



MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE



**GUILHERME FERREIRA SÊCO DE ALVARENGA**

Uma fotografia aérea de um navio porta-contêineres azul, repleto de contêineres coloridos (vermelhos, azuis, brancos), navegando sobre o oceano azul sob um céu claro. O navio deixa uma esteira branca de espuma à sua passagem.

**NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA: PRINCIPAIS  
PROBLEMAS E EQUIPAMENTOS  
UTILIZADOS**

**RIO DE JANEIRO  
2013**

**GUILHERME FERREIRA SÊCO DE ALVARENGA**

**NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA: Principais problemas e equipamentos utilizados**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Nautica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.  
Orientador (a): 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira

Rio de Janeiro

2013

**GUILHERME FERREIRA SÊCO DE ALVARENGA****NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA: Principais problemas e equipamentos utilizados**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador (a): 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira

Graduação em Meteorologia e Mestrado em Meteorologia

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

**DEDICATÓRIA**

Aos meu pais, irmãos e namorada, tudo em minha vida

**AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço ao Prof. Vinícius Oliveira pela paciente orientação desta monografia. Seu direcionamento de pesquisa, suas sugestões e apontamentos para o bom desenvolvimento do trabalho foram essenciais para a conclusão do mesmo.

Agradeço também à minha família, pela força e dedicação ao longo de minha vida, permitindo-me estar onde estou hoje.

À minha namorada, por me incentivar nos momentos em que quis desistir, e me auxiliar de todas formas possíveis à conclusão deste trabalho e do curso.

Obrigado a todos.

*“Danos críticos acontecem aos ouvidos de quem só consegue ler ou vai conseguem só olhar outro”  
(Fillipe Andrade)*

## **RESUMO**

De acordo com as necessidades econômicas e territoriais diversas formas de transporte marítimo foram criadas e aprimoradas, entretanto, com o início da navegação polar, novos obstáculos foram introduzidos às técnicas marítimas.

Ao se estudar navegação na Antártica, é necessário analisar sucintamente cada equipamento náutico, tanto para se ter conhecimento dos equipamentos que não funcionarão em altas latitudes e para saber quais equipamentos poderão ser utilizados nesse tipo de navegação. Serão apontados também os efeitos meteorológicos e astrológicos que existem nos polos que são inexistentes ou indiferentes para a navegação, em regiões de baixa latitude. `

Analisa-se os métodos de navegação, seja navegação estimada, seja navegação costeira e também todas as precauções necessárias para se fazer uma viagem segura ao círculo polar antártico, incluindo as informações necessárias dos tipos de gelo encontrados no polo, sua formação, sua direção e características.

Entende-se ao final dessa pesquisa a necessidade de conhecer e dominar as técnicas de navegação polar, e o entendimento das divergências ocorrentes nessa região.

Palavras-chave: Antártica. Altas Latitudes. Agulha Giroscópica. Agulha Magnética. “Iceberg”. “Bergy Bit”. Loxodromia. Ortodromia.

## ABSTRACT

According to the economical and territorial needs various forms of maritime transportation were created and improved, however, with the onset of polar navigation, new obstacles were introduced to the maritime techniques.

By studying navigation in Antarctica, it is necessary to analyze each nautical equipment, be aware of equipment that will not work at high latitudes and to know which equipment will be used in this type of navigation. It will also be appointed meteorological and astrological effects that exist at the poles, nonexistent or indifferent for navigation in low-latitude regions. Analyze the methods of navigation, dead reckoning, coastal navigation and, also, all precautions necessary to make a safe journey to the Antarctic Polar Circle, including the necessary information on the types of ice found there, their formation, their drifting direction and characteristics.

Acknowledges with this research the need to know and master the techniques of polar navigation, and understanding the differences occurring in this region.

Keywords: Antarctica. High Latitudes. Gyroscopic Needle. Magnetic Needle. Iceberg. Bergy Bit. Orthodromy.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Circulação Geral na Antártica e Posição Média das Convergências Antártica e subtropical.....	14
Figura 2 – Fluxos Catabáticos do Interior do Continente para as Margens da Antártica.....	15
Figura 3 – Trajetórias do Jato Frio Inercial.....	16
Figura 4 – Correntes de Superfície na Antártica.....	17
Figura 5 – Extrato da Carta N°29282 NIMA, “SCOTT ISLAND AND APPROACHES”....	28
Figura 6 – “ASTRO COMPASS” (Agulha Astronômica).....	29
Figura 7 – “Daylight length” – Duração da luz diurna.....	32

## SUMÁRIO

### INTRODUÇÃO

#### Objetivo

<b>1 GEOGRAFIA DAS REGIOES POLARES .....</b>	<b>12</b>
<b>2 PRICIPAIS FATORES QUE AFETAM A NAVEGAÇÃO NA REGIÃO POLAR .....</b>	<b>13</b>
2.1 Efeitos de Latitudes Elevadas.....	13
2.2 Efeitos Meteorológicos.....	13
2.2.1 Ventos Locais e Catabáticos; Jato frio inercial .....	15
2.2.2 Correntes e Marés.....	17
2.3 Efeitos Adversos.....	18
<b>3 DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO.....</b>	<b>20</b>
3.1 Agulhas Náuticas.....	20
3.1.1 Agulha Magnética.....	20
3.1.2 Agulha Giroscópica.....	21
3.2 Radar.....	22
3.3 Ecobatímetro.....	24
<b>4 SISTEMAS ELETRÔNICOS DE NAVEGAÇÃO.....</b>	<b>25</b>
4.1 Radiogoniômetro.....	25
4.2 Sistema de Navegação por Satélite.....	25
4.3 Sistema de Navegação Inercial.....	25

4.4 Observações Visuais.....	25
4.4.1 Fatores que afetam as observações visuais.....	26
<b>5 MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO NA REGIÃO ANTÁRTICA.....</b>	<b>28</b>
5.1 Navegação estimada em áreas polares.....	28
5.2 Navegação costeira em altas latitudes... ..	30
5.3 Navegação Astronômica.....	31
5.4 Cálculos Matemáticos.....	31
<b>6 SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA.....</b>	<b>33</b>
6.1 Formação e presença de gelo no mar.....	33
6.2 Preparação do navio.....	38
6.3 Navegação na presença de gelo.....	40
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>

A navegação surgiu a partir da necessidade de sobrevivência do homem na questão relativa à pesca, e ao transporte, onde o homem, de forma muito primitiva, resolve elaborar seu instrumento de transporte marítimo. Mais tarde, o comércio viria a lançar uma segunda proposta de transporte marítimo para seus fins específicos, os produtos. No princípio, navegava-se em pequenas embarcações nos rios e baías, procurando sempre as águas mansas, mais seguras e à vista de terra. Com a ampliação das estruturas o homem passou a se aventurar em viagens cada vez mais demoradas mas sempre à vista da costa.

O aumento do tamanho dos navios, a invenção de uma série de instrumentos de auxílio náutico e o ensino levado a efeito na Escola de Sagres, fundada pela monarquia portuguesa tiveram papel importante nas Grandes Navegações dos séculos XV e XVI. Foi aí que deu conquista de inúmeros lugares até então desconhecidos como a América.

A crença na existência da Terra Australis – um vasto continente localizado ao sul com a finalidade de balancear o peso da Europa, Ásia e África – foi proposta por Ptolemeu e Aristóteles na Grécia Antiga. Por isso, a inclusão nos mapas de uma grande massa de terra ao sul era comum em mapas do século XVI. Mesmo no final do século XVII, com o conhecimento de que a América do Sul e a Austrália não faziam parte da Antártica, os geógrafos acreditavam que o continente fosse muito maior do que é na verdade. A situação permaneceu assim até a expedição de James Cook, que cruzou o Círculo Polar Antártico três vezes entre 1772 e 1775.

As primeiras viagens documentadas às águas antárticas aconteceram no século XVI movidos, principalmente, por questões econômicas, tais como a caça à baleia e à foca. Num segundo momento, pelo interesse científico e, posteriormente, pelo interesse estratégico-militar que a Antártica representa. Para conter as reivindicações territoriais, impedir possíveis confrontos e preservar o meio ambiente de uma exploração desenfreada foi elaborado o Tratado Antártico, que conseguiu manter na prática os ideais norteadores das atividades da região.

Neste trabalho serão abordados temas relacionados com a navegação nas regiões polares, tomando como foco o continente Antártico. Serão relacionados os equipamentos utilizados, o funcionamento de cada equipamento e os problemas possivelmente encontrados.

O maior problema para a navegação polar é a manutenção de uma direção. A direção (rumo) é normalmente determinada por uma Agulha Náutica. Entretanto, conforme veremos, nas regiões polares, tanto a Agulha Magnética, como a Agulha Giroscópica estão sujeitas a limitações não encontradas em outras áreas.

Na Antártica, em cada época do ano o Sol permanece por certo tempo no céu. Diferentemente de outras regiões, a região polar não tem o dia e a noite divididos. Dependendo da Estação do ano, o dia será maior, ou menor.

**Objetivo:** Essa pesquisa tem o objetivo de comprovar a existência e mensurar a importância e dificuldade de se navegar nos polos, especificamente na Antártica.

## CAPÍTULO 1

## **GEOGRAFIA DAS REGIÕES POLARES**

Qualquer definição de limites das regiões polares não satisfaz completamente às necessidades de todos os que se interessam por essas áreas. Na Astronomia, os paralelos de latitude nos quais o Sol se torna circumpolar (o Círculo Polar Ártico e o Círculo Polar Antártico, nas latitudes de cerca de 66,5°N e 66,5°S, respectivamente) são considerados os limites inferiores.

Para os propósitos de navegação, podem-se considerar as regiões polares como estendendo-se desde os polos geográficos da Terra até as Latitudes de 60° (N e S), com uma região de transição subpolar, nas proximidades dos paralelos de 60°. As regiões polares também incluem os dois polos magnéticos da Terra.

De acordo com estudos demográficos realizados, a região polar sul, ou Antártica, apresenta uma massa terrestre alta e montanhosa, com cerca de 14 milhões de quilômetros quadrados, totalmente cercada por água. Há um planalto polar extenso, coberto com gelo e neve, de cerca de 3.000 metros de altitude. Diversas cadeias de montanhas na Antártica possuem picos elevados, alcançando altitudes de 4.000 metros. A altitude média na Antártica, cerca de 1.850 metros, é maior do que a de qualquer outro continente. A barreira representada pela massa terrestre e por plataformas de gelo formidáveis, de 200 a 1.000 metros de espessura, impede os navios de alcançarem Latitudes muito elevadas. A maior parte da costa da Antártica é alta e acidentada, com poucos portos e fundeadouros seguros.

## **CAPÍTULO 2**

# PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

## 2.1 Efeitos de Latitudes elevadas

O raciocínio normal do navegante faz-se em termos do “mundo retangular” da Projeção de Mercator, na qual os meridianos são linhas verticais igualmente espaçadas, perpendiculares aos paralelos de latitude, representados por linhas horizontais (desigualmente espaçadas, em virtude das Latitudes crescidas). As direções (rumos e marcações) são medidas com relação aos meridianos. Os rumos são mantidos e as marcações obtidas através do uso de agulhas náuticas, magnéticas ou giroscópicas. Uma linha reta na Carta de Mercator é uma loxodrômica, isto é, a linha de rumo usada normalmente para os propósitos da navegação.

Nas regiões polares todos os meridianos convergem para os polos, que são centros de uma série de círculos concêntricos, que constituem os paralelos de latitude. A rápida convergência dos meridianos torna o conceito normal de direção inadequado para alguns propósitos. Uma loxodrômica (linha de rumo) é uma curva que difere notavelmente de uma ortodrômica (arco de círculo máximo), inclusive para curtas distâncias. Até mesmo as marcações visuais não podem ser adequadamente representadas como loxodrômicas. No polo Sul, todas as direções são norte. Dois observadores poderão estar ao sul um do outro, bastando, para isso, que o polo Sul esteja entre eles.

No polo, o Zênite e o polo celeste coincidem. Desta forma, também coincidem o equador e o horizonte celeste, e a Declinação e a altura de um astro são iguais. Por isso, os astros só variam de altura com a variação de Declinação.

Assim, as estrelas movem-se no céu sem variação de altura. Os planetas nascem e se põem uma vez a cada período sideral (12 anos para Júpiter; 30 anos para Saturno). No polo Sul, o Sol nasce a 23 de setembro, descreve vagarosamente uma espiral até uma altura máxima de cerca de  $23^{\circ}27'$ , próximo de 21 de março, quando desaparece por outros 6 meses. Os períodos de crepúsculos, que se seguem ao pôr-do-Sol e que precedem o seu nascer, duram diversas semanas. A Lua nasce e se põe cerca de uma vez a cada mês. Somente astros com Declinação Sul são visíveis do polo Sul.

A longa noite polar não é totalmente escura. A Lua cheia nesse período eleva-se relativamente alta no céu. A luz da “aurora australis” na Antártica é, muitas vezes, bem brilhante, ocasionalmente excedendo até mesmo a da Lua cheia. Mesmo os planetas e estrelas contribuem com uma apreciável quantidade de luz nessa área, onde a cobertura de neve proporciona uma excelente superfície refletora.

Todos os fusos horários, bem como todos os meridianos, convergem para os polos. Assim, os conceitos de hora legal e fusos horários perdem seus significados normais, pois a hora do dia não tem relação direta com os períodos de claridade e escuridão ou com a altura do Sol.

## 2.2 Efeitos Meteorológicos

As regiões polares são frias, mas a temperatura do mar não é tão extrema como em terra. Durante o verão antártico, a temperatura normalmente permanece acima do ponto de congelamento sobre o oceano. No interior do Continente Antártico, entretanto, poucos pontos tem registrado temperaturas acima de  $0^{\circ}\text{C}$ , sendo a parte mais fria do mundo.

Cerração e nebulosidade ocorrem com frequência nas regiões polares, embora haja menos precipitações que em algumas regiões desérticas, pois o ar frio tem pequena

capacidade de acumular umidade. O ar muito frio sobre o oceano aberto algumas vezes produz vaporização na superfície, podendo alcançar uma altura de centenas de pés. Este fenômeno é chamado de fumaça gelada ou fumaça do mar (“frost smoke” ou “sea smoke”). Quando não há cerração, nebulosidade ou “frost smoke”, a visibilidade é, normalmente, excelente. O som se propaga muito bem, de forma tal que, algumas vezes, pode ser ouvido a grandes distancias.

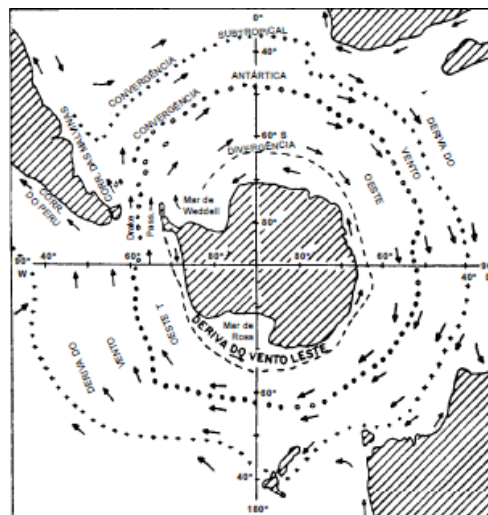
Inversões de temperatura ou fortes discontinuidades do gradiente térmico produzem, às vezes, miragens e valores extremos de refração. Já houve ocasiões de o Sol nascer vários dias antes do esperado na primavera, horizontes falsos não são raros.

Ventos fortes são comuns na Antártica e na região subantártica. A Antártica é, por isso, conhecida como a morada dos ventos (“home of the blizzards”). O cinturão de água que circunda a Antártica é o mais tempestuoso do mundo, caracterizado como uma área de ventos fortes e marés bravios (ao contrário do Oceano Ártico, onde quase não são encontrados ventos fortes).

Nas regiões polares e subpolares, o principal perigo para os navios é o gelo, tanto o formado por congelamento da água do mar como formado em terra e que se desprende e flui para o oceano. Muitas áreas terrestres baixas permanecem livres de gelo ou neve no verão antártico.

Quando a neve mascara todos os acidentes de superfície e o céu é coberto por uma camada uniforme de nuvens cirrostratus ou altostratus, o horizonte desaparece e a terra e o céu se misturam, formando uma extensão branca contínua, sem interrupções. Nessa situação, pontos de terra não podem ser distinguidos e torna-se impossível estimar distâncias, pela absoluta falta de contraste. O fenômeno é chamado de branco total antártico (“antarctic White out”) sendo perigosíssimo para operações aéreas, principalmente para o voo de helicóptero (é como voar dentro de um copo de leite).

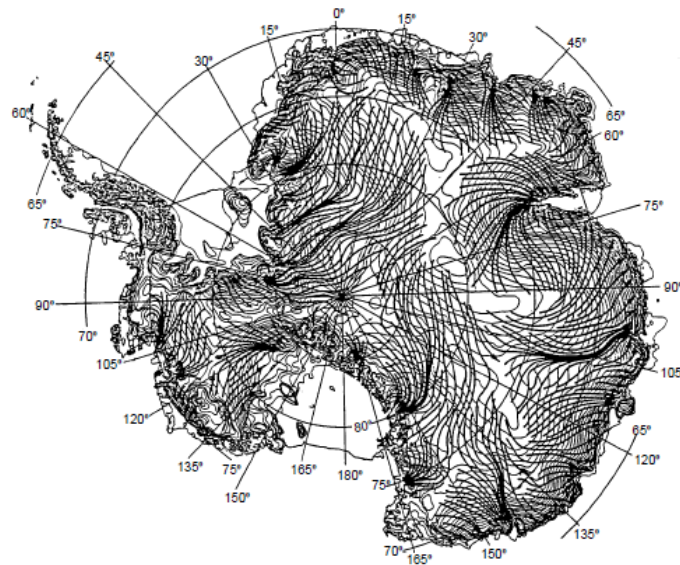
Na Antártica, as correntes marítimas podem ser fortes e a circulação geral ao largo é para leste, ou no sentido horário, em torno do continente. Próximo da costa, entretanto, uma corrente mais fraca, fluindo para oeste, ou no sentido anti-horário, pode ser encontrada. (Figura 1)



**Figura 1** - Circulação Geral na Antártica e Posição Média das Convergências Antártica e Subtropical. Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAVzcAL/mares-correntes-mare-oceanicas?part=10>

### 2.2.1 Ventos Locais e Catabáticos; Jato frio inercial

Segundo Miguens, 2000, muitas das características locais dos ventos na periferia do continente antártico se devem à ação de fluxos catabáticos. O platô, coberto de gelo e neve, que desce até a costa de forma escarpada em quase todos os lugares, produz, por perda radiativa, um acentuado resfriamento das camadas inferiores da massa de ar Continental Antártica, que aumenta sua densidade e, então, desce por gravidade, em um processo de constante drenagem na direção da margem do continente (figura 2). Várias geleiras também dão saída a essa massa de ar e, por sua particular configuração, elas frequentemente produzem ventos extremamente violentos. Muitas vezes, o vento catabático (local) contraria a circulação sinótica (geral). A persistência das direções leste e sudeste dos ventos costeiros na Antártica se deve, além da influência do sistema anticiclônico predominante no interior do continente, a fenômenos catabáticos, que sofrem uma forte influência da topografia e da orografia.



**Figura 2** – Fluxos Catabáticos do Interior do Continente para as Margens da Antártica  
 Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/antartida-continente/antartida-4.php>

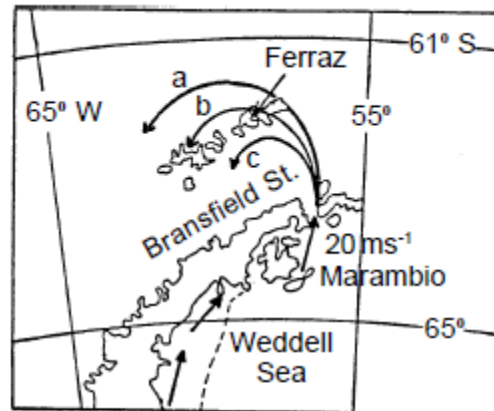
Os ventos catabáticos são bastante intensos (30 a 50 nós) e muito frios. Em geral, duram apenas algumas horas e não provocam nebulosidade nem precipitações, podendo, assim, ocorrer em período de Sol brilhante. Entretanto, na parte posterior dos sistemas de baixa pressão, os ventos de componente sul intensificam o fluxo catabático, podendo-se esperar velocidades muito altas, da ordem de 60 a 75 nós, com duração de até vários dias. Estes ventos são acompanhados por precipitação moderada a forte, além de nevascas intensas. Nas zonas costeiras, o fluxo catabático apresenta uma marcada variação diurna. No verão, observa-se um máximo bem definido durante a noite e um mínimo durante a tarde: no outono e primavera esta variação não se mostra tão clara, ao passo que no inverno não há uma variação diurna regular. De maneira geral, a zona de influência dos ventos catabáticos raramente excede 15 milhas além da linha de costa. Em consequência, um navio poderá estar protegido de sua ação afastando-se a mais de 15 milhas da costa.

Se o navio estiver fundeado, com embarcações miúdas arriadas, por ocasião de um vento catabático, convém recolher as embarcações, redobrar a vigilância sobre a amarra ou, se julgado necessário, suspender e dirigir-se para local mais seguro.

Outro tipo de vento local é causado por fatores geográficos – ilhas ou cadeias de montanhas de elevação regular a grande – que, perante uma forte circulação horizontal de grande escala, com apropriadas condições de estabilidade atmosférica, podem transformar significativamente as características do vento, tornando-o violento, com fortes rajadas.



A região das Ilhas Shetland tem seu clima e tempo muito influenciados por um fenômeno pouco conhecido e de relativamente pequena escala espacial: o jato frio inercial. Trata-se de uma corrente de ar frio, a baixa altura, de tipo inercial, que se origina no lado oeste da Península Antártica e afeta a áreas do Estreito de Bransfield. A expressão “tipo inercial” significa, no caso, que o movimento do fluxo, uma vez iniciado, é determinado pela força de Coriolis, que resulta da rotação da Terra e, no Hemisfério Sul, desvia o movimento do ar para a esquerda, em relação à superfície. Note-se que os fluxos inerciais não levam em conta a força do gradiente de pressão. Além disso, o mecanismo de disparo do jato frio inercial não é o declive, como no caso do vento catabático, mas sim a intensificação do anticiclone no Mar de Weddell e a ocorrência de uma baixa ao largo (a leste). O modelo proposto para as trajetórias do jato frio inercial aparece na figura 3. A massa de ar sobre a água – quase sempre congelada – do Mar de Weddell provoca um aumento da pressão atmosférica e o ar super-resfriado escoar, vindo da direção sul ou sudoeste, formando um vento frequentemente observado na costa oeste da Península. Através do Estreito Antarctic, a corrente de ar penetra no Estreito de Bransfield. Ao provocar um acentuado giro para a esquerda, o efeito de inércia cria um vento de leste. A trajetória b, que passa sobre a que passa sobre a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), corresponde ao inverno, quando o Estreito de Bransfield se congela. O conhecimento do jato frio inercial é de grande importância para a compreensão da meteorologia da Península Antártica e arquipélagos próximos. Os ventos de leste, oriundos, na verdade, de massas de ar frio do Mar de Weddell e submetidos às condições do jato inercial, fazem cair a temperatura no extremo norte da península e na área da EACF. O efeito inercial pode ser deflagrado ou reforçado pela passagem de um centro de baixa pelo Estreito de Drake, mais ao norte, contribuindo, neste caso, para aumentar os ventos de E a SE que sopram ao sul da trajetória da baixa.



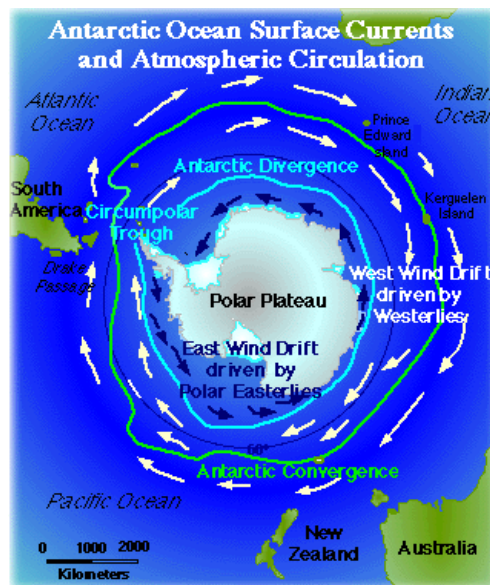
- (a) CONSIDERANDO APENAS O EFEITO DE CORIOLIS, SEM ATRITO.
- (b) CONSIDEROU-SE, TAMBÉM, O ATRITO SOBRE O MAR CONGELADO, SITUAÇÃO TÍPICA DO INVERNO LOCAL.
- (c) COM ATRITO SOBRE A ÁGUA.

**Figura 3** – Trajetórias do Jato Frio Inercial

Fonte: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-y6QSEVkgswJ:https://s3.amazonaws.com/Antarctica/AJUS/AJUSvXIIIn4/AJUSvXIIIn4p171.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>

## 2.2.2 Correntes e Marés

Na maior parte dos mares austrais, do seu limite N até umas poucas centenas de milhas da costa da Antártica, existe uma corrente geral na direção E, gerada pelos ventos de W, predominantes nessas Latitudes. Esta corrente é denominada Corrente Geral Antártica ou Deriva do Vento Oeste. Imediatamente ao sul desta corrente situa-se uma região de correntes em sua maioria fracas, associadas com um cinturão de vórtices no sentido horário que circundam o continente (figura 4). As partes sul destes vórtices formam um padrão interrompido de correntes de rumo W, ao longo da maior parte da costa da Antártica.



**Figura 4** – Correntes de Superfície na Antártica

Fonte: <http://www.eng.warwick.ac.uk/staff/gpk/Teaching-undergrad/es427/rice.glacier.edu-oceans/GLACIER%20ocens-%20--%20Antsurfwater.htm>

Deve-se esperar um considerável grau de variabilidade, tanto em direção como em velocidade, das correntes na região antártica, devido aos complexos fatores oceanográficos e meteorológicos que se combinam para gera-las.

As direções predominantes da Corrente Geral Antártica situam-se entre NE e SE, de acordo com a posição dos meandros suaves, que são sua característica. A velocidade de média desta corrente é de 0,5 nó ou menos, embora em determinadas ocasiões a velocidade possa alcançar valores entre 1 nó e 2 nós.

Conforme a Corrente Geral Antártica (Deriva do Vento Oeste) aproxima-se do Estreito de Drake, divide-se em dois ramos. A parte principal atravessa a Passagem de Drake com rumo NE, mas um ramo do flanco sul da corrente gira para o S e depois SW., estabelecendo um vórtice no sentido dos ponteiros do relógio do Mar de Bellingshausen. A velocidade da corrente na parte central do estreito é de 0,5 a 1 nó, reduzindo-se para menos de 0,25 nó no setor S da passagem. Em algumas ocasiões, entretanto, a velocidade da corrente atinge mais de 2 nós, especialmente na metade N do Estreito de Drake.

Após vencer a Passagem de Drake, a Corrente Geral Antártica continua com rumo NE até cerca da Longitude 035°W, onde ela gira para um rumo mais E. A velocidade média da corrente neste setor é de 0,75 nó; em raras ocasiões, a velocidade pode superar 2 nós.

Não há dados suficientes para determinar se há qualquer variação sazonal na direção, a velocidade ou na posição dos limites da Corrente Geral Antártica (deriva do Vento Oeste).

Junto ao continente antártico, como vimos, ocorre uma corrente mais fraca e menos característica, com rumo geral W. Ademais, existem também várias correntes locais.

Na Antártica, entre os meridianos 020°E e 075°W (região na qual está incluída nossa área normal de operações), a predominância é de marés de desigualdades diurnas. A sua amplitude fica entre 1,40m e 1,80m, aproximadamente. Como, de uma forma geral, as áreas navegáveis na Antártica são caracterizadas por altas profundidades, o efeito da maré perde um pouco o sentido para o navegante.

### 2.3 Efeitos adversos

De acordo com Dantas, 1985, as tempestades magnéticas centradas nas zonas de aurora perturbam as radiocomunicações e alteram os desvios das agulhas magnéticas, em virtude da fraca intensidade horizontal do campo magnético terrestre.

O solo congelado das regiões polares é mau condutor, o que constitui outro fator que adversamente a propagação das ondas de rádio, empregadas nos sistemas de radionavegação.

O sumário que se segue apresenta as características mais relevantes e os principais problemas que afetam a navegação nas regiões polares e subpolares.

1. Altas Latitudes;
2. Rápida convergência dos meridianos (as noções de hora e longitude perdem sua correlação normal);
3. Movimento diurno dos astros quase horizontal;
4. Períodos prolongados de claridade, crepúsculos e semi-escuridão;
5. Temperaturas médias muito baixas;
6. Verões curtos e frios: Invernos longos e rigorosos;
7. Sensação térmica elevada ( “wind-chill factor”);
8. Razão de evaporação baixa;
9. Pouca precipitação;
10. Ar seco (umidade absoluta baixa);
11. Condições excelentes de propagação do som;
12. Cerração e nebulosidade intensas;
13. Períodos de excelente visibilidade;
14. Grande número e variedade de miragens;
15. Refração anormal e falsos horizontes;
16. Perigo constante de gelo no mar;
17. Áreas de gelo permanente marítimo e terrestre;
18. Áreas de solo permanentemente congelado;
19. Congelamento de parte do oceano;
20. Atividade auroral intensa;
21. Grandes áreas com fraca intensidade horizontal do campo magnético terrestre;
22. Tempestades magnéticas intensas
23. Propagação incerta das ondas eletromagnéticas;
24. Ventos fortes e mares tempestuosos (principalmente na região Antártica);
25. Tempestades de neve;
26. Cartas náuticas não confiáveis;
27. Limitações da agulha giroscópica nas altas Latitudes;
28. Imprecisões da agulha magnética nas regiões polares;
29. Limitações da projeção de Mercator nas altas Latitudes;
30. Ausência de auxílios à navegação nas regiões polares.

Os problemas para a navegação nas regiões polares e subpolares podem ser grupados nas seguintes categorias, que estudaremos separadamente, a seguir: projeções cartográficas e cartas náuticas das regiões polares; fatores ambientais e sua influencia no desempenho de equipamentos e sistemas de navegação; determinação de direções e de distâncias e determinação da posição do navio nas regiões polares.

## **CAPÍTULO 3**

## DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO

### 3.1 Agulhas Náuticas

#### 3.1.1 Agulha Magnética

A componente horizontal do campo magnético terrestre é a responsável pela orientação da Agulha Magnética. Seu valor é máximo no equador magnético, diminui à medida que a Latitude magnética aumenta e torna-se nulo nos polos magnéticos. Como os polos magnéticos situam-se relativamente próximos dos polos geográficos, o desempenho da Agulha Magnética fica prejudicado nas altas Latitudes, isto é, nas regiões polares.

MacDonald, 1969, afirma que a partir da Latitude de  $60^\circ$ , a Agulha Magnética deve ser mantida sob vigilância constante, pois sua confiabilidade torna-se algo errática e seus erros podem variar rapidamente. Devem ser feitas verificações frequentes, por azimutes de astros ou qualquer outro método disponível. Um registro cuidadoso das comparações e observações efetuadas é útil na previsão da confiabilidade futura da Agulha.

Os polos magnéticos da Terra se deslocam, participando das variações normais diurnas, anuais e seculares do campo magnético terrestre, assim como das variações erráticas causadas por tempestades magnéticas. Por causa dos movimentos dos polos, eles são considerados mais como áreas do que propriamente como pontos. O movimento contínuo dos polos magnéticos contribui para as grandes variações diurnas da declinação magnética nas altas Latitudes. Alterações de até  $10^\circ$  já foram observadas.

As medidas do campo magnético da Terra nas regiões polares não são frequentes, nem numerosas. As linhas isogônicas nessas áreas aproximam-se umas das outras, resultando numa rápida mudança da declinação em curtas distâncias, em determinadas direções. Além disso, o traçado das isogônicas é imperfeito. Como resultado, a declinação magnética informada nas Cartas Náuticas das regiões polares não tem a mesma ordem de precisão que nos outros lugares. Além disso, várias anomalias magnéticas severas já foram localizadas nas áreas polares e outras, ainda desconhecidas, podem existir.

No que se refere aos desvios da Agulha, estes são afetados pelo decréscimo da intensidade horizontal e pelas tempestades magnéticas que ocorrem nas proximidades dos polos magnéticos;

Qualquer influencia magnética residual sobre a Agulha, que reste após a compensação (que raramente é perfeita), exerce um efeito muito maior à medida que a força que orienta a Agulha diminui. Não é raro que os desvios residuais aumentem de 10 a 20 vezes nas áreas polares.

Outro efeito da redução da intensidade horizontal do campo magnético terrestre, que orienta a agulha, é a maior influencia dos erros devidos ao atrito. Isto, combinado com um aumento no período de oscilação, resulta numa grande morosidade da Agulha no seu retorno ao rumo correto após uma perturbação.

Por esta razão, a Agulha apresenta um melhor desempenho em mar calmo e livre de gelo, comparando com uma área infestada de gelo, onde seu equilíbrio é frequentemente perturbado pelo impacto do navio contra os blocos de gelo.

Além disso, as tempestades magnéticas afetam tanto o magnetismo do navio como o campo magnético da Terra. Alterações de até  $45^\circ$  no desvio da Agulha já foram reportadas durante tempestades magnéticas severas, embora seja possível que tais variações exageradas possam ser uma combinação de mudanças no desvio e na declinação magnética.

Num sentido geral, a Agulha Magnética pode ser considerada de confiabilidade reduzida quando a intensidade horizontal do campo magnético terrestre é menor que 0,09 Oersted; errática quando a intensidade horizontal é menor que 0,06 Oersted e inútil quando o campo é menor que 0,03 Oersted. A extensão dessas áreas em torno do polo sul magnético (localizado aproximadamente na Latitude 68° S, Longitude 139° E) é mostrada na Carta nº 33 da NIMA (National Imagery and Mapping Agency).

Apesar da mistura água/álcool no líquido da Agulha Magnética, há perigo de congelamento quando a Agulha é submetida a temperaturas extremamente baixas. Uma medida que normalmente resolve este problema, provendo calor suficiente para evitar o congelamento do líquido, é manter a luz da Agulha permanentemente acesa.

Uma precaução importante é realizar a compensação ou, pelo menos, o regulamento da Agulha Magnética em uma Latitude elevada, já nas proximidades da região polar.

A despeito de suas várias limitações, a Agulha Magnética é um instrumento de grande valor na maior parte das regiões polares onde a Agulha Giroscópica é, também, bastante afetada. Utilizada com cuidado, submetida a verificações frequentes e com um registro detalhado do comportamento prévio em situações semelhantes, o navegante pode obter bom proveito da Agulha Magnética nas altas Latitudes.

As bússolas de fluxo magnético (“flux gate compass”), um desenvolvimento recente das Agulhas Magnéticas, não se orientam pela intensidade horizontal do campo magnético terrestre. Ao invés da rosa circular com um conjunto de imas, apoiada no seu centro e livre de girar, existente nas agulhas convencionais, as agulhas de fluxo magnético utilizam um senso eletrônico estacionário mantido cobertas abaixo, alinhado com a quilha do navio (eixo longitudinal). Este sensor detecta as mudanças de direção do navio com relação ao campo magnético terrestre e envia informações (centenas de letras por segundo) para um computador, que calcula continuamente as médias das leituras e apresenta valores precisos e estáveis do rumo magnético. As agulhas de fluxo magnético sofrem menos os efeitos das altas latitudes, em comparação com as Agulhas Magnéticas convencionais.

### 3.1.2 Agulha Giroscópica

A Agulha Giroscópica depende, para sua operação, da rotação da Terra em torno do seu eixo. Sua força máxima de orientação ocorre no Equador, onde o eixo do giroscópico é paralelo ao eixo da Terra. À medida que a Latitude aumenta, o ângulo entre os dois eixos cresce. Nos polos geográficos, a Agulha Giroscópica não possui força diretiva.

Segundo MacDonald, 1969, a Giro é normalmente, confiável até a Latitude de 70°. Em Latitudes mais altas, os efeitos perturbadores de imperfeições na Agulha ou no seu ajuste tornam-se muito maiores. O ajuste de Latitude torna-se crítico. O erro de velocidade aumenta à medida que a velocidade do navio aproxima-se da velocidade tangencial da Terra. O erro de deflexão balística torna-se grande e a Agulha responde lentamente às forças de correção. As alterações frequentes de rumo e velocidade, muitas vezes necessárias quando se navega em área com gelo, introduzem erros que só são corrigidos muito lentamente. O impacto do navio contra blocos de gelo deflete a Giro, que não retorna rapidamente à leitura correta.

O desvio aumenta e torna-se mais errático conforme o navio alcança Latitudes maiores. Em latitudes de 75° a 80°, as Agulhas Giroscópicas, em sua maioria, apresentam grandes erros. Desvios de até 27° foram observados em Latitudes maiores que 82°. A Giro torna-se inútil na Latitude de cerca de 85° (que não é alcançada por navios na Antártica).

Assim, o desvio da Agulha Giroscópica deve ser frequentemente determinado e monitorado em Latitudes de 70° ou maiores (a cada 4 horas, pelo menos), por meio de

Azimute dos astros visíveis. Além disso, os ajustes de Latitude e velocidade devem ser feitos com o maior cuidado possível.

A maioria das Agulhas Giroscópicas não possui ajustagem para o corretor de Latitude acima de 70°. Além deste valor, a correção pode ser feita por dois métodos: ajustar os corretores de Latitude e de velocidade em zero e aplicar uma correção ao rumo, obtida de uma tábua ou diagrama fornecido pelo fabricante da Giro, ou usar uma ajustagem equivalente para Latitude e velocidade. Ambos os métodos são geralmente satisfatórios, embora o segundo seja considerado superior, porque corrige, pelo menos parcialmente, os erros introduzidos por mudanças de rumo.

### 3.2 Radar

Segundo Villela, 2000, nas regiões polares, onde condições de visibilidade restrita e longos períodos de escuridão reduzem a eficácia das observações visuais e da navegação astronômica, e onde outros auxílios à navegação não são geralmente disponíveis, o radar é de grande valor. Entretanto, o uso do radar em regiões polares apresenta certas limitações:

- Neve:

A queda de neve atenua as ondas radar, provocando redução do alcance de detecção.

Outro aspecto muito prejudicial da neve é que cobre todos os alvos, mascarando os ecos. Essa cobertura de neve deforma os alvos, que já não poderão ser identificados facilmente. Embora a onda radar penetre na neve, ela sofre muita atenuação devido à absorção de energia pelos cristais de gelo e, assim, os ecos que retornam são fracos. O resultado desses dois fatores é uma apresentação indefinida dos alvos na tela do radar. Às vezes a queda de neve é detectada com um radar de 3 cm (banda X), mas não com um que opere na faixa de 10 cm (banda S).

- Nevoeiro ou cerração:

Nevoeiro é a presença em suspensão de minúsculas partículas de água ou de gelo junto à superfície. Mas, só quando estas partículas em suspensão diminuírem a visibilidade para 1 quilômetro (0,54 milha náutica), é que o fenômeno tem o nome de nevoeiro. Se a visibilidade for maior que 1 quilômetro, o nome correto é neblina. Contudo, a bordo, também é comum a palavra cerração para ambos os fenômenos, falando-se em cerração leve, moderada ou cerração fechada.

O nevoeiro também não se faz apresentar na tela do radar, salvo em casos especiais de nevoeiros muito densos. Mas as gotículas de água ou de gelo em suspensão absorvem energia da onda, de maneira que o alcance do radar fica reduzido. Um nevoeiro pesado, ou seja, aquele que restringe a visibilidade para 100 metros ou menos, reduz o alcance radar para 60% de seu alcance normal. Com radar de 3 cm poderão ser detectados bancos de nevoeiros pesados, de grande densidade.

Pode-se afirmar que, em qualquer tipo de precipitação, seja chuva, granizo ou neve, e mesmo no caso de nuvens, nevoeiro, neblina ou smog, um radar de 10 cm (banda S) será menos afetado que um de 3 cm (banda X).

- Gelo:

O radar pode ser de grande valia indicando a presença de gelo em baixa visibilidade ou período de escuridão. Porém, também pode produzir um falso sentimento de segurança, especialmente de suas limitações não forem apreciadas ou se não for usada adequadamente. Inúmeros exemplos têm sido coletados sobre formações de gelo que não puderam ser detectadas pelo radar, mas que eram suficientemente grandes para causar avarias em um navio.

Quando se navega nas proximidades de gelo, especialmente em condições de visibilidade restrita, recomenda-se empregar as escalas de 6 a 12 milhas, por serem as mais

apropriadas para proporcionar alarme antecipado da presença deste perigo. Assim, ter-se-á tempo suficiente para tomar as ações evasivas correspondentes.

Devido ao fato de que os gelos detectados pelo radar podem desaparecer posteriormente da tela, pelos efeitos do retorno do mar, deve-se manter uma plotagem geográfica de seus ecos, o que, por sua vez, também pode ser útil para distinguir entre gelos flutuantes, encalhados ou presos à terra, e ecos provenientes de outros navios. Esta plotagem permitirá determinar um rumo seguro para navegar. Se um eco for classificado como um “berg”, deverá ser dado ao navio bastante espaço para manobrar, de maneira que se evitem quaisquer destroços que se tenham separado do bloco principal. Por outro lado, se os contatos são avaliados como “growlers” (rugidores), isto é, destroços flutuantes de gelo, isto significa que provavelmente em suas imediações existe um “iceberg”.

- “Icebergs”:

Os “icebergs” (blocos de gelo de água doce) geralmente são detectados pelo radar em distancias que permitem tempo suficiente para ações evasivas. Essas distâncias dependerão de suas dimensões. Os “icebergs” do Ártico apresentam, em geral, superfícies cortadas e facetadas (são “icebergs” provenientes de geleiras ou glaciár). Que proporcionam bons ecos de retorno. Os “icebergs” tabulares, comuns na Antártica, tendo tope plano e paredes laterais quase verticais, que podem se elevar a mais de 30 metros acima da superfície do mar, também constituem bons alvos-radar, sendo normalmente detectados com tempo suficiente para manobrar a fim de deixa-los safos.

Grandes “icebergs” podem ser detectados em distancias da ordem de 15 milhas com mar calmo, embora a intensidade de seus ecos seja somente 1/60 da intensidade dos ecos que seriam produzidos por um alvo de aço de tamanho equivalente. “Icebergs” menores são detectados a cerca de 6 a 12 milhas.

Os “icebergs” tendem a aparecer como ecos individuais no radar, podendo haver uma grande variação quanto ao aspecto e à intensidade desses ecos. Quando o retorno do mar está presente, um judicioso uso dos circuitos especiais de GANHO, “ANTI-CLUTTER RAIN” e “ANTI-CLUTTER SEA” poderá ajudar a reduzir a reverberação, de forma que os ecos possam ser acompanhados em pequenas distâncias.

“Bergy Bits”:

“Bergy bits” são pedaços quebrados de “icebergs”, isto é, pedaços de gelo de glaciár (de origem terrestre) ou pedaços de gelo marinho amontado (“floeberg” ou “hummock ice”), aproximadamente do tamanho de uma casa, com 3 a 4 metros de altura. Os “bergy bits” normalmente não são detectados pelo radar a distancias maiores que 3 milhas.

Devido a seus ecos relativamente fracos e a que podem se perder ao retorno do mar, essas formações de gelo representam um grande perigo à navegação.

- “Growlers” (Rugidores):

Os “growlers” (rugidores) são pedaços de gelo pequenos, menores que um “bergy bit”, com alturas de 0,6 a 1,8 metros e que apenas sobressaem da superfície do mar. Normalmente têm coloração esverdeada ou são escuros, razão pela qual dificilmente são avistados. Sua altura sobre a água, em geral, é menor que 1 metro, mas ocultam por baixo da superfície várias toneladas de gelo sumamente duro. É o pior inimigo dos navegantes dos mares antárticos, sendo de difícil detecção pelo radar. Geralmente, são pedaços de “icebergs” ou de gelo terrestre provenientes de um glaciár e crepitam (rugem) com frequência.

Os “growlers” são reconhecidos como as formações de gelo mais perigosas que podem ser encontradas. São muito difíceis de se detectar no radar, principalmente quando tem pequena altura e quando a ação das ondas os tenha moldado de uma forma arredondada e lisa. Estes tipos de gelo aparecem mais nas proximidades dos grandes “icebergs” que em qualquer outra área. Tem sido observado que menos da metade dos “growlers” que se avistam são efetivamente detectados pelo radar, e que todas as detecções são obtidas fora da região de



reverberação do mar, ou em águas calmas. Um judicioso uso dos controles “ANTI-CLUTTER”, LARGURA DE PULSO e GANHO pode ajudar a detecção e o acompanhamento dos mesmos. Com mar agitado e com um retorno do mar que se estenda até mais de 1 milha do próprio navio na tela do radar, estes derrelitos podem produzir avarias graves no navio. Com mar calmo, os “growlers” podem ser detectados pelo radar a cerca de 2 milhas.

- Flocos de gelo (“ice floes”):

Os flocos de gelo (“ice floes”), formados pelo congelamento de água salgada, são, em geral, muito baixos (altura máxima de 2 metros) e constituem um alvo radar extremamente ruim, sendo de difícil detecção, principalmente com mar agitado, quando o “clutter” do mar pode mascarar por completo ecos de pedaços de gelo perigosos à navegação. Com mar calmo, esse tipo de gelo normalmente não é detectado em distâncias maiores que 2 milhas. Assim, embora o radar constitua um auxílio muito importante para a navegação em presença de gelo (para a detecção de “icebergs” e blocos de gelo de maiores dimensões), a busca radar deve ser complementada por uma vigilância visual constante, pois esta é insubstituível para a detecção de flocos de gelo e “growlers” perigosos à navegação.

- Campos de gelo (“field ice” ou “pack ice”):

Como o “field ice” ou “pack ice” a apresentação do radar é semelhante à de uma tela com reverberação do mar, porém estacionária, e qualquer grande área de água livre, tal qual uma rota ou passagem, pode ser distinguida. É oportuno notar que massas de gelo flutuante cobertas de neve não produzirão ecos tão bons quanto aquelas cobertas com uma forte capa de gelo.

Além disso, quando usando o radar em áreas polares deve ser lembrado que a aparência da linha de costa pode ser totalmente alterada devido à espessa cobertura de gelo e neve, à presença de “icebergs” encalhados na costa, ou gelo preso à terra (“fast ice”). Quando um grande campo de gelo (“pack ice”) estende-se para o largo a partir do litoral, a localização da linha de costa pelo radar é extremamente difícil. Ademais, a falta de detalhes precisos nas Cartas Náuticas das regiões polares dificulta a identificação de acidentes e pontos a serem utilizados para determinação da posição.

Tal como ocorre com as marcações visuais, as marcações radar obtidas nas regiões polares necessitam de correção para a convergência dos meridianos, exceto quando os objetos estão muito próximos do navio.

Há navios (especialmente os quebra-gelos) que além dos radares de pulso normalmente utilizados em navegação, possuem também um radar doppler (do tipo empregado em vigilância rodoviária) para determinar a velocidade relativa de aproximação de “icebergs” e outros blocos de gelo.

### **3.3 Ecobatímetro-**

O ecobatímetro é extremamente útil e deve ser operado continuamente nas altas Latitudes. As sondagens são tão importantes nas regiões polares que um ecobatímetro operando permanentemente torna-se indispensável para a segurança da navegação.

É de boa prática dispor de pelo menos dois ecobatímetros, do tipo equipado com registrador e tendo uma grande flexibilidade de alcance. Como vimos, poucas partes das áreas polares apresentam sondagens suficientes para permitir uma navegação segura e uma adequada representação da configuração do fundo nas Cartas Náuticas. Assim, uma vigilância constante da indicação do ecobatímetro é imprescindível, para assinalar a presença de perigos e altos fundos não cartografados.

## **CAPÍTULO 4**

## **SISTEMAS ELETRÔNICOS DE NAVEGAÇÃO**

### **4.1 Radiogoniômetro**

O radiogoniômetro é útil, embora existam poucos Radiofaróis na Antártica. Um dos principais usos do Radiogoniômetro nas regiões polares é no auxílio à localização de outros navios, para “rendez-vous”, salvamento ou outros propósitos. Isto é particularmente verdadeiro numa área com muitos “icebergs”, onde pode ser difícil distinguir no radar entre ecos de navios e de blocos de gelo. O “homing” com radiogoniômetro constitui, assim, uma técnica de grande utilidade nas áreas polares.

### **4.2 Sistemas de Navegação por Satélite**

O Sistema de Posicionamento Global por Satélite (NAVSTAR/GPS – “NAVIGATION SYSTEM BY TIME AND RANGING/GLOBAL POSITIONING SYSTEM”) provê uma cobertura e uma precisão excelentes nas regiões polares.

### **4.3 Sistema de Navegação Inercial**

Os modelos iniciais do SINS (“SHIP’S INERTIAL NAVIGATION SYSTEM”) tinham alguma limitação para operar em Latitudes muito elevadas. Apesar da indicação de Latitudes não ser afetada nas regiões polares, o erro de rumo (e de Longitude) do SINS, que varia com a secante da Latitude, começava a crescer muito, quando acima da Latitude de 75°, tornando-se progressivamente maior conforme a Latitude aumentava, até que atingia um limite quando a quantidade de torque requerida para aplicação do sistema giroscópico tornava-se excessivamente grande. No entanto, os modelos atuais do SINS têm completa capacidade de operação nas regiões polares.

### **4.4 Observações Visuais**

De acordo com as pesquisas feitas por Miguens, 2000, as marcações visuais são úteis na Antártica, mas tem limitações. Quando são marcados mais de dois objetos, as marcações podem não se cruzar em um ponto, pois os objetos visados podem não estar corretamente representados na carta (na posição relativa correta entre eles). Até mesmo uma posição resultante de um bom cruzamento de marcações pode apresentar um erro considerável nas suas coordenadas geográficas, se todos os objetos marcados estão representados na carta na relação correta entre eles, mas com erro nas coordenadas. Entretanto, em águas restritas é, normalmente, mais importante conhecer a posição do navio em relação aos acidentes e perigos vizinhos, do que, realmente, os valores corretos de sua Latitude e Longitude.

Quando se determinar uma posição com relação a pontos de terra próximos, é de boa prática usá-la para auxiliar na identificação e localização de algum ponto notável situado a distância considerável avante, de modo que tal ponto possa, por sua vez, ser usado na determinação de posições futuras.

Em regiões polares, não é raro obter marcações de objetos situados a distâncias consideráveis do navio. Por causa da rápida convergência dois meridianos nessas áreas, tais marcações não podem ser corretamente representadas por linhas retas em uma Carta de Mercator devendo ser corrigidas da mesma maneira que as marcações radiogoniométricas, para transformar um arco de círculo máximo (ortodromia) em uma loxodromia (para traçado

na Carta Náutica). Quando a carta é construída na Projeção Conforme de Lambert ou na Projeção Polar Estereográfica, não é necessária qualquer correção, pois os círculos máximos são representados por linhas retas.

#### 4.4.1 Fatores que afetam as observações visuais

As observações visuais na Antártica são afetadas por fenômenos óticos causados por refração, difração e reflexão da luz.

Quase não existem poeiras ou partículas sólidas em suspensão no ar da Antártica e os ventos predominantes soprando do continente gelado tem pequeno teor de umidade. Como consequência, a visibilidade é, normalmente, muito boa, às vezes excepcional, um fato que, se não apreciado corretamente, pode conduzir o observador a sérios erros quando estimado distâncias. Um objeto julgado estar a 5 milhas de distância pode estar, na realidade, a 30 milhas. Montanhas já foram avistadas a 300 milhas.

A refração (curvatura dos raios luminosos na sua trajetória através da atmosfera) está relacionada a vários fenômenos óticos na Antártica. De acordo com Klink sempre que o ar frio da superfície é superposto por uma inversão de temperatura pronunciada na clara atmosfera antártica, a curvatura para baixo dos raios luminosos se acentua e o contorno de objetos distantes é alterado pela refração, observando-se os seguintes fenômenos:

- Elevação (“looming”): objetos parecem ser elevados acima de sua posição verdadeira, aparentando estar mais próximos do observador. Objetos abaixo do horizonte são elevados, tornando-se visíveis, com uma forma distorcida e exagerada;

- Agigantamento (“towering”): quando, em acréscimo à elevação, há um alongamento vertical da imagem;

- Miragem superior (“superior mirage”): ocorre quando aparece sobre um objeto uma imagem invertida, como se fosse refletida do céu. Sob condições ideais de refração, uma segunda imagem direta é, também, visível. Se o objeto e a imagem invertida estão além do horizonte, a segunda imagem direta pode ser a única porção visível, aumentando muito a distância de detecção visual. As condições estáveis necessárias para formação de miragem superior são também para formação de nevoeiros no mar;

- Fata Morgana (“fata morgana”): uma miragem complexa, devida aos efeitos da refração que é caracterizada por distorções múltiplas de imagem geralmente na vertical, de modo que objetos como penhascos e “icebergs” são distorcidos e ampliados, aparecendo como pináculos ou castelos de altura fantástica. Uma estratificação em densidade do ar muito característica é requerida para produzir este fenômeno, especialmente a ocorrência conjunta, em camadas verticalmente adjacentes, de gradientes de densidade que produziram miragem superior e inferior. Uma forte inversão de temperatura sobre um mar relativamente mais quente pode satisfazer este requisito.

- Miragem inferior: outro fenômeno ótico associado com a refração produz-se na Antártica quando o ar mais quente e menos denso (em geral associado a correntes marítimas que fluem de áreas menos frias, isto é, de Latitudes mais baixas) permanece na superfície, sob ar mais frio e denso. Nesse caso, a trajetória dos raios luminosos é encurvada para cima, afastando-se da superfície. Ocorre, então, miragem inferior, isto é, objetos próximos parecem afundar, parcial ou totalmente, abaixo do horizonte. Isto pode levar o observador a superestimar a distância a objetos próximos. O fenômeno é frequentemente acompanhado de uma névoa seca ou neblina e de obscurecimento do contorno de objetos distantes.

Os seguintes fenômenos óticos estão associados com a reflexão dos raios luminosos na região antártica:

- Resplendor de Gelo (“iceblink”): é um clarão branco ou branco-amarelado projetado no lado de baixo das nuvens por concentrações consideráveis de gelo marinho;

- Céu de Água (“water sky”): reflexos escuros de água livre de gelo na parte de baixo das nuvens de um céu nublado, e

- Mapa do Céu (“sky map”): padrão formado pelos reflexos nas nuvens dos campos de gelo e das águas livres de gelo.

Assim, o céu de água (“water sky”) pode auxiliar o navegante a descobrir, em campos de gelo (“pack ice”), as áreas livres a serem aproveitadas para navegação.

Quando a luz do dia é difundida por múltiplas reflexões entre campos de gelo ou neve e um céu coberto de nuvens, ocorre uma condição denominada branco total antártico (“antarctic whiteout”). Embora a visibilidade possa ser boa, a percepção de profundidade é grandemente prejudicada. Objetos brancos confundem-se no pano de fundo claro, de modo que não são percebidos. As nuvens cerradas impedem contrastes e o horizonte torna-se impossível de distinguir.

Ademais, a presença frequente de nuvens e neblina de cristais de gelo dá origem a complexos fenômenos de halo, entre os quais colunas solares, arcos tangenciais, parélio (falso Sol) e outros círculos e arcos, assim como o halo comum de 22°.

Além de fenômenos óticos, as observações visuais na Antártica também são afetadas por fenômenos eletromagnéticos, como a Aurora Australis e o Fogo-de-santelmo.

- Aurora Australis: fenômeno luminoso resultante de emissão irradiante esporádica da atmosfera superior, que ocorre nas altas Latitudes do Hemisfério Sul. A luz da Aurora Australis é, muitas vezes, bastante brilhante, excedendo, em determinadas ocasiões, à da Lua cheia. A zona auroral (zona de máxima atividade auroral) na Antártica situa-se a cerca de 23° do polo geomagnético sul.

- Fogo-de-santelmo: outro fenômeno eletromagnético, que parece criar luz em torno de objetos e acidentes geográficos. O fogo-de-santelmo é um fenômeno que ocorre quando o campo elétrico nas proximidades de um objeto elevado (mastro de navio, pico de montanha, etc.) começa a acumular cargas elétricas na superfície desses objetos. Sua coloração é esverdeada e, ao desaparecer, provoca forte relâmpago e ruído intenso.

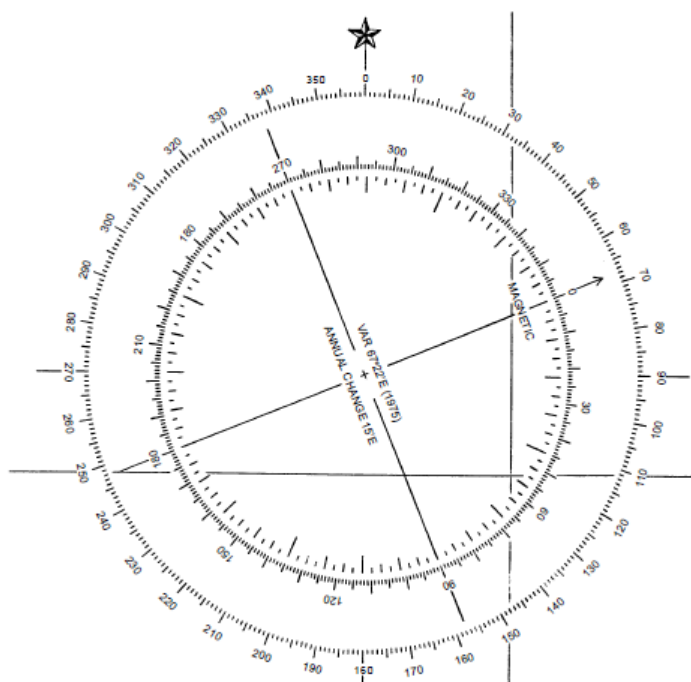
## CAPÍTULO 5

## MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO NA REGIÃO ANTÁRTICA

### 5.1 Navegação estimada em áreas polares

Em áreas polares, como nas demais regiões, a Navegação Estimada envolve a medida de direção e distância navegada e o uso dessas informações para determinação da posição do navio, a partir de uma posição inicial conhecida.

De acordo com Altineu Pires Miguens, 2000, a Agulha Magnética sofre sérias limitações nas altas Latitudes, onde a componente horizontal do magnetismo terrestre é muito fraca, ficando a agulha sem força orientadora. Além disso, a declinação magnética não é perfeitamente conhecida nas regiões polares, nas quais desvios residuais também tendem a aumentar muito. Alterações de até 45° no erro da agulha (combinação de mudanças no desvio e na declinação magnética) já foram observadas por ocasião de tempestades magnéticas, que são frequentes. Mesmo se todas essas dificuldades pudessem ser removidas, a rápida convergência das linhas isogônicas e o valor exagerado da declinação magnética impediriam a Agulha Magnética de ser usada normalmente para manter a direção nas regiões polares. A figura 5 por exemplo, mostra uma rosa de rumos apresentada na Carta Náutica norte-americana nº 29.282 – SCOTT ISLAND AND APPROACHES (escala 1:100.000), onde se verifica que o valor da declinação magnética é 67°22' E (1975). Com um valor desta ordem para a declinação magnética, fica inviável o uso da bússola para manter o rumo desejado.



**Figura 5** – Extrato da Carta N°29282 NIMA, “SCOTT ISLAND AND APPROACHES” Fonte: <http://www.seabreezenauticalbooks.com/product/nga-nautical-chart-29282/>

A força de orientação da Agulha Giroscópica também se enfraquece à medida que o navio se aproxima dos polos geográficos. Qualquer sistema giroscópico terá sua precisão degradada em altas Latitudes. Por esta razão, é necessário efetuar observações quase contínuas do desvio da giro, por meio de Azimute de astros, normalmente o Sol.

Algumas Agulhas Giroscópicas modernas, como a MK-19, tem um modo de operação denominado giro direcional (“directional gyro”), para navegação em Latitudes muito elevadas, nas proximidades dos polos. No modo de operação normal, a agulha busca o meridiano geográfico, isto é, aponta para o norte verdadeiro. Quando se passa para giro direcional, a agulha atua como um simples giroscópio, apontando para uma direção fixa, paralela ao meridiano em que está no instante de entrada no modo de operação direcional. Então, basta colocar o navio no rumo ortodrômico desejado, selecionar na Agulha Giroscópica o modo de operação direcional e seguir este rumo até o destino.

Outro método para seguir uma direção nas Latitudes muito altas é montando uma Agulha Astronômica, ou “astro compass” (figura 6), na linha de centro do navio, orientada no sentido proa-popa (se montada lateralmente à linha de centro, coloque a linha-de-fé do instrumento paralela ao plano longitudinal do navio). O “astro compass” resolve mecanicamente o triângulo de posição, fornecendo a orientação pela observação de um astro. O “astro compass” pode ser usado com o Sol ou com qualquer outro astro, servindo também para verificação do desvio da giro nas regiões polares. Este instrumento não tem sido muito empregado a bordo de navios por causa da dificuldade de mantê-lo nivelado durante uma observação.



**Figura 6** – “ASTRO COMPASS” (Agulha Astronômica) Fonte: <http://tedbrink1.webs.com/gb22.htm>

Em face da rápida convergência dos meridianos nas proximidades dos polos, a navegação loxodrômica torna-se impraticável, mesmo para pequenas distâncias, porque diverge muito da navegação pelo círculo máximo e porque as loxodrômicas são representadas por curvas nas cartas usadas nas áreas polares. Nas regiões polares não é satisfatório seguir uma série de loxodromias para se chegar aproximadamente à navegação ortodrômica. O arco de círculo máximo (representado por uma linha reta traçada numa carta polar para todos os efeitos práticos da navegação) deve ser seguido diretamente.

Velocidades ou distâncias percorridas são normalmente medidas por um odômetro ou pelo contador de RPM das máquinas (pelo uso da tabela RPM X velocidades). Estes métodos, entretanto, podem não ser convenientes quando o navio opera em presença de gelo. O odômetro de fundo, por exemplo, pode ter que ser içado, para que sua haste não sofra avarias decorrentes de choques com blocos de gelo, complicando ainda mais os problemas da Navegação Estimada. Além disso, dados sobre correntes oceânicas e correntes de maré nas regiões polares são escassos, e a presença de gelo representa uma complicação adicional para estimar o rumo e a distância navegada.

Assim, a Navegação Estimada em áreas polares deve ser sempre monitorada, se possível por acompanhamento visual ou radar. Entretanto, mesmo com essas limitações, uma

plotagem estimada deve ser continuamente mantida, em especial quando navegando em áreas de gelo.

## 5.2 Navegação costeira em altas latitudes

Segundo Miranda de Barros, 1995, a Navegação Costeira é o principal método de navegação nas regiões polares. O conceito de Navegação Costeira, como sabemos, está associado à proximidade de terra e de perigos à navegação. Na Antártica um navio raramente está longe de terra ou de perigos à navegação e, ademais, em geral cruza áreas imprecisamente levantadas e mapeadas, de modo que o navegante tem sempre dúvidas sobre a presença de perigos não cartografados. Assim, a navegação nessa área requer uma vigilância constante e um estado de alerta permanente, só encontrados na navegação costeira e em águas restritas.

Pontos naturais notáveis à navegação são abundantes em algumas regiões polares, mas sua utilidade é, às vezes, restrita, pela dificuldade de identificá-los ou correlacioná-los com sua representação na Carta. Na Antártica, os NUNATAKS (picos rochosos, isolados e nus, que se erguem sobre os mantos de gelo e neve que os rodeiam, tão íngremes que não ficam cobertos por gelo ou neve) constituem pontos notáveis importantíssimos para a navegação visual.

Conforme vimos, as Cartas Náuticas da Antártica são quase todas derivadas de sondagens exploratórias. Poucas são resultados de levantamentos sistemáticos, não se podendo garantir a precisão das profundidades dentro da isóbata de 200 metros. Assim, o uso contínuo de ecobatímetro é essencial. Extrema precaução deve ser observada nos trechos onde a isóbata está interrompida, indicando insuficiência de sondagens.

Uma atenção permanente às indicações de ecobatímetro deve ser mantida, para evitar perigos desconhecidos. Se uma área de segurança duvidosa tem que ser investida, é de boa prática enviar adiante uma lancha dotada de ecobatímetro, para explorar a região.

Informações úteis sobre profundidades nas vizinhanças do navio podem, algumas vezes, ser obtidas pela observação do gelo. Uma corrente de flocos de gelo movendo-se mais rápida que o gelo que a cerca, ou uma extensão de águas livres no “pack ice”, muitas vezes marcam o canal profundo através de águas rasas. Flocos ou blocos de gelo estacionários, no meio de gelo que se move, podem estar marcando um banco.

Conhecimento das formações geomorfológicas também pode ser útil. O gradiente de terra frequentemente proporciona uma indicação de gradiente submerso. Águas rasas são comuns ao largo de ilhas e pontas baixas, mas raras nas proximidades de uma costa alta e abrupta. Por outro lado, pedras submersas são mais prováveis de serem encontradas ao largo de uma costa rochosa e acidentada, do que nas vizinhanças de uma praia baixa. Onde ocorre glaciação, podem surgir bancos ao largo, formados por depósitos de material carregado.

Desta forma, a navegação costeira na Antártica exige precauções especiais, requerendo observações constantes dos instrumentos e uma interpretação cuidadosa do meio ambiente nas proximidades do navio.

Uma boa providência é manter as portas externas do passadiço abertas. Embora isto possa trazer algum desconforto, obrigando o pessoal de serviço a manter-se agasalhado, com as portas abertas o Oficial de Quarto e seus auxiliares não relutarão em sair para as áreas externas do passadiço, a fim de observarem a deriva de blocos de gelo, tomarem marcações de ponto de terra, etc. pois a temperatura no interior do passadiço será praticamente igual à do ambiente.

O uso de marcações visuais pode ser um problema, devido às imprecisões das Cartas Náuticas. Neste caso, redundância de observações é importante. Além disso, pode ser de boa

prática parar o navio para determinar a posição com segurança e localizar pontos notáveis que possam servir como referência para navegação visual ou radar no trecho que se segue.

Portanto, a navegação costeira nas regiões polares exige cuidados permanente, assim como as manobras para evitar gelo no mar: por esta razão, em muitas ocasiões será necessário manter dois Oficiais de Quarto, um para conduzir a navegação e outro para efetuar as manobras requeridas para evitar o gelo no mar.

### **5.3 Navegação Astronômica**

Antes do surgimento dos sistemas eletrônicos de posicionamento, a Navegação Astronômica era o único meio de determinação de posições geográficas nas regiões polares. Além disso, a Navegação Astronômica proporciona direções de referência (Azimutes dos astros) para a orientação do navio e/ou verificação dos desvios das Agulhas Náuticas (Magnéticas e Giroscópicas), o que, como vimos, é de grande importância nas regiões polares.

Uma notável diferença da Navegação Astronômica praticada nas regiões polares, com relação à executada em outras Latitudes, refere-se à noção de tempo, sobre a qual se baseia este tipo de navegação. A importância da hora para as observações astronômicas tem que ser enfatizada, pois cada 4 segundos de erro no cronômetro de navegação pode introduzir um erro de até 1° de Longitude na LDP. No equador, isto corresponde a 1 milha: na Latitude de 60°, corresponde a 0,5 milha: e, na Latitude de 88°, a apenas 0,035 milha. Assim, nesta Latitude, um erro de 2 minutos no cronômetro introduziria na LDP um erro máximo de cerca de 1 milha. Isto é, a máxima variação de altura de um astro, num ponto de observação fixo, é de 1 minuto de arco em 2 minutos de tempo.

Então, verifica-se que nas regiões polares o conceito de tempo, ou seja, de hora precisa, é menos importante para a Navegação Astronômica que em outras Latitudes. Ademais, como os fusos horários perdem seu significado nas proximidades dos polos, costuma-se manter, nas estações científicas na Antártica, a HMG ou a Hora Legal dos respectivos países.

### **5.4 Cálculos Matemáticos: Nascer do Sol, Pôr do Sol, Duração do Crepúsculo e número de horas de luz diurna**

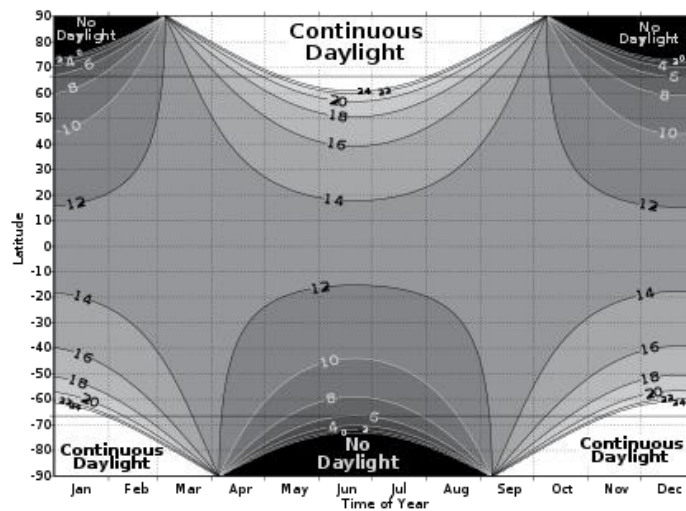
Nas regiões polares, o nascer e o Pôr-do-Sol e os crepúsculos não tem o mesmo significado que em Latitudes menores. No pólo, a mudança de altura de um astro resulta apenas de uma mudança de sua Declinação. Como a razão de variação máxima da Declinação do Sol é de cerca de 1' por hora e o diâmetro do astro é de aproximadamente 32', o Sol inteiro só será realmente visível cerca de 32 horas após o seu "nascer", ou seja, após o momento em que o seu limbo superior aparecer no horizonte. Além disso, por causa de grandes variações na refração, nas proximidades dos pólos até mesmo o dia do nascer do Sol pode ser difícil de prever.

Nestas regiões, a hora do nascer e do pôr-do-Sol e os horários dos crepúsculos não podem ser obtidos no Almanaque Náutico, cujos dados tabulados abrangem apenas Latitudes de 72°N a 60°S.

Nas proximidades dos pólos, as horas desses fenômenos são obtidas de gráficos especiais, que proporcionam uma visão mais clara das condições, que podem mudar radicalmente com uma alteração pequena de posição ou data. Nessas condições, a interpolação em gráfico é mais simples e precisa que em tábua.

O gráfico da figura 7, por exemplo, fornece, para qualquer data do ano, as horas de luz diurna.





**Figura 7** – “Daylight length” – Duração da luz diurna Fonte:  
<http://www.antarcticcowboy.com/2010/08/three-stages-of-twilight.html>

Utilizando este **gráfico** pode-se obter o número de horas de luz diurna, ao longo do ano, na Estação Antártica Comandante Ferraz.

As informações sobre o número de horas de luz diurna, por sua vez, podem ser usadas, em conjunto com o Almanaque Náutico, para o cálculo da hora do nascer e do pôr-do-Sol, como veremos no exemplo abaixo.

Calcular a Hora Legal (fuso PAPA: +3h) do nascer e do pôr-do-Sol na Estação Antártica Comandante Ferraz, no dia 01/03/1993.

- O gráfico da figura 8 nos informa que no dia 01 de março, o número de horas de luz diurna é de 14 horas.

- Portanto, a semiduração da luz do Sol será de 7 horas.

- O Almanaque Náutico nos informa que, no dia 01/03/93, a HML da passagem meridiana do sol é 1212.

- Então, para a Hleg do nascer do Sol, faz-se:

HML (passagem meridiana) = 12h 12m

Semiduração da luz do Sol = 07h -

HML (nascer do Sol) = 05h 12m

Long 058° 23,5' W = 03h 54m W

HMG (nascer do Sol) = 09h 06m

Fuso horário = 03h (P)

Hleg (nascer do Sol) = 06h 06m

- Para a Hleg do pôr-do-Sol:

HML (passagem meridiana) = 12h 12m

Semiduração da luz do Sol = 07h

HML (pôr-do-Sol) = 19h 12m

Long 058° 23,5' W = 03h 54m W

HMG (pôr-do-Sol) = 23h 06m

Fuso horário = 03h

Hleg (pôr-do-Sol) = 20h 06m

## CAPÍTULO 6

### SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA

#### 6.1 Formação e presença de gelo no mar

Em altas Latitudes a ameaça de avarias no navio está sempre presente. Muitos programas de eventos operacionais em expedições polares tiveram que ser alterados na última hora por causa de mudanças no tempo, condições severas de gelo e avarias nos navios. A presença de gelo deve sempre demandar a prática de navegação cautelosa e marinharia prudente, pois o gelo impõe sérios obstáculos, principalmente aos inexperientes e desavisados. O conhecimento sobre gelo no mar para o navegante polar é uma das armas mais efetivas para assegurar o sucesso de sua missão.

As duas espécies gerais de gelo de interesse do navegante são o “iceberg” e o “pack ice”.

Os “icebergs” são grandes massas de gelo de água doce, produzidos em terra, mas que flutuam no oceano. Cerca de 99% do continente antártico (área total de 14.000.000km<sup>2</sup>) são cobertos por uma espessa calota de gelo, cujo volume total é estimado em 30.000.000km<sup>2</sup> de gelo. A espessura média deste manto de gelo é de 2.120m: a máxima espessura encontrada é de 4.776m. Se a calota de gelo antártico derreter, o nível médio dos mares aumentará de 60m a 65m.

Esta calota de gelo nivela a topografia do interior do continente antártico, que se apresenta com grandes extensões planas, tornando difícil a orientação. Este imenso manto de gelo está em movimento, sendo a velocidade no centro da calota de 1 a 2m por ano e, na periferia, de até 2km por ano. Por causa da plasticidade do gelo e da força da gravidade, as calotas de gelo continentais da Antártica fluem em direção ao mar. As plataformas de gelo (barreiras de gelo) são partes flutuantes do manto de gelo antártico, formadas quando o gelo flui do interior do continente, chega à costa e flutua, sem, no entanto, separar-se do continente. Cerca de 45% a 50% da costa da Antártica são constituídas por plataformas de gelo, com 200 a 1.000 metros de espessura.

A maior dessas plataformas, a Plataforma de Ross, tem uma área aproximada de 540.000km<sup>2</sup> (ou seja, quase o tamanho do Estado da Bahia). Outra importante plataforma de gelo é a Plataforma de Larsen (no Mar de Weddel), ligada à parte leste da península antártica.

“Icebergs” são formados constantemente a partir dessas plataformas de gelo. A ação das vagas e o solapamento por baixo enfraquecem as seções que se projetam, até que estas finalmente se quebram e se desgarram, passando a flutuar no mar como “icebergs”. Correntes e ventos, então, carregam estes blocos de gelo para regiões distantes, até que a ação das vagas e mudanças de temperatura causam sua desintegração final.

É interessante distinguir dois tipos gerais de “icebergs”. Os “icebergs” de plataforma, mais comuns na Antártica, quando se desprendem das barreiras de gelo tem, normalmente, tope plano e paredes laterais quase verticais, sendo denominados de “icebergs” tabulares. Os “icebergs” provenientes de geleira, ou glaciár, predominantes no Ártico, apresentam, geralmente, superfícies recortadas e facetadas. Entretanto, os “icebergs” de qualquer procedência, principalmente depois de fragmentados, podem tomar as formas mais diferentes, tais como cogumelos, forma de pão, navio, dique seco, montanha, castelos, velhas fortificações, catedrais, cavernas, casas e outros. O que não pode ser visto, contudo, é a enorme seção submersa, que é cerca de 5 ou 6 vezes maior que a parte visível (seção acima do nível do mar). Assim, o calado de um “iceberg” é cerca de 3 a 5 vezes a altura da parte descoberta.

Os “icebergs” são perigosos e os navios devem manter-se afastados. Por ser somente um pouco menos denso que a água do mar que o cerca, aproximadamente 9/10 (nove décimos) de um “iceberg” (em peso) ficam abaixo do nível do mar. Ademais, frequentemente arêtes e pontas submersas projetam-se dos “icebergs”, trazendo perigo a qualquer navio próximo. Além disso, os “icebergs” às vezes emborcem ou mudam sua posição de equilíbrio, em virtude de alteração de seu centro de gravidade. Desta forma, deve-se guardar distância de “icebergs”.

Alguns “icebergs” apresentam superfícies lisas, outros aparecem corrugados e cheios de marcas, constituídas por pequenos sulcos resultantes da ação de derretimento, pelo aquecimento do Sol e da atmosfera.

“Icebergs” novos tem uma aparência estranha, luminosa e relativamente macia (“soft”), suas camadas superiores são compostas de neve compactada, ainda nos estágios iniciais de formação de gelo. Outros “icebergs” aparecem desgastados e erodidos pela idade e pelas forças de desintegração.

“Icebergs” que emborcaram, em virtude de mudança em seu centro de gravidade, são de cor azul, devido à ação da água na parte que estava por baixo. Outros são escuros, por causa das rochas e sedimento a ele incorporados.

Os maiores “icebergs” são pedaços enormes da plataforma de gelo, que se desprendem da calota polar, formando grandes blocos tabulares de gelo. Um gigante avistado pelo Quebra-Gelo americano USS “GLACIER” na Antártica, em 12 de novembro de 1956, tinha 334km de comprimento e 96km de largura.

Em 1994, cerca de 4.500km<sup>2</sup> da Plataforma de Gelo Larsen foram perdidos para o mar. A desintegração, iniciada no dia 22 de janeiro, formou um grande número de fragmentos de gelo, alguns com 200 a 300 metros de espessura. No dia 22 de março, todo o gelo já estava fragmentado e avançando como “icebergs” de tamanho variado (algumas dezenas de metros a alguns quilômetros) no Mar de Weddell. Entre estes, foi noticiado um “iceberg” gigante, medindo 60km de comprimento por 10km de largura, que se movimentou para o norte no verão austral seguinte.

Em 1999 foi detectado um “iceberg” gigante no Mar de Ross, ao sul da Nova Zelândia. O “iceberg”, maior que a Jamaica, tinha 295km de extensão e 37km de largura, com uma área de quase 11.000km<sup>2</sup>, e se desprendeu da barreira glacial de Ross. Em outubro do mesmo ano, o “iceberg” denominado B-10A foi plotado entre a Passagem de Drake e o Mar de Bellingshausen a 600km da Terra do Fogo, tendo 77km de comprimento e 38km de largura, com uma área de 2.926km<sup>2</sup>. Esse “iceberg” tinha 75 metros de altura e um calado de cerca de 300 metros, e se deslocava a 15km/dia. O B-10A originou-se da ruptura de outro gigante, o “iceberg” B10, que, em 1992, ao se desprender das geleiras do Mar de Amundsen tinha 150km de comprimento por 70km de largura.

Conforme o tamanho, os seguintes termos são normalmente empregados na classificação dos blocos de gelo de água doce flutuantes:

- “ICEBERG” – 30 ou mais metros de extensão.
- “BERGY BIT” – pedaço de gelo de tamanho médio, geralmente com menos de 5m de altura e de 6m a 30m de extensão, aproximadamente do tamanho de uma casa. Um “BERGY BIT” normalmente origina-se de um gelo de glaciário (“iceberg”), embora também possa, ocasionalmente, originar-se de uma grande peça de gelo marinho amontoado (gelo de pressão). Quando originado de gelo marinho (“sea ice”) denomina-se “FLOEBERG”.
- GROWLER – pedaço de gelo de glaciário (de água doce) flutuante, de 2m a 6m de extensão. Muitas vezes aparecem esverdeados e pouco mostram acima da água. Também podem ser originados de gelo marinho (“sea ice”).
- BRASH – pedaço pequeno de gelo flutuante, de menos de 2m de extensão (fragmentos de gelo de menos de 2m de diâmetro).

A presença de “icebergs” às vezes pode ser útil. Por causa de seu calado, eles podem indicar uma região de altos-fundos, onde estariam encalhados. Assim, numa área de informações hidrográficas deficientes, a concentração de “icebergs” poderá marcar os altos-fundos. Outro benefício deriva da capacidade de destruição dos “icebergs” sobre o “pack ice”. Os “icebergs” podem apresentar movimentos diferentes dos movimentos do “pack ice”, em virtude de serem mais influenciados pelas correntes marítimas que pelo vento. Assim, às vezes movem-se numa direção oposta ao movimento do “pack ice”, destruindo partes do gelo marinho e deixando abertas passagens para os navios. Já houve mesmo casos de navios que amarraram-se a um “iceberg” para serem rebocados por ele através de um campo de gelo marinho pesado e perigoso.

O “pack ice”, gelo de origem marinha, formado de água salgada, normalmente não pode ser evitado nas regiões polares, em virtude de sua origem (água do mar) e maior abundância e concentração.

O gelo marinho (“sea ice”) começa a forma-se em águas rasas e abrigadas, próximas da costa, ou em baías, enseadas e estreitos, onde não existe corrente apreciável e onde as águas são normalmente calmas. Quando o congelamento começa em uma área, ele espalha-se do centro em todas as direções.

A água doce congela-se a 0°C. Isto não ocorre, entretanto, com a água do mar, por causa de seu conteúdo de sal. Assim, uma água cuja salinidade seja de 45 PPM (partes por mil) só começa a congelar quando resfria a cerca de -2°C. Durante a fase inicial de congelamento e formação de gelo marinho, um outro efeito que retarda o congelamento rápido são as correntes de convecção, pelas quais a água fria da superfície (resfriada pelas camadas inferiores da atmosfera) afunda, para ser substituída por água mais quente da sub-superfície. Teoricamente, o equilíbrio seria alcançado quando toda a água tivesse sido esfriada até a temperatura na qual ela é mais densa. Entretanto, este efeito é contrabalançado e sobrepujado pelo rápido progresso do resfriamento na superfície. A ação das vagas e marulhos também obstrui a formação de gelo marinho, através da mistura da água das camadas superiores.

Com desenvolvimentos posteriores, o gelo constitui-se em uma camada contínua de gelo novo (“young ice” ou “wet ice”), saturado com água, que tem uma composição cristalina bruta, de cristais mais ou menos desenvolvidos.

A camada superior deste gelo jovem pode ser lisa, mas em geral é ligeiramente irregular; a camada de baixo tem uma aparência muito mais bruta. Por baixo da camada do fundo dos cristais de gelo unidos, uma camada de água do mar de cerca de 1 pé (30,5 centímetros) de espessura, saturada com cristais de gelo, congela-se e gradualmente torna o gelo recém-formado cada vez mais espesso. O gelo marinho normalmente cresce de baixo para cima, aumentando quando o efeito isolante do gelo é compensado pelas baixas temperaturas das camadas de água adjacentes.

A espessura do gelo marinho também pode ser aumentada pela superposição de um floco (“floe”) de gelo sobre outro, onde o floco de baixo atua como uma balsa para suportar o de cima (“raft ice”). Quando ocorre um derretimento seguido de congelamento, as duas placas se consolidam e a espessura do gelo fica duplicada. A espessura também pode ser aumentada pela extensa cobertura de neve sobre os flocos de gelo marinho.

O desenvolvimento do gelo marinho na Antártica, desde os estágios iniciais, depende mais da adição de neve na camada superior do que no Ártico, onde o aumento da espessura depende mais da adição de gelo à parte de baixo dos flocos. Além disso, o gelo da Antártica não atinge a grande idade que alcança o gelo do Ártico (“paleocrystic ice”), que é, por isso, muito mais espesso e irregular, em virtude de o gelo antártico escapar para os mares abertos, o que não ocorre no Ártico, onde o gelo mais velho e mais duro chega a alcançar 5m a 6m de espessura.

O gelo marinho, depois de um rápido crescimento inicial (7,5 a 10cm nas primeiras 24 horas), continua a desenvolver-se até que a qualidade isolante do gelo supera o congelamento da água sob ele. A cobertura de neve aumenta a qualidade isolante. Na Antártica, o gelo de inverno (“winter ice”) tem uma espessura média de 1 a 2 metros, alcançando um máximo de 3 metros. Entretanto, a maior parte do gelo marinho com o qual um navio entrará em contato varia de 60cm a 2 metros de espessura. O empilhamento anteriormente citado (quando uma placa amontoa-se sobre a outra, por pressão) normalmente é responsável pelas concentrações mais espessas.

Então, o processo de formação de gelo marinho (por congelamento da água do mar) pode ser resumido na seguinte sequência:

- A temperatura da água do mar baixa até cerca de  $-1,8^{\circ}\text{C}$ ;
- formam-se pequenos cristais de gelo em suspensão na superfície (“frazil ice”, ou sopa de gelo);
- os cristais são cumpridos pela ação das ondas,; as ondas se atenuam (“grease ice”);
- formam-se pequenas panquecas (“pancake ice”) de 20 a 50cm de diâmetro;
- cristais de gelo sobem nas panquecas por ação das ondas (“pancake” + “frazil”), formando flocos de 3 a 5m de diâmetro e 0,5m de espessura;
- panquecas se unem por coalescência e depois os flocos se fecham, no outono;
- neve se acumula sobre os flocos consolidados, cujas feições individuais não se identificam mais;
- flocos se amontoam, formando cadeias de pressão (“pressure ridges”), de maior espessura e concentração; e
- após um ano, a espessura aumenta.

O derretimento do gelo marinho e os primeiros sinais de desintegração começam na primavera (setembro), quando os períodos de luz diurna passam a crescer. A maior parte do derretimento é devida à absorção, pelo gelo, de calor da água do mar que o circunda, embora algum derretimento ocorra por causa da ação solar direta e o contato do gelo com ar atmosférico mais quente. Na Antártica, onde a umidade relativa é baixa (clima seco), a maior parte do derretimento da camada superior do gelo marinho dá-se sob a forma de EVAPORAÇÃO, imperceptível ao observador comum.

No que se refere ao tipo de gelo marinho, distinguem-se o “fast ice” e o “pack ice”.

- “FAST ICE”: essencialmente, não há diferenças físicas entre o “fast ice” e o “pack ice”, ambos são constituídos por gelo marinho, formado por água do mar congelada. O “fast ice” é o gelo marinho preso à costa, que se forma em baías abrigadas, golfos e estreitos e que, durante o inverno, permanece estacionário (parado). No verão, o “fast ice” é o gelo marinho que normalmente se derrete e se desintegra primeiro.

- “PACK ICE”: é o gelo marinho formado no mar aberto. Está continuamente em movimento, como resultado do vento, maré e corrente.

Cada massa de gelo marinho separada tende a alinhar-se com o vento e ser dirigida por ele a diferentes velocidades. Esta característica resulta em aberturas e espaços de água livres de gelo entre massas de gelo adjacentes, por onde os navios devem navegar. Além disso, efeitos locais interagindo com efeitos de grandes áreas, e efeitos da maré em conjunto com os efeitos das correntes marítimas predominantes, produzem no “pack ice” movimentos de acordeon, que podem facilitar ou dificultar o progresso do navio. A velocidade com que os diferentes blocos de gelo marinho (“floes”) movem-se na direção do vento não é tão dependente do seu tamanho e profundidade, como da natureza de sua camada superior. Ondulações e colinas de pressão (“pressure ridges”) no gelo marinho atuam como áreas vélicas aumentam a velocidade das placas.

O “pack ice” não é uma superfície totalmente contínua, lisa e regular. Geralmente consiste de uma mistura de gelo novo (“young ice”), gelo velho, pequenos pedaços de gelo

soltos, grandes flocos, oblongos, circulares ou de forma irregular. Cada uma dessas partes individuais oferecerá diferentes resistências à passagem da água e diferentes reações ao vento. Até ganhar movimento, grandes placas (“large floes”) aceleram vagarosamente, mas, depois que começam a se mover, deslocam-se por muito mais tempo que as placas menores. Nos estágios iniciais do movimento, as placas grandes e pesadas serão atacadas pelos flocos menores, que tendem a ultrapassá-las. Em estágios posteriores, quando os flocos menores já cessaram ou diminuíram seu movimento, serão atacados pelos flocos maiores (que continuam em movimento).

O movimento do gelo marinho (“ice drift”) é diretamente dependente do vento, sendo também afetado pelas correntes marítimas (causadas pelo vento ou por movimentos compensatórios das massas de água). Embora ventos e correntes de maré locais possam causar compactação ou rarefação de gelo localizadas, o movimento médio do todo permanece inalterado.

No Hemisfério Sul, o vento gira em torno de uma baixa no sentido horário, formando um ângulo de 10° a 20° com as isóbaras à superfície e sendo tão mais forte quanto mais próximas forem as isóbaras. A deriva do gelo (“ice drift”) causada pelo vento será paralela às isóbaras e terá uma velocidade de cerca de 1/50 da intensidade do vento.

Na Antártica, uma grande disparidade nas condições do gelo (“ice conditions”) ocorre de uma estação do ano para outra (variação sazonal). Em virtudes disto, é difícil qualquer prognóstico de gelo na Antártica. Os mares antárticos, não tendo áreas terrestres para restringir o movimento para fora do “ice pack” (como ocorre no Ártico), até Latitudes mais baixas, apresentam limites de gelo (“ice boundaries”) que dependem apenas das correntes de ar de superfície favoráveis para seu transporte. Raramente a borda norte do “pack ice” segue uma linha reta e regular. Existem baías profundas, projeções e línguas de gelo infiltrando-se por milhas para dentro e para fora do corpo principal do “pack ice”.

A borda do “pack ice” estende-se ao máximo para o norte no final do inverno e início da primavera (de julho a outubro), e retrai-se o máximo para o sul cerca de fevereiro e março, com a maior possibilidade de descobrir-se uma costa limpa de gelo próximo do fim de fevereiro e início de março. Na primavera e no verão, a borda do “pack ice” é formada por pequenos flocos e pedaços de gelo, com grandes placas existindo mais para dentro do “PACK ICE”, além da área de ação das ondas. As placas do Mar de Weddell, que derivam ao longo da costa leste da Península Antártica, são onduladas e pesadas, tendo sido sujeitas a fortes pressões, por longo tempo.

Em virtude dos sistemas de circulação atmosférica e as correntes marítimas moverem-se ambos de oeste para leste em torno do Continente Antártico, o principal movimento de gelo nas seções exteriores do “ice pack” também dirige-se para leste, desde que as linhas de movimento não conflitem com a topografia. Padrões de circulação distintos são criados por penínsulas ou golfos que perturbam a forma circular do continente, tais como a Península Antártica (Terra de Graham). Junto às costas do continente (que coincide com a denominada Divergência Antártica) o movimento do “pack ice” é mínimo e, às vezes, para oeste.

O limite norte do “pack ice” do Mar de Weddell varia em até 300 milhas de ano para ano e pode flutuar tanto com 30 milhas por dia. No setor oeste (próximo da Península Antártica) e no setor central o “ice pack” normalmente se estende na direção norte até a Latitude de 60°S, mas retrai-se em direção ao sul até 63°S, em fevereiro e março. O Mar de Weddell é considerado como uma “fábrica de gelo”, provavelmente produzindo muito mais gelo que qualquer outro mar antártico. A corrente costeira na direção norte, ao longo da península antártica, que serve como a periferia do movimento principal no sentido dos ponteiros de relógios, leva para fora uma grande quantidade de gelo. por isso, as condições de gelo são muito mais favoráveis para operações de navios no lado oeste da península antártica, no Mar de Bellingshausen, que no lado leste da referida península (Mar de Weddell).

## 6.2 Preparação do navio

(a) Hélices – em virtude de sua posição, protuberante e saliente em relação ao casco, os hélices são muito vulneráveis a avarias por choque com gelo. Além de serem pouco preparados para resistirem ao choque de objetos sólidos, a rotação dos hélices aumenta a força de qualquer impacto com o gelo, o que acarretará, provavelmente, avarias de todas as pás quando uma peça de gelo entra no arco do hélice. Os hélices convencionais, construídos de bronze, de força de tensão relativamente baixa, podem ser deformados muito facilmente. As moças e fraturas resultantes são problemáticas, pois causam um desbalanceamento das forças laterais do hélice (sintoma: VIBRAÇÃO), que pode resultar em avarias nos mancais e desalinhamentos do eixo. Hélices de aço fundido (“CAST STEEL PROPELLERS”) são muito melhores para navios operando no gelo, porque suas pás mais fortes resistem mais aos impactos com gelo. Entretanto, antes de instalá-los num navio deve ser determinado se ainda persistirá uma “margem de segurança”, isto é, os hélices não devem ser tão fortes que, quando uma peça de gelo muito pesada se choque com suas pás, vá causar avarias no eixo propulsor ou na engrenagem redutora. Um navio de um hélice oferece mais proteção que um navio de dois hélices, devido à localização do hélice na linha de centro, atrás e por baixo do casco do navio. Outro material indicado para os hélices é bronze endurecido com manganês (“MANGANESE HARDENED BRONZE” – BRONZE DE ALTA FORÇA DE TENSÃO). Hélices sobressalentes devem ser levados a bordo. Se os hélices são construídos com pás separadas, assegure-se de que todas as pás sejam intercambiáveis e que tenham sido balanceadas anteriormente. Os planos de docagem devem ser levados a bordo, para o caso de se tornar necessário docar para trocar um hélice. É recomendado o uso de hélices protegidos ou a instalação de proteção para os hélices (aletas defletoras, gaiola de metal ou tubo Kort).

(b) Lemes – um conjunto de lemes reserva ou um leve de emergência deve ser levado a bordo e estar pronto para uso no caso de avaria dos lemes por impacto de gelo. Para prevenir a perda dos lemes, caso eles sejam “degolados” por choque com gelo, deve ser instalado um fiel para cada leme, constituído por uma seção de amarra pendente da popa e presa na sala do leme. Em navios pequenos, um sistema de gualdropes de cabo de aço pode ser instalado em cada bordo, da popa até a parte de ré dos lemes, para permitir o “governo em emergência” (através de talhas e cadernais), se o sistema de governo do navio ficar avariado. É recomendável o uso de uma faca de gelo (“ice knife”), que consiste de uma projeção de metal na parte de ré do leme, que o protege do impacto com o gelo quando o navio está dando AR.

(c) Válvulas, tanques e outros acessórios – inspecione todas as aberturas abaixo da linha-d’água (“UNDERWATER OPENINGS”) enquanto o navio está no dique, antes da operação, assegurando-se de que todas estão desobstruídas e que as válvulas trabalham eficientemente. Remova todas as projeções externas que possam ser avariadas por gelo. Teste todos os tanques (óleo combustível, aguada, lastro, etc.) para verificar se há vazamentos. Os porões devem ser totalmente limpos, para evitar avarias nas bombas (entupimentos por detritos ou partículas de gelo). Durante a viagem, todos os espaços (porões, “coferdams”) que devem estar secos, têm que ser, realmente, mantidos nesta condição. Verifique se existem ralos nas válvulas de fundo. Se houver, devem ser limpos e desobstruídos. Se não houver, devem ser instalados.

(d) Material Suplementar de CAV – leve material para tamponamento, bujonamento, escoramento e outros materiais para fazer reparos temporários de furos e vazamentos. Este material consiste de toras de madeiras, escoras, pranchões e pedaços de chapa de várias formas e tamanhos, para remendos ocasionais. Ademais, leve também uma quantidade grande de grampos, parafusos, porcas e arruelas de vários tamanhos, lon a, cimento de secagem rápida e outros materiais de controle de avarias. Para facilitar, o material de CAV deve ser

armazenado próximo do local onde se espera ser necessário o seu uso. Um tamponamento efetivo pode ser feito primeiro controlando o vazamento e, então, reforçando o local com cimento (através de uma moldura de madeira) e mantendo em posição do meio de escoramento. Reforce todos os reparos e remendos com peças cruzadas. Inclua entre o material de CAV equipamento de corte e solda, acetileno e eletrodos. Adestre convenientemente as equipes de CAV antes da viagem. Drene toda a água da rede de incêndio, para evitar o congelamento, especialmente das tomadas e seções de rede em convés aberto. Providencie material adequando para remover acumulações de gelo e neve dos conveses abertos: marretas de madeira, vassouras, pás, picaretas, raspadeiras e espátulas.

Para amarração do navio ao “PACK ICE”, se necessário, providencie:

- Estacas ou toras de madeira de 2m a 4m de comprimento (pelo menos 12 unidades). São usadas para amarrar o navio ao gelo e são deixadas depois no local, devido a estarem solidamente congeladas no “PACK ICE”;
- estropos de cabo de manilha ou de aço, de 2m de comprimento e com alças nos dois extremos (usados com as estacas acima citadas para amarração do navio ao gelo). Preparar pelo menos 12 estropos desse tipo;
- pontaletes de madeira ou vergalhão, para, também, serem usados na amarração do navio ao gelo; e
- 4 seções de toras grossas de madeira, com fiéis de cabo de aço, para servirem de defensas entre o navio e a borda do gelo, quando da amarração do navio ao “PACK ICE” (ou barreira de gelo).

(e) Carga, material de rancho, itens de vestuário, remédios – nenhuma carga deve se estivada contra o costado do navio nos porões. Devem ser arrumadas de forma a deixar acesso livre a ambos os bordos, para o caso de haver avarias ou furos e vazamentos no costado. O rancho deve ser aumentado de 50% acima dos requisitos normais. Além dos medicamentos padrões, deve ser levado, também, um estoque de vitaminas e manteiga de cacau (para lábios ressecados). Todo o pessoal deverá dispor de óculos escuros, itens de vestuário, calçados e agasalhos adequados.

(f) Baterias, oxigênio, acetileno e outros gases engarrafados – as baterias têm que estar sempre totalmente carregadas, com uma solução 25% mais forte que o normal, para evitar que o eletrólito congele nas baterias guardadas. Garrafas de oxigênio, acetileno e outros gases devem ser armazenadas em locais protegidos, pois, se ficarem do lado de fora, uma grande porcentagem do volume será perdida.

(g) Quadros elétricos – devem ser protegidos do frio e da água, para evitar condensação ou penetração de água nos elementos expostos no quadro.

(h) Balsas salva-vidas e coletes – carregue balsas salva-vidas e coletes para 100% da tripulação em cada bordo do navio. Esta medida de segurança é essencial, pois o navio pode chocar-se com um bloco de gelo e ficar impossibilitado de usar as balsas e coletes salva-vidas de um dos bordos, sendo necessário dispor desses recursos para toda tripulação no bordo oposto.

(i) Embarcações miúdas – os motores das embarcações miúdas devem ser preferivelmente refrigerados a ar ou refrigerados por um sistema fechado, para evitar congelamento. Os hélices devem ser protegidos por aletas defletoras ou gaiola de metal. As embarcações miúdas devem ser providas de croques longos, para afastar o gelo do caminho e de pistola very, caixa de primeiros socorros e kit de reparo. Ponha uma solução “anti-freezing”, como o etileno glicol, em todos os MCI (motores de combustão interna).

(j) Tanques de aguada – tanques de aguada expostos ou aqueles adjacentes ao costado do navio não devem conter mais de 75% de sua capacidade total (para permitir a expansão, se houver congelamento da água no interior do tanque). Equipe estes tanques com resistências para aquecimento, se possível.



(l) Equipamentos de convés – todas as espias devem ser guardadas secas, sob cobertura e em locais abrigados, até serem necessárias para uso. Se a maquinaria e os equipamentos de convés estiverem cobertos por capas de lona, estas devem ser removidas frequentemente para que os equipamentos sejam inspecionados, o gelo/neve acumulado seja removido e se certifique que o equipamento está pronto para operar num mínimo de tempo. Deve ser sempre previsto um tempo de aquecimento para qualquer equipamento, antes de funcionar com carga. Remova todo o gelo acumulado nos conveses superiores do navio. Além de perigosos para o trânsito da tripulação, eles representam peso alto e, assim, diminuem a estabilidade do navio. A melhor precaução é não permitir a acumulação do gelo. Na remoção de gelo com marretas de madeira, pás, raspadeiras e espátulas, deve-se ter cuidado para não avariar os equipamentos ou a superfície metálica que está por baixo. Cuidado especial deve ser tomado na remoção de gelo em cabos elétricos e outros mecanismos.

### 6.3 Navegação em presença de gelo

#### (a) Sinais de “Icebergs”; Manobras do Navio Frente a “Icebergs”

Cerca de 93% de todos os blocos de gelo à deriva no mundo estão concentrados no Hemisfério Sul, na Antártica e nos mares adjacentes.

A presença de “icebergs” não é uma indicação da proximidade de gelo marinho (“pack ice”), pois os “icebergs” podem estar a centenas de milhas da borda do “ice pack”.

Mantenha uma ampla distância de “icebergs”, pois eles podem ter esporões submersos projetando-se a dezenas de metros, ou poderão emborcar, trazendo perigo ao navio. Não se aproxime a menos de 500 jardas.

Não é possível estabelecer uma norma definida quanto a se um “iceberg” deve ser ultrapassado por barlavento ou por sotavento. É necessário analisar, para cada caso, os diversos fatores envolvidos: intensidade e direção do vento, rumo e velocidade da corrente (que é o fator predominante na deriva dos “icebergs”), espaço para manobra (considerando a presença de outros blocos de gelo, a existência de perigos à navegação, a profundidade do local, etc), condições de manobrabilidade do navio, reserva de velocidade disponível, etc. Passando “por trás” dos blocos de gelo maiores (deixando-os a sotavento do navio) vai-se navegar numa região que pode conter destroços desgarrados do bloco. Deixando-os a barlavento, isto é, passando “à frente” deles, navega-se em uma área limpa.

Qualquer restrição séria à visibilidade, como nevoeiro ou cerração, quando o navio está numa área onde é esperada a presença de “icebergs” ou de gelo marinho, requer que a velocidade seja reduzida.

Normalmente os “icebergs” produzem um bom eco radar, pois sempre apresentam uma face angulosa ou alguma ondulação, que proporcionam um retorno substancial. Já a detecção do gelo marinho (“pack ice”) depende do estado do mar, da banda de frequência empregada, da experiência do operador e da quantidade de gelo na vizinhança. É importante manter o radar calibrado e nas melhores condições de eficiência de operação. Além disso, os operadores devem estar bem adestrados. Todos os “icebergs” no setor avante do navio devem ser individualmente identificados e continuamente plotados, tendo a direção, a velocidade e o PMA de seus deslocamentos determinados. A plotagem evitará confusão de alvos quando o navio estiver navegando através de uma área com grande concentração de “icebergs”. Ademais, servirá para distinguir os “icebergs” de ecos de outros navios deslocando-se na área.

Indicações de que um “iceberg” pode estar na vizinhança são:

- Súbita melhoria do estado do mar;
- presença de pedaços de gelo menores (“bergy bits” ou “growlers”);
- o som das ondas quebrando na base do “iceberg”;
- a visão de um clarão esbranquiçado; e

- algumas vezes, os gritos de aves marinhas que estão voando ao redor do “iceberg”.

O surgimento de escombros de gelo indica a possibilidade de existência de blocos de maior tamanho, em especial “icebergs”, provavelmente a barlavento. Os “icebergs” derivam com a corrente. Considerar que, no Hemisfério Sul, quando o vento sopra com uma certa intensidade e persistência, a corrente de deriva produzida se desenvolverá em uma direção de 45° para a esquerda com respeito à direção do vento. Já os campos de gelo marinho derivam, conforme visto, geralmente por efeitos do vento.

Em áreas onde é esperada a presença de “icebergs” ou de gelo marinho, é importantíssimo dispor de vigias, especialmente em períodos de baixa visibilidade. Os vigias devem ser postos na proa e em pontos altos do navio, devendo estar convenientemente protegidos por roupas de frio. Devem ser corretamente instruídos sobre seus deveres e sua importância e ser substituídos a intervalos não maiores que 30 minutos, normalmente. De fato, navegando em presença de gelo a vigilância visual é fundamental. O olho humano ainda é o melhor sensor para detecção de gelo no mar.

Em áreas de “icebergs” e gelo marinho, se o navio dispuser de uma estação de controle elevada (“ninho de pega”), que tenha a mais ampla visibilidade possível, o governo e a manobra devem ser transferidos para tal posição.

Os “icebergs” (túmpanos) podem dar ao navegante indicações muito úteis para a navegação costeira nas zonas em que estão presentes, tais como:

- Nunca navegar entre a costa e um túmpano parado em frente, pois existem possibilidades de haver um alto-fundo, uma estinga ou uma cadeia de recifes (onde o túmpano está encalhado) entre ele e a costa;

- uma costa livre de glaciares, à qual agregados muitos túmpanos, normalmente é uma costa profunda, livre de perigos;

- uma acumulação de túmpanos ao largo (afastados) de uma costa é indício da existência de alto-fundo (onde estão encalhados); e

- uma baía sem glaciares em cujo interior encontram-se túmpanos geralmente tem o acesso livre de perigos (é profunda).

#### (b) Sinais de Gelo Marinho (“Pack Ice”)

A proximidade de gelo marinho é indicada pelo clarão-de-gelo ou –resplendor de gelo (“iceblink”), que é um brilho amarelo esbranquiçado na parte inferior de uma camada de nuvens baixas, produzido pela luz refletida pela superfície coberta de gelo (“pack ice”). Outros sinais são a presença de uma bruma ou “fog” (nevoeiro), aves e vida marinha, queda na temperatura da água do mar, aparecimento de fragmentos soltos de gelo e melhora do estado do mar (principalmente quando o vento sopra dos campos de gelo).

A visão do “iceblink” no horizonte serve como uma indicação de que o “pack ice” está naquela direção. Em dias claros, em que o céu está azul, o “iceblink” aparece como um nevoeiro amarelo brilhante sobre o horizonte, sendo mais brilhante nas camadas inferiores e gradualmente tornando-se mais escuro, em direção ao tope. A altura do “iceblink” depende da proximidade do navio ao gelo: quanto mais alto mais próximo está o gelo.

Se o navio está a sotavento do “ice pack”, haverá uma melhora notável do estado do mar, pelo efeito “calmante” do gelo sobre o mar.

Nevoeiros espessos podem indicar a borda do “pack ice”, devido à condensação da umidade do ar mais quente, quando este encontra o ar frio que está sobre o gelo. uma temperatura da água do mar de -1,1°C normalmente indica que a borda do “pack ice” está a não mais de 50 milhas de distância. Também, a presença de aves marinhas (pinguins e albatrozes) são indicações da proximidade do “pack ice”, conforme acima mencionado.

O primeiro sinal concreto de congelamento tem lugar quando o mar toma uma aparência oleosa. Posteriormente surgem retalhos de gelo separados e, finalmente, estes aderem uns aos outros, formando uma camada aparentemente contínua.

### (c) Aproximação e Entrada no “Pack Ice”

Ao aproximar-se de uma área de “pack ice”, o navio deverá estar com trim de popa, para proteger os lemes e hélices de gelo flutuante semi-submerso. Embora um trim de proa acrescente mais peso na parte de vante do navio, resultando no aumento de sua capacidade de quebrar gelo duro (quando a proa choca-se com o bloco, quanto maior o peso maior será a sua -pressão sobre o gelo), as desvantagens que traz, deixando lemes e hélices mais vulneráveis às avarias por gelo e fazendo com que o navio não responda tão bem ao leve, recomendam que o navio tenha trim de popa (cerca de 3 pés).

Grande cuidado deve ser tomado na escolha do ponto de entrada no “pack ice”. A pior condição existe quando um vento forte sopra na direção do campo, causando oscilações dos blocos de gelo para cima e para baixo com a ação das ondas. Nesta situação, um choque com o navio causa um efeito extremamente perigoso, possível de romper o casco. Antes de entrar no “pack ice” deve ser feito um reconhecimento tão completo quanto possível, através da vigia e radar, ou helicóptero, procurando uma brecha no gelo, pela qual o navio possa entrar no campo. Na escolha do ponto de entrada, então, devem ser evitados os lugares onde existam evidência de “gelo de pressão” (blocos amontoados e corrugados), escolhendo-se trechos onde existam bandejões” pequenos e separados.

### (d) Reboque no gelo

Em presença de gelo o cabo de reboque deve ser curto, para manter o navio rebocado próximo do rebocador, a fim de evitar que blocos de gelo ocupem o espaço entre os dois. Usar ambas as amarras do navio rebocado como cabresto do reboque (“towing bridle”), de modo a prover algum peso à curta catenária. Use um cabo de reboque de 50 a 100 metros. Utilize o leme do navio rebocado, para mantê-lo exatamente na esteira do rebocador e, se possível, mantenha as máquinas do navio rebocado de sobreaviso, para evitar que ele se projete sobre o rebocador, se este tiver que parar ou reduzir muito a velocidade repentinamente.

### (e) Fundeio na Antártica

Em virtude de bons fundeadouros não existirem com abundância na Antártica, há uma tentação compreensível de ser menos exigente na seleção de um ponto de fundeio. Isto, entretanto, é uma prática perigosa, pois nas regiões polares alguns requisitos para escolha de um fundeadouro devem ser rigorosamente observados. Os fatores a serem considerados na seleção do ponto de fundeio são:

- (1) Qualidade do fundo (tença): na Antártica são comuns fundos rochosos ou de outro tipo de má tença. Algumas vezes, o fundo é de forte declividade ou irregular. Como a natureza do fundo raramente é indicada nas Cartas ou descritas nos Roteiros, uma sábia precaução é colher amostra do fundo e sondar nas vizinhanças, antes de fundear.
- (2) Espaço adequado para o giro do navio: este requisito, em particular, é importante nas regiões polares, onde, em virtude de ventos fortes frequentes e fundeadouros em geral profundos, filames longos são usados costumeiramente.
- (3) Proteção contra vento e mar: os ventos na região são extremamente variáveis, quanto em direção, como em velocidade. Mudanças de 180° na direção, acompanhadas de um grande aumento (de mais de 30 nós) na velocidade do vento, podem ocorrer em poucos minutos. Um fundeadouro que ofereça proteção adequada contra o vento é muito difícil de ser encontrado, por isso, os MCP (motores de combustão principal) devem ser mantidos sempre prontos para operar, caso haja ameaça de o navio garrar. Navios com 2 MCP, devem manter um na linha e outro parado, porém aquecido, para virar com facilidade. De 4 em 4 horas, pode-se alterar o funcionamento dos MCP.

- (4) Disponibilidade de saída adequada, em caso de condições de tempo extremas: em presença de gelo, é importante manter uma vigilância contínua para prevenir que o navio fique bloqueado no fundeadouro, ou seja avariado por gelos flutuantes. Entretanto, a não ser que o navio esteja sob perigo iminente, normalmente é mais seguro permanecer fundeado, mesmo que se tenha que usar as máquinas para evitar que o navio garre, do que suspender para mar aberto sob forte vento, especialmente na presença de “icebergs” e “growlers” e, sobretudo, durante a noite.
- (5) Disponibilidade de objetos e pontos notáveis para a determinação e controle da posição de fundeio: este é um requisito importante na Antártica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso objetivo nesse Trabalho de Conclusão de Curso foi comprovar a existência e mensurar a importância e dificuldade da navegação polar, especificamente na Antártica.

Através de pesquisas sobre fatores que afetam a navegação, tais como latitude elevada, meteorologia atípica, assim como ventos e correntes locais.

Verificamos que alguns equipamentos de navegação têm, nessa área, seu funcionamento comprometido ou parcialmente comprometido, dificultando ainda mais a navegação.

Os desvios nos valores encontrados nas agulhas magnéticas e giroscópicas exemplificam claramente os desafios de se fazer uma navegação segura na Antártica, requerendo ao navegador destreza, atenção e preparo psicológico.

Existem ainda fatores como visão dificultada, mau funcionamento de aparelhos eletrônicos, tudo que dificulta ainda mais a navegação polar nessa região.

Observamos não somente as condições da embarcação, mas também do mar, sua formação de gelo em abundância, e a partir dessas condições delimitamos algumas precauções e preparos que os armadores e navegadores devem ter com seus navios para que a navegação seja segura, tanto para as embarcações quanto para seus tripulantes.

Determinamos então que há importância de se navegar nessas áreas, mas que o risco ao fazê-lo só é reduzido a partir do momento que se compreende a importância da segurança, do preparo profissional e psicológico do navegador, assim como preparo e manutenção eficientes nos equipamentos do navio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Ricardo Carvalho de. Capitão-de-Corveta. Climatologia e Meteorologia Antártica. Palestra proferida no Estágio de Qualificação de Navegação Antártica para Oficiais. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Niterói. RJ, agosto / 1995.
- BECK, G. E. (Editor). Navigation Systems, a Survey of Modern Electronic Aids. Londres, G.B., Van Nostrand Reinhold Company, 1971.
- Curso de Hidrografia e Navegação. Dicionário de Expressões e Símbolos usados no "Navigation and Nautical Astronomy - Dutton". 9. ed. Rio de Janeiro, 1952.
- BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Portos e Costas. Ensino Profissional Marítimo. Navegação Costeira, Estimada e Eletrônica, Meteorologia e Comunicações (Aperfeiçoamento - Vol. 5). Rio de Janeiro, 1995.
- BRASIL. Ministério da Marinha. Navio de Apolo Oceanográfico "Barão de Teffé". Ordem Interna Nº007/83 de 07 de outubro de 1983. Operações em regiões polares.
- DANTAS. Ney. Capitão-de-Fragata. Sinalização Náutica Visual. 1. ed. Rio de Janeiro, Centro de Sinalização Náutica e Reparos Almirante Moraes Rego. 1985.
- DIGIÁCOMO. Julio César Calazans. Meteorologia Básica. 1. ed. Rio de Janeiro, Escola Naval, s.d.
- EUA. Surface Ship Survivability Office. U.S. Navy Cold Weather Handbook for Surface Ships. 1988 edition. Washington, D.C., Government Printing Office, 1988.
- GRÃ-BRETANHA. The Hydrographer of the Navy. The Antarctic Pilot. 4. ed. Taunton, Somerset, UK, 1974.
- Marine Navigation - Piloting, and Celestial and Electronic Navigation. 3. ed. Annapolis, Maryland, EUA, Naval Institute Press, 1990.
- KLINK, Amyr. Mar Sem Fim: 360° ao Redor da Antártica. 1. ed. São Paulo, Companhia das Letras, 2000.
- MacDONALD, Edwin A. Polar Operations. 1. ed. Annapolis, Maryland, EUA, Naval Institute Press, 1969.
- MIRANDA DE BARROS. Geraldo Luiz. Capitão-de-Mar-e-Guerra. Navegando com a Eletrônica. 1. ed. Rio de Janeiro, 1995.
- VILLELA, Rubens Junqueira. O Jato Frio Inercial da Península Antártica, uma Nova Descoberta da Meteorologia. Departamento de Meteorologia, Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo. s.d.

## FOLHA DE AVALIAÇÃO ESCRITA (FAE)

Nome:	Nº
Turma:	Data: ____/____/____
Tema:	Nota final:
Orientador (a):	Rubrica do Orientador (a):

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		NOTA
<b>Elementos pré e pós-textuais</b>	Capa até o sumário; referências; apêndice; anexo e índice.	1,0
<b>Clareza</b>	Texto fácil de entender, ordenação das ideias, adequação da linguagem, coesão, coerência. <i>Evitar: períodos longos ou muito curtos, linguagem rebuscada, conectores mal empregados, palavras que geram a ambigüidade.</i>	1,0
<b>Concisão</b>	Precisão/exatidão. <i>Evitar: frases feitas e chavões, usar palavras a mais do que o nesse-ssário, adjetivação abundante, redundância, pleonismo, excesso de orações subordinadas desenvolvidas.</i>	1,0
<b>Originalidade</b>	Boa disposição das palavras, apresentação do texto, agradável leitura e precisão vocabular. <i>Evitar: gírias, frases prontas, cacofonia, eco, colisão aliteração e abreviação.</i>	1,0
<b>Correção</b>	Norma culta: concordância, regência, colocação pronominal, seleção vocabular, ortografia, pontuação, acentuação, emprego de maiúsculas e minúsculas, crase. <i>Evitar: estrangeirismo, barbarismo, cacografia, cruzamento léxico.</i>	1,0
<b>Adequação</b>	O texto tem origem no indivíduo, criatividade, capacidade crítica. <i>Evitar: plágio.</i>	1,0
<b>Partes do Texto</b>	Introdução: apresentação do trabalho.	0,5
	Desenvolvimento: argumentos fortes, nenhuma informação poderá ser subentendida. Tipo de texto: Dissertativo-argumentativo.	2,0
	Considerações Finais: confirmação da tese apresentada, apontando eventuais perspectivas.	0,5
<b>Pesquisa</b>	Aprofundamento (obras de autores renomados), material empregado, método, aplicabilidade de dados, fatos e comprimento do prazo determinado.	1,0
<b>Total</b>		<b>10,0</b>