - Campos da mensagem do tipo 14.....	47
QUADRO 17 - Campos da mensagem do tipo 15.....	47
QUADRO 18 - Campos da mensagem do tipo 16.....	48
QUADRO 19 - Campos da mensagem do tipo 17.....	48
QUADRO 20 - Campos da mensagem do tipo 18.....	49
QUADRO 21 - Campos da mensagem do tipo 19.....	50
QUADRO 22 - Campos da mensagem do tipo 20.....	51
QUADRO 23 - Campos da mensagem do tipo 21.....	52
QUADRO 24 - Campos da mensagem do tipo 22.....	52
QUADRO 25 - Campos da mensagem do tipo 23.....	53
QUADRO 26 - Campos da mensagem do tipo 24A	53
QUADRO 27 - Campos da mensagem do tipo 24B	53
QUADRO 28 - Campos da mensagem do tipo 25.....	54
QUADRO 29 - Campos da mensagem do tipo 26.....	54
QUADRO 30 - Campos da mensagem do tipo 27.....	54

LISTA DE SIGLAS

AIS	Automatic Integrated System
AIVDM	AIS VHF Data Link Messages
AIVDO	AIS VHF Data Link Own Vessel Messages
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CSV	Comma-separated Values
GPS	Global Positioning System
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
NMEA	National Marine Electronics Association
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SRID	Spatial Reference System Identifier
VHF	Very High Frequency
TAD	Tipo Abstrato de Dados
TDMA	Time Division Multiple Access
UTC	Universal Time Co-ordinated
XML	Extensible Markup Language
WGS	World Geodetic System

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização	12
1.2 Motivação	13
1.3 Objetivos	13
1.4 Estrutura.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Tipo Abstrato de Dados.....	15
2.2 TAD no PostgreSQL.....	15
2.3 Dados AIS	16
2.3.1 Sentenças AIVDM/AIVDO	18
2.3.2 Tipos de mensagens AIS	20
2.3.3 AIS parser	21
2.4 Trabalhos Correlatos.....	22
2.4.1 Maritec Trust Decoder	22
2.4.2 GNU AIS.....	22
2.4.3 NmeaRouter	23
2.4.4 MarineCadastre	23
2.4.5 Sites que rastreiam as embarcações	24
2.4.6 Resumo comparativo.....	24
2.5 Considerações Finais	25
3 TAD AIS	26
3.1 Especificação do tipo AIS.....	26
3.1.1 Implementação do TAD AIS	26
3.1.2 Criação do tipo AIS no PostgreSQL	28
3.1.3 Operações associadas ao AIS	29
3.1.4 Extensão do TAD no PostGIS	30
3.2 Considerações Finais	30
4 USO E DESEMPENHO DO TAD PROPOSTO	31
4.1 Uso do TAD proposto	31
4.1.1 Preparação do cenário	31
4.1.2 Criação do exemplo de uso utilizando a linguagem PL/SQL.....	32
4.2 Avaliação.....	34
4.2.1 Experimento de inserção comparando o AIS, o VARCHAR e o INT	34
4.2.2 Experimento de busca comparando o AIS, o VARCHAR e o INT	35

4.2.3 - Experimento comparando o AIS com uma tabela	35
4.3 Considerações Finais	37
5 CONCLUSÃO	38
5.1 Principais Contribuições	38
5.2 Trabalhos Futuros	38
Referências	40
Apêndice A - Descrição dos campos da mensagens AIS	42

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será realizada uma apresentação da área do trabalho descrito neste documento, incluindo a contextualização do tema e a exibição dos objetivos do trabalho realizado.

1.1 Contextualização

A produção de dados cresce rapidamente no nosso planeta. Estima-se que em 2015, ultrapassaremos os 7000 exabytes[1]. Temos à nossa disposição, atualmente, diversos dispositivos que geram dados como, telefones, computadores, sensores, satélites, além de uma imensa rede que conecta todos eles e transfere enormes quantidades de dados diariamente. Para armazenar e gerenciar essa enorme quantidade de dados, ferramentas cada vez mais sofisticadas estão sendo desenvolvidas e disponibilizadas para a humanidade.

Entre essas ferramentas estão os Sistemas de gerenciamento de Banco de Dados Geográficos (SGBDG), que fornecem um armazenamento otimizado e um conjunto de funções que realizam operações sobre geometrias como ponto, linhas e polígonos. Essas ferramentas possibilitam a extração de informações de localização automaticamente e com um baixo custo, as quais não podem ser gerenciadas eficientemente por sistemas de bancos de dados convencionais. No entanto, estes sistemas não permitem a representação de dados no formato AIS que são importante para o desenvolvimento de muitas aplicações de sistemas de informações geográficas.

O Sistema de Identificação Automática (AIS) é um padrão internacional de comunicação baseado em rádio frequência [9]. Foi inicialmente criado para evitar colisões entre as embarcações, mas já é utilizado por embarcações e autoridades marítimas para controlar e mapear o tráfego marítimo. Por meio de altas frequências (VHF), as embarcações conseguem propagar suas mensagens para outras embarcações ou para estações terrestres, informando dados como: nome do destino, tipo de embarcação, posição, angulação e outros dados críticos para a navegação. Essas informações servem para monitorar as embarcações, fazer o

controle ambiental, combater a pirataria, enviar alertas de desastres, entre outras aplicações.

1.2 Motivação

As embarcações são atualmente vistas como geradores de dados marítimos, tornando-se sensores de diversas condições e com poucas restrições energéticas. Nas ferramentas estudadas, os dados AIS são guardados em arquivos textuais de logs, ou apenas os dados de interesse são armazenados em SGBDGs, como o *MarineCadastro* [2], que criou ferramentas de extração e visualização de informações por meio do gerenciamento de dados coletados de acordo com o padrão AIS e utilizando o ArcGIS [21].

Entretanto, as ferramentas de visualização existentes mostram apenas as informações relevantes para sua aplicação, restringindo a finalidade do dado. Por isso, este trabalho propõe a criação do tipo AIS no SGBD PostgreSQL, para que usuários desenvolvam suas aplicações com o suporte de um sistema computacional para extração e manipulação de dados deste tipo.

1.3 Objetivos

Para facilitar o atual processo de manipulação de dados marítimos e para garantir o gerenciamento destes dados de maneira integrada aos banco de dados espaciais, este trabalho propõe um tipo de dado abstrato para o AIS e funções de manipulações deste tipo para o PostgreSQL. Para facilitar o armazenamento de dados do tipo AIS, funções foram criadas para permitir o uso da extensão PostGIS do PostgreSQL.

O *MarineCadastro* é uma importante referência norte-americana na área de dados marítimos e serviços cartográficos. Considerando sua relevância, a partir do TAD AIS criou-se uma função PL/SQL que desempenha o mesmo papel das ferramentas desenvolvidas pelo *MarineCadastro* que cria as rotas das embarcações a partir de dados AIS para demonstrar o uso do tipo proposto.

A escolha do PostgreSQL deve-se à sua flexibilidade no suporte e na criação de novos tipos, sendo considerado um sistema de banco de dados relacional de código aberto e extremamente usado em diversas aplicações de banco de dados [3]. Além disso, o PostgreSQL oferece a extensão PostGIS, a qual permite a representação e a realização de consultas sobre objetos geográficos.

No final desse trabalho, espera-se possuir um tipo abstrato para representação de dados conformes ao padrão AIS que possa ser manipulado pelo usuário da mesma forma que são usados os tipos de dados já disponíveis no PostgreSQL. Com o tipo abstrato, espera-se que o usuário tenha a capacidade de fazer buscas complexas com o auxílio do SGBD, focando apenas na utilização da informação.

1.4 Estrutura

O documento está dividido em cinco capítulos, os quais introduzem gradualmente a utilização do novo tipo de dado proposto neste documento. No capítulo 2, a fundamentação teórica relativa ao dado AIS e os conceitos básicos associados à criação de um tipo abstrato de dados no PostgreSQL serão apresentados. No capítulo 3, o tipo abstrato proposto para AIS será discutido e serão listadas as escolhas adotadas na sua implementação, assim como serão dados detalhes da própria implementação. O capítulo 4 mostrará um exemplo de aplicação no qual será ilustrado o funcionamento do novo tipo proposto. Por fim, no capítulo 5, considerações acerca dos resultados obtidos são mostradas, seguidas por uma lista de indicações de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, será apresentada uma visão geral dos conceitos estudados, para que obtenha-se um entendimento mais abrangente do assunto estudado. Na Seção 2.1, será exibida a definição de tipos abstratos. Na Seção 2.2, serão mostrados os tipos de dados presentes no PostgreSQL e suas características. Na Seção 2.3, as principais características e propriedades do formato AIS serão apresentadas. Finalmente, na Seção 2.4, trabalhos relacionados serão discutidos.

2.1 Tipo abstrato de dados

Um tipo abstrato de dado é uma estrutura que implementa um novo tipo, ocultando sua representação e fornecendo operações para manipular seus valores [4]. A definição de um tipo abstrato de dados é um conjunto de valores com operações associadas nas linguagens de programação. O tipo abstrato é independente da sua implementação ou da maneira na qual é armazenado. Portanto os TADs funcionam como tipos primitivos.

As vantagens do TAD são o reuso, pois não dependem da implementação; e a manutenabilidade, caso haja alguma otimização ou alteração na representação interna, não será necessária alteração na aplicação do usuário. Um exemplo é o conjunto dos números reais e as operações de lógicas e aritméticas como soma, multiplicação, comparação ou tipos mais complexos como a pilha e suas operações de empilhar e desempilhar.

2.2 TAD no PostgreSQL

Conforme foi citado anteriormente, o PostgreSQL é um sistema de banco de dados de código aberto, que possui mais de 15 anos de desenvolvimento e engajamento da comunidade desenvolvedora [3]. Sua flexibilidade permite a criação de novas extensões, como funções e tipos. Essas extensões podem ser feitas

usando C, a linguagem que foi utilizada na construção do próprio PostgreSQL, ou utilizando as linguagens procedurais (ou imperativas) como Python, Perl ou PL/SQL.

Os tipos de dados do PostgreSQL são divididos em quatro categorias:

- Tipos básicos: são implementados na camada inferior ao SQL (geralmente é utilizada uma linguagem de baixo nível, como C).
- Tipos compostos: são uma lista de tipos com nomes associados aos campos, como uma linha.
- Domínios: são tipos básicos que incluem restrições. Por exemplo, o CPF pode ser um domínio que deve ter 11 números e os dígitos verificadores devem ser extraídos a partir dos 9 primeiros.
- Pseudotipos: são tipos que podem ser utilizados como argumento de uma função ou como retorno, mas não podem ser coluna de tabelas, nem fazer parte de um tipo composto, como listas polimórficas.

Como o nosso interesse é criar um tipo que seja eficiente, nosso tipo abstrato será criado como um tipo básico. Para criar um tipo básico, há dois pontos que devem ser definidos, sendo eles: a representação externa do tipo, ou seja, o formato que os usuários enxergarão aquele tipo, e a representação interna, ou seja, como o sistema armazenará o tipo.

Em seguida, é necessário criar as funções de entrada e de saída, chamadas de *input_function* e *output_function* respectivamente. A função de entrada converte o formato que o usuário enxerga, sua representação textual, para a representação interna e a função de saída deve fazer exatamente o inverso para que não haja incoerências. O próximo passo é definir o tamanho interno do tipo, representado por *internallength*, que pode ser constante ou variável.

Outras características de tipo podem ser definidas como o valor padrão, a estratégia de armazenamento, a categoria do tipo, porém esses atributos são opcionais e não foram utilizados na definição do tipo AIS proposto neste documento.

2.3 Dados AIS

O Sistema de Identificação Automática (AIS) foi definido em 1998 [5], e seu uso tornou-se convencional em 2004, com o intuito de evitar colisões e encalhamentos de embarcações marítimas. Entretanto, o seu papel tornou-se muito mais significativo recentemente, por gerar dados que auxiliam na segurança e na

preservação da embarcação, na eficiência nos trajetos e na proteção ao meio ambiente. A partir de 1 de Julho de 2002, foi convencionado que várias classes de embarcações são obrigadas a possuir equipamento AIS [22]. Em 2014, o manual técnico do AIS alcançou sua quinta versão [6]. Em 2012, estima-se que 72000 embarcações estavam equipadas com *transponders* AIS [7].

Conforme [6], um aparelho AIS nos navios é tipicamente composto por um microprocessador, três receptores de alta frequência (VHF), um transmissor VHF, um receptor GPS, algumas antenas, um cabo, um display e um teclado, e liga-se aos sensores do navio como GPS, indicadores de inclinação e giroscópio. O AIS é também usado em aeronaves marítimas responsáveis por patrulhamento e operações de busca e resgate. Existem duas classes de equipamentos AIS, a Classe A e a Classe B, as quais diferem do protocolo de acesso ao meio e nos tipos de mensagens enviadas.

As informações transmitidas por equipamentos AIS podem ser dinâmicas, estáticas ou relacionadas às viagens [8]. As informações dinâmicas são as que mudam a todo instante, como posição, velocidade em relação ao chão, inclinação e direção. Essas informações são periodicamente transmitidas num intervalo de 2 a 10 segundos dependendo da velocidade ou de mudanças na direção e a cada 3 minutos se a embarcação estiver parada. As informações estáticas, como a identificação do navio e suas dimensões, assim como as informações relacionadas às viagens, como carga, destino e previsão de chegada, são transmitidas a cada 6 minutos [9].

As mensagens AIS são enviadas em VHF onde o canal é dividido através do Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA) para que várias mensagens possam ser enviadas simultaneamente em um curto intervalo de tempo. Essas mensagens são enviadas utilizando uma sentença ASCII no formato NMEA 0183 ou NMEA 2000. Os pacotes de dados AIS têm como prefixo inicial “!AIVDM” para indicar pacotes originados de outras embarcações e “!AIVDO” para indicar pacotes de sua própria embarcação [10].

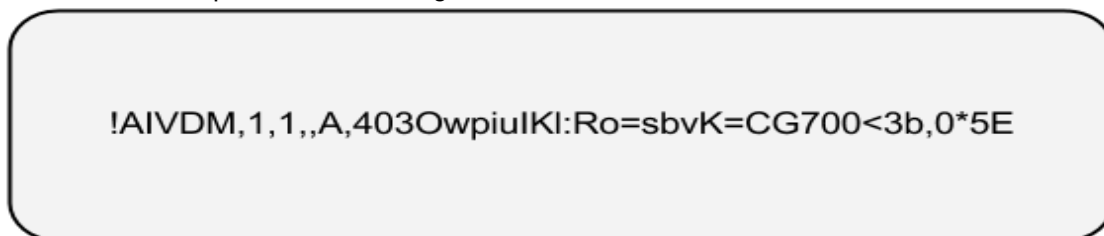
Entretanto, o AIS enfrenta alguns desafios técnicos e políticos. Entre os desafios técnicos, está o congestionamento encontrado nas altas frequências devido à elevada quantidade de mensagens marítimas. Outros desafios listados em [9] são:

soluções para armazenar esses dados tornando-lhes disponíveis, integração com os vários tipos de sistema que usarão os dados AIS e diminuição da redundância e da quantidade de dados inválidos (i.e. problemas associados com taxa de inclinação e com a direção real [11]). Os problemas políticos são a alocação de banda de alta frequência para a comunicação em alto mar, o uso do AIS para outros propósitos além dos que motivaram sua criação, o compartilhamento de dados, a fiscalização e o gerenciamento e a administração de aplicações para garantir que essas sigam os padrões internacionais e não afetem negativamente o uso do AIS já que os dados não são criptografados e são transmitidos pelo ar.

2.3.1 Sentença AIVDM/AIVDO

O AIVDM/AIVDO (*AIS VHF Data Message*) é uma sentença de duas camadas usada pelos receptores AIS, no qual a camada exterior é uma variação do NMEA 0183 e a interior é uma codificação ASCII usada para informar os dados relacionados à embarcação.

FIGURA 1 - Exemplo de uma mensagem AIVDM/AIVDO



Um exemplo de mensagem AIVDM/AIVDO é mostrado na Figura 1. As mensagens AIVDM/AIVDO contêm sete campos separados por vírgula, listados a seguir:

- 1 – O primeiro é o prefixo !AIVDM ou !AIVDMO, que indica se a mensagem foi feita por outra embarcação ou se foi feita pela própria embarcação, respectivamente. No exemplo da Figura 1, tem-se o valor !AIVDM.
- 2 – O segundo campo é o número total de sentenças que a mensagem possui. Como as sentenças NMEA cabem apenas 82 caracteres, o conteúdo pode ser dividido em várias sentenças NMEA. No exemplo da Figura 1, tem-se o valor 1.
- 3 – O terceiro campo é o número dessa sentença em relação ao total de sentenças na mensagem. No exemplo da Figura 1, tem-se o valor 1.

4 – Consiste em um identificador sequencial para as mensagens de múltiplas sentenças. No exemplo da Figura 1, o valor é nulo pois corresponde a uma mensagem de uma única sentença.

5 – É o código do canal usado para enviar a mensagem. No exemplo da Figura 1, tem-se o valor A.

6 – É o dado AIS propriamente dito. No exemplo da Figura 1, tem-se o valor 403OwpiuIKl:Ro=sbvK=CG700<3b. Cada caractere desse campo representa uma sequência binária de 6 bits de acordo com a tabela de codificação ASCII. A sequência equivalente de cada caractere é extraída conforme mostra a Listagem 1, e todas as sequências são concatenadas, de acordo com a ordem em que aparecem na sentença AIVDM/AIVDO, para formar uma única sequência de bits. Essa sequência de bits é o conteúdo das mensagens AIS. Os valores ASCII válidos estão entre 0 e w incluindo as extremidades, porém os valores de 'W' a '_' não são utilizados.

LISTAGEM 1 - Conversão do caractere para o valor binário

```

1 VALOR_INTEIRO = VALOR_ASCII(caractere) - 48;
2 if (VALOR_INTEIRO > 40 )
3 {
4     VALOR_INTEIRO = VALOR_INTEIRO - 8;
5 }
6 return VALOR_BINARIO_6BITS(VALOR_INTEIRO);

```

7 – É a quantidade de bits que foram usados para completar o dado AIS, já que esse dado deve ter um tamanho de bits múltiplo de 6. No exemplo da Figura 1, tem-se o valor 0. Há um campo extra separado pelo asterisco (*) de dois caracteres ASCII que indica o *checksum*, usado para verificar a integridade das sentenças, excluindo a exclamação do início da frase. No exemplo do Figura 1 tem-se o valor 5E.

2.3.2 Tipos de mensagens AIS

O padrão AIS tem, atualmente, 27 tipos de mensagens, os quais são apresentados a seguir

- Mensagem 1: A embarcação envia um relatório de navegação periodicamente agendado pelo próprio dispositivo. Enviada por embarcações que possuem o equipamento AIS Classe A.
- Mensagem 2: A embarcação envia um relatório de navegação periodicamente agendado manualmente. Enviada por embarcações que possuem o equipamento AIS Classe A.
- Mensagem 3: A embarcação envia um relatório de navegação em resposta a uma requisição (Mensagem 15). Enviada por embarcações que possuem o equipamento AIS Classe A.
- Mensagem 4: A estação base envia sua posição, UTC e data para servir como referência.
- Mensagem 5: A embarcação envia informações sobre a viagem e dados estáticos sobre si. Enviada por embarcações que possuem o equipamento AIS Classe A.
- Mensagem 6: A embarcação ou a estação base envia dados binários endereçados a algum dispositivo AIS específico.
- Mensagem 7: A embarcação ou a estação base envia uma confirmação de recebimento dos dados binários.
- Mensagem 8: A embarcação ou a estação base envia dados binários sem um destinatário específico.
- Mensagem 9: A aeronave envolvida em operações de busca e resgate envia seu relatório de posição.
- Mensagem 10: A embarcação ou a estação base requisita a data e o UTC.
- Mensagem 11: A embarcação responde à requisição feita por uma mensagem do tipo 10.
- Mensagem 12: A embarcação ou a estação base envia mensagens de texto endereçadas a um dispositivo específico.
- Mensagem 13: A embarcação ou a estação base envia uma confirmação de recebimento das mensagens do tipo 12.
- Mensagem 14: A embarcação ou a estação base envia mensagens de texto sem um destinatário específico.
- Mensagem 15: A embarcação ou a estação base envia requisições para dispositivos específicos.
- Mensagem 16: A estação base por meio dessa mensagem configura o agendamento das mensagens específicas nos equipamentos que estão sob sua responsabilidade.
- Mensagem 17: A estação base envia sem um destinatário específico correções para o sistema de navegação das embarcações.
- Mensagem 18: A embarcação que usa transmissores Classe B envia um relatório de posição. Entretanto, esse tipo de mensagem envia menos dados que as mensagens 1, 2 e 3. O status de navegação e a velocidade de rotação são omitidos nessa mensagem.

- Mensagem 19: A embarcação que usa transmissores envia um relatório de posição estendido que contém informações estáticas. As informações estáticas são fornecidas manualmente, portanto podem conter erros. O status de navegação e a velocidade de rotação são omitidos nessa mensagem.
- Mensagem 20: A estação base envia essa mensagem para reservar slots TDMA.
- Mensagem 21: A embarcação ou a estação base envia a identificação e localização de objetos que podem auxiliar a navegação.
- Mensagem 22: A estação base envia essa mensagem para configurar os parâmetros da transmissão em VHF de uma determinada área.
- Mensagem 23: A estação base envia essa mensagem para configurar os parâmetros da transmissão em VHF de todas as embarcações que estão na sua área de cobertura.
- Mensagem 24: A embarcação envia informações sobre a viagem e informações estáticas sobre si. É o equivalente da Classe B para as mensagens de tipo 5. Também é usada para associar o MMSI, o identificador único da embarcação ou da estação base, ao nome da embarcação.
- Mensagem 25: A embarcação ou a estação base envia uma mensagem binária utilizando um único slot TDMA na comunicação. Pode não possuir um destinatário específico ou pode ser endereçada.
- Mensagem 26: A embarcação ou a estação base envia uma mensagem binária utilizando vários slots TDMA na comunicação. Pode não possuir um destinatário específico ou pode ser endereçada.
- Mensagem 27: A embarcação envia um relatório de posição, assim como as mensagens 1, 2 e 3, com uma quantidade menor de bits, para propagar a mensagem com um alcance maior. Utilizado quando as embarcações estão em regiões distantes das áreas de cobertura AIS.

Mensagens 28-63: Não devem ser utilizadas atualmente.

Os campos de cada tipo podem ser vistos no apêndice B.

2.3.3 AIS parser

O *AIS parser* [12] foi desenvolvido em Dezembro de 2010 por Brian C. Lane sob a licença BSD, baseando-se na terceira edição do Manual Técnico do AIS. Este parser, feito em C, Python, Java e Visual Basic, possui um conjunto de funções para extrair os dados AIS, a partir de mensagens AIVDM/AIVDO. A extração desse dados segue os passos descritos na seção anterior, separando os campos de acordo com o tipo da mensagem.

Porém a extração dos dados AIS são feitas em tempo de execução no *AIS parser*. Como as informações não são armazenadas, quando a aplicação é reiniciada, todas as mensagens devem ser convertidas novamente. No trabalho

descrito neste documento, o tipo proposto é convertido do seu formato de entrada (AIVDM/AIVDO) para os dados das mensagens AIS, utilizando uma biblioteca criada a partir do *AIS parser*, que provê suporte aos 27 tipos de mensagem.

2.4 Trabalhos Correlatos

Existem vários decodificadores e aplicações que usam dados AIS, porém, pelo estudo realizado, as soluções existentes enquadram-se em dois perfis: no primeiro, apenas os dados relevantes para a aplicação são armazenados; no segundo, todos os dados AIS podem ser obtidos, porém como as sentenças NMEA estão armazenadas em arquivos de texto ou CSV, pesquisas e filtrações não são feitas e a conversão deve ser refeita ao reiniciar a solução.

Portanto, pelo estudo conduzido, não existe atualmente uma alternativa que armazene os dados AIS e permita a realização pesquisas e filtrações sem que dados sejam descartados. Nessa seção, os trabalhos relacionados ao proposto neste documento serão apresentados.

2.4.1 Maritec Trust Decoder

Na lista de decodificadores, além do *AIS parser* que foi citado anteriormente na Seção 2.3.3, existe um decodificador feito para web [13], idealizado por uma empresa vendedora de equipamentos AIS para que seus clientes realizem testes de conversão das mensagens para verificar o funcionamento dos equipamentos.

Porém a opção web, não torna-se prática, pois não fornece uma solução para armazenar os dados nem permite filtrações e pesquisas avançadas, funcionando exclusivamente como um decodificador.

2.4.2 GNU AIS

Em [14], é descrito um trabalho que recebe como entradas os sinais sonoros, decodifica-os e os insere em tabelas MySQL pré-determinadas. O projeto está ativo, sendo sua última atualização no dia 5 de Julho de 2014. Os sinais sonoros em VHF podem ser observados diretamente na comunicação por aparelhos específicos.

Porém, a representação sonora não é trivialmente obtida, enquanto existem vários grupos que trocam sentenças NMEA. Além disso, as mensagens são armazenadas parcialmente nas tabelas, pois o autor considerou relevante para o seu trabalho apenas parte dos dados AIS.

2.4.3 NmeaRouter

O NmeaRouter [15] projetado por Neal Arundale, tem dois módulos para o manuseio de dados AIS. O primeiro, que intitula o projeto, é o *NmeaRouter* que estabelece conexões entre computadores para transferir sentenças NMEA. As sentenças NMEA são armazenadas em arquivos CSV. O outro módulo é o *AIS decoder* que recebe como entrada sentenças NMEA e extrai os dados AIS armazenando os campos selecionados em arquivo CSV.

Apesar do NmeaRouter trocar mensagens NMEA, ele não solucionou o problema de armazenar os dados AIS, tendo que convertê-los a cada execução. As pesquisas e filtrações dos dados AIS devem ser feitas por planilhas de dados ou por outras aplicações. Há uma opção para exportar campos selecionados para qualquer tipo de base de dados ou para planilhas. Entretanto, no caso de aplicações de bancos de dados, a criação das tabelas para armazenar esses campos ficam sob a responsabilidade do usuário.

2.4.4 MarineCadastre

O MarineCadastre [2] criou três ferramentas para manipular dados AIS. O *Track Builder Script* que tem como objetivo converter uma coleção de pontos associados a um identificador em uma trajetória, onde cada ponto está associado a um momento temporal. Assim é possível construir o caminhos dos navios durante as viagens. As informações das viagens podem ser obtidas nas tabelas de embarcações e viagens construídas na ferramenta *AIS Data Handler Add-In*.

O *AIS Data Handler Pre-Processor* filtra entradas AIVDM/AIVDO inválidas e converte-as para um arquivo de entrada do ArcGIS, que assemelha-se a um XML. AS mensagens armazenadas por ele, são as mensagens do tipo 1, 2, 3, 4, 5, 18, 19

e 24. Estas são as mensagens que possuem informações sobre a navegação do navio, informações estáticas e informações sobre a viagem.

O *AIS Data Handler Add-In* é um plug-in do ArcGIS que limpa, filtra e realiza análises, como a quantidade de navios que passaram por determinadas zonas. Porém, apenas os dados sobre as embarcações e sobre as viagens são armazenados, já que o seu objetivo é mapear o posicionamento dos navios.

2.4.5 Sites que rastreiam as embarcações

Existem vários sites que exibem as posições dos navios espalhados pelo mundo, entre eles o VesselFinder [16], o ShipAIS [17] e o MarineTraffic [18]. Contudo, as informações servem apenas para visualização. Assim como o projeto do Marine Cadastre, eles mostram os dados relativos aos navios e às viagens, além de informações sobre os portos, acidentes relatados em alto mar, casos de pirataria e horário de funcionamento dos portos, assemelhando-se a um portal de notícias.

2.4.6 Resumo comparativo

No Quadro 2, é mostrado um resumo das características dos trabalhos relacionados, exibindo uma comparação entre eles e o TAD proposto neste trabalho.

Nota-se que os trabalhos que propõem uma maneira de armazenamento e que permitem buscas, descartam parte dos dados. Entre os dados descartados estão informações como o número de pessoas a bordo até o gerenciamento do canal de comunicação, perdendo dados que poderiam ser usados na extração de informações sobre o meio ambiente, pirataria, e que caracterizam o AIS como uma importante ferramenta não só para a navegação.

QUADRO 1 - Resumo das características dos trabalhos relacionados

	Armazena mento	Decodifica ção AIVDM	Informação disponível	Busca	Entrada	Pesquisas geoespaciais
Vessel Finder	Sim	Não	Informação parcial	Sim	Não informado	Sim
NmeaRouter	Sim	Sim	Todas as informações	Não	Sentenças NMEA	Não
MarineCadastre	Sim	Sim	Informação parcial	Sim	Sentenças AIVDM/AI VDO	Sim
GNU AIS	Sim	Não	Informação parcial	Sim	Ondas sonoras	Não
Maritec Trust Decoder	Não	Sim	Todas as informações	Não	Sentenças AIVDM/AI VDO	Não
AIS parser	Não	Sim	Todas as informações	Não	Sentenças AIVDM/AI VDO	Não
TAD AIS	Sim	Sim	Todas as informações	Sim	Sentenças AIVDM/AI VDO	Sim

2.5 Considerações Finais

Neste capítulo, foram mostrados os tipos que podem ser criados no PostgreSQL, o funcionamento dos dados AIS, assim como sua codificação. Foram apresentados alguns trabalhos relacionados e a maneira como eles diferenciam-se da abordagem proposta neste documento. No capítulo seguinte, mostraremos como foi feita a criação do tipo proposto, como é feita a atribuição de valores, como é feito uso de funções associadas a ele, e como é feito uso do tipo proposto no PostgreSQL.

3 TAD AIS PROPOSTO

Neste capítulo, o tipo abstrato de dados proposto será apresentado, mostrando detalhes da sua implementação, assim como as funções criadas e disponibilizadas no PostgreSQL para os diversos tipos de mensagem AIS.

3.1 Especificação do Tipo AIS

Conforme foi visto na Seção 2.3 deste trabalho, as mensagens são transmitidas pelos receptores AIS utilizando as sentenças AIVDM/AIVDO. As mensagens podem ser compostas por uma sentença, no mínimo, mas podem estender-se até seis sentenças. Essas mensagens são divididas em 27 tipos, os quais possuem campos distintos.

O tipo proposto, apesar de possuir um tamanho máximo, varia o tamanho e os campos para cada tipo de mensagem. O TAD será representado por um tipo básico do PostgreSQL, de acordo com as justificativas do Capítulo 2.

3.1.1 Implementação do TAD AIS

Na criação do TAD proposto, foi utilizada a linguagem C para sua representação interna, assim como, para o seu conjunto de operações.

A representação interna na memória demonstrada na Listagem 2, foi feita por meio de uma estrutura da linguagem C, a qual é detalhada a seguir:

- O elemento *vl_len* indica quantos bytes são necessários para armazenar a estrutura.
- O elemento *num_messages* indica a quantidade de sentenças AIVDM/AIVDO necessárias para formar a mensagem AIS.
- O elemento *content* é uma lista de sequências de caracteres, onde são armazenadas as sentenças AIVDM/AIVDO que formam a mensagem AIS.
- O elemento *msgid* indica o tipo da mensagem armazenado.
- O elemento *len_ais* indica o tamanho da carga útil total da mensagem AIS.

LISTAGEM 2 - Representação interna na linguagem C do tipo AIS

```

1 typedef struct AIS
2 {
3     int vl_len_;
4     int num_messages;
5     char content[6][82];
6     unsigned char msgid;
7     int len_ais;
8 } AIS;

```

Além dos elementos listados na Listagem 2, o tamanho das mensagens AIS também deve ser levado em consideração ao reservar o espaço na memória para o TAD AIS. No apêndice B é possível ver a quantidade de bits que cada mensagem possui.

Na criação do tipo no PostgreSQL, foi necessário criar as funções de entrada e saída discutidas na Seção 2.2. As funções *input_function* e *output_function* do TAD AIS, foram chamadas respectivamente de *ais_in* e *ais_out*.

Na representação textual, as sentenças AIVDM/AIVDO que compõem uma mensagem AIS devem estar agrupadas para que seja feita a decodificação. A representação textual das mensagens pode ser vista no Quadro 2, onde *S_i* representa a *i*-ésima sentença na composição da mensagem AIS e as sentenças são separadas pelo caractere ponto (.).

QUADRO 2 - Representação textual do TAD AIS proposto

Quantidade de sentenças	Representação Textual
1	'(S1)'
2	'(S1.S2)'
3	'(S1.S2.S3)'
4	'(S1.S2.S3.S4)'
5	'(S1.S2.S3.S4.S5)'
6	'(S1.S2.S3.S4.S5.S6)'

A função *ais_in* é responsável por checar se a representação textual corresponde ao formato correto, retornando um erro sintático caso contrário, e por

verificar se as sentenças formam uma mensagem AIS válida, retornando um erro semântico caso contrário. A conversão ocorre transformando o sexto campo das sentenças AIVDM/AIVDO numa sequência binária, conforme foi apresentado na Seção 2.3.1. Os seis primeiros bits indicam o tipo da mensagem e a quantidade de bytes que será necessário para armazená-la.

Exemplos de representações textuais válidas são listados a seguir:

- '(!AIVDM,1,1,,A,13aC250P000D:L@MdNfP0?vR0<3w,0*11)' a representação textual de uma única sentença que contém uma mensagem do tipo 1.
- '(!AIVDM,2,1,3,B,53MFDR00=96TL`8001<IUB1L5@E8htt0000000I1@D0:4f8U;S2ETT3,0*07.!AIVDM,2,2,3,B,kk00000000000000,2*24)', a representação textual de duas sentenças que contém uma mensagem do tipo 5.

A função *ais_out* retorna a representação textual, a partir de uma representação interna do tipo proposto neste trabalho.

3.1.2 Criação do tipo AIS no PostgreSQL

Após a definição da representação interna, da função de entrada e da função de saída, é possível fazer uso do tipo proposto através da função SQL CREATE TYPE do próprio SGBD. Conforme foi apresentado na Seção 2.2, na definição do tipo é necessário informar a função de entrada, a função de saída e o tamanho interno assumido pela variável.

É necessário, na criação do tipo, criar as funções de entrada e saída no SQL, associando-as ao código da implementação em C compilado. Para criar um uma instância de um tipo AIS proposto neste documento, utiliza-se a função SQL CREATE FUNCTION, a qual associará a chamada da função em SQL à implementação da função feita no código em C.

LISTAGEM 3 - Criação do tipo no PostgreSQL

```

1 CREATE FUNCTION ais_in(cstring)
2   RETURNS ais
3   AS '$libdir/ais'
4   LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
5
6 CREATE FUNCTION ais_out(ais)
7   RETURNS cstring
8   AS '$libdir/ais'
9   LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
10
11 CREATE TYPE ais (
12   internallength = VARIABLE,
13   input = ais_in,
14   output = ais_out
15 );

```

Na Listagem 3, os elementos que indicam os nomes da função de entrada, o *input*, e da função de saída, o *output*, assumem respectivamente os valores *ais_in* e *ais_out*. O elemento que indica o tamanho interno, o *internallength*, assume o valor *VARIABLE*, já que as mensagens não possuem um único tamanho.

3.1.3 Operações associadas ao AIS

O TAD é caracterizado pelos valores e pelas operações associadas. Portanto, além das funções de entrada e saída, foram definidas operações que extraem os dados das mensagens AIS. Para criar as funções, o mesmo processo das funções de entrada e saída foi adotado. Primeiro criou-se as funções em C, e depois através do comando SQL `CREATE FUNCTION`, as funções foram criadas no PostgreSQL. No total foram implementadas 119 funções que retornam os campos das mensagens conforme os quadros do Apêndice A.

Há três campos que fazem parte de todos os 27 tipos de mensagens, o identificador do tipo da mensagem, a quantidade de nós que a mensagem percorreu e o identificador da estação AIS, base ou embarcação, que compõem a mensagem. Para ilustrar, as três funções que retornam os valores assumidos nos campos

citados são listadas como segue. As outras funções podem ser vistas no Apêndice A.

- *ais_msgid* retorna um INT16. A função retorna o tipo da mensagem AIS.
- *ais_repeat* retorna um INT16. A função retorna o número de nós que a mensagem AIS percorreu. A partir do terceiro nó, as mensagens AIS são descartadas.
- *ais_mmsi* retorna um INT32. A função retorna o identificador AIS do dispositivo que enviou a mensagem.

3.1.4 Extensão do TAD no PostGIS

Na extensão PostGIS, existem dois tipos de dados: o tipo *Geometry* e o tipo *Geography*. O tipo *Geometry* usa coordenadas cartesianas, onde a menor distância entre dois pontos é um reta. Esse tipo, por ser matematicamente mais simples, possui mais funções que o tipo *Geography*, cujo sistema de coordenadas é esférico. Apesar da maioria dos mapas serem projeções do planeta Terra, as operações espaciais de um sistema cartesiano podem conduzir a erros. Entretanto, as operações do tipo *Geography* são computacionalmente mais custosas. Portanto, o usuário deve escolher qual tipo usar, levando em conta suas vantagens e desvantagens. Apesar do planeta Terra ser uma elipsoide, uma representação esférica gera erros menores quando comparada à representação bidimensional.

Para acessar os campos de latitude e longitude, as funções *ais_latitude* e *ais_longitude* devem ser utilizadas. Quando as mensagens AIS contiverem dados sobre a posição, a função *ST_GeographyFromText* pode ser usada para converter sua latitude e longitude para o tipo *Geography*, enquanto a função *ST_GeomFromText* pode ser usada para convertê-las para o tipo *Geometry*. O SRID utilizado deve ser o WGS84 (SRID=4326) [8], que representa o sistema padrão de navegação. As operações espaciais podem ser consultadas na referência do PostGIS [19].

3.2 Considerações Finais

Neste capítulo, foi exibida uma discussão sobre como criar o tipo proposto e como fazer uso de suas operações no PostgreSQL. No próximo capítulo, será apresentado um exemplo de uso dessas funções para mapear as rotas das embarcações que utilizam o AIS.

4 USO E DESEMPENHO DO TAD PROPOSTO

Neste capítulo, uma função PL/SQL será apresentada na Seção 4.1 com o objetivo de semelhante ao *AIS Handler*, monitorar as viagens das embarcações. Na Seção 4.2, será descrito um experimento para mensurar o desempenho do tipo AIS. Por fim, na Seção 4.3, serão listadas as conclusões finais. Neste capítulo, assume-se que o TAD AIS proposto neste trabalho, foi criado corretamente.

4.1 Uso do TAD Proposto

O *MarineCadastro* ao criar suas três ferramentas citadas na Seção 2.5.4, permite monitorar as rotas das embarcações ao longo de suas viagens, para descobrir as rotas mais seguras e eficientes. Com o intuito de ilustrar o uso do tipo proposto, criou-se um exemplo em SQL que desempenha o mesmo papel das ferramentas do *MarineCadastro*.

O objetivo do exemplo é mapear os navios, construindo suas trajetórias durante as diversas viagens realizadas. Para isso, foram utilizadas três entidades. A entidade das embarcações que possuem as características estáticas dos navios: o comprimento, a largura, o tipo da embarcação, o MMSI, o nome e o número da embarcação na Organização Marítima Internacional. A entidade das viagens que representa as viagens que são feitas pelas embarcações, a qual deve ter o horário de início da viagem, o horário estimado da chegada, o destino e a altura submersa do navio que varia dependendo da carga. A terceira entidade são os pontos das trajetórias realizadas pelos navios em cada viagem, a velocidade, a direção, a taxa de inclinação e o horário.

Como os dados AIS são geralmente armazenados numa sequência temporal, a mensagem do tipo 4 serve como referência de horário para as outras mensagens. Os dados sobre as embarcações podem ser retiradas diretamente das mensagens de tipo 5. Os dados sobre as trajetórias dos navios podem ser retiradas das mensagens dos tipos 1, 2 ou 3, e são associadas à atual viagem da embarcação. Os dados sobre as viagens são oriundas das mensagens do tipo 5, verificando se a viagem já é existente ou se é a viagem é inédita.

4.1.1 Preparação do cenário

Os dados para este experimento foram obtidos a partir do AIS HUB [20], que é um centro de compartilhamento de dados AIS, onde uma amostra de dados equivalente a 3 minutos de transmissão foi retirada.

Para armazenar os dados criou-se uma tabela chamada *test_ais*, com o comando apresentado na Listagem 4, mostrada abaixo:

LISTAGEM 4 - Criação da tabela do exemplo de uso

```

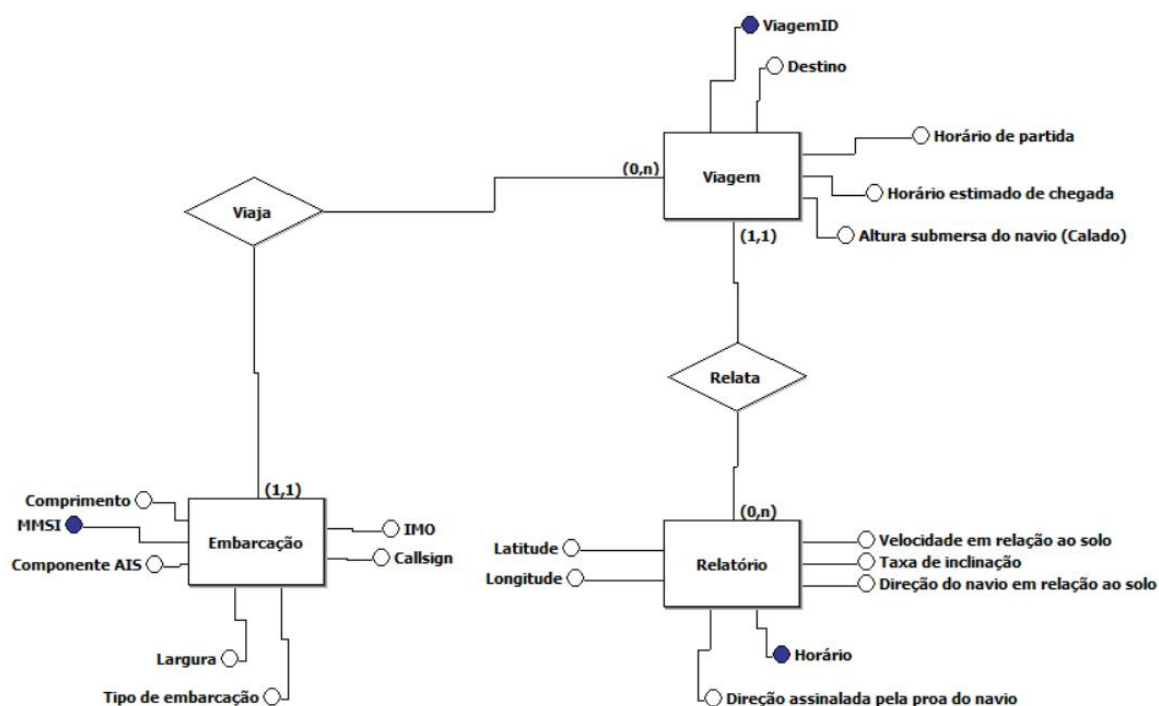
1 CREATE TABLE test_ais (
2     a      ais
3 );

```

Os dados obtidos no AIS HUB foram convertidos para a representação textual, vista na Seção 3.1, e foram inseridos na base de dados criada previamente.

Em seguida, foi necessário criar as 5 tabelas que são manipuladas pela função PL/SQL, sendo: uma para armazenar as informações estáticas das embarcações, uma para armazenar as informações sobre a viagem, uma para armazenar a trajetória da embarcação e duas tabelas auxiliares que servem para armazenar as informações enquanto o horário de referência não estiver disponível.

FIGURA 2 - Esquema conceitual das tabelas usadas para monitorar as embarcações



Com o esquema conceitual de dados da Figura 2, é possível armazenar as rotas dos navios para cada viagem realizada.

4.1.2 Criação do exemplo de uso utilizando PL/SQL

A função busca todos os dados da tabela *test_ais*. Esses dados são analisados um a um, verificando o tipo da mensagem através da função *ais_msgid*. Apenas cinco tipos de mensagem: 1, 2, 3, 4 e 5; são levados em consideração por essa função, por conterem informações estáticas sobre as embarcações, sobre as viagens e sobre a trajetória das embarcações.

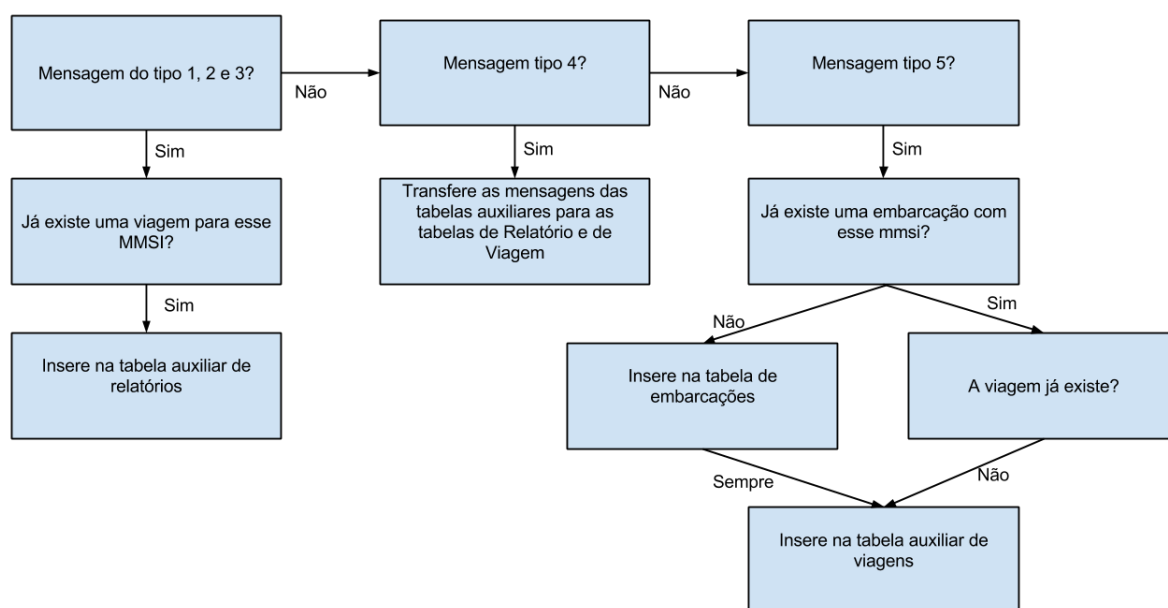
Caso a mensagem seja do tipo 1, 2 ou 3, é verificado se o identificador da embarcação, obtido pela função *ais_mmsi*, já está presente na tabela de Viagens. Se estiver presente, as funções *ais_sog*, *ais_cog*, *ais_heading*, *ais_latitude*, *ais_longitude*, *ais_utc_second*, *ais_rot* e *ais_nav_status*, são utilizadas para obter as informações relevantes para o rastreamento e armazená-las numa tabela auxiliar de relatório, até que uma mensagem do tipo 4 seja identificada. Caso contrário, os dados são descartados.

Caso a mensagem seja do tipo 4, o tempo referência da função é atualizado e todos os dados que estavam armazenados nas tabelas auxiliares são inseridos nas tabelas correspondentes com a informação de tempo correta. O tempo é obtido da mensagem 4 por meio das funções *ais_utc_year*, *ais_utc_month*, *ais_utc_day*, *ais_utc_hour*, *ais_utc_minute* e *ais_utc_second*. A validade dos dados é verificada, observando se há algum valor que não existe ou se está especificado no tempo futuro.

Se a mensagem for do tipo 5, primeiramente, verifica-se se a embarcação já está na tabela de embarcações (Embarcação), buscando o *mmsi*. Caso não esteja, os dados obtidos pelas funções *ais_imo*, *ais_callsign*, *ais_ship_type*, *ais_witdh*, *ais_dimension*, *ais_mmsi* e *ais_pos_type* são armazenados na tabela Vessel

Em seguida, verifica-se se há alguma viagem relacionada com essa embarcação; se houver, os tempos estimados de chegada são comparados, com o intuito de verificar se as mensagens referem-se à mesma viagem. Se forem viagens distintas e os dados, obtidos pelas funções *ais_destination*, *ais_draught*, *ais_eta_month*, *ais_eta_day*, *ais_mmsi*, *ais_eta_hour* e *ais_eta_minute*, forem válidos, então os dados são inseridos na tabela auxiliar de viagens.

FIGURA 3 - Modelagem do fluxo da função PL/SQL



As tabelas auxiliares de viagem e de relatórios são necessárias, porque as mensagens do tipo 1, 2, 3 e 5, não possuem o horário completo em que foram

enviadas. Assim, as mensagens do tipo 4 são utilizadas como referência temporal. Como a tabela de embarcações não possui informação relacionadas com o horário, ela não necessita de uma tabela auxiliar.

O desempenho da função criada neste trabalho não foi comparada com o projeto MarineCadastro, pois o MarineCadastro usa 3 ferramentas distintas. O objetivo deste caso de uso foi demonstrar a simplicidade do uso do tipo abstrato de dados para extrair informações, quando comparadas com outra solução existente.

4.2 Avaliação

Para avaliar o desempenho do tipo proposto, foi elaborado um teste de inserção e busca de uma grande quantidade de dados. O TAD AIS proposto neste trabalho, foi comparado com o tipo INT, com o tipo VARCHAR e com uma tabela que contém os mesmos campos de uma mensagem AIS, a fim de verificar se os tempos de manipulação do TAD são justificáveis.

O computador utilizado no teste foi um Dell Inspiron 15R com 8 GB de memória RAM e processador i5-3210M com 2,5 GHz de clock, que executa o sistema operacional Ubuntu 14.04 LTS para arquiteturas de 64 bit.

A versão do PostgreSQL utilizada foi a 9.3.4, a qual foi instalada diretamente do código fonte. Todos os testes foram feitos sob as mesmas condições, sem que nenhuma configuração do PostgreSQL fosse alterada.

O *autocommit* foi desativado, para não degradar o desempenho das inserções. No final de cada bloco, um *commit* foi executado.

Todas as entradas do tipo INT, foram o número 1, enquanto as entradas do tipo VARCHAR foram a frase “*TESTING THE VARIABLES OF YOUR SYSTEM*”. Os dados AIS foram os dados obtidos no AIS HUB.

4.2.1 Experimento de inserção comparando o AIS, o VARCHAR e o INT

No experimento de inserção, 250 mil linhas de inserção foram geradas para cada tipo avaliado. Como estávamos interessados em medir o tempo gasto no bloco de inserções, utilizamos a função SQL *now* do próprio SGBD, para medir o início e o final das inserções. Na tentativa de diminuir a interferência de flutuações nas medições, o experimento foi repetido 100 vezes para cada tipo, alternando entre eles. No final de cada medição, as informações contidas nas tabelas eram descartadas.

O tempo médio, em segundos, obtido no experimento é mostrado na Tabela 1.

TABELA 1 - Tempo médio, em segundos, da operação de inserção

Tipo	Tempo da inserção (s)
INT	5.19461449
VARCHAR	5.81129018
AIS	22.32046987

4.2.2 Experimento de busca comparando o AIS, o VARCHAR e o INT

Na busca, o resultado é obtido a partir de um único comando SQL *select*, optou-se por medir o tempo através do próprio SGBD, ativando a opção *timing*, cujo papel é medir o tempo gasto na execução de um comando.

As busca utilizadas feitas foram simples, sem a utilização de junções ou filtragens. As buscas foram executadas 100 vezes para cada tipo, sendo alternadas para evitar que os dados fossem armazenados na memória cache.

Cada busca retorna 250 mil entradas, no caso do AIS utilizou-se a função *ais_msgid* que retorna o tipo da mensagem. Os tempos médios são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Tempo médio, em segundos, da operação de busca

Tipo	Tempo da busca (s)
INT	0.02824476
VARCHAR	0.03171259
AIS	0.1055498

4.2.3 - Experimento comparando o AIS com uma tabela

Os experimentos das Seções 4.2.1 e 4.2.2 mostraram que as operações do AIS são 3,5 vezes mais custosas que os tipos simples. Porém o tipo AIS possui mais dados que os tipos INT e VARCHAR. Para comparar dados que possuam as mesmas informações que o TAD AIS, uma tabela foi criada contendo os campos da mensagem AIS do tipo 1. A tabela foi criada com o comando SQL *CREATE TABLE*, conforme a Listagem 5.

LISTAGEM 5 - Criação da tabela equivalente às mensagens AIS do tipo 1

```

1 CREATE TABLE test_ais4(
2     representacaoAIS varchar(480),
3     msgid smallint,
4     repeat smallint,
5     mmsi int,
6     status smallint,
7     rot int,
8     sog smallint,
9     pos_acc smallint,
10    longitude real,
11    latitude real,
12    cog smallint,
13    heading smallint,
14    utc_second smallint,
15    maneuver smallint,
16    spare smallint,
17    raim smallint,
18    sync_state smallint,
19    slot_timeout smallint,
20    sub_message smallint
21
22);

```

Nesse experimento, apenas mensagens do tipo 1 foram utilizadas, pois outras tabelas seriam necessárias para representar os outros tipos de mensagem. O cenário foi equivalente ao cenários dos testes anteriores. Na inserção, 250 mil entradas foram inseridas, as quais continham as sentenças AIVDM/AIVDO e os valores dos campos da mensagem. O tempo foi medido com uma chamada da função *now()* antes das inserções e outra chamada da função *now()* após as inserções. O experimento foi realizado 100 vezes. O tempo médio, em segundos, obtido é apresentado na Tabela 3.

As buscas utilizadas nesse experimento foram simples sem junções ou filtragens, e retornavam apenas a coluna do msgid. O experimento foi realizado 100 vezes, com o tempo sendo medido pela ferramenta *timing*. O tempo médio obtido é apresentado na Tabela 3, a seguir.

TABELA 3 - Tempo médio, em segundos, gasto nas operações de busca e inserção no utilizando o TAD AIS e uma tabela

Tipo	Tempo da busca (s)	Tempo da inserção (s)
TABELA	0.09077842	35.3016039
AIS	0.1055498	22.32046987

A superioridade do tempo na busca do TAD AIS pode ser justificado pela operações que são feitas internamente para descobrir o tipo da mensagem.

4.3 Considerações Finais

Neste capítulo, um caso de uso dos TAD AIS foi apresentado, exemplificando a aplicação do AIS. A partir de então, aplicações podem ser construídas utilizando o TAD AIS tornando qualquer otimização ou atualização do manual técnico do AIS transparente para o criador da aplicação.

Uma análise foi realizada, medindo o tempo das operações de inserção e busca. Os tempos coletados pelo AIS foram 4 vezes mais lentos que os tempos obtidos para os outros tipos testados. Tal desempenho, pode ser justificado pela complexidade do tipo proposto, que possui diversos campos diferentes dependendo do tipo da mensagem, e pela conversão da representação externa para a representação interna.

5 CONCLUSÃO

Neste capítulo, as considerações sobre o trabalho são apresentadas. Na Seção 5.1, as principais contribuições são apresentadas. Por fim, na Seção 5.2, possíveis trabalhos futuros são listados.

5.1 Principais Contribuições

O problema de armazenamento dos dados foi um problema listado em [9]. Este trabalho propôs a criação de um tipo abstrato de dado para representar dados AIS em SGBDs. Uma possível implementação feita no PostgreSQL, permitiu que uma avaliação de desempenho fosse realizada, demonstrando resultados satisfatórios ao levar em conta a complexidade do tipo. Um exemplo de uso foi definido e discutido para demonstrar uma aplicação do tipo de dado proposto.

Este trabalho, deixa como legado uma alternativa de armazenamento para os dados AIS, que permite buscas, inclusive geoespaciais, abstraindo a conversão e o acesso aos campos. Como o tipo possui um propósito variado, nenhuma informação é descartada no armazenamento dos dados.

Como o AIS continua em desenvolvimento, novos manuais técnicos continuam sendo desenvolvidos, os quais podem alterar o padrão AIS. No entanto, caso as aplicações usem um TAD AIS, as modificações precisariam ser feitas apenas no TAD, isentando os desenvolvedores das aplicações de modificações.

5.2 Trabalhos Futuros

Este trabalho abordou apenas os aspectos básicos na criação do TAD AIS. Um importante trabalho a ser feito é buscar uma otimização no armazenamento de dado, a fim de diminuir o tempo gasto nas operações. Isto poderia ser feito por meio da definição de índices criados sobre dados AIS representados pelo tipo proposto.

Os tipos de mensagem 6, 8, 12, 14, 17, 25 e 26 possuem um campo para transmitir dados binários que podem transmitir mensagem de texto ou subtipos de mensagens padronizadas. Atualmente, a manipulação desse campo é deve ser feita pelo usuário. Outro possível trabalho futuro, consiste em estender o conjunto de operações, criando operações que tratem automaticamente esse campo, para que os usuários finais possam abstrair completamente o acesso aos dados.

A implementação do TAD AIS em outro SGBD é outra indicação de trabalho futuro. Por fim, o desenvolvimento de análises de trajetórias de embarcações a partir de dados representados pelo TAD proposto é outra sugestão de trabalhos futuros.

Por fim, conforme foi citado na Seção anterior, novos manuais técnicos podem ser lançados, exigindo que o TAD esteja sempre atualizado.

REFERÊNCIAS

- [1] GANTZ, John; REINSEL, David. **Extracting Value form Chaos**. Jun. 2012. Disponível em: <<http://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-extracting-value-from-chaos-ar.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2014.
- [2] U.S. DEPARTMENT OF COMERCE'S NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **MarineCadastre**. Disponível em: <<http://marinecadastre.gov/ais/>>. Acesso em: 11 abr. 2014.
- [3] POSTGRESQL. **PostgreSQL Documentation**. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/docs/9.3/static/index.html>>. Acesso em: 21 abr. 2014.
- [4] COOK, Willian R. On Understanding Data Abstraction, Revisited. **OOPSLA**, v. 44, n. 10, p. 557-572, out. 2009.
- [5] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION. Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band. **Recommendation ITU-R M.1371-0**. nov. 1998. Disponível em: <http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1371-0-199811-S!!PDF-E.pdf>. Acesso em: 01 maio 2014.
- [6] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION. Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band. **Recommendation ITU-R M.1371-5**. Disponível em: <http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1371-5-201402-I!!PDF-E.pdf>. Acesso em: 01 maio 2014.
- [7] BANÝS, Paweł; NOACK, Thoralf; GEWIES, Stefan. Assessment of AIS Vessel Position Report Under the Aspect of Data Reliability. **Annual of Navigation**, v.19, n. 1, p. 5-16, jul. 2013.
- [8] INTERNATIONAL ASSOCIATION OF MARINE AIDS TO NAVIGATION AND LIGHTHOUSE AUTHORITIES. **IALA guidelines on the Universal Automatic Identification System (AIS)**. v. 1, n. 1, dec. 2002. Disponível em: <<http://www.sfm.org/ais/webdocs/IalaOperationalIssuesAIS.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2014.
- [9] TETREAULT, Brian J. Use of the Automatic Identification System (AIS) for Maritime Domain Awareness (MDA). **Oceans**, Proceedings of MTS/IEEE, Washington, v. 2, p. 1590-1594, set. 2005.
- [10] RAYMOND, Eric S. **AIVDM/AIVDO protocol decoding**. Disponível em: <<http://catb.org/gpsd/AIVDM.html>>. Acessado em: 25 maio 2014.
- [11] FELSKI, Andrzej; JASKÓLSKI, Krzysztof. Information unfitness as a factor constraining Automatic Identification System (AIS) application to anti-collision manoeuvring. **Polish Maritime Research**, v. 19, n. 3, p. 60-64, out. 2012.

- [12] LANE, Brian. **AIS parser**. dez. 2010. Disponível em: <www.aisparser.com>. Acesso em: 21 abr. 2014.
- [13] MARITEC TRUST. **AIS VDM & VDO Message Decoder**. Disponível em: <<http://www.maritec.co.za/aisvdmvdoencoding/>>. Acesso em 14 jul. 2014.
- [14] UNDHEIM, Ruben; HANNIKAINEN, Heikki. **GNU AIS**. Disponível em: <<http://gnuais.sourceforge.net/>> Acesso em: 15 jun. 2014.
- [15] ARRUNDALE, Neal. **Nmearouter**. Disponível em: <<http://www.nmearouter.com/>>. Acesso em: 01 jun. 2014.
- [16] ASTRA PAGING LTD. **VesselFinder**. Disponível em: <<http://www.vesselfinder.com/>>. Acesso em: 15 jun. 2014.
- [17] SHIP AIS. **ShipAIS**, Watching the boats go by. Disponível em: <<http://www.shipais.com/>>. Acesso em: 21 jul. 2014.
- [18] MARINETRAFFIC. **MarineTraffic**. Disponível em: <<https://www.marinetraffic.com/en/>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- [19] POSTGIS. **PostGIS 2.1.4dev Manual**. Disponível em: <<http://postgis.net/docs/manual-2.1/>> Acesso em: 30 jul. 2014.
- [20] ASTRA PAGING LTD. **AIS HUB**: AIS data sharing. Disponível em: <<http://www.aishub.net/>>. Acesso em: 15 jun. 2014.
- [21] ESRI. **ArcGIS**. Disponível em: < <http://www.arcgis.com/> >. Acesso em: 13 jun. 2014.
- [22] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Safety of Life at Sea Conventions**, Chapter 5, set. 2002

APÊNDICE A - Descrição dos campos das mensagens AIS

Abaixo estão os campos das mensagens e as respectivas funções de acesso.

QUADRO 3 - Campos da mensagem do tipo 1

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-41	Navigation Status	4	ais_nav_status	INT16
42-49	Rate of Turn	8	ais_rot	INT16
50-59	Speed Over Ground	10	ais_sog	INT16
60-60	Position Accuracy	1	ais_pos_accuracy	INT16
61-88	Longitude	28	ais_longitude	REAL
89-115	Latitude	27	ais_latitude	REAL
116-127	Course Over Ground	12	ais_cog	INT16
128-136	True Heading	9	ais_heading	INT16
137-142	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
143-144	Maneuver Indicator	2	ais_maneuver	INT16
145-147	Spare	3	ais_spare	INT16
148-148	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
149-150	SOTDMA Synchronization State	2	ais_sync_state	INT16
151-153	SOTDMA Slot Timeout	3	ais_slot_timeout	INT16
154-167	SOTDMA Sub Message	14	ais_sub_message	INT16

QUADRO 4 - Campos da mensagem do tipo 2

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-41	Navigation Status	4	ais_nav_status	INT16
42-49	Rate of Turn	8	ais_rot	INT16
50-59	Speed Over Ground	10	ais_sog	INT16
60-60	Position Accuracy	1	ais_pos_accuracy	INT16
61-88	Longitude	28	ais_longitude	REAL
89-115	Latitude	27	ais_latitude	REAL
116-127	Course Over Ground	12	ais_cog	INT16
128-136	True Heading	9	ais_heading	INT16
137-142	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
143-144	Maneuver Indicator	2	ais_maneuver	INT16
145-147	Spare	3	ais_spare	INT16
148-148	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
149-150	SOTDMA Synchronization State	2	ais_sync_state	INT16
151-153	SOTDMA Slot Timeout	3	ais_slot_timeout	INT16
154-167	SOTDMA Sub Message	14	ais_sub_message	INT16

QUADRO 5 - Campos da mensagem do tipo 3

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-41	Navigation Status	4	ais_nav_status	INT16
42-49	Rate of Turn	8	ais_rot	INT16
50-59	Speed Over Ground	10	ais_sog	INT16
60-60	Position Accuracy	1	ais_pos_accuracy	INT16
61-88	Longitude	28	ais_longitude	REAL
89-115	Latitude	27	ais_latitude	REAL
116-127	Course Over Ground	12	ais_cog	INT16
128-136	True Heading	9	ais_heading	INT16
137-142	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
143-144	Maneuver Indicator	2	ais_maneuver	INT16
145-147	Spare	3	ais_spare	INT16
148-148	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
149-150	ITDMA Synchronization State	2	ais_sync_state	INT16
151-163	ITDMA Slot Timeout	13	ais_slot_timeout	INT16
164-166	ITDMA Number of Slots	3	ais_sub_message	INT16
167-167	ITDMA Keep Flag	1	ais_keep_flag	INT16

QUADRO 6 - Campos da mensagem do tipo 4

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-51	UTC year	14	ais_utc_year	INT16
52-55	UTC month	4	ais_utc_month	INT16
56-60	UTC day	5	ais_utc_day	INT16
61-65	UTC hour	5	ais_utc_hour	INT16
66-71	UTC minute	6	ais_utc_minute	INT16
72-77	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
78-78	Position Accuracy	1	ais_pos_accuracy	INT16
79-106	Longitude	28	ais_longitude	REAL
107-133	Latitude	27	ais_latitude	REAL
134-137	Type of position fixing device	4	ais_pos_type	INT16
138-138	Control for long range message	1	ais_control_long	INT16
138-147	Spare	9	ais_spare	INT16
148-148	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
149-150	SOTDMA Synchronization State	2	ais_sync_state	INT16
151-153	SOTDMA Slot Timeout	3	ais_slot_timeout	INT16
154-167	SOTDMA Sub Message	14	ais_sub_message	INT16

QUADRO 7 - Campos da mensagem do tipo 5

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	AIS Version Indicator	2	ais_version	INT16
40-69	IMO number	30	ais_imo	INT32
70-111	Call sign	42	ais_callsign	CSTRING
112-231	Name	120	ais_name	CSTRING
232-239	Type of ship and Cargo type	8	ais_ship_type	INT16
240-248	Dimension to Bow	9	ais_dim_bow	INT16
249-257	Dimension to Stern	9	ais_dim_stern	INT16
258-263	Dimension to Port	6	ais_dim_port	INT16
264-269	Dimension to Starboard	6	ais_dim_starboard	INT16
270-273	Type of position fixing device	4	ais_pos_type	INT16
274-277	ETA month	4	ais_eta_month	INT16
278-282	ETA day	5	ais_eta_day	INT16
283-287	ETA hour	5	ais_eta_hour	INT16
288-293	ETA minute	6	ais_eta_minute	INT16
294-301	Draught	8	ais_draught	INT16
302-421	Destination	120	ais_destination_name	CSTRING
422-422	DTE	1	ais_dte	INT16
423-423	Spare	1	ais_spare	INT16

QUADRO 8 - Campos da mensagem do tipo 6

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Sequence Number	2	ais_sequence	INT16
40-69	Destination MMSI	30	ais_destid	INT32
70-70	Retransmit flag	1	ais_retransmit	INT16
71-71	Spare	1	ais_spare	INT16
72-87	Application identifier	16	ais_appid	INT16
88-	Binary Data	48-920	ais_data	CSTRING

QUADRO 9 - Campos da mensagem do tipo 7

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-69	Destination ID1	30	ais_destid	INT32
70-71	Sequence number for ID1	2	ais_sequence	INT16
72-101	Destination ID2	30	ais_destid2	INT32
102-103	Sequence number for ID2	2	ais_sequence2	INT16
104-133	Destination ID3	30	ais_destid3	INT32
134-135	Sequence number for ID3	2	ais_sequence3	INT16
136-165	Destination ID4	30	ais_destid4	INT32
166-167	Sequence number for ID4	2	ais_sequence4	INT16

QUADRO 10 - Campos da mensagem do tipo 8

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-55	Aplication identifier	16	ais_appid	INT16
56-	Binary Data	80-952	ais_data	CSTRING

QUADRO 11 - Campos da mensagem do tipo 9

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-49	Altitude	12	ais_altitude	INT16
50-59	Speed Over Ground	10	ais_sog	INT16
60-60	Position Accuracy	1	ais_pos_acc	INT16
61-88	Longitude	28	ais_longitude	INT16
89-115	Latitude	27	ais_latitude	REAL
116-127	Course Over Ground	12	ais_cog	INT16
128-133	UTC second	6	ais_utc_second	REAL
134-134	Altitude sensor	1	ais_altitude_sensor	INT16
135-141	Spare	7	ais_spare	INT16
142-143	DTE	1	ais_dte	INT16
144-146	Spare	3	ais_spare2	INT16
147-147	Assigned mode flag	1	ais_assigned_mode	INT16
148-148	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
149-149	Communication state selector	1	ais_comm_state	INT16
150-168	Radio Status	19	-	INT16

QUADRO 12 - Campos da mensagem do tipo 10

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT16
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-69	Destination ID	30	ais_dest	INT32
70-71	Spare2	2	ais_spare2	INT32

QUADRO 13 - Campos da mensagem do tipo 11

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-51	UTC year	14	ais_utc_year	INT16
52-55	UTC month	4	ais_utc_month	INT16
56-60	UTC day	5	ais_utc_day	INT16
61-65	UTC hour	5	ais_utc_hour	INT16
66-71	UTC minute	6	ais_utc_minute	INT16
72-77	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
78-78	Position Accuracy	1	ais_pos_accuracy	INT16
79-106	Longitude	28	ais_longitude	REAL
107-133	Latitude	27	ais_latitude	REAL
134-137	Type of position fixing device	4	ais_pos_type	INT16
138-138	Control for long range message	1	ais_control_long	INT16
138-147	Spare	9	ais_spare	INT16
148-148	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
149-150	SOTDMA Synchronization State	2	ais_sync_state	INT16
151-153	SOTDMA Slot Timeout	3	ais_slot_timeout	INT16
154-167	SOTDMA Sub Message	14	ais_sub_message	INT16

QUADRO 14 - Campos da mensagem do tipo 12

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Sequence Number	2	ais_sequence	INT16
40-69	Destination MMSI	30	ais_destid	INT32
70-70	Retransmit flag	1	ais_retransmit	INT16
71-71	Spare	1	ais_spare	INT16
72-	Text	0-936	ais_data	CSTRING

QUADRO 15 - Campos da mensagem do tipo 13

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-69	Destination ID1	30	ais_destid	INT32
70-71	Sequence number for ID1	2	ais_sequence	INT16
72-101	Destination ID2	30	ais_destid2	INT32
102-103	Sequence number for ID2	2	ais_sequence2	INT16
104-133	Destination ID3	30	ais_destid3	INT32
134-135	Sequence number for ID3	2	ais_sequence3	INT16
136-165	Destination ID4	30	ais_destid4	INT32
166-167	Sequence number for ID4	2	ais_sequence4	INT16

QUADRO 16 - Campos da mensagem do tipo 14

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
72-	Text	0-968	ais_data	CSTRING

QUADRO 17 - Campos da mensagem do tipo 15

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-69	Destination ID1	30	ais_destid	INT32
70-75	Message ID1.1	6	ais_msgid1_1	INT16
76-87	Slof offset 1.1	12	ais_offset1	INT16
88-89	Spare2	2	ais_spare2	INT32
90-95	Message ID1.2	6	ais_msgid1_1	INT16
96-107	Slot offset 1.2	12	ais_offset2	INT16
108-109	Spare3	2	ais_spare3	INT16
110-139	Destination ID2	30	ais_destid2	INT32
140-145	Message ID2.1	6	ais_msgid1_2	INT16
146-157	Slot offset 2.1	12	ais_offset3	INT16
158-159	Spare4	2	ais_spare4	INT16

QUADRO 18 - Campos da mensagem do tipo 16

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-69	Destination ID A	30	ais_destid	INT32
70-81	Offset A	12	ais_offset1	INT16
82-91	Increment A	10	ais_increment	INT16
92-121	Destination ID B	30	ais_destid2	INT32
122-133	Offset B	12	ais_offset2	INT16
134-43	Increment B	10	ais_increment2	INT16
?	Spare	0-4	ais_spare2	INT32

QUADRO 19 - Campos da mensagem do tipo 17

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-57	Longitude	18	ais_longitude	REAL
58-74	Latitude	17	ais_latitude	REAL
75-79	Spare	5	ais_spare2	INT32
80-85	Message type	6	ais_msg_type	INT16
86-95	Station ID	10	ais_station_id	INT16
96-108	Z count	13	ais_z_count	INT16
109-111	Sequence number	3	ais_sequence	INT16
112-116	N	5	ais_num_words	INT16
117-119	Health	3	ais_health	INT16
120-	Binary Data	0-696	ais_data	CSTRING

QUADRO 20 - Campos da mensagem do tipo 18

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-45	Spare	8	ais_spare	INT16
46-55	Speed Over Ground	10	ais_sog	INT16
56-56	Position accuracy	1	ais_pos_accuracy	INT16
57-84	Longitude	28	ais_longitude	REAL
85-111	Latitude	27	ais_latitude	REAL
112-123	Course Over Ground	12	ais_cos	INT16
124-132	True heading	9	ais_heading	INT16
133-138	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
139-140	Spare	2	ais_spare2	INT32
141-141	Class B unit flag	1	ais_unit_flag	INT16
142-142	Class B display flag	1	ais_display_flag	INT16
143-143	Class B DSC flag	1	ais_dsc_flag	INT16
144-144	Class B band flag	1	ais_band_flag	INT16
145-145	Class B Message 22 flag	1	ais_msg22_flag	INT16
146-146	Mode flag	1	ais_mode_flag	INT16
147-147	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
148-148	Communication state selector	1	ais_comm_state	INT16
149-167	Radio status	19	-	

QUADRO 21 - Campos da mensagem do tipo 19

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-45	Spare	8	ais_spare	INT16
46-55	Speed Over Ground	10	ais_sog	INT16
56-56	Position Accuracy	1	ais_pos_acc	INT16
57-84	Longitude	28	ais_longitude	REAL
85-111	Latitude	27	ais_latitude	REAL
112-123	Course Over Ground	12	ais_cog	INT16
124-132	True heading	9	ais_heading	INT16
133-138	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
139-142	Spare	4	ais_spare2	INT32
143-262	Name	120	ais_name	CSTRING
263-270	Type of ship and cargo type	8	ais_ship_type	INT16
271-279	Dimension to Bow	9	ais_dim_bow	INT16
280-288	Dimension to Stern	9	ais_dim_stern	INT16
289-294	Dimension to Port	6	ais_dim_port	INT16
295-300	Dimension to Starboard	6	ais_dim_starboard	INT16
301-304	Type of position fixing device	4	ais_pos_type	INT16
305-305	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
306-306	DTE	1	ais_dte	INT16
307-307	Assigned mode flag	1	ais_assigned_mode	INT16
308-311	Spare	4	ais_spare3	INT16

QUADRO 22 - Campos da mensagem do tipo 20

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-51	Offset number 1	12	ais_offset1	INT16
52-55	Number of slots 1	4	ais_slot	INT16
56-58	Timeout 1	3	ais_slot_timeout	INT16
59-69	Increment 1	11	ais_slot_increment	INT16
70-81	Offset number 2	12	ais_offset2	INT16
82-85	Number of slots 2	4	ais_slot2	INT16
86-88	Timeout 2	3	ais_slot_timeout2	INT16
89-99	Increment 2	11	ais_slot_increment2	INT16
100-111	Offset number 3	12	ais_offset3	INT16
112-115	Number of slots 3	4	ais_slot3	INT16
116-118	Timeout 3	3	ais_slot_timeout3	INT16
119-129	Increment 3	11	ais_slot_increment3	INT16
130-141	Offset number 4	12	ais_offset4	INT16
142-145	Number of slots 4	4	ais_slot4	INT16
146-148	Timeout 4	3	ais_slot_timeout4	INT16
149-159	Increment 4	11	ais_slot_increment4	INT16
?	Spare	0-6	ais_spare2	INT32

QUADRO 23 - Campos da mensagem do tipo 21

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-42	Type of aids-to-navigation	5	ais_aton_type	INT16
43-162	Name of Aids-to-navigation	120	ais_name	CSTRING
163-163	Position accuracy	1	ais_pos_acc	INT16
164-191	Longitude	28	ais_longitude	REAL
192-218	Latitude	27	ais_latitude	REAL
219-227	Dimension to Bow	9	ais_dim_bow	INT16
228-236	Dimension to Stern	9	ais_dim_stern	INT16
237-242	Dimension to Port	6	ais_dim_port	INT16
243-248	Dimension to Starboard	6	ais_dim_starboard	INT16
249-252	Type of position fixing device	4	ais_pos_type	INT16
253-258	UTC second	6	ais_utc_second	INT16
259-259	Off position indicator	1	ais_off_position_flag	INT16
260-267	AtoN status	8	ais_aton_status	INT16
268-268	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
269-269	Virtual AtoN flag	1	ais_virtual_aton_flag	INT16
270-270	Assigned mode flag	1	ais_assigned_mode	INT16
271-271	Spare	1	ais_spare	INT16
?	Name of Aid-to-Navigation	0-84	ais_name_extended	INT16
?	Spare	0-6	ais_spare2	INT32

QUADRO 24 - Campos da mensagem do tipo 22

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-51	Channel A	12	ais_frequency_channelA	INT16
52-63	Channel B	12	ais_frequency_channelB	INT16
64-67	Tx/Rx mode	4	ais_txrx_mode	INT16
68-68	Power	1	ais_power	INT16
69-86	Longitude NE	18	ais_NE_longitude	INT32
87-103	Latitude NE	17	ais_NE_latitude	INT32
104-121	Longitude SW	18	ais_SW_longitude	INT32
122-138	Latitude SW	17	ais_SW_latitude	INT32
69-98	MMSI1	30	ais_destid	INT32
104-133	MMSI2	30	ais_destid2	INT32
139-139	Broadcast message indicator	1	ais_addressed_flag	INT16
140-140	Channel A bandwidth	1	ais_bandwidthA	INT16
141-141	Channel B bandwidth	1	ais_bandwidthB	INT16
142-144	Transitional zone size	3	ais_tz_size	INT16
145-167	Spare	23	ais_spare2	INT32

QUADRO 25 - Campos da mensagem do tipo 23

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Spare	2	ais_spare	INT16
40-57	Longitude NE	18	ais_NE_longitude	INT32
58-74	Latitude NE	17	ais_NE_latitude	INT32
75-92	Longitude SW	18	ais_SW_longitude	INT32
93-109	Latitude SW	17	ais_SW_latitude	INT32
110-113	Station type	4	ais_station_type	INT16
114-121	Type of ship and cargo type	8	ais_ship_type	INT16
122-143	Spare	22	ais_spare2	INT32
144-145	Tx/Rx mode	2	ais_trrx_mode	INT16
146-149	Reporting interval	4	ais_report_interval	INT16
150-153	Quiet time	4	ais_quiet_time	INT16
154-159	Spare	6	ais_spare3	INT16

QUADRO 26 - Campos da mensagem do tipo 24A

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Part number	2	ais_part_number	INT16
40-159	Name	120	ais_name	CSTRING

QUADRO 27 - Campos da mensagem do tipo 24B

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-39	Part number	2	ais_part_number	
40-47	Type of ship and cargo type	8	ais_ship_type	INT16
48-89	Vendor ID	42	ais_vendor_id	CSTRING
90-131	Call sign	42	ais_callsign	CSTRING
132-140	Dimension to Bow	9	ais_dim_bow	INT16
141-149	Dimension to Stern	9	ais_dim_stern	INT16
150-155	Dimension to Port	6	ais_dim_port	INT16
156-161	Dimension to Starboard	6	ais_dim_starboard	INT16
162-165	Type of position fixing device	4	ais_pos_type	INT16
166-167	Spare	2	ais_spare	INT16

QUADRO 28 - Campos da mensagem do tipo 25

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-38	Destination indicator	1	ais_dest_indicator	INT16
39-39	Application indicator	1	ais_app_indicator	INT16
?	Destination ID	0/30	ais_destid	CSTRING
?	Spare	0/2	ais_spare	CSTRING
?	Application identifier	16	ais_app_id	INT16
?	Binary data	0-112	ais_data	INT16

QUADRO 29 - Campos da mensagem do tipo 26

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-38	Destination indicator	1	ais_dest_indicator	INT16
39-39	Application indicator	1	ais_app_indicator	INT16
?	Destination ID	0/30	ais_destid	CSTRING
?	Spare	0/2	ais_spare	CSTRING
?	Application identifier	0/16	ais_app_id	INT16
?	Binary data	0-1004	ais_data	INT16
?	Communication state selector	1	ais_comm_state	INT16
?	Radio Status	19	-	

QUADRO 30 - Campos da mensagem do tipo 27

Posição	Campo	Tamanho	Função	Tipo
0-5	Message ID	6	ais_msgid	INT16
6-7	Repeat Indicator	2	ais_repeat	INT16
8-37	MMSI	30	ais_mmsi	INT32
38-38	Position Accuracy	1	ais_pos_acc	INT16
39-39	RAIM flag	1	ais_raim	INT16
40-43	Navigational status	4	ais_nav_stats	INT16
44-61	Longitude	18	ais_longitude	REAL
62-78	Latitude	17	ais_latitude	REAL
79-84	Speed Over Ground	6	ais_sog	INT16
85-93	Course Over Ground	9	ais_cog	INT16
94-94	Position Latency	1	ais_pos_latency	INT16
95-95	Spare	1	ais_spare	INT16

