

41

NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

41.1 INTRODUÇÃO

a. LIMITES E 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**.

Na Meteorologia e Oceanografia os limites são linhas irregulares que no Ártico coincidem aproximadamente com o extremo norte das florestas da Groenlândia, norte do Canadá, Alasca, Sibéria e norte da Noruega; e na região polar sul com a Convergência Antártica.

Para propósitos de navegação, podem-se considerar as **regiões polares** como estendendo-se desde os **pólos 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 pólos magnéticos da Terra.

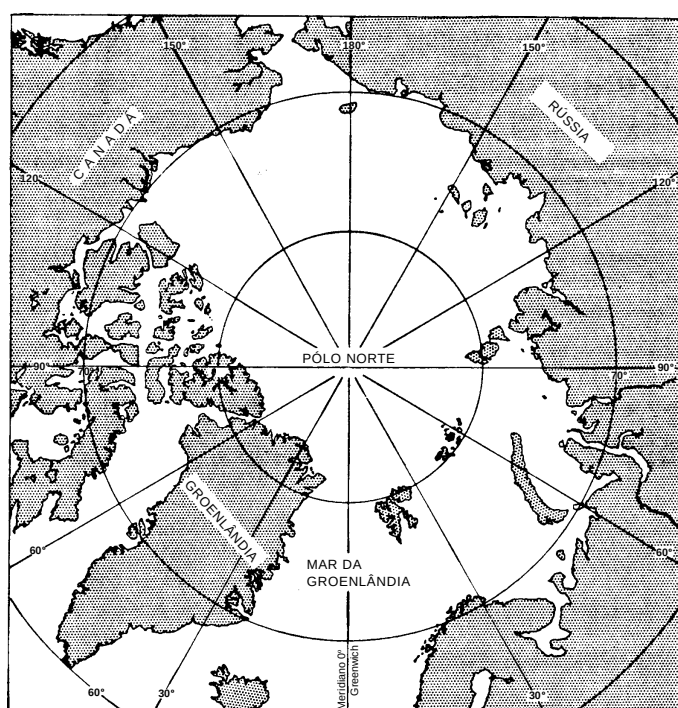
O Oceano Ártico é um corpo de água um pouco menor em área que os Estados Unidos, que é quase completamente circundado por terra, como mostrado nas figuras 41.1 e 41.2. Algumas dessas terras são altas e acidentadas, cobertas por uma calota de gelo permanente; outras são baixas e pantanosas quando descongelam. O subsolo

permanentemente congelado, denominado **permafrost**, impede uma drenagem adequada, resultando em um grande número de lagos e lagoas, além de áreas extensas de terreno mole e esponjoso (**“muskeg”**) com vegetação de musgos e tufo de gramíneas. Observam-se, também, grandes áreas de **tundra**, planícies árticas das costas baixas da Rússia (Sibéria) e do Canadá, com vegetação consistindo de musgos, líquens e arbustos, tendo, normalmente, uma camada de **permafrost** subjacente.

Figura 41.1 – A Região Polar Norte (Ártico)



Figura 41.2 – O Ártico

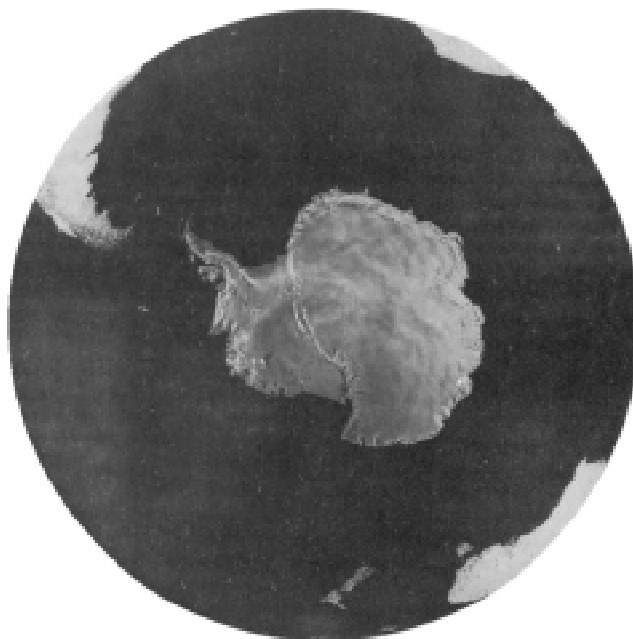


A Groenlândia é montanhosa e notável por seus muitos **fiordes**, braços de mar longos, estreitos e profundos, entre montanhas elevadas. Sua porção norte é coberta por uma pesada calota de gelo. Seu extremo norte é o Cabo Morris Jesup, a cerca de 380 milhas do pólo Norte.

A parte central do Oceano Ártico é uma bacia com uma profundidade média de cerca de 3.600 metros (12.000 pés); o fundo não é plano, apresentando vários montes submarinos e fossas abissais. A maior profundidade é superior a 4.900 metros (16.000 pés); no **pólo Norte**, a profundidade é de 4.313 metros (14.150 pés). Circundando a bacia polar, existe uma extensa plataforma continental, quebrada apenas na área entre a Groenlândia e o Spitzbergen. As muitas ilhas do arquipélago norte-canadense situam-se sobre esta plataforma. O Mar da Groenlândia (a leste da ilha do mesmo nome), a Baía de Baffin (a oeste da Groenlândia) e o Mar de Bering, ao norte das Ilhas Aleutas, cada um tem sua bacia independente. Devido às condições de gelo, navios de superfície não podem penetrar até o pólo Norte; entretanto, no verão já foram alcançadas Latitudes bastante elevadas.

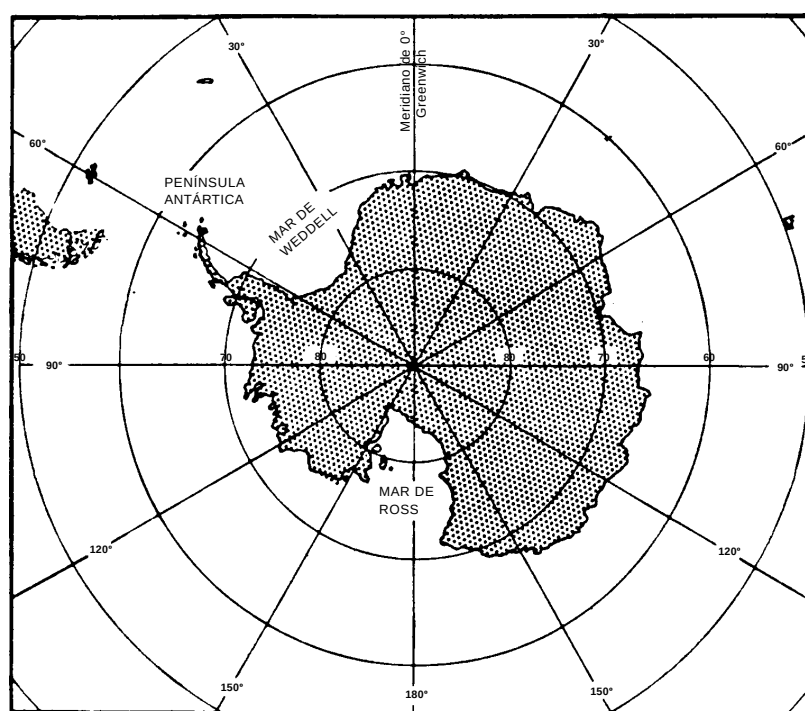
Em contraste com o Ártico, a **região polar sul**, ou **Antártica***, apresenta uma massa terrestre alta e montanhosa, com cerca de 14 milhões de quilômetros quadrados, totalmente cercada por água (figuras 41.3 e 41.4). Há um planalto polar extenso, coberto com gelo e neve, de cerca de 3.000 metros (10.000 pés) de altitude. Diversas cadeias de montanhas na Antártica possuem picos elevados, alcançando altitudes de 4.000 metros (13.000 pés) e maiores. A **altitude média** da Antártica, cerca de 1.850 metros (6.000 pés), é maior do que a de qualquer outro continente. A altitude do **pólo Sul** é de aproximadamente 2.900 metros (9.500 pés). 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 (com uma notável exceção na região da Península Antártica e arquipélagos próximos).

Figura 41.3 – A Região Polar Sul (Antártica)



* Tal como fazem a Marinha do Brasil e a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), este capítulo utilizará a denominação de **Antártica** para a região polar sul do planeta, em vez de **Antártida**, termo também empregado para designar a mesma área.

Figura 41.4 – A Antártica



b. PRINCIPAIS FATORES QUE AFETAM A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

Tornou-se necessário o desenvolvimento de técnicas especiais para adaptar a **navegação** às condições únicas das **regiões polares**. Estas condições são resultado, principalmente, de **Latitudes extremamente altas e fatores meteorológicos**.

(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. Os astros nascem no horizonte a leste, galgam sua altura máxima na passagem meridiana e se põem a oeste. Nesse seu movimento aparente, o Sol divide naturalmente o dia em dois períodos aproximadamente iguais, um de claridade e um de escuridão, separados por períodos de transição relativamente curtos, os crepúsculos (especialmente curtos nas regiões tropicais). As horas do dia são associadas ao movimento diário do Sol.

Nas regiões polares as condições são diferentes. Todos os **meridianos** convergem para os **pólos**, 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 **pólo Sul**, todas as direções são **norte**. Dois observadores poderão estar ao sul um do outro, bastando, para isso, que o pólo Sul esteja entre eles.

No **pólo**, o **Zênite** e o **pólo 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 em cada **período sideral** (12 anos para Júpiter; 30 anos para Saturno). No **pólo Sul**, o Sol nasce a 23 de setembro, descreve vagarosamente uma espiral até uma **altura máxima** de cerca de 23° 27', próximo de 21 de dezembro e, então, inicia uma espiral descendente para o horizonte, até cerca 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 **pólo 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 pólos. 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. Desta forma, as estações científicas na Antártica mantêm a hora de seus países de origem ou a HMG (Hora Média de Greenwich).

(2) EFEITOS METEOROLÓGICOS

As regiões polares são frias, mas a temperatura no 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 têm registrado temperaturas acima de 0°C, sendo a parte mais fria do mundo.

Cerração e nebulosidade ocorrem com freqüência 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 distâncias.

Inversões de temperatura ou fortes discontinuidades no 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.

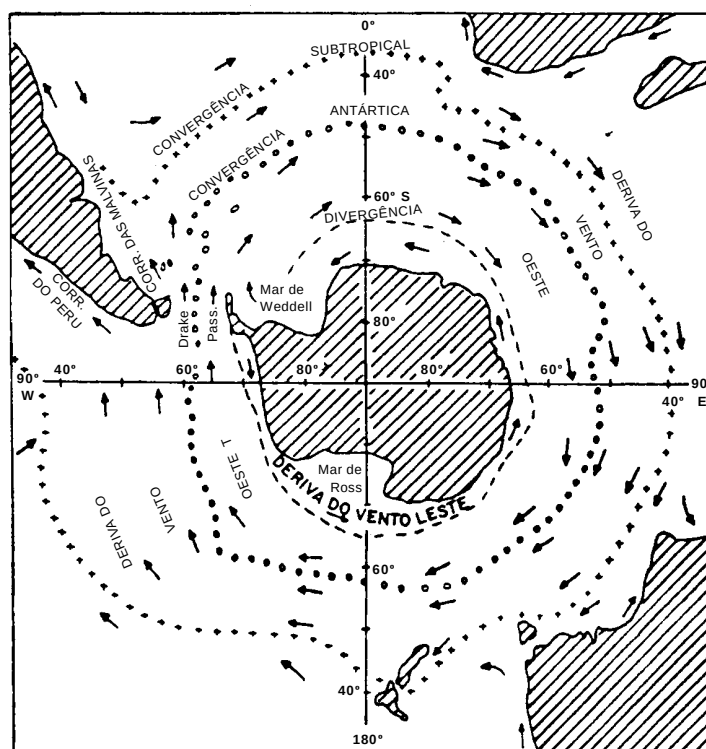
Ventos fortes são comuns na Antártica e na região subantártica. A Antártica é, por isso, conhecida como a **morada dos ventos** (“**home of the blizzards**”). O cinturão de água que circunda a Antártica é o mais tempestuoso do mundo, caracterizado como uma área de ventos fortes e mares bravios (ao contrário 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 o 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 vôo 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. Além disso, há muitas correntes locais (figura 41.5).

Figura 41.5 – Circulação Geral na Antártica e Posição Média das Convergências Antártica e Subtropical



c. OUTROS FATORES QUE AFETAM A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

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 afeta adversamente a propagação das ondas de rádio, empregadas nos sistemas de radionavegação.

d. SUMÁRIO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS PARA A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

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 (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 agrupados nas seguintes categorias, que estudaremos separadamente, a seguir: projeções cartográficas e cartas náuticas das regiões polares; fatores ambientais e sua influência no desempenho de equipamentos e sistemas de navegação; determinação de direções e de distâncias e determinação da posição do navio nas regiões polares.

41.2 CARTOGRAFIA NÁUTICA DA REGIÃO ANTÁRTICA

a. PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Projeção de Mercator

Como se sabe, a Projeção de Mercator é, desde muito, a favorita dos navegantes, principalmente porque uma **linha de rumo** (ou loxodromia) é representada como uma **linha reta**, que faz com as transformadas dos meridianos um ângulo constante e igual ao seu **azimute (rumo)**. Do ponto de vista da navegação, a Projeção de Mercator resolveu graficamente com tal sucesso os problemas da estima, da plotagem de rumos, marcações e posições e da obtenção das coordenadas geográficas de pontos, que sua popularidade é inexcedível e seu emprego incomparável. Mesmo em altas Latitudes, o navegante demonstra uma compreensível preferência pelas Cartas de Mercator, que têm sido usadas virtualmente em quaisquer Latitudes que navios tenham alcançado.

Entretanto, à medida que a Latitude aumenta, a superioridade da Projeção de Mercator diminui, principalmente porque o valor da **linha de rumo** torna-se progressivamente menor. Em Latitudes maiores que 60°, as limitações da projeção começam a ser significativas. Além da Latitude de 70°, tornam-se críticas. Na clara atmosfera polar, marcações visuais podem ser observadas a grandes distâncias (algumas vezes de até 50 milhas, ou mais). O emprego de uma **loxodromia** para representar uma marcação introduz um erro em qualquer Latitude, mas, em altas Latitudes, este erro torna-se excessivo.

Ademais, a impossibilidade de representação dos pólos e o valor exageradamente crescente das deformações lineares e superficiais nas altas Latitudes constituem outras limitações para o uso da Projeção de Mercator nas Cartas Náuticas das regiões polares. De fato, a razão crescente de variação da escala sobre uma Carta de Mercator em altas Latitudes resulta em distorções na forma das massas terrestres e acidentes geográficos e erros na medição de distâncias.

Contudo, a Projeção de Mercator pode ser usada satisfatoriamente até a Latitude de 80°, desde que sejam tomadas precauções especiais quanto ao uso da escala das distâncias. Assim sendo, esta Projeção pode ser usada na Cartografia Náutica de praticamente toda a Região Antártica, onde as Latitudes acima de 80° são ocupadas pelo Continente Antártico. Além disso, os Sistemas de Navegação por Satélites contribuíram para reduzir as limitações da Projeção de Mercator para o uso em regiões polares, em virtude de fornecer diretamente as coordenadas geográficas (**j** e **l**) da posição do navio, que pode, então, ser plotada na carta com precisão, mesmo em altas Latitudes.

Outras Projeções utilizadas nas Cartas Polares

As excessivas deformações nas altas Latitudes e a impossibilidade de representação dos pólos limitam o uso da Projeção de Mercator para cartografia das regiões polares. Há necessidade, então, de selecionar outras projeções para representação dessas áreas.

As principais considerações para escolha de um sistema de projeção conveniente para navegação polar são:

- (I) **CONFORMIDADE** – é desejável que os ângulos (direções) sejam corretamente representados, de modo que a plotagem possa ser feita diretamente sobre a carta, sem correções complicadas;

- (II) **REPRESENTAÇÃO DOS CÍRCULOS MÁXIMOS** – como os círculos máximos (ortodromias) são mais úteis em altas Latitudes que as linhas de rumo (loxodromias), é desejável que os círculos máximos sejam representados por linhas retas;
- (III) **ESCALA CONSTANTE** – é desejável que se tenha uma escala constante em toda a carta; e
- (IV) **LIMITES DE USO** – limites amplos de utilização são desejáveis, para reduzir ao mínimo o número de projeções necessárias.

As três projeções comumente selecionadas para cartas polares são a **Transversa de Mercator**, a **Conforme de Lambert modificada** e a **projeção polar estereográfica**. São, ainda, utilizadas a **projeção gnomônica** e a **azimutal eqüidistante**. Próximo ao pólo, há pouco o que se escolher entre elas, pois aí todas são essencialmente conformes e em todas os círculos máximos são praticamente representados por linhas retas. Entretanto, conforme a distância ao pólo aumenta, devem ser consideradas as características distintas de cada projeção.

A projeção Transversa de Mercator é **conforme** e o tipo de distorção que apresenta é familiar a quem está acostumado a usar uma Carta de Mercator. As distâncias podem ser medidas da mesma maneira que em uma Carta de Mercator. Assim, na cartografia das regiões polares as vantagens da Projeção de Mercator, tais como facilidade de construção e plotagem rápida dos pontos, podem, ainda, ser aproveitadas pela rotação do cilindro de 90° em Azimute, ficando, então, tangente em um meridiano, o qual passa a ser o equador fictício. Nesta projeção, dentro das regiões polares, os paralelos são praticamente circunferências concêntricas e os meridianos divergem ligeiramente de linhas retas; os arcos de círculos máximos também podem ser considerados linhas retas, desprezando-se o pequeno erro cometido. Um pequeno inconveniente na medida de ângulos pode resultar da curvatura dos meridianos.

A projeção é excelente para o uso em uma faixa estreita em torno do meridiano de tangência e para emprego com sistema automático de navegação que gera Latitude e Longitude. Em uma carta na Projeção Transversa de Mercator, próximo ao meridiano de tangência uma linha reta aproxima-se muito de um círculo máximo na esfera terrestre. É nesta área que a carta é mais útil.

O sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) é uma grade quilométrica superposta a um reticulado da Projeção Transversa de Mercator, para fins técnico-científicos ou militares. O sistema UTM é muitas vezes utilizado para construção de Folhas de Bordo e Folhas de Sondagens produzidas em Levantamentos Hidrográficos e para cartas militares.

A projeção Conforme de Lambert modificada é virtualmente conforme em toda a sua extensão e as distorções de escala mantêm-se pequenas quando a carta estende-se até cerca de 25° a 30° do pólo. Além desse limite, as distorções crescem rapidamente. Um círculo máximo é praticamente uma linha reta em qualquer ponto da carta. Distâncias e direções podem ser medidas diretamente na carta. A Projeção Conforme de Lambert modificada (ou Projeção de Ney) usa um paralelo muito próximo ao pólo como paralelo padrão mais alto. Assim, esta projeção cônica com dois paralelos padrões requer pouca deformação para representar os paralelos como círculos e eliminar o círculo que representaria o pólo.

A outra projeção comumente utilizada em cartografia das regiões polares é a projeção polar estereográfica, que é conforme em toda a sua extensão e na qual um círculo máximo difere muito pouco de uma linha reta. A distorção de escala não é excessiva para uma distância considerável do pólo, mas é maior que na Projeção Conforme de Lambert modificada. A variação de escala pode ser reduzida usando um plano secante, que corte a Terra em um paralelo intermediário entre o pólo e o paralelo mais afastado, de forma que as distorções sejam divididas, com a porção dentro deste paralelo padrão comprimida e a porção fora dele expandida.

O navegante das regiões polares deve estar preparado para usar qualquer desses tipos de projeção, pois a cobertura de sua área de operações pode estar representada em qualquer um, ou vários, deles.

b. PLOTAGEM EM CARTAS POLARES

A plotagem em uma carta com meridianos que convergem, como na Projeção Conforme de Lambert, requer cuidados especiais. As distâncias são medidas na escala de Latitudes, assim como na Carta de Mercator, mas, como esta escala é praticamente constante, qualquer parte dela pode ser usada sem introduzir um erro significativo. Algumas dessas cartas apresentam uma **escala de milhas** próximo à sua borda, que pode ser usada em qualquer parte da carta.

Como os meridianos convergem, uma linha reta faz ângulos diferentes com cada meridiano. Por esta razão, **rosas de rumos** não são costumeiramente representadas neste tipo de carta. Se constarem da carta, cada uma só se aplica ao meridiano sobre o qual estiver localizada. A melhor maneira de se plotar ou medir uma direção numa carta na Projeção Conforme de Lambert (com meridianos convergentes) é usando um plotador tipo “NAVY” ou um plotador paralelo. Para medir um rumo entre dois pontos plotados na Carta, utiliza-se o meridiano médio da perna (linha que une os dois pontos), conforme mostrado na figura 41.6a. Para traçar uma marcação (ou medir a marcação entre dois pontos plotados na Carta), usa-se o meridiano mais próximo do ponto no qual a marcação foi determinada. Assim, no caso normal de obtenção da marcação de um ponto de terra, a partir de um navio, para traçar a marcação usa-se como referência o meridiano mais próximo da posição do navio (figura 41.6b).

Na utilização do plotador tipo “NAVY”, o seu centro é colocado sobre o meridiano de referência e a face sobre a linha a ser traçada ou medida, sendo o valor da direção lido no mesmo meridiano sobre o qual está o centro do plotador.

c. ADEQUABILIDADE DAS CARTAS NÁUTICAS DA REGIÃO ANTÁRTICA

As Cartas Náuticas da maioria das regiões polares são geralmente inferiores às das outras regiões, nos seguintes aspectos:

(1) Ausência de detalhes

As regiões polares não foram levantadas com o grau de rigor necessário para proporcionar cartas com o nível de detalhe a que estamos acostumados. São disponíveis apenas sondagens relativamente esparsas e muitos dos acidentes costeiros são representados somente por suas linhas gerais. Grandes áreas estão permanentemente cobertas por

gelo e apresentam uma aparência variável, conforme se alteram a quantidade, a posição e a característica da cobertura de gelo. Coberturas espessas de gelo e neve impedem a determinação precisa do contorno dos acidentes geográficos da terra que está por baixo. Além disso, ocorrem semelhanças entre áreas adjacentes, tanto em regiões acidentadas (com muitas reentrâncias e saliências similares), como em áreas extensas sem qualquer acidente notável. Esta falta de acidentes distintos dificulta a representação cartográfica e a identificação de pontos de terra.

Figura 41.6 a – Medida de Rumo na Carta Conforme de Lambert

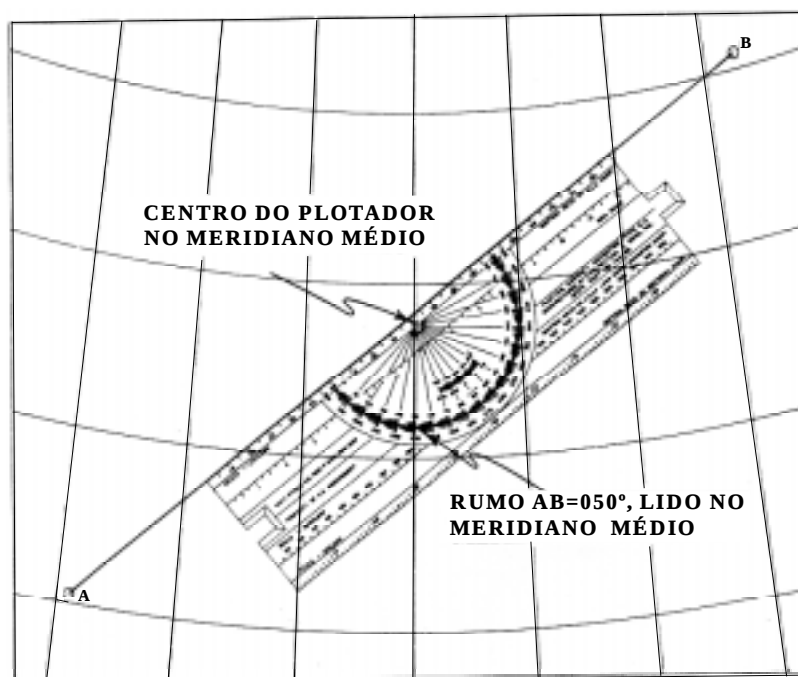


Figura 41.6 b – Medida de Marcação na Carta Conforme de Lambert



(2) Imprecisão

As Cartas Náuticas das regiões polares são baseadas em levantamentos incompletos e, por vezes, provêm de relatórios de expedições que estiveram nas áreas. Esses relatórios são menos confiáveis que os levantamentos sistemáticos de outras regiões; algumas vezes, grandes **icebergs** são erradamente tomados como ilhas; em outras ocasiões, ilhas cobertas por gelo são equivocadamente consideradas **icebergs** encalhados; a linha de costa não é fácil de identificar, quando a neve cobre uniformemente tanto a terra como o mar congelado adjacente. Nessa situação, enseadas e outras reentrâncias ou saliências da costa podem ser completamente obscurecidas por gelo e neve. Ademais, muitas vezes as posições dos acidentes informados não são exatas. Como consequência, muitos acidentes são imprecisamente representados, em posição, forma e dimensões, além de existirem numerosas omissões. As linhas isogônicas, também, são baseadas em informações incompletas, resultando em uma precisão degradada.

Em áreas menos exploradas, a linha de costa representada na carta pode ser imprecisa, ou, até mesmo, ser interrompida, por total falta de informações; a topografia representada também pode não ser confiável e as sondagens esparsas.

(3) Cobertura

Em comparação com outras áreas, são disponíveis relativamente poucas Cartas Náuticas das regiões polares e os limites e escalas de algumas dessas Cartas não são convenientes para determinadas operações. Assim, cartas de grande escala de algumas áreas são inexistentes.

Por essas razões, ao selecionar as Cartas Náuticas, na fase de planejamento de uma Operação Antártica, nunca se deve consultar apenas as cartas publicadas por um só país. Devem ser buscadas **todas** as cartas disponíveis, oriundas de diversas fontes, escolhendo as que forem mais convenientes, em termos de limites, escala, grau de detalhe e precisão.

Na área em que normalmente operamos, algumas vezes, por exemplo, ter-se-á que planejar a operação em uma Carta Geral inglesa, navegar inicialmente em uma Carta de Pequena Escala norte-americana, passar depois para uma carta argentina de escala maior, utilizar novamente uma carta inglesa de pequeno trecho, para, finalmente, passar para uma carta particular chilena. Todas as Cartas Náuticas existentes devem ser obtidas e comparadas; nenhuma fonte deve ser esquecida ou desprezada.

Durante a navegação deve-se lembrar sempre que, mesmo em lugares de freqüente trânsito, ainda há muitos perigos não cartografados na Antártica.

As Cartas Náuticas publicadas pela DHN para a Antártica constituem uma exceção às características das cartas polares acima citadas. Nossas cartas são precisas, detalhadas e provêm de levantamentos rigorosos, embora abranjam, ainda, uma área relativamente pequena.

41.3 DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO

41.3.1 AGULHAS NÁUTICAS

a. 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 **pólos magnéticos**. Como os **pólos magnéticos** situam-se relativamente próximos dos **pólos geográficos**, o desempenho da Agulha Magnética fica prejudicado nas altas Latitudes, isto é, nas regiões polares.

A partir da Latitude de 60°, 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 freqüentes, 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 **pólos 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 pólos, eles são considerados mais como **áreas** do que propriamente como **pontos**. O movimento contínuo dos **pólos magnéticos** contribui para as grandes variações diurnas da declinação magnética nas altas Latitudes. Alterações de até 10° já foram observadas.

As medidas do campo magnético da Terra nas regiões polares não são freqüentes, 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 pólos magnéticos.

Qualquer influência 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 influência 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.

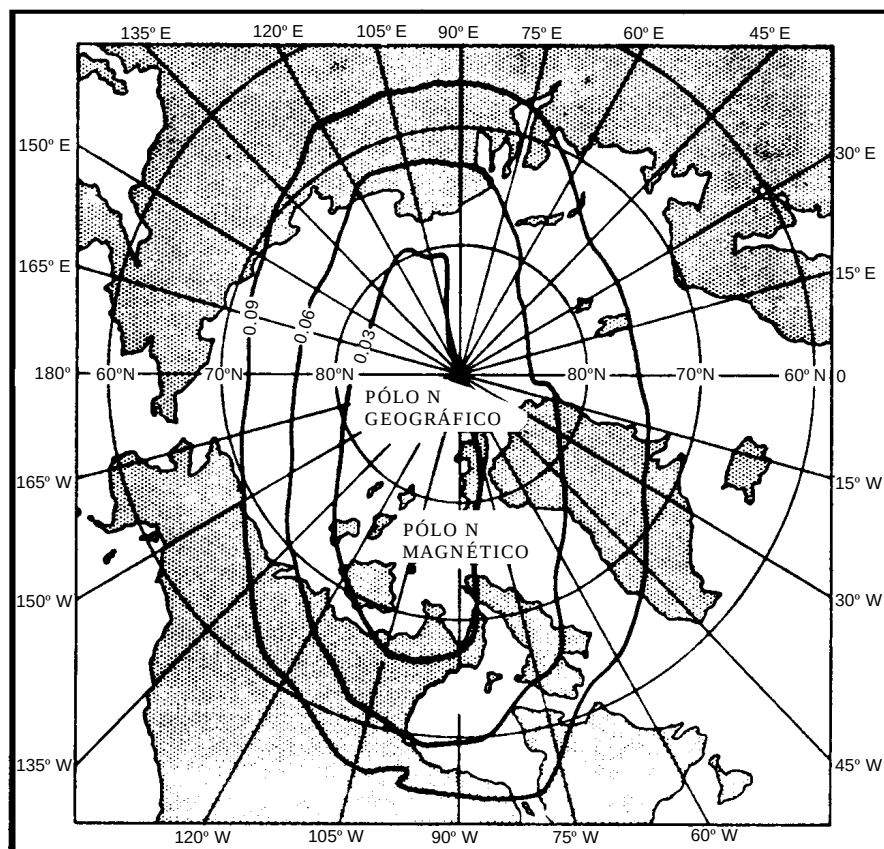
Por esta razão, a Agulha apresenta um melhor desempenho em mar calmo e livre de gelo, comparando com uma área infestada de gelo, onde o seu equilíbrio é freqüentemente perturbado pelo impacto do navio contra blocos de gelo.

Além disso, as tempestades magnéticas afetam tanto o magnetismo do navio como o campo magnético da Terra. Alterações de até 45° 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 muito 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 **pólo sul magnético** (localizado aproximadamente na Latitude 68° S, Longitude 139° E) é mostrada

na Carta nº 33 da NIMA (National Imagery and Mapping Agency). A extensão dessas áreas em torno do **pólo norte magnético** é mostrada na figura 41.7.

Figura 41.7 – Áreas onde uma Agulha Magnética é de Confiabilidade Reduzida, Errática e Inútil, no Ártico



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 ímãs, apoiada no seu centro e livre de girar, existente nas agulhas convencionais, as **agulhas de fluxo magnético** utilizam um sensor eletrônico estacionário mantido coberto 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 leituras 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.

b. 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 giroscópio é paralelo ao eixo da Terra. À medida que a Latitude aumenta, o ângulo entre estes dois eixos cresce. Nos **pólos geográficos**, a **Agulha Giroscópica** não possui força diretiva.

A Agulha Giroscópica 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 freqüentes 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 freqüentemente 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.

41.3.2 RADAR

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 diminuam 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 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 se suas limitações não forem apreciadas ou se não for usado 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 e 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 contactos 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 distâncias 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 deixá-los safos.

Grandes “icebergs” podem ser detectados em distâncias 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 glaciário (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 distâncias maiores que 3 milhas.

Devido a seus ecos relativamente fracos e que podem se perder no 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 m 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 m, 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 glaciário 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 têm pequena altura e quando a ação das ondas os tenham 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”):**

Com 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 observados estão muito próximos do navio.

Há navios (especialmente os quebra-gelos) que, além dos **radares de pulsos** 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.

41.3.3 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.

Se um navio ficar preso, perdendo o governo e passando a derivar com o gelo, pode surgir o perigo de encalhe, se o gelo mover-se em direção a águas rasas. Assim, mesmo com o navio aprisionado, é importante manter o ecobatímetro operando.

41.3.4 SISTEMAS ELETRÔNICOS DE NAVEGAÇÃO

a. 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 o radiogoniômetro constitui, assim, uma técnica de grande utilidade nas áreas polares.

b. 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.

c. 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 no sistema giroscópico tornava-se excessivamente grande. No entanto, os modelos atuais do SINS têm completa capacidade de operação nas regiões polares.

41.3.5 OUTROS SISTEMAS

Sonar

Os navios que possuem **Sonar** podem utilizá-lo na detecção de gelo, principalmente “growlers”. Como até 7/8 do gelo pode estar submerso, sua presença pode, por vezes, ser detectada pelo sonar, mesmo quando não indicada pelo radar ou observação visual.

41.3.6 PRECAUÇÃO ESPECIAL COM AS ANTENAS

Todas as antenas dos equipamentos e sistemas eletrônicos de navegação, assim como as antenas dos equipamentos de comunicações, devem ser preparadas para mau tempo e clima frio.

Antes da viagem, as antenas, suas bases e seus suportes devem ser cuidadosamente inspecionados, verificando-se a existência de pontos de corrosão ou desgaste. Não é raro ocorrer, nas condições de vento forte, mar agitado e tempo inclemente da Antártica, a queda e avaria de antenas de equipamentos vitais.

41.3.7 OBSERVAÇÕES VISUAIS

a. Introdução

As **marcações** visuais são úteis na Antártica, mas têm 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 suas 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 dos 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.

b. Fatores que Afetam as Observações Visuais na Antártica

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 têm 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 estimando 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. 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** o 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 produziriam 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 freqüentemente acompanhado de uma névoa seca ou neblina e do 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 freqüente de nuvens e neblina de cristais de gelo dá origem a complexos fenômenos de **halo**, entre os quais as **colunas solares**, **arcos tangenciais**, **parélio (falso Sol)** e outros círculos e arcos, assim como o halo comum de 22°.

Além dos 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 **pólo 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.

41.4 MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO NA REGIÃO ANTÁRTICA

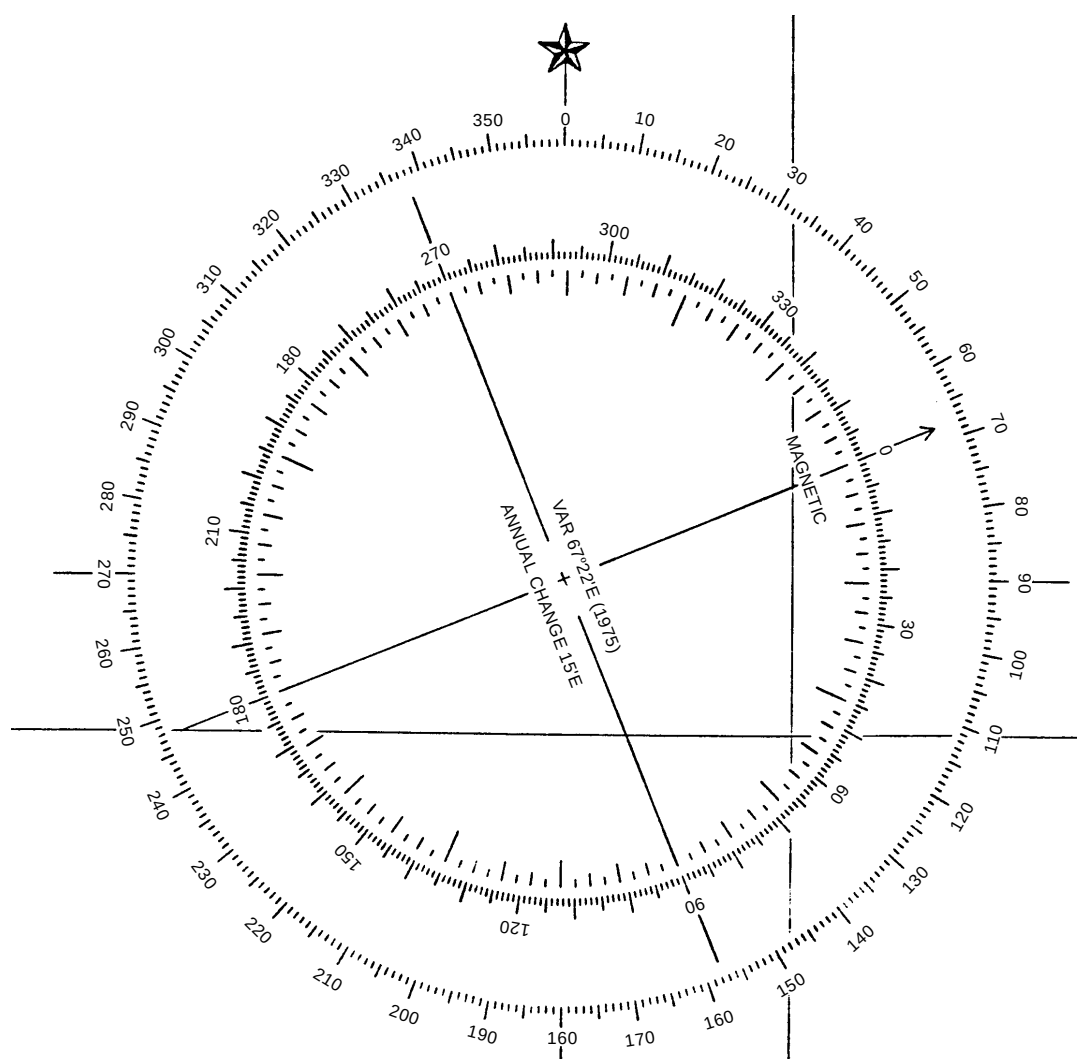
41.4.1 NAVEGAÇÃO ESTIMADA EM ÁREAS POLARES

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.

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 vimos, nas regiões polares tanto a Agulha Magnética como a Agulha Giroscópica estão sujeitas a limitações não encontradas em outras áreas.

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 freqüentes. 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 41.8, por exemplo, mostra uma **rosa de rumos** representada 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.

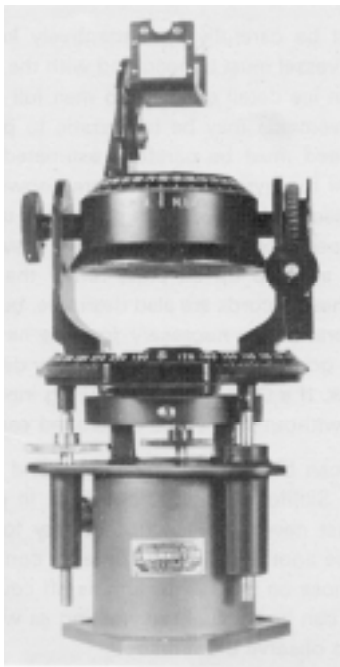
Figura 41.8 – Extrato da Carta N° 29282 NIMA, “SCOTT ISLAND AND APPROACHES”



A força de orientação da Agulha Giroscópica também se enfraquece à medida que o navio se aproxima dos pólos 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, têm um modo de operação denominado **giro direcional** (“directional gyro”), para navegação em Latitudes muito elevadas, nas proximidades dos pólos. 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.

Figura 41.9 – “ASTRO COMPASS” (Agulha Astronômica)



Outro método para seguir uma direção nas Latitudes muito altas é montando uma **Agulha Astronômica**, ou “**astro compass**” (figura 41.9), 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.

Em face da rápida convergência dos meridianos nas proximidades dos pólos, 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.

41.4.2 NAVEGAÇÃO COSTEIRA EM ALTAS LATITUDES

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 do ecobatímetro é essencial. Extrema precaução deve ser observada nos trechos onde a isóbata está interrompida, indicando insuficiência de sondagens.

Uma atenção permanente às indicações do 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.

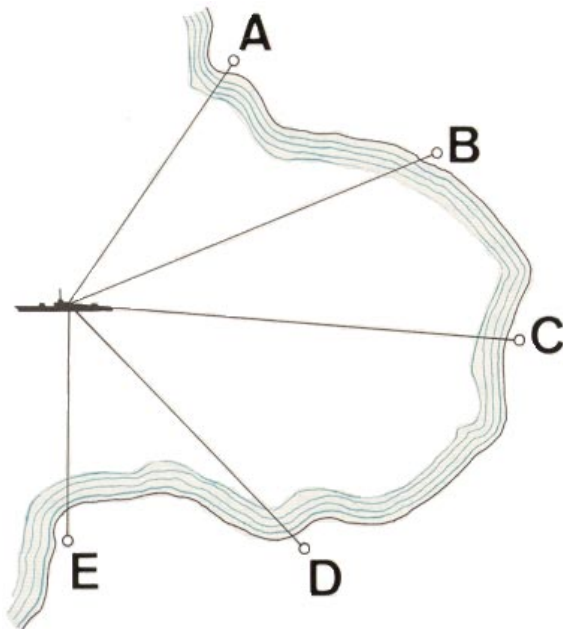
Conhecimento das formações geomorfológicas também pode ser útil. O gradiente de terra freqüentemente proporciona uma indicação do gradiente submerso. Águas rasas são comuns ao largo de ilhas e pontas baixas, mas raras nas proximidades de uma costa alta e abrupta. Por outro lado, pedras submersas são 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 carreado.

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 pontos de terra, etc., pois a temperatura no interior do passadiço será praticamente igual à do ambiente.

Figura 41.10 – Uso de Distâncias Radar



A determinação da posição requer prática e uma atenção especial, além de uma boa plotagem estimada. O radar constitui um ótimo auxílio à navegação. Uma boa regra é usar apenas distâncias radar (figura 41.10). Uma técnica útil, principalmente para o estabelecimento da primeira posição em uma área desconhecida, consiste em preparar um desenho da figura apresentada na PPI, para comparação com a carta náutica, buscando identificar na carta pontos conspícuos no radar. Além disso, é mandatório procurar identificar e localizar, na carta e no radar, picos conspícuos e outros objetos situados avante, de modo que possam ser usados na determinação de posições futuras.

Uma medida recomendada quando usando o radar em presença de gelo é reduzir a potência de irradiação. Isto reduz o alcance mas aumenta a definição (resolução) do gelo, de modo que áreas livres são mais facilmente percebidas. Radares de comprimento de onda mais curto (banda X) também proporcionam melhor resolução.

Para as observações visuais valem as recomendações feitas anteriormente, em especial a necessidade de, quando usando uma Carta de Mercator, corrigir as marcações obtidas da semi-convergência dos meridianos (do mesmo modo que se corrigem as **marcações radiogoniométricas**), antes da plotagem. 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 permanentes, 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.

41.4.3 NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA NA ANTÁRTICA

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 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. Em capítulos anteriores, a importância da **hora** para as observações astronômicas foi 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 pólos, costuma-se manter, nas estações científicas na Antártica, a HMG ou a Hora Legal dos respectivos países.

Outras peculiaridades da Navegação Astronômica em regiões polares são:

a. Observações de Alturas

As melhores posições astronômicas são normalmente obtidas por observações de estrelas nos crepúsculos. À medida que a Latitude aumenta os crepúsculos tornam-se mais longos, proporcionando maior tempo para as observações. Entretanto, com este aumento surgem períodos prolongados nos quais o Sol permanece logo abaixo do horizonte e as estrelas ainda não são visíveis. Durante estes períodos, que nos pólos duram vários dias, observações com o sextante não podem ser efetuadas. Com prática, contudo, as estrelas mais brilhantes podem ser observadas quando o Sol está 2° ou 3° abaixo do horizonte. Ademais, durante estes períodos crepusculares a Lua algumas vezes está acima do horizonte e planetas brilhantes, notadamente Vênus e Júpiter, também podem estar visíveis.

Além do **círculo polar**, o Sol permanece acima do horizonte, sem se pôr, durante parte do verão. A duração desse período aumenta com a Latitude. Durante o período de luz do dia contínua, o Sol desloca-se no céu, alterando seu Azimute cerca de 15° em cada hora. Observações cuidadosas do Sol (ou, melhor ainda, a média de várias observações) a cada 2 horas proporcionam uma série de posições astronômicas de grande utilidade.

Durante a longa noite polar, o Sol não está disponível e o horizonte é, muitas vezes, indistinto. Ainda assim, o extenso período de crepúsculo, uma aurora brilhante e outras fontes de luz polar encurtam o período de escuridão. Ademais, pela adaptação de seus olhos à escuridão, os navegantes experientes conseguem divisar o horizonte e fazer observações de altura com precisão razoável através da noite polar. A Lua Cheia no inverno polar permanece acima do horizonte mais da metade do tempo e alcança alturas maiores que em outras estações, podendo também ser usada para observação.

Além do longo período de escuridão em altas Latitudes, outras condições algumas vezes presentes complicam o problema de definir o horizonte. Durante a luz do dia, o horizonte é freqüentemente obscurecido por cerração baixa, fumaça congelada ("frost smoke") ou queda de neve, embora o Sol possa estar claramente visível. Em outras ocasiões, o próprio gelo amontado no mar impede a definição do horizonte, especialmente para baixas elevações do olho. Ademais, condições extremas de refração anormal não são raras em altas Latitudes, produzindo falsos horizontes e afetando as correções de **refração e depressão do horizonte**, o que reduz a precisão das alturas medidas. Por isso, é recomendável dispor de um **Sextante de Bolha** (com horizonte artificial) nas **regiões polares**.

Na aplicação da correção à altura observada para a depressão do horizonte, deve-se usar a altura do olho do observador acima do gelo no horizonte, em vez da altura sobre a água. A diferença entre os níveis do gelo e da água no horizonte pode ser estimada pela observação da altura do gelo nas proximidades do navio.

Na execução da Navegação Astronômica em regiões polares, é muitas vezes necessário observar astros em baixa altura, o que é normalmente evitado em outras regiões. A utilização de astros em baixas alturas requer cuidados especiais, não só na observação como também na correção das alturas obtidas.

Além disso, a todas as alturas observadas deve ser aplicada a **correção adicional** para **temperatura e pressão**.

Como precaução suplementar, o navegante deve estar sempre atento às condições anormais da refração anteriormente mencionadas, que podem causar erros inaceitáveis nas linhas de posição astronômica.

Se possível, o navegante deve procurar visar várias estrelas, bem distribuídas em Azimute, para minimizar os efeitos dos erros sistemáticos devidos à refração anormal. Deve-se, também, dar preferência às estrelas de maior altura, pois elas são menos afetadas por refração anormal.

b. Cálculo da LDP (Linha de Posição) e Plotagem da Posição Astronômica

O cálculo da LDP astronômica nas regiões polares é virtualmente igual ao realizado em outras áreas.

A plotagem de uma LDP astronômica obtida nas regiões polares é, também, igual à efetuada em outras Latitudes, usando uma **posição assumida** (posição estimada), uma **diferença de altura (Da)** e um **Azimute calculado (Az)**. Se for utilizada uma Carta de Mercator para plotagem da LDP, os erros introduzidos pelo emprego de loxodromias para traçado do **Azimute** (um círculo máximo) e da **LDP** (um círculo menor) são acentuados. Isto pode ser superado pela utilização de uma carta ou folha de plotagem em uma projeção mais favorável (como, por exemplo, a Conforme de Lambert, a Estereográfica ou a Transversa de Mercator).

A figura 41.11 mostra a plotagem de uma posição astronômica em uma Carta de Mercator, pela interseção de uma LDP do Sol e uma LDP da Lua. As linhas pontilhadas mostram o traçado dos **Azimuthes** e das **retas de altura** do modo normal (empregando **loxodromias**). As linhas cheias representam o traçado correto ortodrômico, que deveria ser usado. Pode-se verificar na figura o erro na posição obtida. Na figura 41.12 a mesma posição aparece plotada em uma carta na Projeção Transversa de Mercator. Note que tanto os **Azimuthes** como as **retas de altura** são traçados como linhas retas.

Numa **posição astronômica** obtida por **LDP sucessivas**, o **transporte da LDP** deve ser feito com muito cuidado, em virtude dos problemas, já mencionados, de determinação de direção e distância navegada nas regiões polares. Por causa dos vários erros possíveis, não se deve transportar uma LDP por período maior que 2 horas.

Um método especial de bastante interesse para cálculo e plotagem da LDP astronômica é aplicável quando nos encontramos dentro de 5° do **pólo geográfico**, uma Latitude impossível de ser alcançada por um navio na Antártica. Este método consiste em utilizar o **pólo** como posição assumida (ou posição estimada). Conforme vimos, no **pólo geográfico** o Zênite do observador e o **pólo celeste** coincidem, bem como o **equador** e o

horizonte celeste. Assim, os sistemas de coordenadas baseados nesses dois círculos máximos da Esfera Celeste também coincidem. Desta forma, a **Declinação do astro** é igual à **altura calculada (ae)** e seu **AHG** (Ângulo Horário em Greenwich) igual ao **Azimute**. Então, é possível calcular a **diferença de altura (Da)** e plotar a LDP.

Figura 41.11 – Plotagem da Posição Astronômica em uma Carta de Mercator

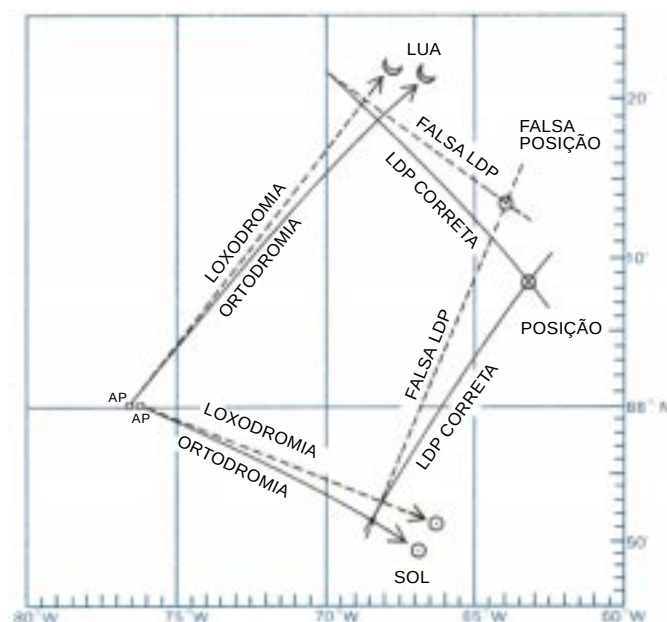
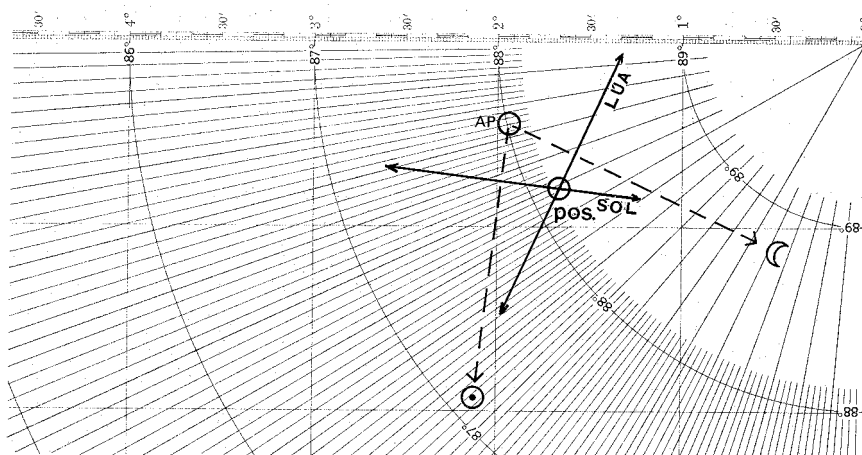


Figura 41.12 – Plotagem da Posição em uma Carta na Projeção Transversa de Mercator



Neste caso, para plotagem da LDP pode ser usada uma Rosa de Manobra, onde a **posição assumida** (ou posição estimada), isto é, o **pólo geográfico**, será o centro da rosa. Uma **diferença de altura (Da)** positiva será plotada ao longo do meridiano superior do astro. Uma **diferença de altura** negativa será plotada na direção oposta, ou seja, sobre o meridiano inferior do astro.

Então, a **altura calculada** (igual à Declinação do astro) e o **Azimute Verdadeiro** (igual ao AHG, ou Longitude do astro) poderão ser calculados pelo Almanaque Náutico.

Na realidade, no **pólo Sul** todas as direções são **norte** e, assim, o Azimute não tem significado. As linhas que se irradiam do pólo, de modo semelhante às linhas de Azimute em Latitudes moderadas, são meridianos. Portanto, em lugar do Azimute, utiliza-se o **AHG**, pois este indica qual a “direção” (Longitude) em que está o astro, a partir do pólo.

Para plotar um **reta de altura** por este método, entre no Almanaque Náutico com a HMG da observação e calcule a **Declinação** e o **AHG** do astro. Usando a Declinação como **altura calculada (ae)** compare-a com a **altura verdadeira (a)** e determine a **diferença de altura** ($D_a = a - ae$). Se $D_a > 0$, plote a **diferença de altura**, a partir do **pólo** (centro da Rosa de Manobra), sobre o meridiano indicado pelo AHG. Se $D_a < 0$, a **diferença de altura** deve ser medida sobre o meridiano 180° defasado do meridiano indicado pelo AHG. A partir do **ponto determinativo** assim encontrado, a **reta de altura** deve ser traçada na perpendicular ao meridiano. Para Latitudes muito elevadas ($j \approx 87,5^\circ$) e para astros com alturas relativamente pequenas (como o Sol, Lua e planetas) o método apresenta boa precisão, especialmente quando o navio está próximo do meridiano do ponto subastral (posição geográfica-GP) do astro, ou sua recíproca.

EXEMPLOS:

1. No dia 09 de setembro de 1993, na posição estimada Latitude $87^\circ 40' N$, Longitude $099^\circ 20' E$, foram obtidas as seguintes alturas (com um sextante náutico normal):

HMG	ASTRO	ALTURA INSTRUMENTAL
$10^h 05^m 21^s$	SOL (LIMBO INFERIOR)	$05^\circ 59,2'$
$10^h 11^m 30^s$	LUA (LIMBO INFERIOR)	$18^\circ 47,1'$

Dados adicionais:

- Elevação do olho do observador: 6,0 metros
- Espessura do gelo: 1,0 metro (acima da superfície do mar)
- Rumo e velocidade: navio parado
- Temperatura: $-10^\circ C$; Pressão: 990 mb
- Erro instrumental: $+ 0,5'$

Calcular as retas de altura, plotar a posição astronômica obtida (usando o **pólo Norte** como **posição assumida – AP**) e determinar as coordenadas geográficas da posição.

SOLUÇÃO:

- Cálculo das coordenadas horárias (AHG e Dec) dos astros visados:

HMG	SOL			HMG	LUA		
	AHG	Dec	d		AHG	v	Dec d
HMG = 10^h	$330^\circ 40,3'$	$05^\circ 14,2' N$ ($- 0,9'$)		HMG = 10^h	$60^\circ 54,8' (+9,3')$		$21^\circ 54,2' N (- 0,1')$
Incremento $05^m 21^s$	$1^\circ 20,3'$			Incremento $11^m 30^s$	$2^\circ 44,6'$		
Correção v ou d		$- 0,1'$			$+1,8'$		$0,0'$
$10^h 05^m 21^s$	$332^\circ 00,6'$	$05^\circ 14,1' N$		$10^h 11^m 30^s$	$63^\circ 41,2'$		$21^\circ 54,2' N$

– Cálculo das alturas verdadeiras:

ELEMENTO	SOL (LI)	LUA (LI)
ai	05° 59,2'	18° 47,1'
ei	+ 0,5'	+ 0,5'
dp ap (5,0 m)	– 3,9'	– 3,9'
c	+ 7,5'	+ 1° 2,4'
c' (HP 56,2)	–	+ 3,1'
c" (t,p)	– 0,6'	– 0,2'
a	06° 02,7'	19° 49,0'

NOTA: Para o cálculo da **depressão do horizonte (dp ap)**, utilizou-se uma elevação de 5,0 m, correspondente à altura do olho do observador (6,0 m) menos a espessura do gelo (1,0 m).

– Cálculo dos elementos determinativos das retas de altura (usando o **pólo Norte** como **posição assumida**):

ELEMENTO	SOL	LUA
a	06° 02,7'	19° 49,0'
ae (Dec)	05° 14,1'	21° 54,2'
Da	+48,6'	– 2° 05,2' = – 125,2'
Az (Long)	027° 59,4' (E)	063° 41,2' (W)

– Plotagem da posição astronômica:

Ver a figura 41.13.

– Coordenadas geográficas da posição astronômica:

Latitude 87° 48,0' N, Longitude 096° 10,0' E.

2. No dia 08 de novembro de 1993, o ônibus espacial “Discovery” sofreu uma avaria nos seus três sistemas redundantes de controle e nos sistemas de navegação e comunicações, sendo obrigado a tentar um pouso de emergência na Antártica, fora do alcance de qualquer estação de acompanhamento. A aterrissagem foi feita com êxito, em uma seção nivelada do planalto antártico (figura 41.14). O EPIRB–satélite também sofreu avaria, ficando impossibilitado de operar. Embora tenha certeza que o “mayday” transmitido antes do colapso das comunicações foi recebido, o navegador também sabe que a busca a ser efetuada terá pouca probabilidade de êxito sem um “datum” inicial. Estima-se que há energia suficiente nas baterias do transmissor de emergência para uma emissão de 20 segundos, a uma temperatura de –30° C. Assim, decide-se primeiro determinar a posição. Então, com o sextante de bolha do “kit” de emergência da nave, são obtidas as seguintes **alturas verdadeiras** do Sol (já incorporando todas as correções pertinentes):

Figura 41.13 – Plotagem da Posição Astronômica

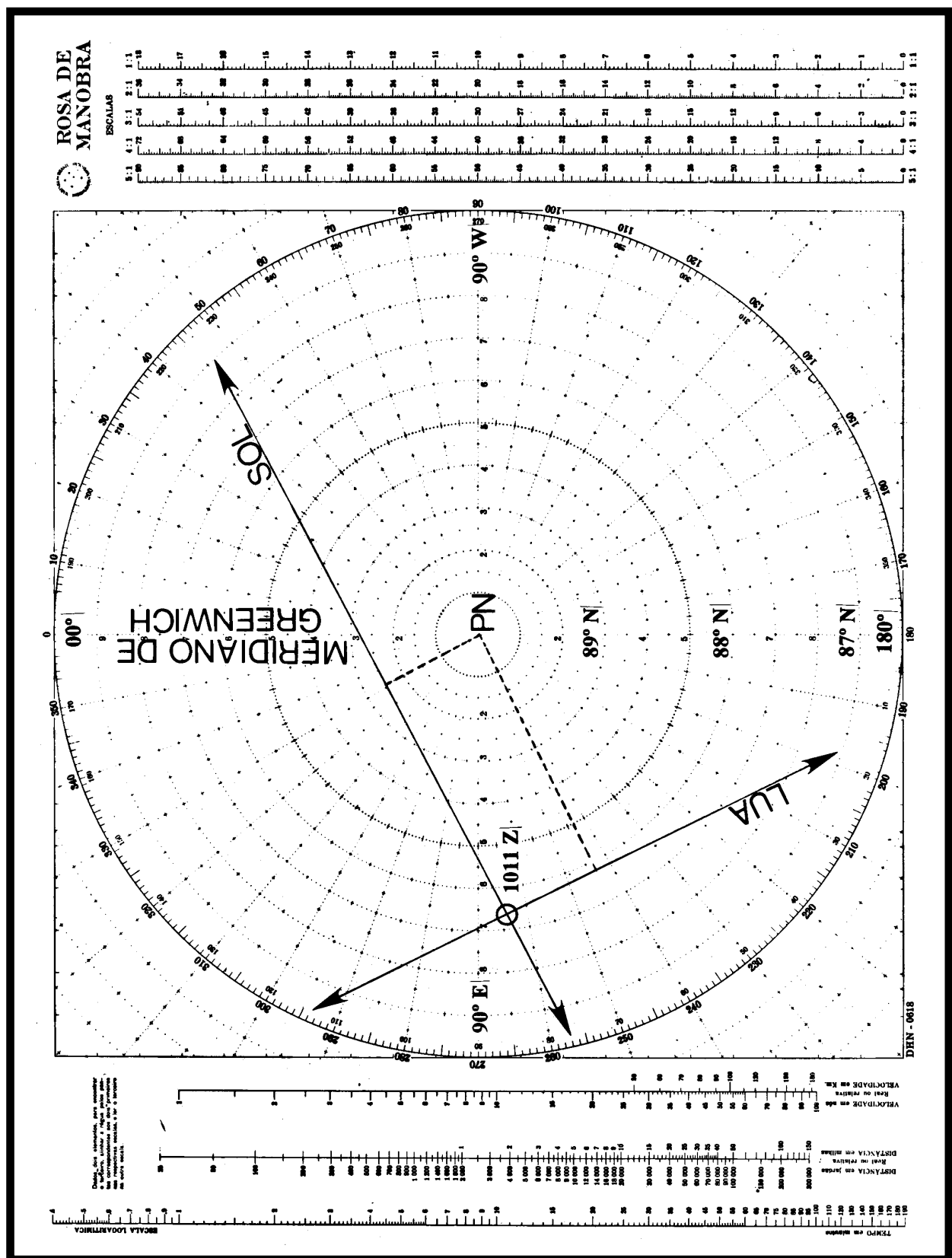
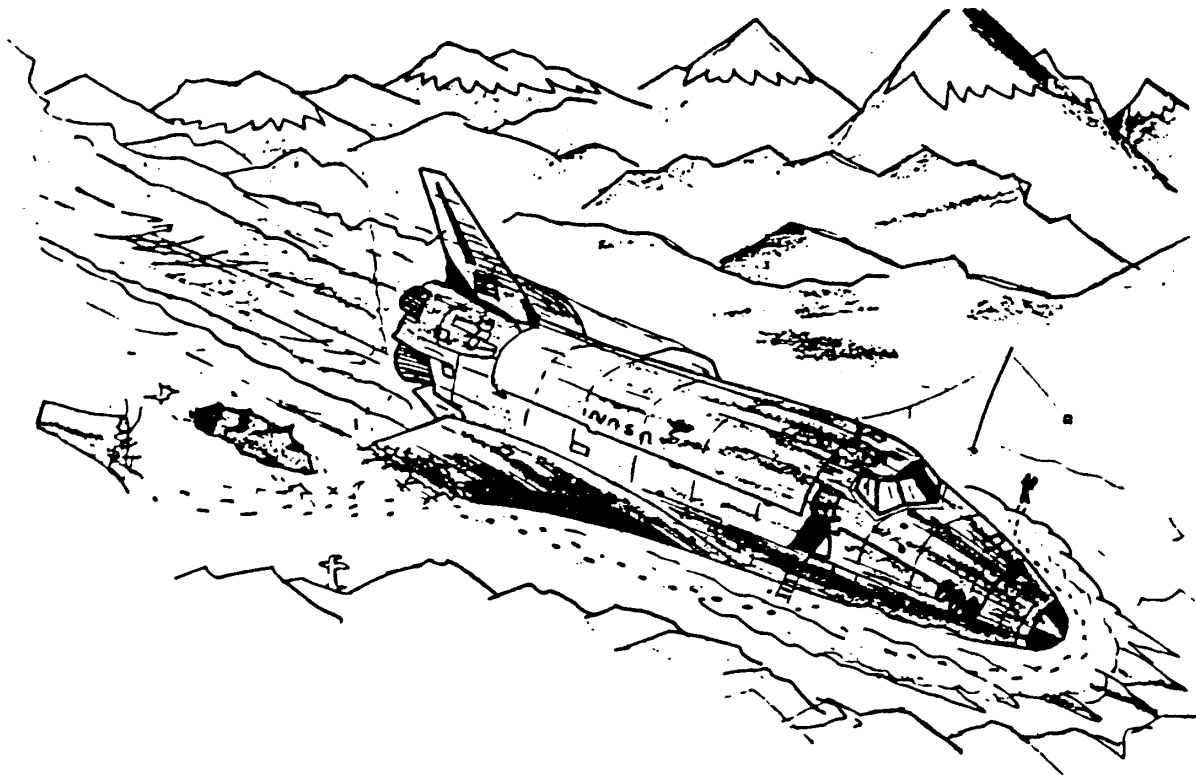


Figura 41.14



HMG (Z)	ALTURA VERDADEIRA (a)
10 ^h 02 ^m 12 ^s	14° 48,9'
11 ^h 14 ^m 16 ^s	15° 05,3'
12 ^h 21 ^m 22 ^s	15° 30,6'

Calcular, plotar e determinar as coordenadas geográficas da posição astronômica, usando o **pólo Sul** como **posição assumida (AP)**.

SOLUÇÃO:

– Cálculo das coordenadas horárias (AHG e Dec) do Sol:

HMG	AHG	Dec	d	HMG	AHG	Dec	d	HMG	AHG	Dec	d
HMG = 10 ^h	334° 03,3'	16° 37,9'S (+0,7')		HMG = 11 ^h	349° 03,3'	16° 38,6'S (+0,7')		HMG = 12 ^h	004° 03,3'	16° 39,3'S (+0,7')	
Inc. 02 ^m 12 ^s	00° 33,0'			Inc. 14 ^m 16 ^s	03° 34,0'			Inc. 21 ^m 22 ^s	05° 20,5'		
Correção d		+ 0,0'		Correção d		+ 0,2'		Correção d		+ 0,3'	
10 ^h 02 ^m 12 ^s	334° 36,3'	16° 37,9'S		11 ^h 14 ^m 16 ^s	352° 37,3'	16° 38,8'S		12 ^h 21 ^m 22 ^s	009° 23,8'	16° 39,6'S	

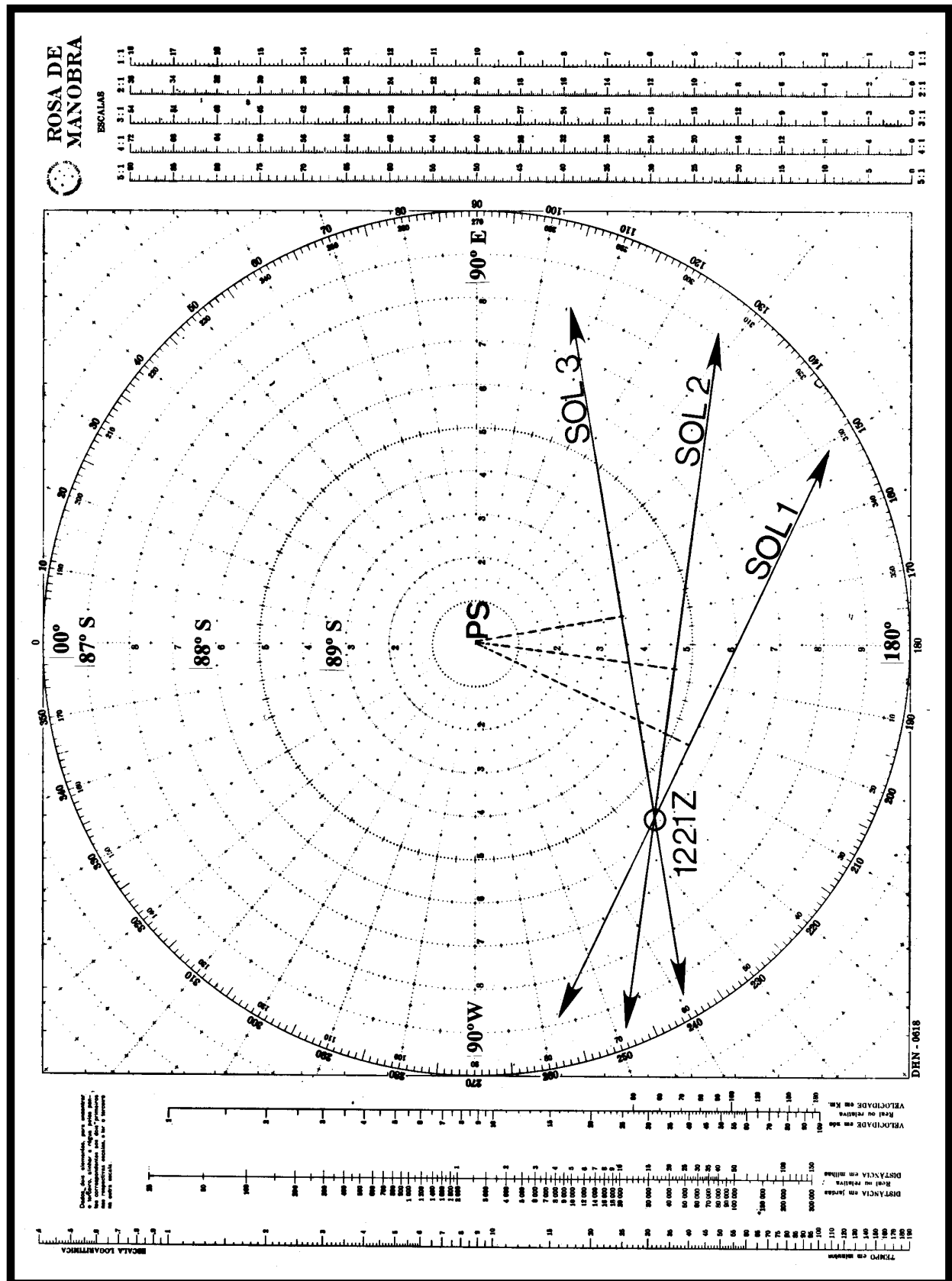
– Cálculo dos elementos determinativos das retas de altura, usando o **pólo Sul** como **posição assumida**:

ELEMENTO	SOL (1)	SOL (2)	SOL (3)
a	14° 48,9'	15° 05,3'	15° 30,6'
ae (Dec)	16° 37,9'	16° 38,8'	16° 39,6'
Da	– 1° 49,0'	– 1° 33,5'	– 1° 09,0'
Az (Long)	025° 23,7' (E)	007° 22,7' (E)	009° 23,8' (W)

– Plotagem da posição astronômica:

Ver a figura 41.15.

Figura 41.15 – Plotagem da Posição Astronômica



– Coordenadas da posição astronômica:

Latitude 88° 06,0' S, Longitude 137° 05,5' W.

c. Cálculo do Nascer e do Pôr-do-Sol, Duração dos Crepúsculos e Número de Horas da Luz Diurna

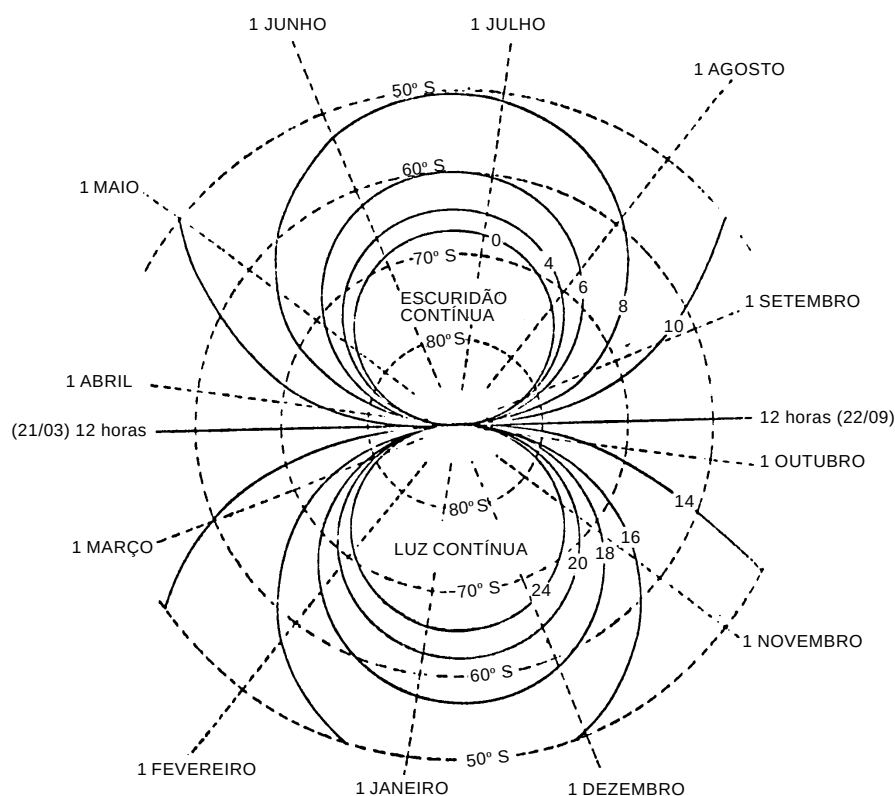
Nas regiões polares, o nascer e o pôr-do-Sol e os crepúsculos não têm o mesmo significado que em Latitudes menores. No pólo, a mudança de altura de um astro resulta apenas de uma mudança de sua Declinação. Como a razão de variação máxima da Declinação do Sol é de cerca de 1' por hora e o diâmetro do 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 41.16, por exemplo, fornece, para qualquer data do ano, as horas de luz diurna, para Latitudes de 50° S a 90° S. As linhas radiais tracejadas representam as **datas**; os círculos concêntricos tracejados representam as **Latitudes**; os círculos em linha cheia indicam o **número de horas em que o Sol estará acima do horizonte** durante um período de 24 horas.

Figura 41.16 – Horas de Luz Diurna: Latitudes de 50° S a 90° S



Utilizando este gráfico pode-se obter o número de horas de luz diurna, ao longo do ano, na Estação Antártica Comandante Ferraz (j 62° 05,0' S , l 058° 23,5' W):

DATA	HORAS DE LUZ DIURNA	DATA	HORAS DE LUZ DIURNA
01/janeiro	20 horas	01/julho	05 horas
01/fevereiro	17 horas	01/agosto	07 horas
01/março	14 horas	01/setembro	10 horas
21/março	12 horas	22/setembro	12 horas
01/abril	11 horas	01/outubro	13 horas
01/maio	08 horas	01/novembro	16 horas
01/junho	06 horas	01/dezembro	19 horas
21/junho	05 horas	21/dezembro	20 horas

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 : + 3^h) do nascer e do pôr-do-Sol na Estação Antártica Comandante Ferraz, no dia 01/03/1993.

SOLUÇÃO:

– O gráfico da figura 41.16 nos informa que, na Estação Antártica Comandante Ferraz, 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) = 12^h 12^m

Semiduração da luz do Sol = 07^h

HML (nascer do Sol) = 05^h 12^m

Long 058° 23,5' W = 03^h 54^m W

HMG (nascer do Sol) = 09^h 06^m

Fuso horário = 03^h (P)

Hleg (nascer do Sol) = 06^h 06^m

– Para a Hleg do pôr-do-Sol:

HML (passagem meridiana) = 12^h 12^m

Semiduração da luz do Sol = 07^h

HML (pôr-do-Sol) = 19^h 12^m

Long 058° 23,5' W = 03^h 54^m W

HMG (pôr-do-Sol) = 23^h 06^m

Fuso horário = 03^h

Hleg (pôr-do-Sol) = 20^h 06^m

Os gráficos das figuras 41.17 e 41.18 (a) e (b), preparados pelo U.S. Naval Observatory, além do número de horas de luz diurna e das horas do nascer e pôr-do-Sol,

permitem, também, determinar a hora do início/término e a duração do crepúsculo civil e crepúsculo náutico, para Latitudes de 60° S a 90° S.

Figura 41.17 – Semiduração da Luz do Sol

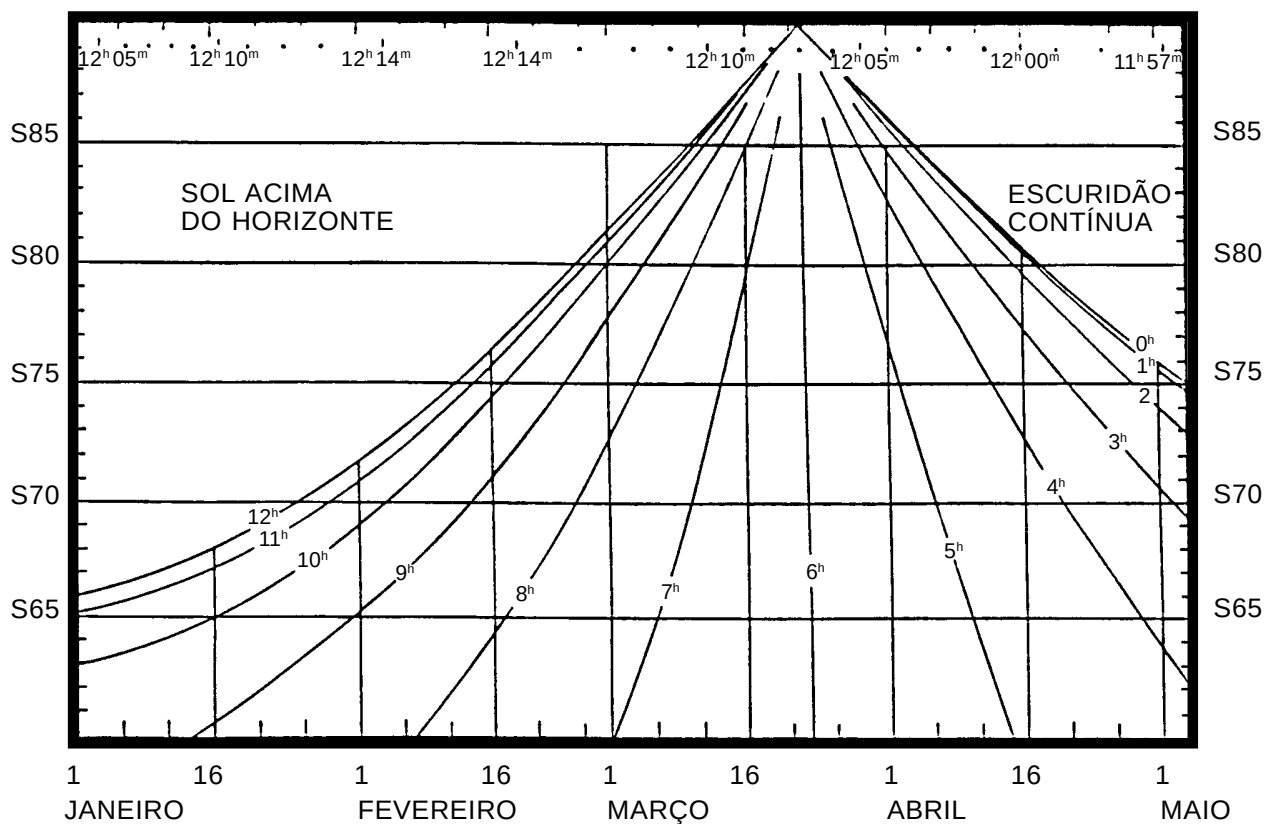


Figura 41.18a – Duração do Crepúsculo Civil

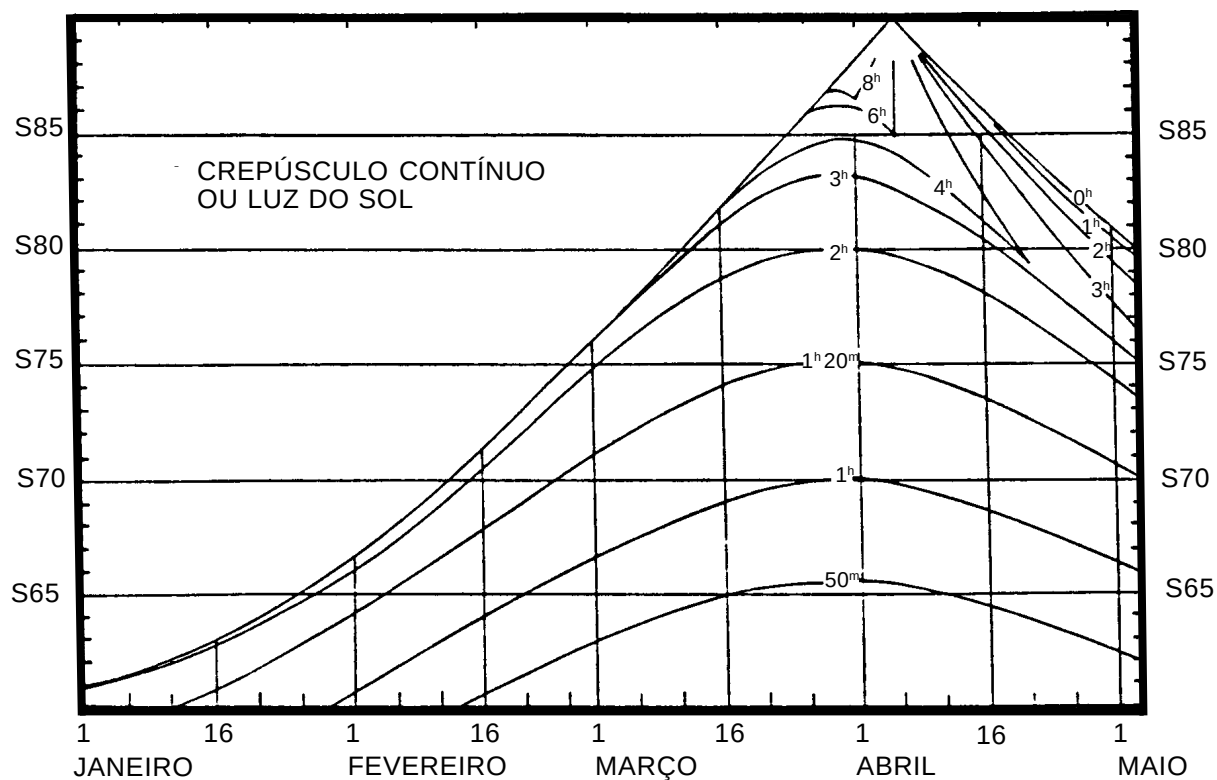
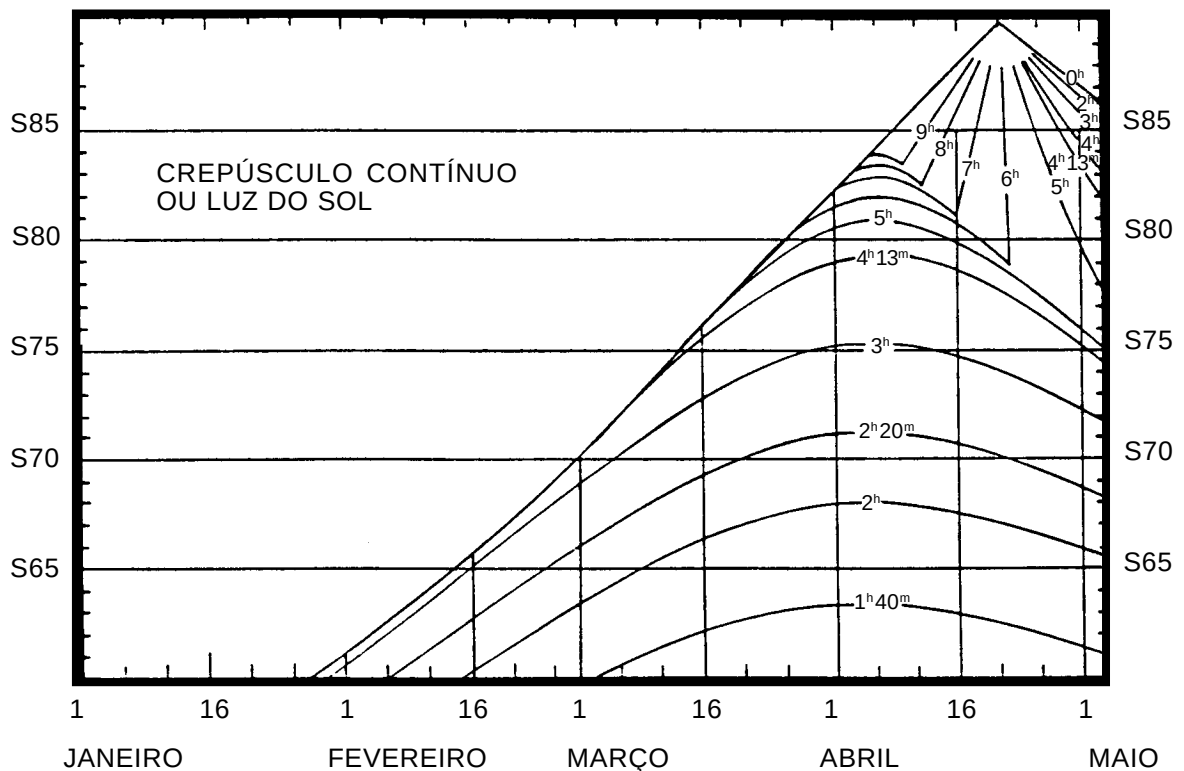


Figura 41.18b – Duração do Crepúsculo Náutico


O gráfico SEMIDURAÇÃO DA LUZ DO SOL (figura 41.17) fornece, para Latitudes ao sul de 60°, o número de horas decorridas entre o nascer do Sol e a passagem meridiana, ou entre a passagem meridiana e o pôr-do-Sol. Há luz do Sol contínua na área marcada SOL ACIMA DO HORIZONTE.

Os números na parte de cima do gráfico indicam a Hora Média Local (HML) da passagem meridiana do Sol para diversas datas. Com o auxílio dos pontos intermediários, a HML da passagem meridiana para qualquer dia pode ser obtida, até o minuto mais próximo.

As HML do nascer e do pôr-do-Sol podem ser determinadas, respectivamente, subtraindo-se e somando-se à HML da passagem meridiana a semiduração da luz do Sol. Em seguida, as HML obtidas podem ser transformadas em HORA LEGAL.

EXEMPLO:

Calcular a Hleg (nascer do Sol), a Hleg (pôr-do-Sol) e a Hleg (passagem meridiana do Sol), no dia 16/01/93, na posição Latitude 67° S, Longitude 041° W, para o fuso PAPA (+3^h).

SOLUÇÃO:

a) HML (passagem meridiana):	12 ^h 10 ^m	(figura 41.17)
semiduração da luz do Sol	11 ^h	(figura 41.17)
b) HML (nascer do Sol):	01 ^h 10 ^m	
c) HML (pôr-do-Sol):	23 ^h 10 ^m	
d) HML (nascer do Sol):	01 ^h 10 ^m	
Longitude:	02 ^h 44 ^m	W
HMG (nascer do Sol):	03 ^h 54 ^m	Z
fuso:	03 ^h	(P)
Hleg (nascer do Sol):	00 ^h 54 ^m	P

e) HML (pôr-do-Sol):	23 ^h 10 ^m		
Longitude:	02 ^h 44 ^m	W	
HMG (pôr-do-Sol):	01 ^h 54 ^m	Z	(dia seguinte)
fuso:	03 ^h	(P)	
Hleg (pôr-do-Sol):	22 ^h 54 ^m	P	
f) HML (passagem meridiana):	12 ^h 10 ^m		
Longitude:	02 ^h 44 ^m	W	
HMG (passagem meridiana):	14 ^h 54 ^m	Z	
fuso:	03 ^h	(P)	
Hleg (passagem meridiana):	11 ^h 54 ^m	P	

Os outros dois gráficos (figuras 41.18 (a) e (b)) fornecem a DURAÇÃO DO CREPÚSCULO CIVIL, matutino e vespertino (respectivamente, o intervalo de tempo entre o instante em que o centro do Sol está 6° abaixo do horizonte e o nascer do Sol, e o intervalo de tempo entre o pôr-do-Sol e o instante em que o centro do Sol está 6° abaixo do horizonte), e a DURAÇÃO DO CREPÚSCULO NÁUTICO, matutino e vespertino (respectivamente, o intervalo de tempo entre o instante em que o centro do Sol está 12° abaixo do horizonte e o nascer do Sol, e o intervalo de tempo entre o pôr-do-Sol e o instante em que o centro do Sol está 12° abaixo do horizonte).

No gráfico da figura 41.18 a, na região marcada “CREPÚSCULO CONTÍNUO OU LUZ DO SOL” o Sol nunca passa de 6° abaixo do horizonte. No gráfico da figura 41.18 b, na área supracitada o Sol nunca passa de 12° abaixo do horizonte.

EXEMPLO:

Calcular a DURAÇÃO DO CREPÚSCULO CIVIL e do CREPÚSCULO NÁUTICO e a Hora Legal (fuso PAPA) do início do crepúsculo matutino (civil e náutico) e do término do crepúsculo vespertino (civil e náutico), na Estação Antártica Comandante Ferraz, no dia 20/01/93.

SOLUÇÃO:

a) 20/01/93 -	HML (passagem meridiana) = 12 ^h 11 ^m (figura 41.17)
	Semiduração da luz do Sol = 09 ^h (figura 41.17)
	HML (nascer do Sol) = 03 ^h 11 ^m
	Longitude = 03 ^h 54 ^m W
	HMG (nascer do Sol) = 07 ^h 05 ^m
	Fuso = 03 ^h (P)
	Hleg (nascer do Sol) = 04 ^h 05 ^m

b)	Hleg (nascer do Sol) = 04 ^h 05 ^m
	Duração do crepúsculo civil = 01 ^h 20 ^m (figura 41.18 a)
	Hleg (início crep. civil matutino) = 02 ^h 45 ^m

c) Duração do crepúsculo náutico matutino: Crepúsculo contínuo (Sol não chega a alcançar 12° abaixo do horizonte), conforme indicado na figura 41.18 b.

d)	HML (passagem meridiana) = 12 ^h 11 ^m
	Semiduração da luz do Sol = 09 ^h
	HML (pôr-do-Sol) = 21 ^h 11 ^m
	Longitude = 03 ^h 54 ^m W
	HMG (pôr-do-Sol) = 01 ^h 05 ^m (dia seguinte)

$$\begin{array}{rcl} \text{HMG (pôr-do-Sol)} & = & 01^{\text{h}} 05^{\text{m}} \text{ (dia seguinte)} \\ \text{Fuso} & = & 03^{\text{h}} \text{ (P)} \\ \hline \text{Hleg (pôr-do-Sol)} & = & 22^{\text{h}} 05^{\text{m}} \end{array}$$

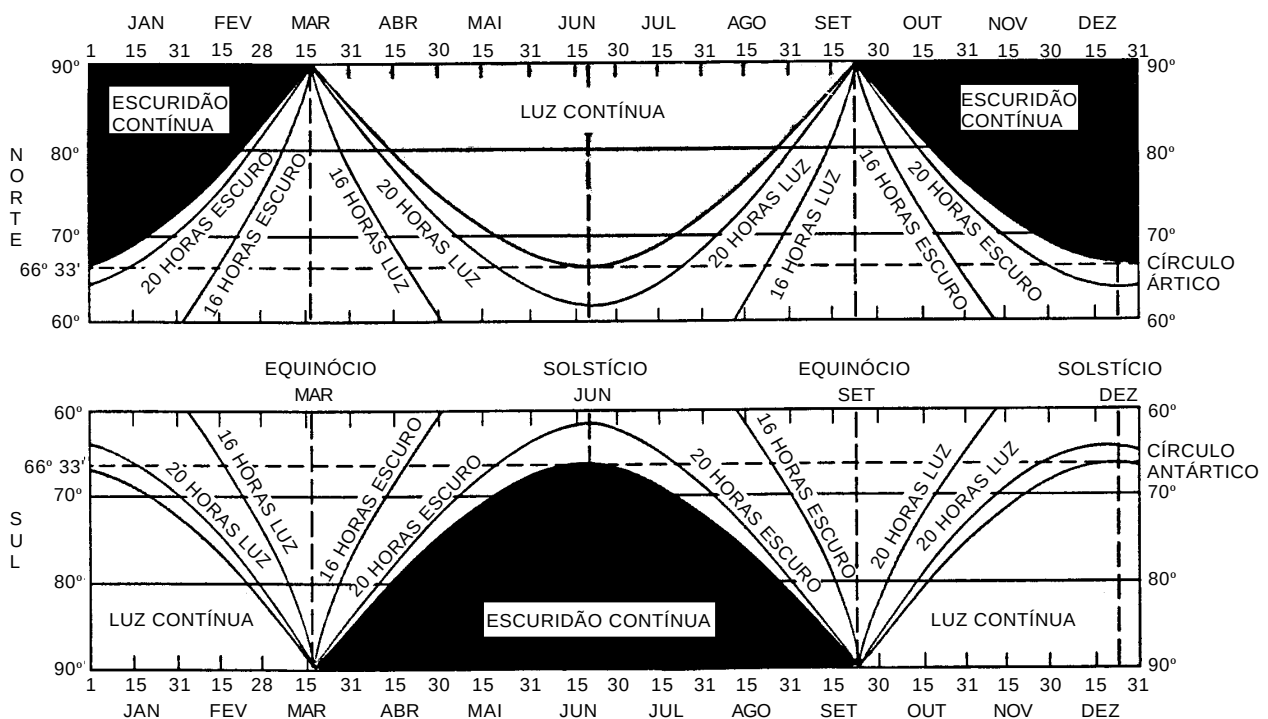
e)

$$\begin{array}{rcl} \text{Hleg (pôr-do-Sol)} & = & 22^{\text{h}} 05^{\text{m}} \\ \text{Duração do crepúsculo civil} & = & 01^{\text{h}} 20^{\text{m}} \\ \hline \text{Hleg (término crep. civil vespertino)} & = & 23^{\text{h}} 25^{\text{m}} \end{array}$$

f) Duração do crepúsculo náutico vespertino: Crepúsculo contínuo (figura 41.18 b).

O gráfico da figura 41.19 também informa o número de horas de luz diurna/escuridão nas regiões polares ao longo do ano. No Círculo Polar Antártico (Latitude 66° 33' S), por exemplo, têm-se cerca de 20 horas de escuridão por dia, na data de 15 de maio.

Figura 41.19 – Duração da Luz do Dia (60° a 90°)



41.5 SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA

41.5.1 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 14.000.000 km²) são cobertos por uma espessa calota de gelo, cujo volume total é estimado em 30.000.000 km³ de gelo. A espessura média deste manto de gelo é de 2.120 m; a máxima espessura encontrada é de 4.776 m. Se a calota de gelo antártico derreter, o nível médio dos mares aumentará de 60 m a 65 m.

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 2 m por ano e, na periferia, de até 2 km 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 540.000 km² (ou seja, quase o tamanho do Estado da Bahia). Outra importante plataforma de gelo é a Plataforma de Larsen (no Mar de Weddell), ligada à parte leste da península antártica.

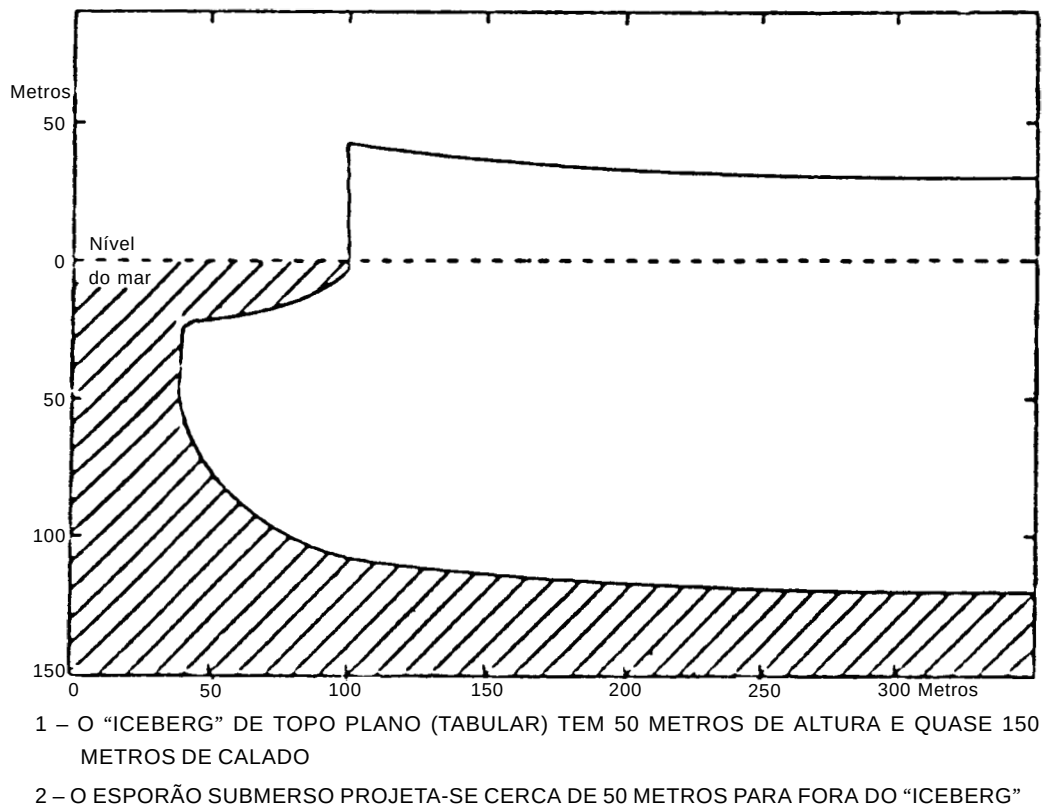
“Icebergs” são formados constantemente a partir dessas plataformas de gelo. A ação das vagas e o solapamento por baixo enfraquecem as seções que se projetam, até que estas finalmente se quebram e se desgarram, passando a flutuar no mar como “icebergs”. Correntes e ventos, então, carregam estes blocos 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 têm, 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, freqüentemente aríetes e pontas submersas projetam-se dos “icebergs” (figura 41.20), trazendo perigo a qualquer navio próximo. Além disso, os “icebergs” às vezes emborcam 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 têm 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.

Figura 41.20 – Corte Vertical de “Iceberg” Tabular com Esporão Submerso

“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 sedimentos 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 334 km de comprimento e 96 km de largura.

Em 1994, cerca de 4.500 km² 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 60 km de comprimento por 10 km 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 295 km de extensão e 37 km de largura, com uma área de quase 11.000 km², e se desprende 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 600 km da Terra do Fogo, tendo 77 km de comprimento e 38 km de largura, com uma área de 2.926 km². Esse iceberg tinha 75 metros de altura e um calado de cerca de 300 metros, e se deslocava a 15 km/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 150 km de comprimento por 70 km de largura.

* Os “icebergs” recebem a designação alfanumérica para indicar sua origem: a letra **B**, por exemplo, indica o quadrante antártico de onde se desprende (no caso, as geleiras Thwaite, no Mar de Amundsen); o número **10** indica que é o décimo “iceberg” identificado naquela região; a letra **A** mostra que se formou de um outro “iceberg” (B-10).

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 5 m de altura e de 6 m a 30 m 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 amontado (gelo de pressão). Quando originado de gelo marinho (“sea ice”) denomina-se “FLOEBERG”.

– GROWLER – pedaço de gelo de glaciário (de água doce) flutuante, de 2 m a 6 m 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 2 m de extensão (fragmentos de gelo de menos de 2 m 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 formar-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 35 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 resfriada 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 5 m a 6 m de espessura.

O gelo marinho, depois de um rápido crescimento inicial (7,5 a 10 cm 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 60 cm 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 comprimidos pela ação das ondas; as ondas se atenuam (“grease ice”);
- formam-se pequenas panquecas (“pancake ice”) de 20 a 50 cm de diâmetro;
- cristais de gelo sobem nas panquecas por ação das ondas (“pancake” + “frazil”), formando flocos de 3 a 5 m de diâmetro e 0,5 m 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 o 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 véllicas e 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).

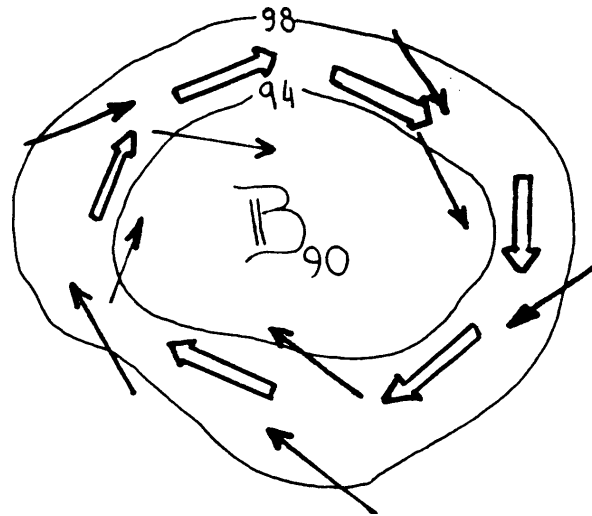
O movimento do gelo marinho (“ice drift”) é diretamente dependente do vento, sendo também afetado pelas **correntes marítimas** (causadas pelo vento ou por movimentos compensatórios das massas de água). Embora ventos e correntes de maré locais possam causar compactação ou rarefação de gelo localizadas, 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 (figura 41.21).

Na Antártica, uma grande disparidade nas condições do gelo (“ice conditions”) ocorre de uma estação do ano para outra (variação sazonal). Em virtude 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”

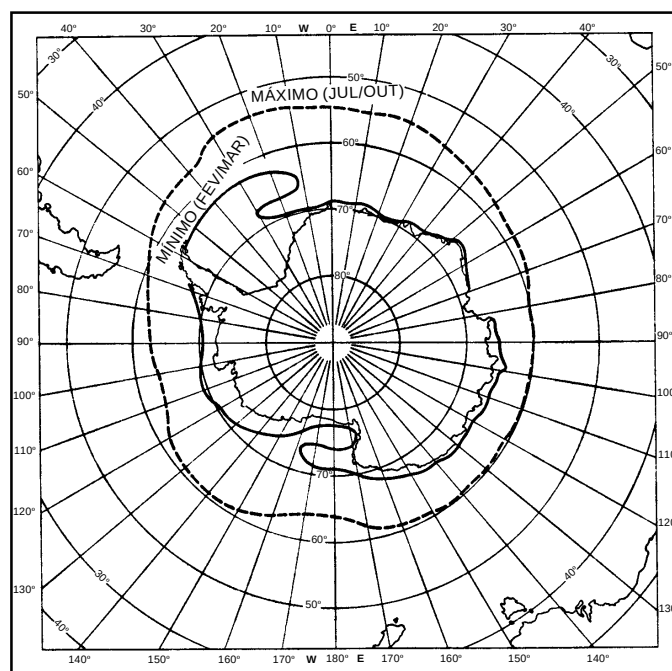
segue uma linha reta e regular. Existem baías profundas, projeções e línguas de gelo infiltrando-se por milhas para dentro e para fora do corpo principal do “pack ice”.

Figura 41.21 – Deriva do Gelo Causada pelo Vento no Hemisfério Sul



- GIRO DO VENTO EM TORNO DE UMA BAIXA NO HEMISFÉRIO SUL (ÂNGULO DE 10° A 20° COM AS ISÓBARAS).
 ⇨ DERIVA DO GELO (“ICE DRIFT”) CAUSADA PELO VENTO (PARALELA ÀS ISÓBARAS, COM VELOCIDADE DE CERCA DE 1/50 DA INTENSIDADE DO VENTO).

Figura 41.22 – Valores Médios da Extensão Máxima e Mínima do Gelo Marinho Antártico



A borda do “pack ice” estende-se o 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 (figura 41.22). 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 como 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).

– CONCENTRAÇÃO E TAMANHO DO GELO MARINHO

(a) CONCENTRAÇÃO – razão entre a **área de água coberta por gelo** e a área total observada. **Medida em décimos.**

DENOMINAÇÃO	DÉCIMOS COBERTOS POR GELO
ICE FREE	não há
OPEN WATER	menos que 1/10
VERY OPEN PACK	1/10 a 3/10
OPEN PACK	4/10 a 6/10
CLOSE PACK	7/10 a 8/10
VERY CLOSE PACK	9/10
COMPACT PACK	10/10

(b) TAMANHO DO GELO MARINHO –extensão linear do eixo maior do flocos individuais.

BRASH	♢	menor que 2 metros
SMALL ICE CAKES	♢	menor que 2 metros
ICE CAKES	♢	de 2 a 10 metros
SMALL FLOES	♢	de 10 a 200 metros
MEDIUM FLOES	♢	de 200 a 1.000 metros
BIG FLOES	♢	de 1 a 10 quilômetros
VAST FLOES	♢	maior que 5 milhas (10 km)

41.5.2 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 mossas 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 leme 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 o gelo, deve ser instalado um fiel para cada leme, constituído por uma seção de amarra pendente da popa e presa na saia 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, “cofferdams”) 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.

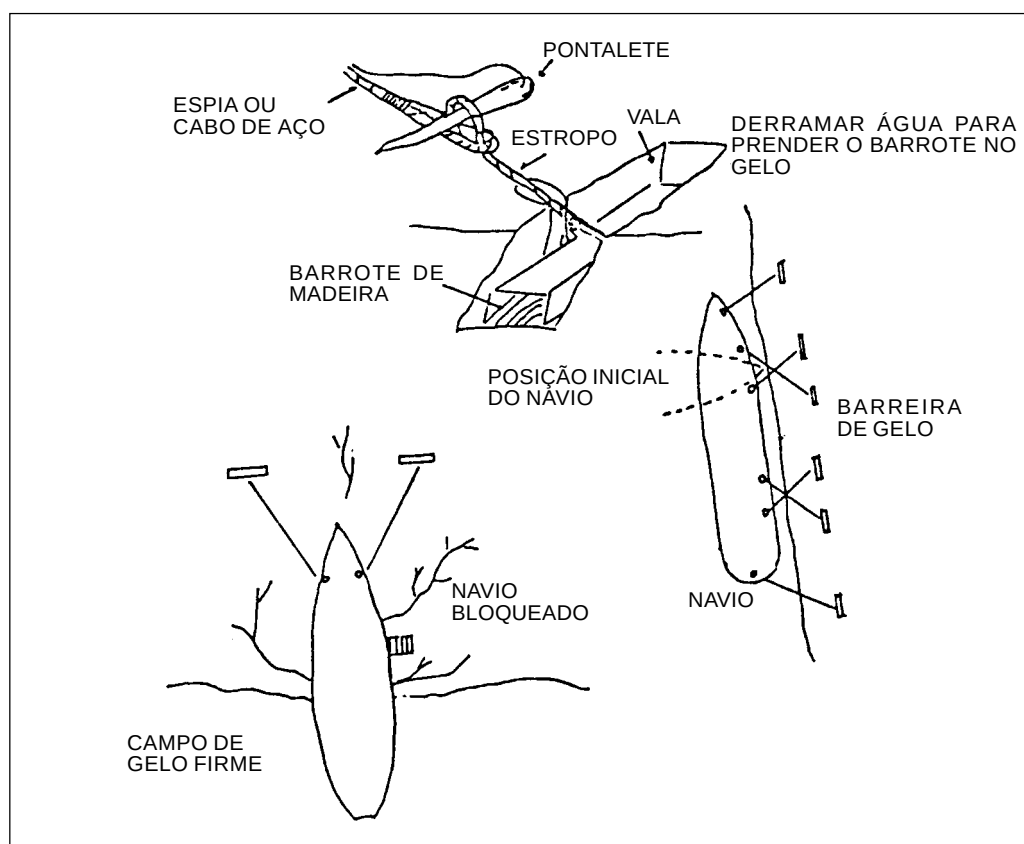
(d) MATERIAL SUPLEMENTAR DE CAV – leve material para tamponamento, bujonamento, escoramento e outros materiais para fazer reparos temporários de furos e vazamentos. Este material consiste de toras de madeira, escoras, pranchões e pedaços de chapa de várias formas e tamanhos, para remendos ocasionais. Ademais, leve também uma quantidade grande de grampos, parafusos, porcas e arruelas de vários tamanhos, lona, 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 por 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 adequado 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 (figura 41.23):

- Estacas ou toras de madeira de 2 m a 4 m 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 2 m 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).

Figura 41.23 – Amarração do Navio ao “PACK-ICE” ou a Barreira de Gelo



(e) CARGA, MATERIAL DE RANCHO, ITENS DE VESTUÁRIO, REMÉDIOS

– nenhuma carga deve ser 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 do 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 maquinária e os equipamentos de convés estiverem cobertos por capas de lona, estas devem ser removidas freqüentemente 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, diminuam 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.

41.5.3 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. Na dúvida, entretanto, é preferível deixar o “iceberg” a sotavento.

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 (“berg 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 45° para a esquerda com respeito à direção do vento. Já os campos de gelo marinho derivam, conforme visto, geralmente por efeito 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” (témpanos) 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 témpano parado em frente, pois existem possibilidades de haver um alto-fundo, uma restinga ou uma cadeia de recifes (onde o témpano está encalhado) entre ele e a costa;
- uma costa livre de glaciares, à qual estão agregados muitos témpanos, normalmente é uma **costa profunda**, livre de perigos;
- uma acumulação de témpanos 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 témpanos 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 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 $-1,1^{\circ}\text{C}$ 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 leme, recomendam que o NAVIO TENHA TRIM DE POPA (cerca de 3 pés de TRIM DE POPA).

Quando se avista gelo no mar pela primeira vez, normalmente o “pack ice” aparece como uma cobertura total, contínua e impenetrável. Logo, entretanto, descobre-se que o “pack ice” é formado não de uma camada contínua, mas sim de peças separadas, entre as quais pode ser possível o navio passar.

Com um **vento fresco soprando da costa**, pequenos flocos de gelo marinho tendem a acelerar mais que os flocos maiores. Como resultado, o surgimento de fragmentos isolados de gelo indicam o aumento gradual da concentração, antecipando a presença de flocos maiores e da borda do “pack ice” adiante. Por outro lado, um período razoável de **vento na direção da costa** (vento soprando do mar para a costa) traz como resultado uma borda definida de gelo pesadamente concentrado adiante. Nestas condições, blocos grandes e isolados também são prováveis de aparecerem no radar do navio.

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 de 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 “bandejeões” pequenos e separados.

A **borda do gelo** não é uma linha reta e contínua. Em vez disso, ela consiste de muitas saliências e reentrâncias na sua periferia. Entre numa reentrância, para proteger-se do mar. Prossiga através do “pack ice”, evitando choques com os flocos de gelo, em baixa velocidade e em zigue-zague, mesmo que o progresso não seja na direção geral da sua derrota, até que o efeito do gelo marinho tenha acalmado a superfície do mar.

Então, um rumo mais direto pode ser tomado, mas sempre adotando a premissa que é melhor proceder através de água livre de gelo, mesmo que seguindo um caminho mais longo, do que navegar mais diretamente através de gelo concentrado.

Dentro do “pack ice”, a menor distância entre dois pontos não é, normalmente, o melhor caminho entre eles. Devem ser selecionadas aberturas e áreas livres no gelo por onde navegar, mesmo que elas não estejam sobre o rumo base da derrota prevista.

Entretanto, este procedimento deve ser adotado com cuidado, pois pode levar o navio a navegar em círculos, sem progredir, ou mesmo progredir na direção contrária à da destinação pretendida. Por esta razão, uma boa regra é não seguir aberturas ou áreas livres que divirjam de mais de 45° do rumo base da derrota.

Nunca entre no “pack ice” quando houver pressão ou quando os flocos estiverem fechando rapidamente em torno deles mesmos. Se as condições forem desfavoráveis para a entrada no gelo, devido à elevada concentração ou ao mau estado do mar, é melhor esperar a mudança das condições. O “pack ice” normalmente é dispersado por uma mudança de maré, de vento ou melhoria do estado do mar. Lembre-se que aberturas no “pack ice” tendem a surgir nas preamares e fechar nas baixa-mares.

d. Navegação no “Pack Ice”

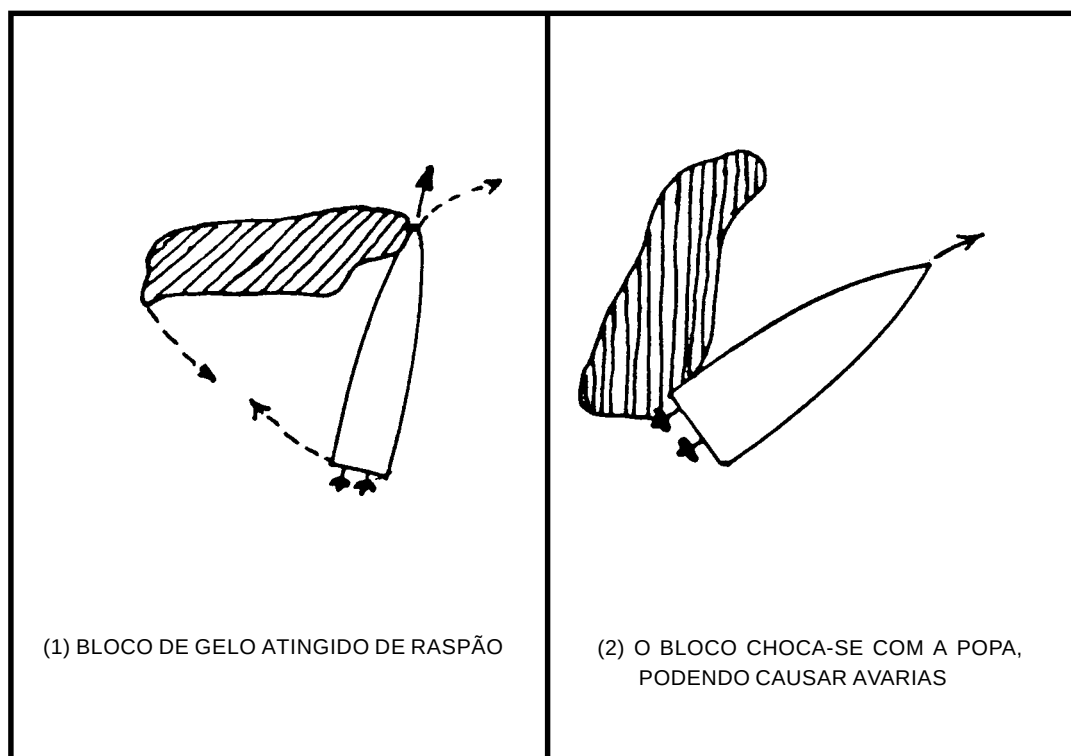
Na navegação em um campo de gelo, deve-se ter sempre presente que é necessário que o navio se mantenha em movimento, sem perder seguimento adiante, trabalhando sempre com o gelo, e nunca contra ele. A solidez do gelo e os riscos para a navegação nunca devem ser subestimados. As regras e lembretes abaixo, derivados da prática, podem ser muito úteis.

Um navio convencional não foi feito para navegar no gelo. Desta forma, qualquer contato com blocos de gelo deve ser feito na menor velocidade possível. Todas as oportunidades de proceder através de áreas livres ou com concentrações mínimas de gelo devem ser aproveitadas, embora estas rotas sejam, muitas vezes, mais longas que as derrotas mais diretas através do gelo.

De início, proceda em velocidades baixas quando no “pack ice”. Posteriormente, após estimar a condição do gelo e a maneira como o navio reage a ela, a velocidade pode ser um pouco aumentada.

Se for necessário contacto com um bloco de gelo, nunca impacte **de raspão**, pois isto jogará a proa do navio na direção da menor resistência, com possibilidade de girar a popa na direção do gelo e avariar hélices e lemes (figura 41.24). Em vez disso, rume o navio perpendicularmente ao bloco de gelo, com a proa apontando para o ponto de ataque (seção mais fraca do gelo) e com baixa velocidade. Quando em contacto com o gelo, aumente a potência da máquina e tente empurrar o gelo para o lado, tal que, quando o bloco começar a se mover, a velocidade possa ser reduzida, para o gelo passar safo.

Figura 41.24 – Possibilidade de Avaria por Impacto de Raspão com Bloco de Gelo



Para progredir através do “pack ice”, deve-se proceder lenta e deliberadamente. Um pequeno floco de gelo sólido pode ser encontrado e usado como “aríete” ou como “defensa” pelo navio, para abrir caminho no gelo. A proa do navio deve ser colocada

perpendicularmente contra o bloco, cautelosamente e, quando assentada, deve ser aplicada potência lentamente, até cerca de um terço adiante. Com sorte, o navio poderá mover-se avante uma boa distância, antes que este aríete colapse e afaste-se do caminho do navio. Aí, será necessário escolher outro floco.

Se a densidade do gelo é tal que o navio se vê obrigado a diminuir muito seu seguimento e a efetuar freqüentes guinadas, pode surgir o perigo de aproximar-se de “icebergs” que naveguem em sentido contrário, por efeito da corrente. Além disso, deve ser sempre mantido em mente que, ao reduzir a velocidade, o efeito do leme também diminuirá, e o navio não obedecerá ao timão, mas sim às máquinas.

Se condições pesadas de gelo travam totalmente o navio, o leme deve ser colocado a meio e os hélices adiante devagar. As correntes de descarga dos hélices manterão a popa livre de gelo, de modo que o navio poderá finalmente dar atrás para iniciar outra tentativa de prosseguir adiante.

Nunca deve ser usado todo o leme, exceto em emergência, pois, quando o leme está todo carregado, ele gira a popa contra o gelo, com possibilidade de avarias em hélices e nos próprios lemes. Em vez disso, procure prever com bastante antecedência as guinadas e mudanças de rumo, que devem ser feitas vagarosamente, levando em consideração o que pode ocorrer se houver gelo na parte de fora da guinada (para onde vai a popa).

Se, apesar de todas as precauções, o navio ficar preso no gelo, tente usar o seguinte método para livrá-lo:

- DÊ MÁQUINAS ATRÁS TODA FORÇA;
- SE ISTO FOR INEFICAZ, DÊ LEME PARA UM BORDO E DÊ MÁQUINAS ADIANTE TODA FORÇA;
- CARREGUE O LEME PARA O BORDO OPOSTO E DÊ MÁQUINAS ADIANTE TODA FORÇA, DE NOVO;
- CARREGANDO ALTERNADAMENTE O LEME PARA UM BORDO E PARA OUTRO E DANDO ADIANTE TODA FORÇA, É MUITAS VEZES POSSÍVEL OBTER QUE A POPA SE MOVA UM POUCO PARA UM BORDO, DE MODO QUE A PROA MUDARÁ LEVEMENTE SUA ORIENTAÇÃO;
- DÊ, ENTÃO, MÁQUINAS ATRÁS COM LEME A MEIO, PARA LIVRAR O NAVIO DO GELO.

Se tudo isto falhar e se a pressão no “pack ice” crescer até um ponto tal que as tentativas para livrar o navio possam apenas resultar em avarias ou consumo inútil de combustível, a melhor decisão a tomar é assegurar-se de que o navio permaneça num local tão favorável quanto possível, para evitar avarias da pressão de gelo e para estar pronto para sair quando as condições mudarem para melhor e ESPERAR QUE AS CONDIÇÕES MELHOREM. Com o navio preso no gelo, procurar, se for possível, manter a proa apontando para uma área livre.

Durante “fog” (nevoeiro), escuridão ou qualquer outra condição de baixa visibilidade, é muito melhor parar e esperar a melhoria da visibilidade do que prosseguir. As aberturas no gelo e as condições de concentração do “pack ice” são difíceis de observar quando a visibilidade é restrita e o navio pode terminar numa área em que o gelo seja desfavorável.

Nos períodos de escuridão, os holofotes devem ser usados. Um método excelente é manter um holofote focado diretamente para vante do navio, enquanto outro deve ser

coniteirado para os bordos, alternadamente, para revelar a situação geral do gelo. A instalação de um holofote na proa é, também, altamente recomendável, para detecção de gelos tipo “growlers”, que não aparecem no radar.

A causa mais provável de avaria quando o navio está preso no gelo decorre do choque de uma ponta de bloco de gelo, ou de um pequeno bloco, com o casco, os lemes ou hélices. Para prevenir isto, deve ser feito um esforço para distribuir a pressão do gelo sobre o casco da maneira mais uniforme possível. Isto pode ser conseguido assegurando-se de que apenas flocos de gelo grandes ou médios circundem o navio e que encostem uniformemente contra o costado. Deve-se tentar retificar as irregularidades do gelo (através de croques, adição de neve ou de outros pedaços de gelo e água), de modo que o navio fique dentro de uma espécie de dique de gelo.

Quando preso no gelo, o exercício da paciência é fundamental. Nada pode ser feito para que navio progrida até que as condições de gelo ou as condições meteorológicas mudem. Uma tática de “resistência passiva” deve ser adotada. Conserve combustível e economize as máquinas. Faça os reparos e ajustagens necessárias. Evite que o desespero tome conta da tripulação, mantendo-a tão ocupada e tão informada quanto possível. Nada é tão destrutivo para o moral da tripulação como espalhar boatos. Espere. As condições vão mudar e o navio vai poder safar-se do gelo.

Durante a navegação no “pack ice”, todos os parafusos de fixação dos MCP nos jazentes e os mancais dos eixos de propulsão devem ser freqüentemente inspecionados, para verificação de folgas causadas pelos choques com blocos de gelo.

Os **controles das máquinas** devem estar sempre guarnecidos e estas devem ser paradas e desengrazadas sempre que for observado um bloco de gelo aproximando-se dos hélices. Os blocos de gelo mais perigosos são os de **cor azul**, que significam gelo velho, pesado e muito compacto.

Um timoneiro experiente é de grande ajuda quando navegando em presença de gelo, particularmente quando as condições requerem mudanças freqüentes de rumo. O governo deve estar sempre em **MANUAL** e o timoneiro num banco alto, de modo que possa observar os blocos de gelo na proa e antecipar as ordens do Oficial de Serviço. Muitas vezes, é melhor governar em rumos práticos, dando ao timoneiro liberdade de fazer pequenas manobras, de modo a desviar-se do gelo.

Navegando em presença de gelo é importante lembrar que, sempre que o navio operar máquinas atrás, o leme deve estar a meio, a fim de evitar avarias nos lemes ou no sistema de governo. Com o leme a meio (especialmente se dispuser de “ice knife”) ele suportará melhor os choques e colisões com o gelo.

O navegante deve buscar sempre o melhor caminho (o mais livre de gelo) no “pack ice”, trabalhando com máquinas e lemes constantemente e procurando deixar sempre a popa livre de gelo. Ao sentir que o canal aberto pelo navio está muito estreito, havendo perigo de aprisionamento pela pressão dos gelos (impulsionados pelo vento), deve-se ir fazendo uma espécie de zigue-zague, para alargar o canal. Navegando em campo de gelo é fundamental nunca perder a capacidade de manobra (a manobrabilidade do navio no campo reduz-se mais ou menos 50%).

Os campos de gelo com predomínio de lagunas, ou “polynyas”, aberturas de forma não linear, que podem conter pequenos fragmentos de gelo flutuante e podem ser cobertas por gelo jovem, de formação recente, são aptos para se navegar e são reconhecidos facilmente pelo céu de água (manchas escuras refletidas nas nuvens baixas). Normalmente,

as lagunas estão unidas por canais. A experiência ensina que é preferível seguir navegando num campo de gelo de pequenas lagunas, do que internar-se em uma série de lagunas maiores rodeadas de “bandejeões”.

Se a concentração do campo de gelo é superior a 8/10, com baixa visibilidade ou à noite, é aconselhável não avançar, pois o navio poderá chegar a zonas de onde não pode sair. Neste caso, não é conveniente deixar o navio imóvel no gelo, mantendo-o constantemente com pequenos movimentos, para evitar o congelamento em volta do navio.

A esteira do navio deve ser observada quando navegando no “pack ice”. Se o gelo se fecha rapidamente após a passagem, é indício de um provável campo de pressão, que poderá aprisionar o navio. Avançando por um canal sinuoso num campo de gelo, ao presenciar que a ponta de um floco de gelo (“bandeirão”) pode tocar o costado, com risco de avaria, deve-se investir sobre ele com a roda de proa, partindo-o.

É comum, quando se navega em zonas de muito gelo, a manobra do navio absorver toda a atenção do Comando. Por causa disso, é necessário alertar que, em regiões de altos-fundos, não se deve descuidar da posição do navio e das indicações do ecobatímetro. Se possível, deixar um oficial a cargo da navegação nestas ocasiões. Conforme mencionado, em tais condições é prudente manter dois Oficiais de Quarto (um encarregado da manobra no gelo e outro responsável pela navegação).

Em virtude de o vento ser o fator preponderante, que causa a maior ou menor acumulação de gelo no “pack ice”, deve-se ser capaz de prever razoavelmente a mudança das condições de gelo através da interpretação das cartas e previsões meteorológicas, onde deve ser prestada especial atenção à velocidade e direção do vento. O caminho das baixas é bastante consistente numa determinada área. Por esta razão, um conhecimento ou previsão do movimento das depressões torna possível determinar onde as mesmas vão passar com relação ao navio e que mudanças no vento elas acarretarão. 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 velocidade do **movimento do gelo** (“rate of ice drift”) causado pelo vento pode ser estimada em cerca de 1/50 da intensidade do vento, numa direção, na Antártica, para a esquerda da direção do vento, aproximadamente paralela às isóbaras.

Quando o navio está no gelo, se o verão não estiver avançado, alguma mudança para melhor irá finalmente ocorrer. A disposição e a densidade do “pack ice” mudam de dia para dia e mesmo de hora para hora. Estas mudanças **dependem principalmente do vento**, com exceção daquelas devidas aos efeitos da maré. Entretanto, para produzir o aumento da pressão e da concentração do “pack ice” não é necessário um vento local, pois isto pode resultar de um vento distante, de modo que o movimento do gelo parecerá misterioso. A resposta pode estar na interpretação da Carta Meteorológica da **área local** com relação à **área geral**.

Ao navegar em presença de gelo, o navio deve estar **totalmente lastrado**, para alcançar seu **calado máximo** e com trim de popa, do que resultará maior proteção para os hélices e lemes contra gelo flutuante e semi-submerso.

No que se refere ao uso do “bow thruster” quando navegando em presença de gelo, ele deve ser muito cauteloso, em virtude da alta probabilidade de avaria. O “bow thruster”, entretanto, tem utilidade, pois sua corrente lateral de descarga é usada para afastar os cacos de gelo dos bordos do navio, enquanto ele progride no “pack ice”. Só deve, entretanto, ser empregado quando o gelo for de baixa concentração e densidade.

Embora as previsões de gelo (“ice forecasts”) sejam pouco precisas, qualquer previsão é melhor do que nenhuma. Os “ice broadcasts” normalmente incluem:

- COBERTURA DO “PACK ICE”, EXPRESSA EM DÉCIMOS EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL; OS LIMITES DA ÁREA SÃO DADOS EM COORDENADAS GEOGRÁFICAS;
- ESPESSURA DO “PACK ICE”;
- PRESENÇA DE “ICEBERGS” (“MANY” or “FEW”);
- PREVISÃO DA TENDÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE GELO;
- ROTAS RECOMENDADAS PARA TRÂNSITO DE NAVIOS.

Navegando em presença de gelo, deve-se aprender a distinguir manchas brancas e escuras na camada inferior das nuvens. As manchas amarelas ou esbranquiçadas são causadas pela reflexão do gelo (“iceblink”). Água livre de gelo reflete uma mancha escura (“water sky”). Se rumarmos em direção à mancha escura mais alta no céu, estaremos rumando para a área mais próxima livre de gelo. O radar também auxilia a detectar áreas livres de gelo (“open leads”). Estas áreas são indicadas pela ausência de PIPs na tela.

e. Operação de Embarcações Miúdas em Presença de Gelo

- O uso de salva-vidas deve ser permanentemente obrigatório, tanto para a tripulação, como para os eventuais passageiros.
- Mantenha baixa velocidade e manobre de modo a evitar choques com qualquer bloco de gelo.
- Use o croque para afastar blocos de gelo do caminho da embarcação.
- Há sempre uma tendência do patrão de lancha de relaxar estas regras, principalmente após observar que, aparentemente, nada de sério acontece após uma colisão com gelo; entretanto, o patrão deve ser endoutrinado para evitar sempre colisões com gelo flutuante.
- Coloque um vigia na proa da embarcação, para avisar o patrão da presença de gelo flutuante e de blocos semi-submersos.
- Aqueça o motor da lancha lentamente; após usá-la, drene totalmente a água que está no motor, para que não congele lá dentro; mantenha os tanques de combustível totalmente cheios, para evitar a condensação e o subsequente congelamento de água no combustível; mantenha a bateria permanentemente carregada, em condição de plena carga; mantenha os porões da lancha absolutamente limpos e secos; retire os bujões após içar a lancha, para que os porões sejam completamente drenados; recoloque os bujões e fixe-os adequadamente antes de arriar a embarcação.
- Guarneça a lancha com extintor, equipamento de comunicações (teste antes), pirotécnicos, agasalhos para o pessoal, coletes salva-vidas, caixa de primeiros socorros e croques com cabos longos (para afastar blocos de gelo do caminho da embarcação).
- Quando abicar em terra e for demorar, se possível empurre a embarcação para terra ou leve-a para um local abrigado, pois o tempo pode virar muito rapidamente e surgirem ventos fortes e gelo em movimento.
- Para amarração da embarcação em pedras (praias pedregosas ou costões rochosos) pode-se usar o método sueco: o cabo de amarração é atado a um pequeno “T” metálico assimétrico com um olhal na ponta; o “T” é introduzido em uma pedra e girado,

proporcionando grande poder de fixação. O método requer cuidado, pois há perigo da fenda alargar-se e partir com o esforço, em virtude das grandes tensões nas rochas, onde água e gelo se infiltram a cada ano, expandindo as fendas e fazendo com que as rochas se partam linearmente.

– O navio nunca deve pernoitar com embarcações miúdas na água (a contrabordo ou no pau de surriola); todas as lanchas e botes infláveis devem ser içados ao fim dos trabalhos do dia.

f. 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. É melhor 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.

g. 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 freqüentes e fundeadouros em geral profundos, filames longos são usados costumeiramente.

(3) Proteção contra vento e mar: os ventos na região são extremamente variáveis, tanto 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 alternar 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 determinação e controle da posição de fundeio: este é um requisito importante na Antártica, onde as Cartas Náuticas são pobres e imprecisas. Algumas vezes, é necessário acrescentar na Carta pontos de referência posicionados por radar ou observações visuais.

Outras observações sobre **fundeio em presença de gelo:**

- Inspeção freqüentemente os escovens, ferros e amarras para verificar se não está acumulando gelo no local. Se houver acumulação, remova o gelo para liberar o ferro;

- os postos de fundeio devem ser guarneados com muita antecedência, para assegurar que tudo estará pronto na hora de largar o ferro;

- a máquina de suspender deve estar lubrificada e engraxada com lubrificantes especiais para o frio. Aqueça a máquina de suspender com antecedência, ligando-a e girando-a lentamente, com a coroa desengraxada. Ao engraxar, movimente a máquina de suspender para frente e para ré, alternadamente, para livrar a amarra e os ferros de gelo que tenha se formado no local e para assegurar-se de que o ferro irá realmente largar quando dada a ordem;

- as correntes de maré e os ventos no interior de fundeadouros muitas vezes trazem “bergy bits” (pedaços de “icebergs”, do tamanho de uma casa) e “floebergs” (pedaços flutuantes de gelo marinho) ao encontro de um navio fundeado, havendo perigo real de avaria no navio ou na amarra. Mantenha a máquina e o pessoal de serviço de sobreaviso para a eventualidade de ter que entrar ou folgar a amarra, girar o navio ou mesmo suspender, para sair do caminho do “iceberg”;

- se surgem problemas a toda hora, será melhor suspender e buscar um outro ponto de fundeio, mais seguro. Um período de algumas horas de observação mostrará o padrão de fluxo do gelo no local e indicará os pontos livres desta ameaça;

- por ocasião de ventos fortes, pode ser necessário dar adiante com a máquina, para se manter o navio fundeado;

- quando fundeado, as maiores preocupações devem ser:

- embarcações na água (nunca dormir com embarcação na água); e
- navio garrar (às vezes em meia hora o tempo passa de bom para muito ruim);

- caso as condições recomendem, deve ser adotado um limite de velocidade do vento, a partir do qual o navio deverá suspender e aguardar navegando a melhoria das condições. Por exemplo, quando a pressão cair e o vento alcançar 30 nós, suspender imediatamente;

- quando fundeado, o navio deverá ter defensas prontas no convés para proteger contra choques com blocos de gelo flutuantes. Deverá, também, ter croques com cabos longos, para afastar do costado blocos de gelo menores que se aproximam do navio;

- de modo geral, considera-se que o navio poderá fundear em campos com cobertura de até 6/10 ou 7/10; se a concentração de gelo for superar a 7/10, o fundeio é perigoso e deve ser evitado, pois a pressão do gelo pode partir a amarra ou avariar o casco do navio;

- deve-se fundear com um filame bem grande (8 ou 9 quartéis). Após o navio acomodar, pode-se largar o outro ferro com amarra curta, para suavizar o cabeceio;

- o fundeio em águas antárticas exige muita cautela, pois as cartas náuticas da região não apresentam grau adequado de confiabilidade, carecendo de levantamentos hidrográficos mais detalhados; e

– os fortes ventos que sopram na região exigem constante atenção e vigilância por parte do pessoal de serviço, a fim de que seja detectado, em tempo, qualquer indício de que o navio está garrando, principalmente quando a intensidade do vento passa de 30 nós, com tendência a aumentar. A vigilância da amarra deve ser permanente.

h. Navegação com Mau Tempo

Conforme vimos, o cinturão de mar que circunda a Antártica é o mais tempestuoso do mundo. Assim, o navio que se dirige para a área deve estar completa e permanentemente preparado para navegação nestas condições. O Comandante deve estar bem familiarizado com as técnicas para navegação com mau tempo (capear, correr com o tempo, etc.), além de conhecer o comportamento do seu navio frente aos diversos estados do mar. A tripulação deve conhecer e observar rigorosamente todas as precauções para mau tempo, como, por exemplo, utilizar somente o trânsito interno no navio, ficando proibida qualquer passagem em conveses expostos.

41.6 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE A NAVEGAÇÃO NA ANTÁRTICA

41.6.1 DERROTAS

Na demanda da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), ou de outro local nas Ilhas Shetland do Sul (ou na Península Antártica), é conveniente adotar uma derrota bem amarrada, deixando as Ilhas Falkland/Malvinas por boreste. Com isto, obtêm-se duas grandes vantagens:

(a) Evita-se o estreitamento maior da Passagem de Drake (ou Estreito de Drake), onde o mau tempo é mais rigoroso; e

(b) evita-se o eixo principal da Corrente das Malvinas, que flui para o Norte (em sentido, portanto, contrário ao do nosso deslocamento) entre as Ilhas Falkland/Malvinas e a costa da Patagônia/Terra do Fogo.

Além disso, tal **derrota** apresenta, ainda, as seguintes vantagens adicionais:

– Evita a tentação de o navio retornar e esconder-se em águas abrigadas (Estreito de Magalhães, Estreito Le Maire, Canal de Beagle, Arquipélago do Cabo Horn, etc.) por ocasião de mau tempo na Passagem de Drake; e

– a distância total da singradura é menor (Rio Grande–EACF: 1.982 milhas por fora das Falkland e 2.041 milhas por dentro das Falkland).

No regresso da EACF ou da Península Antártica e arquipélagos vizinhos, vale a pena voltar por dentro das Ilhas Falkland/Malvinas, para aproveitar o eixo principal da Corrente das Malvinas. Ademais, pode-se escolher melhor, baseado nas Cartas Meteorológicas, o instante de início da travessia do Estreito de Drake.

41.6.2 PLANEJAMENTO

O planejamento, importante em qualquer operação, é vital para o sucesso de missões nas regiões polares, **onde não há margem para erro**.

O primeiro passo é adquirir um conhecimento completo da área de operações. Uma fonte de valor inestimável é a experiência daqueles que nos precederam e o estudo das

condições que se podem antecipar. Estas informações constam de biografias de exploradores, relatórios de operações antárticas anteriores, artigos em revistas e outros periódicos, Manuais de Navegação e Marinharia, Roteiros e livros sobre operações polares.

Além da meteorologia e navegação, tais informações devem abranger, entre outros aspectos, condições de vida nas regiões polares, sobrevivência, gelo, clima e geografia da área.

Na preparação do navio, nenhum item, embora trivial, deve escapar à atenção. Todos os equipamentos devem estar nas melhores condições de operação.

A tripulação deve ser adestrada sobre as peculiaridades e as precauções a serem tomadas nas **regiões polares**. Não assuma que qualquer assunto é de conhecimento do pessoal. Instrua-os em todos os aspectos. Lembre-lhes, até mesmo que, no verão antártico, a questão de horário exige disciplina. Embora o dia se prolongue (cerca de 20 horas de claridade), deve-se dormir o necessário, usando venda para os olhos ou fechando a vigia de combate do camarote ou coberta.

Finalmente, mantenha sempre em mente que, na Antártica, em especial se estivermos em presença de gelo, o maior aliado do navegante é a sua capacidade de esperar a evolução das condições e oportunidades mais favoráveis, quando o tempo vai melhorar ou quando ventos e correntes irão produzir grandes áreas livres de gelo ou com concentração baixa, possíveis de serem atravessadas. Desta forma, no planejamento de uma operação na Antártica **nunca estabeleça uma escala de tempo ou programa de eventos rígido. A flexibilidade na execução do planejamento é condição indispensável ao sucesso da operação.**

As principais fontes de consulta sobre técnicas especiais de navegação e sobre segurança da navegação nas regiões polares (com ênfase na Antártica) são:

(a) Admiralty Manual of Seamanship, Vol. III (1964), publicado por HMSO (Her Majesty's Stationery Office), Grã-Bretanha;

(b) American Practical Navigator – Bowditch (Pub. nº 9), publicado pelo DMAHTC (Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center), 1984 Ed. (capítulos XXV – Polar Navigation e XXXVI – Ice in the Sea);

(c) The Antarctic Pilot (Roteiro da Antártica), publicado pelo Hydrographer of the Navy, Grã-Bretanha, 4ª Ed., 1974;

(d) Bureau of Ships Cold-Weather Handbook, NAVSHIPS 250-533-7, Washington, DC, USA (1957);

(e) Cold Weather Handbook for Surface Ships, publicado pela U. S. Navy, 1988 Ed.;

(f) Derrotero Argentino – Antartida y Archipiélagos Subantárticos (H. 207), publicado pelo Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires;

(g) Derrotero de Chile, Vol. VI, 2ª Ed. (1989), publicado pelo Instituto Hidrográfico de la Armada, Chile;

(h) Dutton's Navigation and Piloting, 14ª Ed., 1985, publicado pelo U.S. Naval Institute (capítulo 40 – Polar Navigation);

(i) A Guide for Extreme Cold Weather Operations, publicado pelo Naval Safety Center, NAS, Norfolk, VA, USA (1986);

(j) The Mariner's Handbook, publicado por HMSO, Grã-Bretanha, 5ª Ed. (1979);

(l) Naval Shiphandling, de R. S. Crenshaw Jr., publicado pelo U. S. Naval Institute, 4ª Ed., 1976 (capítulo Polar Shiphandling);

(m) Polar Operations, do Comandante Edwin A. MacDonald, publicado pelo U. S. Naval Institute (1969);

(n) Polar Ships and Navigation in the Antarctic, de J. P. Morley, publicado pelo Scott Polar Research Institute (1963), Grã-Bretanha; e

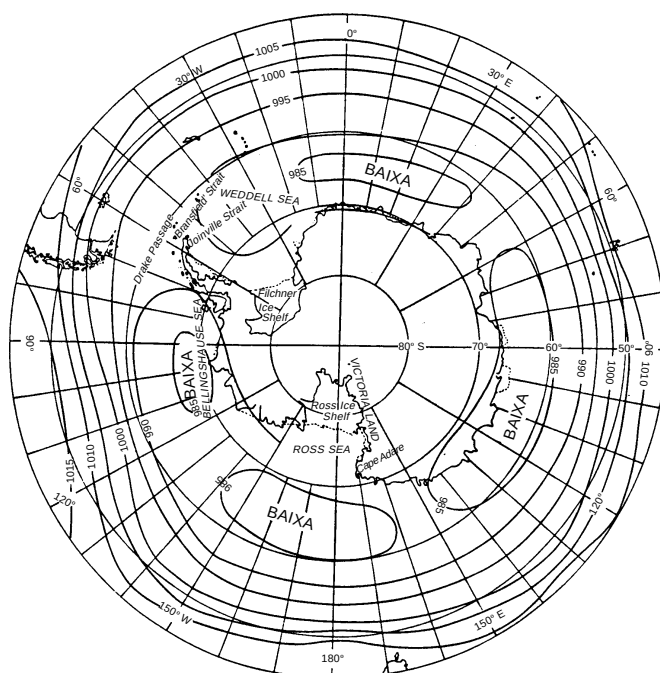
(o) Sea Ice in the Antarctic, de J. A. Heap, publicado pelo Hydrographic Dept., Grã-Bretanha.

41.6.3 NOÇÕES SOBRE METEOROLOGIA ANTÁRTICA PARA NAVEGANTES

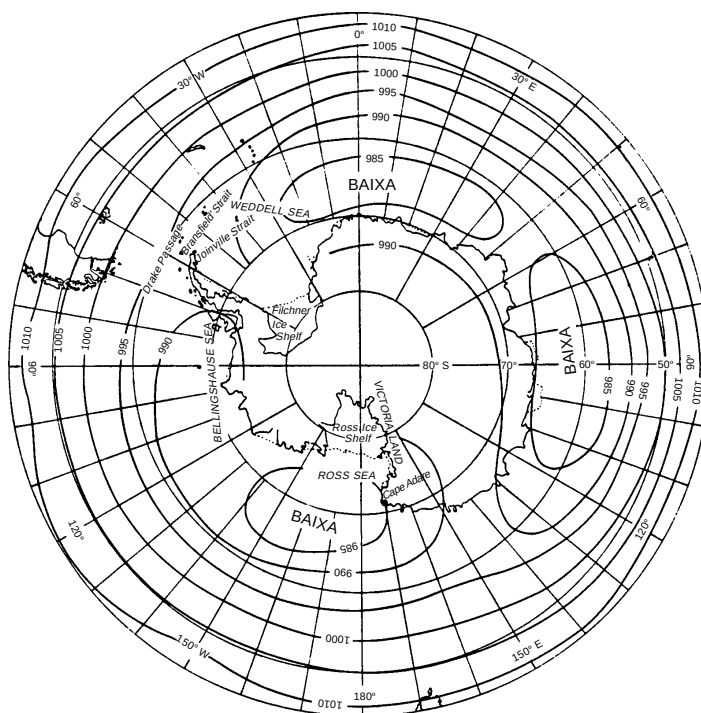
a. Sumário Sobre as Condições Gerais do Tempo

A principal característica do tempo nos mares antárticos é o **cavado circumpolar**, formando um cinturão de baixas pressões que dominam a área entre as Latitudes 60° e 65° S (figuras 41.25 (a) e (b)) ao longo do ano. Depressões (baixas) frequentes movem-se para **E** ou **SE** com cerca de **20 a 30** nós de velocidade na vizinhança deste cavado, resultando em condições de tempo severas e variáveis, onde tempestades (“gales”) são comuns. O tempo é, em geral, frio, nublado e úmido. A precipitação é uma mistura de chuva e neve ao longo da borda norte do cavado, tornando-se neve pura no lado antártico desta zona. A temperatura média varia uns poucos graus em torno do ponto de congelamento (0° C) nessa região.

Figura 41.25 a – Cavado Circumpolar: Isóbaras Médias de Janeiro (EM MB)



CAVADO CIRCUMPOLAR: LINHA QUASE CIRCULAR EM TORNO DA ANTÁRTICA, QUE UNE OS CENTROS DE BAIXA QUE ENVOLVEM O CONTINENTE.

Figura 41.25 b – Cavado Circumpolar: Isóbaras Médias de Julho (EM MB)

Na grande área oceânica ao norte do **cavado circumpolar**, existe um extenso cinturão de fortes ventos com componente oeste (soprando da direção geral **W**), denominado “quarentas rugidores” (“roaring forties”). O tempo aí é, na maioria das vezes, nublado e frio, com chuvas frequentes, ou mistura de chuva e neve, conforme as frentes e baixas movem-se continuamente para E. Períodos breves de bom tempo ocorrem quando uma crista de alta pressão intervém na região.

No lado sul (antártico) do **cavado circumpolar** os ventos têm componente leste (**E** ou **SE**). Quando tais ventos atingem força de tempestade, as condições tornam-se perigosas para navios e pessoal, pois são acompanhados de nevascas, borrascas de vento e neve (ventiscas) e temperaturas extremamente baixas. Tempo tempestuoso permanente prevalece em algumas áreas costeiras, onde os efeitos catabáticos, combinados com afunilamento e deflexão, produzem condições muito severas. A região entre a Terra de Adélie e a Terra de George V tem a reputação de possuir o pior tempo do mundo.

Um fator que contribui para que os ventos tenham velocidades normalmente altas nos mares austrais é que a presença da extensa superfície de água em torno da Antártica exerce um menor efeito de fricção (atrito) em oposição ao movimento do ar, do que ocorreria se houvesse massas terrestres na sua trajetória.

A circulação atmosférica no Hemisfério Sul é relativamente simples, devido à grande percentagem de superfície oceânica, comparada com a área continental (menos de 1/5 do hemisfério é de terra, dos quais 29% estão contidos na Antártica e os 71% restantes basicamente ao norte do paralelo 40° S). Outra característica conhecida da circulação no Hemisfério Sul é a existência do cinturão de anticlones (altas) subtropicais semipermanentes, localizados sobre os oceanos, com seus centros entre as Latitudes de 30° S e 35° S. Estes anticlones deslocam-se para o sul e se intensificam no inverno, influenciando, também, o clima na Antártica.

Ao sul das zonas anticiclônicas, a pressão decresce de forma progressiva, com um forte gradiente, e dá lugar a uma circulação definida e intensa de **oeste**, com predominância de ventos fortes, até o cavado circumpolar, em torno da Latitude 65° S. Ao sul

deste cavado a pressão aumenta, devido às condições anticiclônicas (altas pressões) do continente antártico. A alta polar produz ventos onde predominam as direções leste e sudeste. Conforme se desloca para fora e para baixo (**vento catabático**, causado pela gravidade) do alto platô polar, em direção ao mar que circunda a Antártica, o ar é defletido para a esquerda, pela rotação da Terra (efeito de Coriolis). Os ventos resultantes (Sudestes Polares) permanecem fortes durante todo o ano. Frequentemente alcançam velocidades de furacão (> 64 nós). Com exceção dos ventos de furacão, tufão e tornados, estes são os ventos de superfície mais fortes encontrados no mundo.

A alta polar se deve à existência de ar super-resfriado sobre a Antártica, que é gerado pelo excesso de radiação terrestre, com relação à radiação solar incidente. Consequentemente, toda a calota antártica (sobretudo no seu setor leste) está dominada por um anticiclone permanente, frio e achatado*, cujo centro está localizado em torno da posição J 75° S, L 080° E. Como resultado desta fonte de ar frio permanente e extensa, forma-se uma massa de ar extremamente seca e estável, denominada **Continental Antártica (CA)**.

Esta massa, tanto no inverno quanto no verão, ao mover-se com componente norte, na direção das Latitudes mais baixas e menos frias, modifica suas características ao absorver umidade, aumenta sua temperatura nos níveis inferiores e, portanto, perde estabilidade, num processo que se torna mais significativo ao alcançar as zonas de campo de gelo e águas livres. Nesta última sofre uma transformação moderada, de massa de ar do tipo continental fria e seca, para uma do tipo marítimo, úmida e menos fria, denominada **Antártica Marítima (AM)**, a qual, entretanto, continua mantendo uma identificação básica como massa de ar antártica.

As condições de tempo nas massas de ar antárticas continentais são, normalmente, de céu limpo; as massas marítimas, por sua vez, são, em geral, caracterizadas por céu encoberto por stratus e stratocumulus, com intensas nevadas dentro da zona da frente antártica. Outrossim, a área que se estende desde a região costeira ao limite norte do campo de gelo consolidado, chamada de transição, se caracteriza pelo céu encoberto, ou parcialmente encoberto, com nuvens stratocumulus, com bases mais ou menos altas e precipitações fracas.

Mais para o norte, encontra-se uma grande massa de ar bem definida, a **Subtropical Marítima**, que se estende ao redor do Hemisfério Sul até Latitudes de cerca de 35° S a 40° S. A **frente polar**, onde se desenvolvem as baixas, é a superfície frontal entre esta massa e a **Antártica Marítima**.

A **frente polar** é produto de uma onda instável, quase horizontal, dotada de um movimento de **W** para **E**, formada na superfície (inclinada) de separação entre uma massa de ar polar e uma de ar subtropical. Uma onda instável na **frente polar**, inicialmente estacionária, se amplifica até “quebrar”, gerando, então, um **ciclone extratropical**. Em seguida, o movimento das massas de ar em torno do ciclone desloca a frente polar em diferentes direções: o ramo que se dirige para Latitudes mais baixas constitui uma **frente fria**, e o que viaja em sentido contrário se transforma numa **frente quente**. O ciclone entra, então, no estágio final de evolução, dissipando-se quando um segmento da frente fria alcança a frente quente, no processo de **oclusão**. Nele, o ciclone atinge sua maior intensidade, mas dentro da **frente oclusa** a mistura de ar quente e frio faz desaparecer o contraste de densidade. Assim, a baixa perde sua fonte de energia e se dissipa.

* Como o ar é mais frio e denso, a atmosfera na Antártica é menos espessa que nos trópicos; a troposfera, que nos trópicos está a cerca de 14 km de altura, na Antártica encontra-se a 8 km de altitude.

Assim, os centros de baixa pressão e suas frentes associadas (ciclones extratropicais) se desenvolvem com maior frequência na frente polar, ao sul do sistema anticiclônico subtropical. As baixas têm uma trajetória geral com componente leste (rumo E ou SE) e se aprofundam (intensificam) quando cruzam a convergência antártica. Após alcançar sua intensidade máxima no processo de oclusão, passam a perder intensidade e podem continuar o seu deslocamento para leste, rodeando o continente antártico, ou dirigir-se para SE, para regiões de baixas pressões semipermanentes, tais como o Mar de Bellingshausen, o leste do Mar de Ross, ou o Mar de Weddell (estes dois últimos considerados como verdadeiros “cemitérios de baixas” na Antártica), onde entram em processo de “enchimento” e dissipação. Centros de baixa pressão que possuem movimento com componente **nordeste** são frequentes nas áreas do Estreito de Drake e da Península Antártica.

Nas trajetórias das baixas pelo Estreito de Drake, a depressão diminui de velocidade (devido à barreira natural formada pelo extremo meridional da Cordilheira dos Andes, no sul do continente sul-americano, e a Península Antártica) e seus efeitos duram mais. São bem conhecidas as condições meteorológicas críticas e, em alguns aspectos, singulares que predominam no Estreito de Drake. Além da elevada frequência de temporais associados a depressões e sistemas frontais, há outras características que merecem atenção:

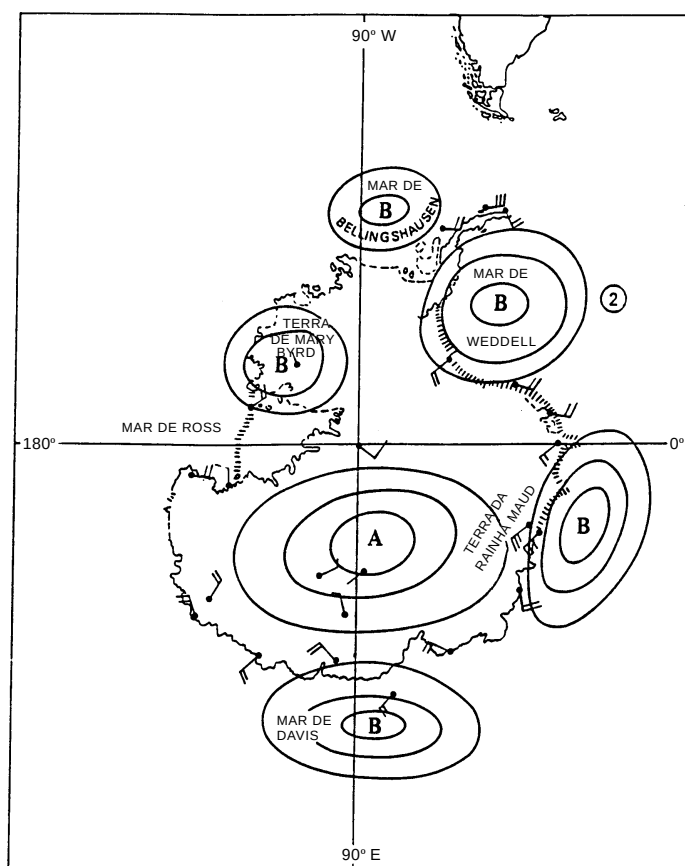
- Os valores máximos da frequência de temporais não se registram nos meses de inverno, mas sim nos meses equinociais; o máximo absoluto corresponde à primavera (setembro), vindo em seguida o outono (março/abril); e

- entre os períodos mais favoráveis para cruzar o Estreito (dezembro/início de janeiro e final de fevereiro/março), verifica-se um aumento notável na intensidade dos ventos (no final de janeiro e início de fevereiro), na grande maioria dos anos.

Uma depressão (baixa) aparece em uma carta sinótica com as linhas isobáricas apresentando uma forma aproximadamente circular, ou oval, em torno de um ponto onde a pressão é a mais baixa. As depressões são responsáveis pela ocorrência de tempestades, ventos duros, mar grosso, nevascas ou aguaceiros. Há, em torno do continente antártico, um número permanente de núcleos de baixa pressão, conforme pode ser visto na figura 41.26. A circulação do ar nos núcleos de baixa, no Hemisfério Sul, é feita no sentido dos ponteiros de um relógio; a direção do vento é ligeiramente inclinada em relação às isóbaras, devido ao atrito na superfície da terra (ou mar). A intensidade do vento é função do gradiente de pressão: quanto mais cerradas as isóbaras, mais forte será o vento.

A pressão mais baixa de uma depressão pode variar de 1.000 a 950 mb. A estação de maior frequência de baixas cruzando o oeste da Antártica é o final da primavera, quando a pressão média cai para 985 mb, ou menos. A maioria das baixas se origina na **frente polar** e se move para leste ou ESE dentro do largo cinturão entre 55° S e 65° S. As baixas normalmente se aprofundam quando estão situadas ao norte do **cavado circumpolar** e depois se enfraquecem (“enchem”) à medida que se aproximam da costa, ao sul do cavado. Algumas baixas penetram no interior da Antártica. O Mar de Ross e o Mar de Weddell são regiões de baixas semipermanentes (“cemitérios de baixas”); muitas das depressões migratórias ficam estacionadas nesta área e são absorvidas pela circulação de baixa pressão já existente.

A velocidade média das baixas nestas Latitudes está entre 20 e 30 nós. O contraste de temperatura entre as massas de ar principais e a distribuição simples de terra e mar na região auxiliam na identificação das frentes e as típicas mudanças de vento, condições de tempo e temperatura são mais distintas e marcadas que em Latitudes mais setentrionais, especialmente nas frentes frias.

Figura 41.26 – Distribuição Média da Pressão na Antártica

A frente polar, onde se originam os centros de baixa, também está associada ao limite de gelo: quanto mais ao norte está o limite da banquisa mais ao norte estará a frente polar. Assim, o desenvolvimento dos ciclones e o subsequente movimento para leste ocorrem em Latitudes menores quando o limite do gelo antártico estende-se mais para o norte que o normal. Os centros de baixa pressão tendem a se desenvolver e persistir sobre as partes do oceano onde existe uma grande variação horizontal de temperatura. Este gradiente de temperatura é maior no limite norte da banquisa.

Além do tempo perturbado associado às baixas mais vigorosas, há freqüentes cavados frontais, principalmente frentes frias, que se estendem por centenas de milhas para norte e noroeste. Em seu movimento para leste as frentes podem provocar súbitas, e muitas vezes violentas, mudanças das condições meteorológicas, e por isto devem ser motivo de atenção para os navegantes. Então, as baixas são, em geral, acompanhadas de frentes, formadas pelo encontro das massas frias das depressões com as massas de ar mais quentes, provenientes de regiões temperadas ou subtropicais. Como o ar quente é mais leve que o ar frio, a massa de ar quente sobe, provocando condensação, formação de nuvens pesadas e escuras e precipitação (chuva ou neve). Às vezes, a velocidade de subida do ar quente é extremamente rápida, e a depressão pode gerar e produzir violentas tempestades.

A velocidade da frente associada a uma baixa é, normalmente, maior que a velocidade da própria baixa, pois a frente tem, também, um movimento de rotação em torno do centro da depressão. Quando as frentes ocluem, as depressões geralmente tornam-se menos ativas, diminuem de intensidade e começam a se dissipar.

A aproximação de uma frente fria é distintamente marcada por típicas mudanças de vento, condições de tempo e temperatura. Antes da aproximação da frente, os ventos mais fortes sopram de N/NW, com céu encoberto e tendência de queda no barômetro. Com

a chegada da frente, a pressão cai, o vento ronda para W/SW e a nebulosidade aumenta. Após a passagem da frente fria, a pressão aumenta e a nebulosidade diminui, assim como a temperatura e a umidade relativa. O vento continua rondando para SW e diminui. Algumas baixas são mais intensas que outras, suas trajetórias variam e há períodos de ventos mais fracos e variáveis entre as depressões. Às vezes, também, a retomada da pressão atmosférica, após uma baixa acentuada, traz um tempo ainda pior que as grandes quedas.

De tempos em tempos, um anticiclone (alta pressão) pode se estabelecer após a passagem de uma frente fria na parte norte dos mares austrais, resultando em um período de bom tempo. Entretanto, a maioria destes anticlones também tem movimento regular para leste, com velocidade de cerca de 20 nós.

b. Ventos Locais e Catabáticos; Jato Frio Inicial

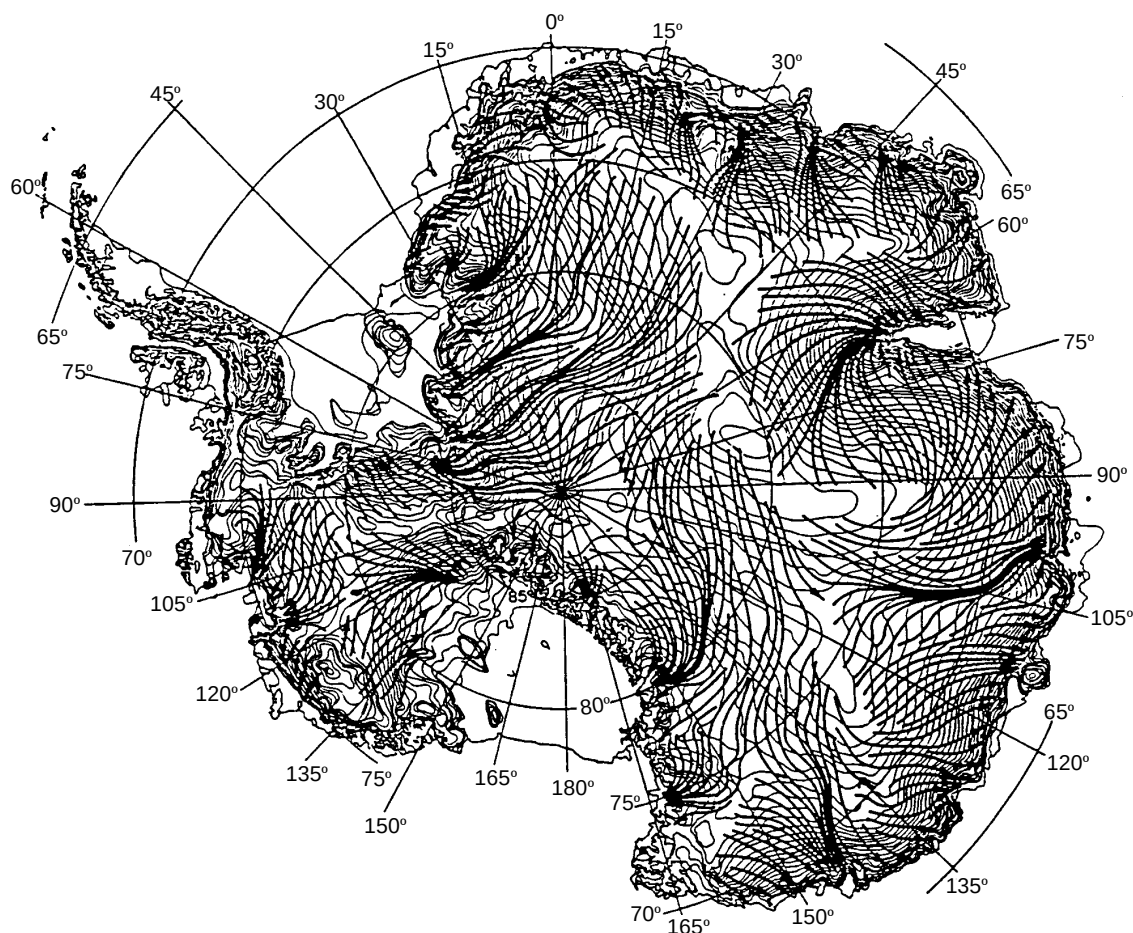
Resta, ainda, mencionar os ventos locais e ventos catabáticos, além do jato frio inercial.

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 41.27a). 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.

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, dobrar a vigilância sobre a amarra ou, se julgado necessário, suspender e dirigir-se para local mais seguro.

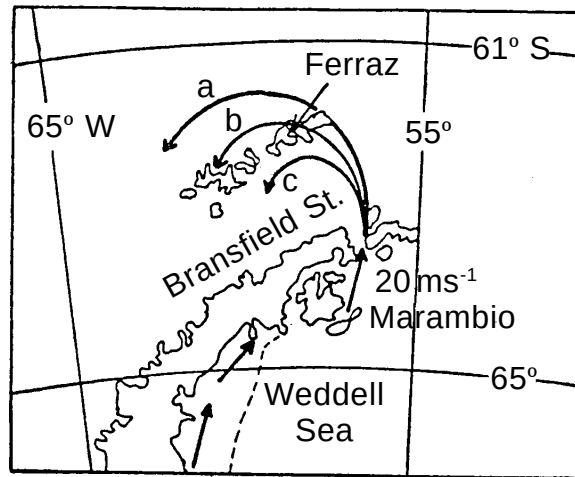
Outro tipo de vento local é causado por fatores geográficos – ilhas ou cadeias de montanhas de elevação regular a grande – que, perante uma forte circulação horizontal de grande escala, com apropriadas condições de estabilidade atmosférica, podem transformar significativamente as características do vento,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

Figura 41.27 a – Fluxos Catabáticos do Interior do Continente para as Margens da Antártica

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 área 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 41.27b. 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 freqüentemente 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 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.

Figura 41.27 b – Trajetórias do Jato Frio Inercial



- (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.

c. Dinâmica do Deslocamento dos Centros de Baixa Pressão que Afetam as Ilhas Shetland, a Península Antártica e o Estreito de Drake

A área de operações normais do Brasil na Antártica abrange os Estreitos de Drake e de Bransfield, as Ilhas Shetland do Sul, a costa oeste da Península Antártica e o Mar de Bellingshausen, até a Latitude de cerca de 65° S. As condições meteorológicas gerais, em escala macro, prevalentes nessa região, são determinadas, principalmente, por sua localização no eixo ou “cavado” da faixa de baixa pressão subpolar, que contorna o continente antártico e corta a península aproximadamente na Latitude 65° S. A posição média do cavado, por sua vez, está associada às trajetórias dos centros de baixa móveis originados em altas ou médias latitudes.

Além disso, no lado oeste da península, banhado pelo Mar de Bellingshausen, predominam condições oceânicas, com temperaturas mais elevadas e maior precipitação. No lado leste, banhado pelas águas quase sempre congeladas do Mar de Weddell, prevalecem condições continentais e a temperatura permanece muito baixa. Apresentando perfil montanhoso, com altitude média de 1.800 metros, a península serve de barreira parcial aos sistemas meteorológicos, que geralmente apresentam deslocamento de **W** para **E**.

Desse quadro geral, bastante conhecido, deduzem-se algumas características meteorológicas da área em que o Brasil tem operado: o tempo apresenta-se variável (por causa da passagem freqüente de depressões), nebuloso, com índices relativamente altos

de precipitação (incluindo chuva) e temperaturas amenizadas pela influência oceânica. O clima e a temperatura da região também são muito influenciados pelo “jato frio inercial” antes mencionado.

O Estreito de Drake, rota obrigatória, é temido por causa da ocorrência de freqüentes tempestades ciclônicas, que formam ondas de **5, 8** e, excepcionalmente, de até **14** metros de altura. No Drake, durante o verão, ocorre em média um ciclone – geralmente com movimento de oeste para leste – a cada intervalo de dois a cinco dias. Entre dezembro e março, em 26% dos casos os ventos alcançam força 8 (34 a 40 nós), velocidade em que são capazes de levantar ondas de até 7,5 metros. O relativo desconhecimento sobre a dinâmica dos ciclones do Drake torna tensos os três dias necessários à travessia. Imagens geradas por satélites e transmissão de dados a cada três horas não conseguiram, até hoje, tornar tais eventos previsíveis. Tudo se passa como se os padrões de deslocamento, intensidade e distribuição periférica dos ventos fossem, por assim dizer, individualizados; há ciclones com baixíssimas pressões centrais e pouco vento, e há os aparentemente fracos em termos de pressão e virulentos na formação de ventos e ondas; há os de deslocamento rápido e rumo constante, mas também há os que param de repente e mudam de curso.

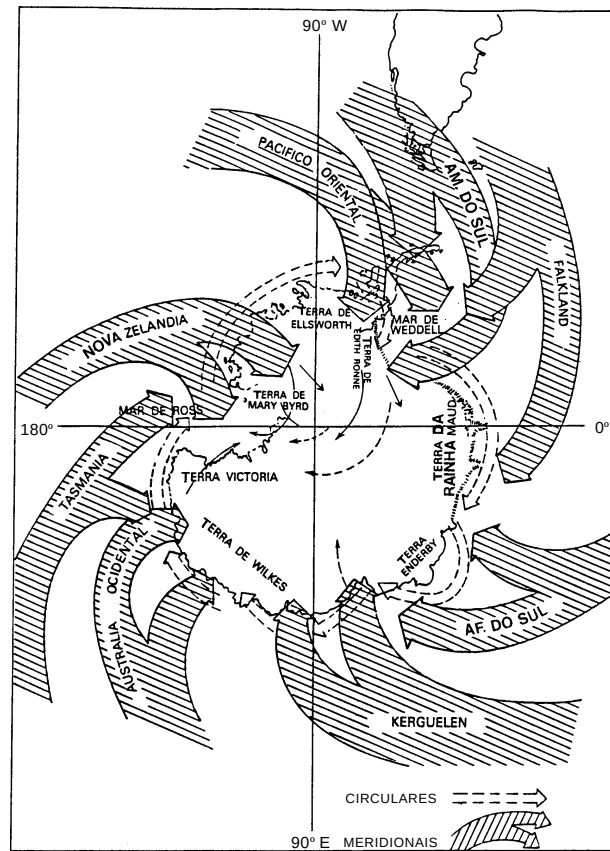
Embora nem todas as mudanças nas condições meteorológicas na Antártica estejam relacionadas a centros de baixa pressão e frentes (principalmente nas regiões interiores), o papel que elas exercem é importantíssimo, em especial na zona periférica e suas proximidades.

A freqüência de formação de ciclones na região é de 12 a 20 por mês. As trajetórias dos centros de baixa que afetam a Antártica se dividem em duas classes: meridionais e circulares. Os centros de baixa meridionais têm origem nas Latitudes subantárticas, suas trajetórias primitivas são de direção oeste–leste, e depois convergem na direção do continente, onde penetram em sua periferia, para encerrar seu ciclo de existência. As baixas circulares nascem ou se formam na borda continental, para depois adquirirem uma trajetória paralela à margem do continente, e raramente o penetram antes de terminarem seu ciclo de atividade. Entretanto, as baixas circulares que nascem nas vizinhanças do Mar de Ross contornam o continente, atravessam a Península Antártica e alcançam o Mar de Weddell, de onde convergem novamente na direção de sua zona de origem, atravessando o platô polar com trajetória leste–oeste. A figura 41.28 representa as principais trajetórias dos centros de baixa pressão.

Freqüentemente, em qualquer época do ano, há centros de baixa pressão cruzando a zona das Ilhas Shetland, da Península Antártica e do Estreito de Drake. Algumas delas são oriundas de Latitudes relativamente baixas e são do tipo meridional; outras têm origem na margem do continente antártico e pertencem ao tipo circular. Porém, seja qual for o tipo de depressão, ao aproximar-se da Península Antártica sofre desaceleração exercida pelo relevo terrestre, o que tem por consequência uma maior duração dos efeitos frontais do lado ocidental.

Considerando-se a trajetória e a origem das baixas que afetam as Ilhas Shetland, a Península Antártica e o Estreito de Drake, podem-se distinguir três tipos clássicos:

- Baixas procedentes de NW;
- baixas com o centro no Estreito de Drake; e
- baixas com o centro ao sul da Península Antártica (Terra de O’Higgins).

Figura 41.28 – Trajetórias das Depressões Meridionais e Circulares que Afetam a Antártica

– Baixas procedentes de NW:

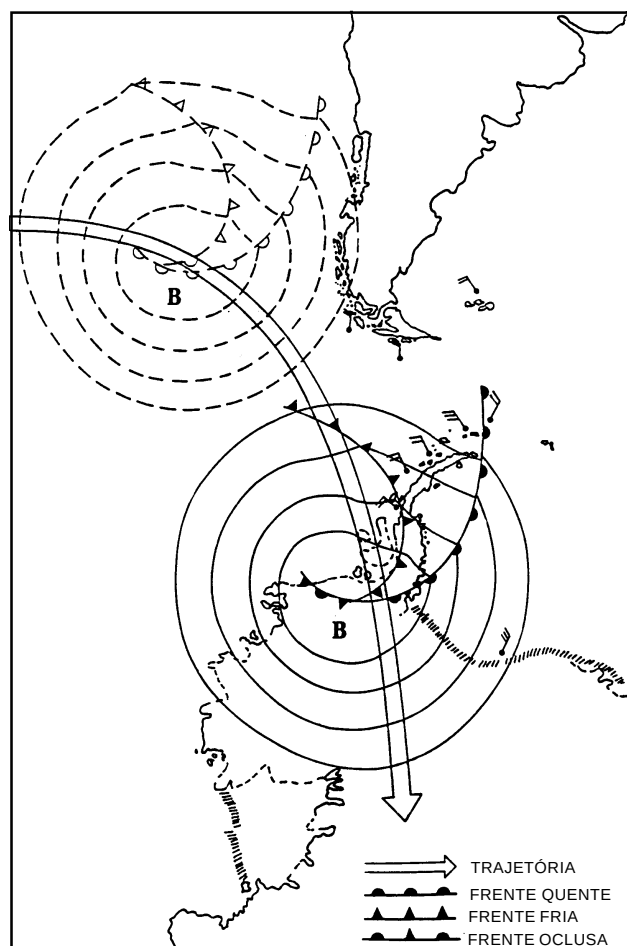
Estas baixas são do tipo meridional (figura 41.29). Sua formação tem lugar no Pacífico austral. Elas assumem uma trajetória para leste, porém, ao se aproximarem da zona dos canais da Patagônia, recurvam-se para sudeste e cruzam o Estreito de Drake, para depois atravessar a Península Antártica, mantendo a mesma direção. As primeiras manifestações da presença destas baixas são registradas na estação de Ilhas Evangelistas (Chile), com queda da pressão e vento com direção norte ou noroeste, de intensidade regular. Porém, estes sinais não bastam, pois podem também tratar-se de baixas que continuam sua trajetória para leste sobre o continente sul-americano, e que apresentam manifestações semelhantes. Este fato se confirma, posteriormente, pela estação de Punta Arenas (Chile). A aproximação das Ilhas Shetland se manifesta por uma sistemática e persistente queda da pressão, com vento de direção nordeste, aumentando a intensidade. Como estas baixas têm origens afastadas desta região, suas frentes quente e fria já estarão próximas, seguindo seu processo evolutivo, e grande parte delas já terá atingido a fase de oclusão.

Os efeitos frontais são chuva, neve ou água-neve. O vento frequentemente alcança 40 nós (força 8), podendo ultrapassar bastante esta velocidade. A visibilidade se reduz e o estado do mar no Estreito de Bransfield toma características de força 6/7. Nem sempre os efeitos frontais alcançam o limite da Baía Margarita; porém, quando isto ocorre, tais efeitos já são enfraquecidos.

Esta é uma situação sinótica relativamente freqüente e configura uma situação ruim para a travessia do Estreito de Drake. No mar, o vento é ainda mais forte que nas

estações de terra de ambos os lados do estreito. Após a passagem da depressão, as condições tornam-se menos desfavoráveis para cruzar o Drake, no sentido N–S (não se deve esperar muito para iniciar a travessia, pois as baixas são freqüentes).

Figura 41.29 – Trajetória das Baixas Procedentes de NW

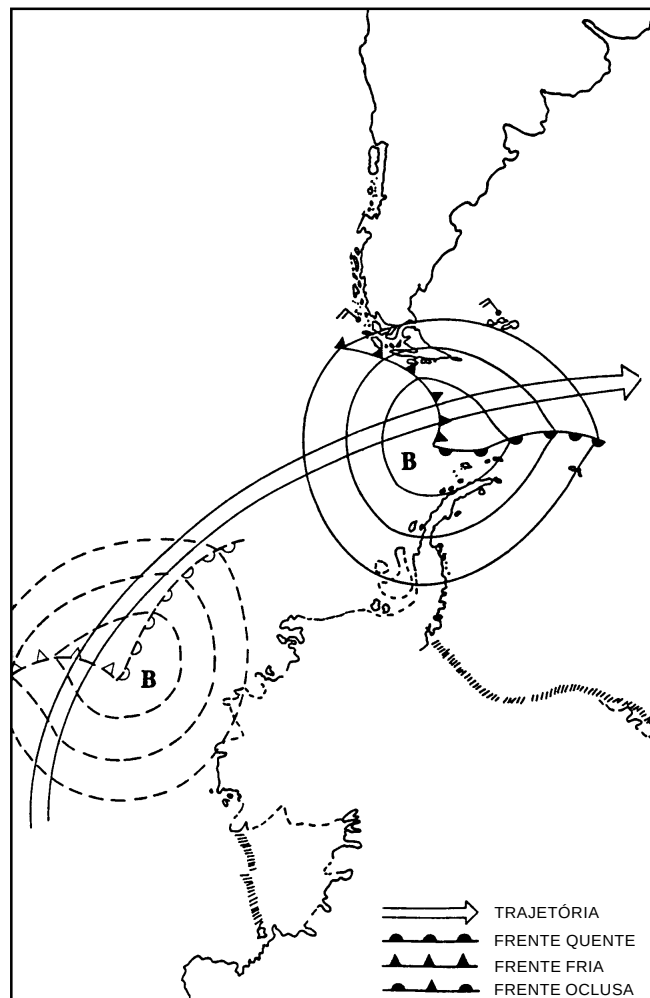


Quando a trajetória da depressão ocorre mais para o norte, sobre o continente sul-americano (ao norte do Estreito de Magalhães), a pressão cai rapidamente nas estações meteorológicas Cabo Raper e Ilha San Pedro, ambas no Chile, mas se mantém em Evangelistas e Diego Ramirez (também no Chile). Além disso, a pressão se mantém relativamente alta na região da Península Antártica. Esta situação sinótica, embora não ocorra com muita freqüência, é favorável para a travessia do Estreito de Drake.

– Baixas com o centro no Estreito de Drake:

Estas baixas são do tipo circular (figura 41.30) e sua extensão é relativamente pequena. De maneira geral, sua margem norte produz efeitos no Cabo Horn. A margem meridional ocasiona mau tempo severo nas Ilhas Shetland, com nevascas e água-neve, efeitos que, em algumas ocasiões, alcançam o Estreito de Gerlache. Por terem formação relativamente recente, suas frentes fria e quente não terão evoluído o suficiente para se aproximarem uma da outra, e cruzam a região das Shetland com um ângulo bastante aberto (“onda aberta”), sem ocluir:

As primeiras manifestações nas Ilhas Shetland são queda de pressão e vento persistente de **NE** e **E**, aumentando de intensidade (pois a baixa passa ao norte da EACF). Na passagem da baixa, o vento ronda para a direita, ou seja, para **SE**, depois para **S** e, em seguida, para **SW**.

Figura 41.30 – Trajetória das Baixas que Cruzam com o Centro no Estreito de Drake

– Baixas com o centro ao sul da Península Antártica:

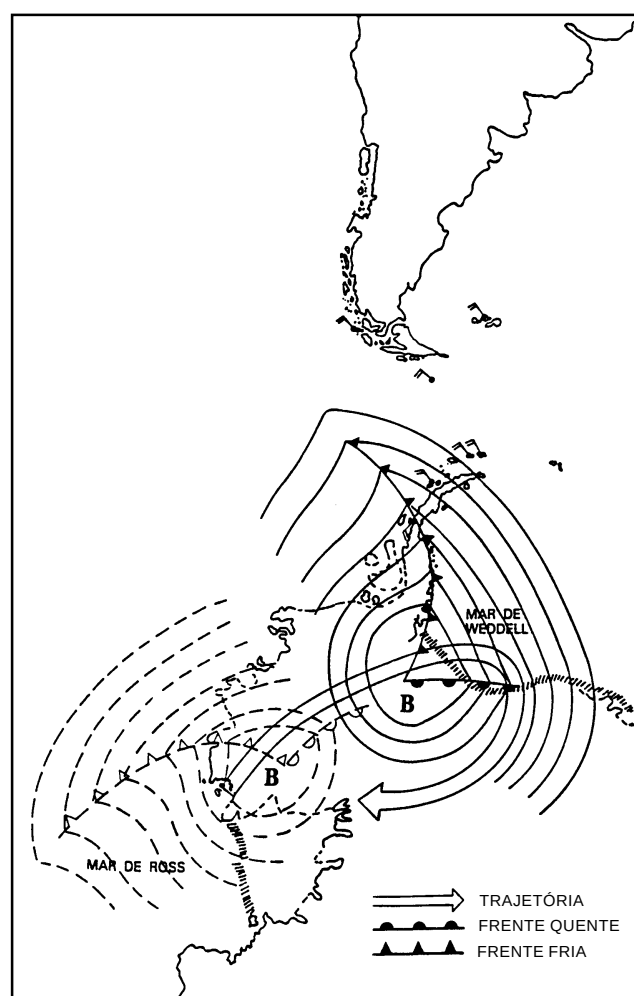
Estas baixas (figura 41.31) nascem nas proximidades do Mar de Ross e depois iniciam seu movimento com trajetória na direção do Mar de Weddell. Como nos casos anteriores, a primeira manifestação de sua presença é feita pelos barômetros, que registram uma acentuada queda de pressão; porém, neste caso, esta queda se apresenta em todas as estações ao largo da Península Antártica, sendo mais acentuada nas estações da Baía Margarita. O vento sopra com direção norte, aumentando a intensidade. À medida que a baixa cruza sobre a Península Antártica, o vento ronda pela esquerda, ou seja, noroeste, oeste e sudoeste, ao afastar-se da região.

Os efeitos são nevascas intensas, acompanhadas de água-neve, visibilidade muito baixa e mar força 6/7 nos estreitos de Bransfield, Neumayer e Gerlache, assim como em mar aberto.

– Situação de bloqueio no Atlântico Sul:

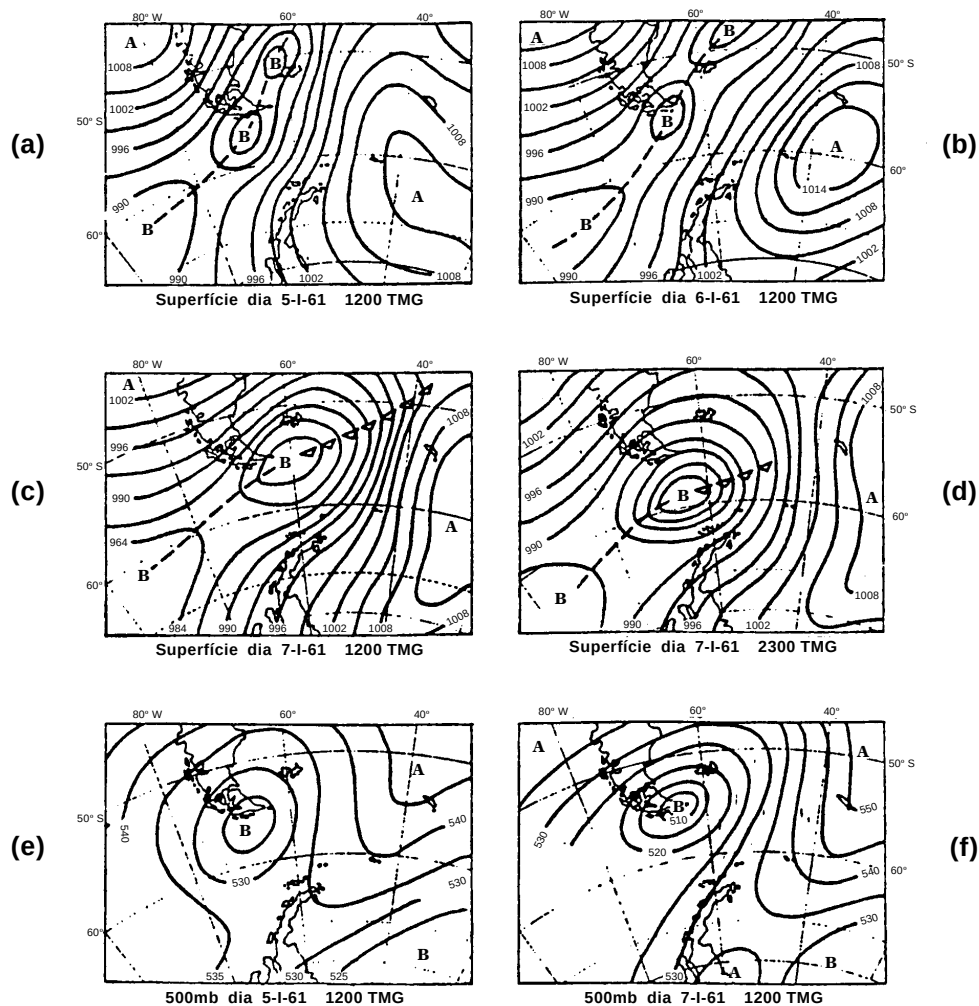
Esta situação é incluída neste capítulo por ser particularmente desfavorável para as operações na região antártica, assim como para a travessia do Estreito de Drake, podendo perdurar por vários dias.

Na zona situada a sudeste do continente sul-americano se desenvolvem com certa frequência anticiclones de bloqueio. Este tipo de situação sinótica está caracterizado por um alinhamento da circulação que se estende até níveis mais elevados da atmosfera, e causa um potente anticiclone que bloqueia a trajetória normal das baixas migratórias nos

Figura 41.31 – Trajetória das Baixas com o Centro ao Sul da Península Antártica

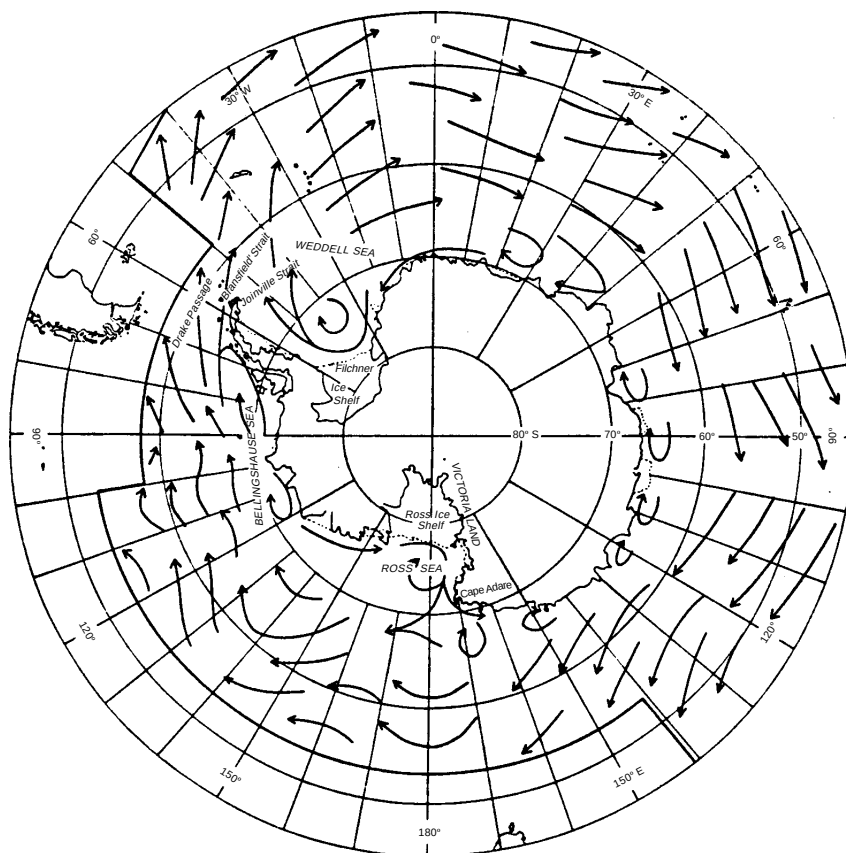
níveis inferiores. O anticiclone se estende, habitualmente, sobre as águas próximas às Georgias do Sul e Orcadas do Sul, estendendo-se, inclusive, até a parte norte do Mar de Weddell; em tais situações, podem-se desenvolver baixas pressões quase-estacionárias no Estreito de Drake e na Terra do Fogo, também de grande extensão vertical. Quando este anticiclone permanece na área citada, as condições manter-se-ão desfavoráveis no sul do Estreito de Drake, nas Shetland do Sul e no Estreito de Bransfield, com mau tempo, nebulosidade baixa, chuva e chuvisco intermitente, visibilidade reduzida e ventos de regulares a fortes.

A figura 41.32 apresenta uma análise sinótica de uma situação de bloqueio típica, mostrando os mapas de superfície (a, b, c, d), com o campo de pressão em mb, e os de altitude (e, f) em altura geopotencial, referidos ao nível de 500 mb (cerca de 5 km na atmosfera). O ponto importante a observar é o quase “alinhamento” do centro de alta pressão em superfície com o correspondente em altitude (isto é, o anticiclone está forte na superfície e em altitude). Este alinhamento é característico do bloqueio, que restringe o movimento dos centros de baixa em superfície. Na situação apresentada, a baixa em superfície permanece praticamente na mesma posição por cerca de 60 horas. Assim, os ventos predominantes na parte sul do Estreito de Drake e nas Shetland é de nordeste, no caso, com a pista praticamente ilimitada. Se tal situação ocorrer, devem ser esperadas condições de mar extremamente severas no Estreito de Drake. O bloqueio configura uma situação muito desfavorável para a travessia do Estreito de Drake.

Figura 41.32 – Situação Sinótica de Bloqueio em Superfície e em Altitude

formam um padrão interrompido de correntes de rumo **W**, ao longo da maior parte da costa da Antártica.

Figura 41.33 – Correntes de Superfície na Antártica



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 gerá-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 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 no 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, 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 1,40 m e 1,80 m, 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.

41.6.5 CONVERGÊNCIA NOS MARES AUSTRALS

Um dos fenômenos mais característicos existentes nos mares austrais é o das convergências – zonas para onde correm as águas que circundam a massa continental da Antártica, mergulhando a grandes profundidades, ao nível das quais prosseguirão em seu lento caminhar para o norte. É de grande importância conhecer as características básicas da circulação austral, pois as mesmas massas de água existentes nessa região prolongam-se, em profundidade, ao Oceano Atlântico, conduzindo os mesmos valores (ou quase os mesmos, conforme a distância) de propriedades adquiridas à superfície, na região antártica.

A temperatura das águas situadas em torno do continente antártico é muito baixa, cerca de 0° C, e mesmo inferior a este valor (em certas regiões a temperatura atinge o valor de congelamento da água à salinidade de 34,5 ‰: -1,9° C). À medida que nos afastamos da Antártica, a temperatura dessas águas, constantemente sujeitas aos ventos que ocasionam a **Deriva do Vento Oeste**, vai aumentando paulatinamente, até atingir um valor próximo de 2° C. De repente, a temperatura salta bruscamente, aumentando alguns graus centígrados.

Na região, ou faixa, ao redor de todo o continente antártico, em que a água sofre brusco aumento de temperatura, está localizada a Convergência Antártica. Aí, as águas, que ao Sul da Convergência moviam-se para o Norte, mergulham e prosseguem em seu caminho na mesma direção. A Convergência Antártica localiza-se, principalmente, entre 50° e 60° de Latitude Sul, no Oceano Atlântico.

A partir dessa região, para o Norte, a temperatura da água volta a subir lentamente. Da mesma forma, as águas da **Deriva do Vento Oeste** continuam a circular e, cerca da Latitude de 40° S, observa-se um novo aumento brusco de temperatura, mais nítido do que o correspondente à Convergência Antártica, com variação da ordem de 4° C. Esta é a região correspondente à Convergência Subtropical. Como na Convergência Antártica, as águas convergem, afundam e continuam em direção ao Norte. É no mar austral que se forma grande parte das massas de água que vão compor a estratificação do Oceano Atlântico (no Oceano Ártico também são “produzidas” massas de água que contribuem para essa estratificação). E é através dos “mecanismos” colocados em funcionamento pelas Convergências Antártica e Subtropical que aquela contribuição se verifica. As duas Convergências separam as águas superficiais dos mares austrais em duas zonas que guardam valores distintos de propriedades da água do mar. A zona que vai do continente antártico à Convergência Antártica é denominada Zona Antártica. A Zona Subantártica estende-se entre as duas Convergências.

Na Zona Antártica a temperatura à superfície varia entre -1,9° C e 1° C, no inverno, e de -1° C a 4° C no verão. Na Zona Subantártica varia entre 4° C e 10° C no inverno, podendo alcançar 14° C no verão.

