

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

**VÍCTOR ALEXANDRE MORO VALENTIM**

**NOVAS ROTAS TRANS-ÁRTICAS**

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**VÍCTOR ALEXANDRE MORO VALENTIM**

**NOVAS ROTAS TRANS-ÁRTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira  
Mestre em Meteorologia

**RIO DE JANEIRO**

**2014**

**VÍCTOR ALEXANDRE MORO VALENTIM**

**NOVAS ROTAS TRANS-ÁRTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

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

Orientador: 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira

Graduação em Meteorologia e Mestrado em Meteorologia

---

Assinatura do Orientador

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

## DEDICATÓRIA

Dedico essas páginas e o suor sobre elas a todos de alguma forma envolvidos em sua realização, ou seja, à meus familiares, amigos, mestres e todos que de alguma forma me inspiraram, motivaram e instigaram a perseguir meus objetivos sem tirar-lhes os olhos para me distrair com meros obstáculos.

Especialmente à minha mãe, Bia, por sua dedicação incondicional da qual tanto abusei, a meu pai, Marco (ou Valentim para os que o conhecem do mar) por ter me mostrado o caminho das pedras ,nesse caso as pedras do cais, e por ter me emprestado seu nome-de-guerra e a minha avó, Neuza, por ser a bússola que guia minha consciência, o lastro que mantém nossa família estabilizada, e o vento que enche a minha vela para vencer o avanço das ondas no mar da vida.

Obrigado por terem investido em mim e pela semente de confiança plantada. Colhamos os frutos.

## **AGRADECIMENTOS**

Presto meus agradecimentos à aqueles que tornaram possível este estudo. Minha família por me ter fornecido meios para estudar e obter uma formação marítima

À meus mestres por terem de fato me transformado em um homem do mar. E dentre esses, especialmente o meu orientador, 1T Vinicius Oliveira pelo direcionamento e paciente orientação na confecção dessas páginas.

Uma vez mais sobre as  
águas! Ainda uma vez mais!

E as ondas se curvam diante  
de mim como a montaria

Que ao seu mestre  
reconhece.

(LORD BYRON)

## RESUMO

Por volta dos últimos trinta anos muitas organizações, tanto as ligadas a estados oficiais quanto as independentes, tem alertado as grandes massas a respeito de mudanças climáticas que alegadamente estão ocorrendo em nosso planeta.

Uma análise cuidadosa do clima do polo norte aponta até então para uma evolução do cenário climático que tem acarretado na diminuição da quantidade de gelo na região, porém os estudos prosseguem e o destino dos mares gelados do norte é incerto.

Há majoritariamente duas correntes de pensamento científico a respeito do comportamento climatológico e do futuro das regiões polares. Em primeira instância, a já amplamente divulgada, ainda que não amplamente aceita, teoria do aquecimento global antropogênico que prevê um aumento sem precedentes da temperatura mundial, sobre tudo no Ártico. Aqueles que possuem um pensamento antípoda defendem a doutrina do resfriamento global, ou um aquecimento natural do clima, pouco popular entre o público leigo, contudo não menos legítima diante da comunidade científica.

É de interesses desta monografia expor ambas correntes de pensamento e analisar as possibilidades econômicas que se abrirão ao mercado mundial marítimo caso o aquecimento global se mostre a tese mais correta e as rotas marítimas e fato se abram e sejam exploradas de maneira rentável, tanto no mercado de fretes marítimo quanto no da prospecção de petróleo e gás.

O autor acha válido ressaltar que uma abordagem considerando o cenário do resfriamento global, ainda que razoavelmente possível, é inócua para fins relacionados ao estudo da alteração do comportamento econômico das empresas de navegação e para a exposição dos desafios a serem enfrentados pelas embarcações que buscarem no Polo Norte do planeta sua nova área de atuação.

Palavras-chave: Ártico. Novas rotas. Aquecimento global. Resfriamento global. Rota Noroeste.

## **ABSTRACT**

At about the last thirty years many organizations, both official and independent, have warned the broad masses about climate change that are allegedly occurring on our planet.

A careful analysis of the climate of the North Pole, describes us the evolution of the climate scenario that has caused declines in the amount of ice in the region, but the work continues and the fate of the frozen seas of the north is uncertain.

There are majority two currents of scientific thought about the climatological behavior and future of the polar regions. In the first instance, the already widely disseminated, although not widely accepted anthropologic global warming theory predicts that an unprecedented rise in global temperature, especially in the Arctic. Those who have an antipodal thinking advocate the doctrine of global cooling or natural warming of the climate, not really popular among the lay public, but not the least legitimate before the eyes of the scientific community.

It is on the interest of this monograph to exhibit both lines of thought and analyze the economic opportunity that will make itself available to the worldwide maritime market if global warming proves the most correct theory and maritime routes open up in a matter of fact, to be exploited profitably both in sea market freight as on the industry of oil and gas exploration.

The author finds useful to highlight the point that an approach considering the scenario of global cooling, even if reasonably possible, is safe for the amendments associated to the study of the economic behavior of shipping businesses ends and for display of the challenges faced by vessels seeking in the extreme north of the planet their new field of action.

Keywords: Arctic. New routes. Global warming. Global cooling. Northwest route.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico da temperatura média do Ártico em janeiro.	16
Figura 2 - Gráfico da temperatura média do Ártico em julho.	17
Figura 3 - Climatologias mensais e anuais de oito regiões do Ártico e sub-ártico.	19
Figura 4 - Estimativas do mínimo absoluto e média e máxima extensão do gelo marinho no Ártico a partir de meados dos anos 1970.	23
Figura 5 - Trajetos das Rotas Trans-Árticas	28
Figura 6 - Portos de transbordo (representados como pontos verdes) e rotas de transbordo (representados como linhas negras) em 2050.	31

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Comparativo das classificações para navios quebra-gelo. 35

-

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

HN

Hemisfério Norte

ROC

Radiação de Ondas Curtas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>CLIMA NA REGIÃO</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Radiação solar</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Temperatura</b>	<b>15</b>
2.2.1	Mares Livres de Gelo	16
<b>2.3</b>	<b>Precipitação</b>	<b>19</b>
2.3.1	Bacia do Ártico	19
2.3.2	Mares Livres de Gelo	21
<b>2.4</b>	<b>Gelo Marinho</b>	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>Aquecimento Global</b>	<b>25</b>
<b>2.6</b>	<b>Resfriamento Global</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>ROTAS DE NAVEGAÇÃO NOS POLOS</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Atividades Relacionadas à Prospecção de Petróleo e Gás no Ártico</b>	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Conteúneiros Trafegando nas Rotas Transárticas</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>Limitações</b>	<b>33</b>
3.3.1	Calado e projeto	34
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com temperaturas abaixo de zero graus centígrados, ventos fortes, água incrivelmente fria e presença constante de gelo marinho, o Ártico representa um dos desafios finais da navegação comercial. O polo norte é um ponto do globo com uma posição geográfica de valor estratégico para a logística marítima, porém seus rigorosos invernos com intenso nível de icebergs tem sido obstáculos insuperáveis para embarcações de todas as bandeiras

Com as mudanças climáticas ocorridas, sobretudo nos pólos, a viabilidade de uma rota polar ártica voltou a ser abordada e os grandes atores do mercado marítimo mundial voltaram seus olhos para a questão. Opções como a rota nordeste, a rota do mar do norte e a rota transártica poderiam representar grandes economias, e portanto maiores margens de lucro, para os armadores.

Mas ainda é preciso que estudos sejam realizados afim de esclarecer questões acerca da real viabilidade dessas rotas, uma vez que há doutrinas científicas que não admitem o contínuo derretimento de gelo das calotas polares como uma realidade. Correntes de pensamento como o resfriamento global se mostram pessimistas a respeito da empregabilidade dessas rotas uma vez que pregam que os níveis de gelo marinho não tem previsão de diminuir e os invernos polares não devem se abrandar.

Por tanto, os próximos dez anos serão de máxima importância para o destino da navegação comercial, mas é preciso que certas medidas sejam tomadas agora, como avaliações econômicas para o mercado marítimo de fretes e de prospecção de petróleo e que se invista na estrutura de apoio das rotas polares, caso elas abram e nas futuras embarcações que deverão vencer a definitiva barreira do comércio marítimo mundial.

**1.1 Objetivo:** O objetivo geral do meu estudo é elucidar novas rotas para a navegação em altas latitudes.

## 2 CLIMA NA REGIÃO

Invernos longos e severos contrastando com verões breves e frescos caracterizam o clima existente no Ártico. Há uma grande variedade de configurações climáticas ao longo das diferentes regiões do Ártico, porém todas experimentam níveis extremos de radiação solar tanto no inverno quanto no verão. Algumas partes do Ártico permanecem sob uma camada de gelo (gelo marinho, gelo glacial ou neve) durante o ano inteiro, dificultando ou inviabilizando a navegação nestas áreas. O que resulta em um número muito limitado de rotas a serem exploradas, e mesmo esse pequeno número de rotas navegáveis apresentam grandes desafios de navegação no gelo que apenas um pequeno número de navios atualmente é capaz de sobrepujar.

### 2.1 Radiação solar

O clima no ártico também depende da quantidade de radiação incidente do sol que atinge a superfície, na forma de radiação de ondas curtas (ROC), e a quantidade que é de fato absorvida pela mesma. Segundo Lobo e Soares (2007), a variação na distribuição de energia depende exclusivamente do ângulo de inclinação (incidência) dos raios solares em relação a superfície de contato do solo. Variações na frequência da camada de nuvens podem causar mudanças significativas na quantidade de ROC que alcança a superfície do ártico em regiões de mesma latitude. Alterações nas condições da superfície, como o aparecimento ou desaparecimento de neve e gelo marinho pode resultar em grandes variações no Albedo superficial, isto é, a quantidade de ROC que atinge a superfície e é refletida pela mesma, e não absorvida.

No inverno durante novembro até o mês de fevereiro, o sol permanece muito baixo no céu ou nem sequer nasce, por tanto os dias são muito curtos. Isso significa que pouquíssima energia chega a superfície. Ademais, essa pequena quantidade de ROC que atinge a superfície é majoritariamente refletida por uma camada resplandecente de neve. A neve fria reflete de 70% á 90% da radiação (SERREZE & BARRY, 2005) e a maior porção do Ártico, com a exceção de partes do mar que passam o ano inteiro sem gelo,

têm neve sobre a terra ou superfície de gelo durante o inverno. Esses fatores resultam em uma absorção de energia desprezível durante o período do inverno no Ártico

No polo norte durante o solstício de verão do Hemisfério Norte (HN), que acontece por volta de 21 de junho, o sol se eleva até a latitude de 23.5 graus sobre o horizonte. Esse evento representa o início do movimento descendente do sol no céu do ártico, por tanto este passa a ofertar cada vez menos radiação à superfície. Esse período em que o sol passa a se pôr corresponde ao verão no ártico. Durante este período o ártico continua recebendo energia do sol durante sua estada no céu, a terra, que nessa época já não está coberta por neve, tem a possibilidade de se aquecer durante os dias claros em que o gélido vento marinho não está soprando.

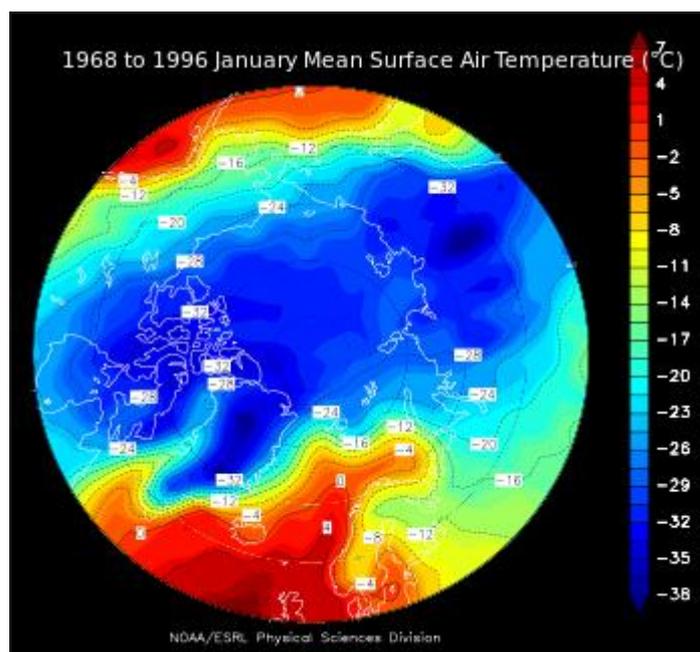
Sobre o mar do ártico a camada de neve que cobria o gelo desaparece e poças de gelo derretido começam a se formar sobre o gelo marinho, posteriormente reduzindo a quantidade de radiação solar refletida pelo gelo (pois este se faz cada vez menos presente) e aumentando a quantidade de radiação solar absorvida pelo mar e ajudando o gelo a derreter. Nas extremidades do Ártico o gelo começa a derreter e se partir, deixando a superfície do mar exposta para absorver quase que completamente a radiação solar que a ela incide, armazenando a energia na coluna d'água. Em meados de junho e agosto, a maior parte da terra não está mais sob a neve e absorve mais de 80% da energia solar que alcança a sua superfície.

Onde ainda há gelo marinho, na Bacia do Ártico central e nos estreitos pertencentes ao arquipélago canadense, as muitas poças oriundas do derretimento e da ausência de neve fazem com que metade da energia solar seja absorvida (SERREZE & BARRY,2005), porém essa energia é em sua maioria gasta no processo de derretimento do gelo uma vez que a superfície do gelo não pode se aquecer além da temperatura de congelamento.

## 2.2 Temperatura

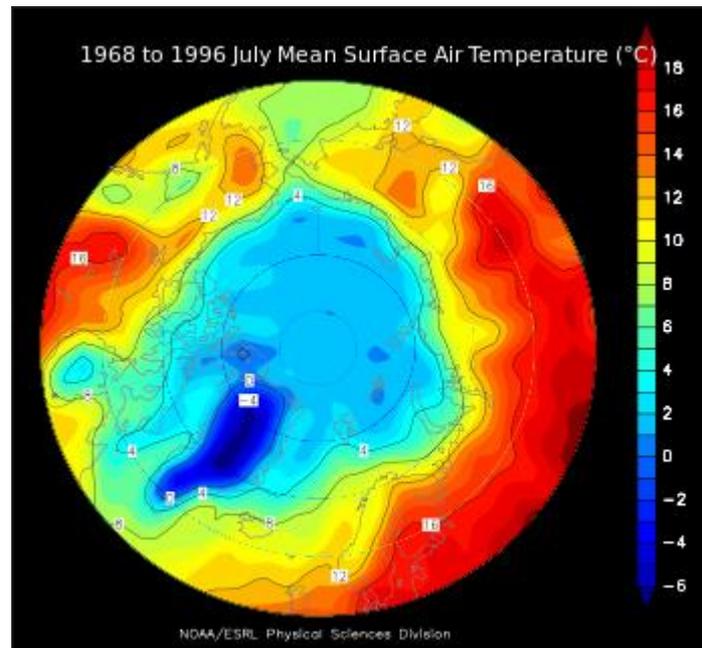
O Ártico é normalmente é tido como uma região que possui um clima congelante ao longo de todo o ano. Enquanto, de fato, grande parte da região experimenta temperaturas muito baixas, existe uma variabilidade considerável tanto com local como sazonal. A média das temperaturas durante o inverno se mantém abaixo de zero em quase todo o território Ártico, exceto para pequenas regiões no sul da Noruega e do Mar de Bering, que permanecem livres de gelo durante o inverno. As temperaturas médias no verão estão acima de zero em todas as regiões, exceto a Bacia do centro Ártico, onde o gelo marinho sobrevive durante o verão, e do interior da Groenlândia.

**Figura 1** – Gráfico da temperatura média do Ártico em janeiro.



Fonte: NOAA/ESRL Divisão de Ciências Físicas

**Figura 2** – Gráfico da temperatura média do Ártico em julho.



**Fonte: NOAA/ESRL Divisão de Ciências Físicas**

Os gráficos a cima mostram as temperaturas médias do Ártico em janeiro e julho, geralmente os mais frios e mais quentes meses do ano. Estes mapas foram feitos com dados do NCEP / NCAR, que incorpora os dados disponíveis em um modelo de computador para criar um conjunto consistente de dados. Nem os modelos, nem os dados são perfeitos, assim estes mapas podem ser diferentes de outras estimativas da temperatura superficial do Ártico; em particular, a maioria das climatologias que estudam o Ártico mostram temperaturas mais ao centro do Oceano Ártico durante o mês de julho com uma média um pouco abaixo de zero, alguns graus mais baixa do que mostram esses mapas (SERREZE & BARRY, 2005; URSS, 1985; CIA, 1978).

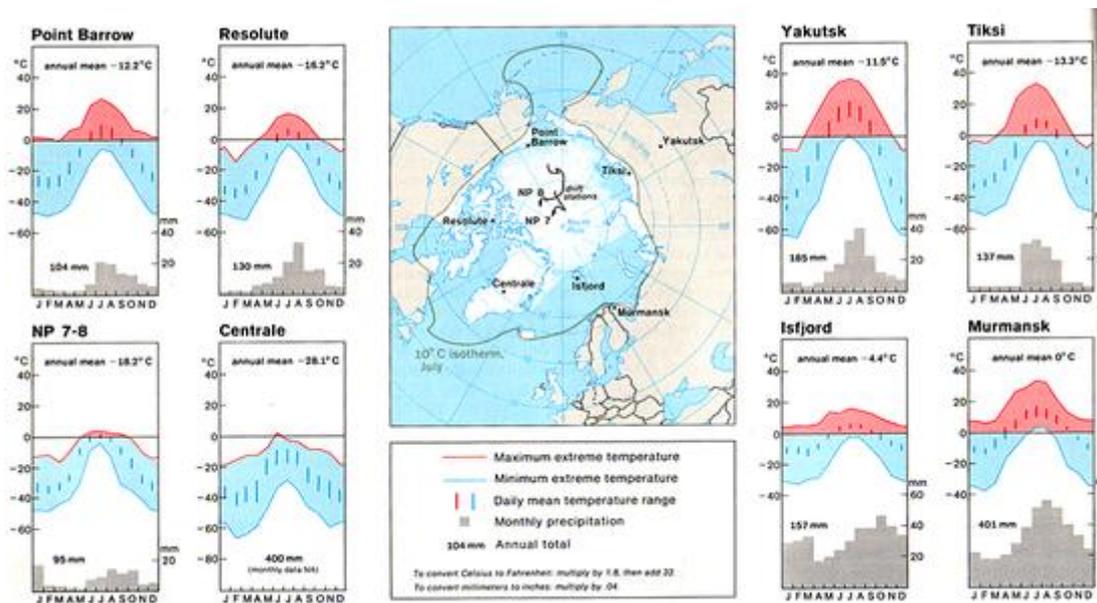
### 2.2.1 Mares livres de gelo

Grande parte dos mares livres de gelo na verdade são cobertos por gelo durante certa parte do ano. As exceções são; a parte sul do mar de Bering e a maior parte do Mar da Noruega. Estas regiões que não apresentam gelo em suas águas têm variações de

temperatura muito pequenas ao longo do ano; temperaturas médias de inverno são mantidas perto ou acima do ponto de congelamento da água do mar, uma vez que o oceano descongelado não pode ter uma temperatura inferior a temperatura de congelamento, e as temperaturas de verão dessas regiões são em média, inferiores a 10°C. Durante o período de 46 anos quando os registros meteorológicos foram realizados em Shemya Island, no sul do mar de Bering, a temperatura média do mês mais frio (Fevereiro) foi -0,6°C e a do mês mais quente (Agosto) foi de 9,7°C; a temperatura nunca caiu abaixo de -17°C ou se elevou acima de 18°C. (Occidental Regional Climate Center)

O restante dos mares livres de gelo possuem uma camada de gelo durante parte do inverno e da primavera, mas perdem esta camada durante o verão. Estas regiões têm, no verão, temperaturas entre cerca de 0°C e 8°C. A cobertura de gelo, no inverno, faz com que as temperaturas tenham uma queda muito mais acentuada nessas regiões do que nas regiões que são livres de gelo durante todo o ano. Pela a maior parte dos mares que são coberto de gelo sazonalmente, as temperaturas de inverno são em média entre cerca de -30°C e -15°C. Essas áreas próximas à borda do mar de gelo permanecem um pouco mais quentes que o restante dessa região, devido à influência moderadora das águas do mar aberto nas proximidades. Na figura abaixo, podemos ver Point Barrow, Tiksi, Murmansk, e Isfjord que são áreas terrestres adjacentes aos mares que são sazonalmente cobertos de gelo.

Figura 3 - Climatologias mensais e anuais de oito regiões do Ártico e sub-Ártico.



Fonte: Agencia Central de Inteligência dos Estados unidos – Atlas das Regiões Polares, CIA, pagina 8

### 2.3 Precipitação

A precipitação na maior parte do Ártico cai como chuva e neve. Na maioria das áreas a neve é a mais frequente, ou a única, forma de precipitação durante o inverno. Enquanto no verão, há precipitações de ambas, chuva e neve (SERREZE & BARRY, 2005). A principal exceção a esta descrição geral é a parte alta do manto de gelo da Groenlândia, que recebe toda a sua precipitação como a neve, em todas as estações.

Climatologias precisas da quantidade de precipitação são mais difíceis de compilar para o Ártico do que climatologias de outras variáveis, como temperatura e pressão. Todas as variáveis são medidas por um número relativamente pequeno de estações climatológicas no Ártico, mas as observações das precipitações se tornam realmente incertas é devido à dificuldade de medir-se corretamente a altura da neve que cai. Normalmente uma pequena porção da neve que cai é impedida de entrar nos medidores de precipitação devido a ação de fortes ventos que incidem sobre os

medidores, causando uma subnotificação da quantidade de precipitação em regiões que recebem uma grande fração de sua precipitação como queda de neve. Correções são efetuadas aos dados nessas situações como forma de compensar por essa precipitação não capturada, mas elas não são perfeitas e acabam por introduzir algum erro nas climatologias de precipitação dessas regiões (SERREZE & BARRY, 2005).

As observações que estão disponíveis mostram que os valores de precipitação variam por um fator de 10 através do Ártico, com algumas partes da bacia do Ártico canadense e Arquipélago que recebem menos de 150 mm de precipitação por ano, e partes do sudeste da Groenlândia que recebem mais 1200 milímetros anualmente. A maioria das regiões recebem menos de 500 mm anualmente (SERREZE & HURST 2000, URSS, 1985). Para efeito de comparação, a precipitação anual média sobre todo o planeta é de cerca de 1000 mm. Salvo disposição em contrário, todos os valores de precipitação dados neste artigo são valores líquido-equivalentes, o que significa que a precipitação congelada é derretida antes da mesura.

### **2.3.1 Bacia do Ártico**

A Bacia do Ártico é uma das regiões mais secas do Ártico. A maior parte da Bacia recebe menos de 250 mm de precipitação por ano, qualificando-a como um deserto. Regiões menores da bacia do Ártico ao norte de Svalbard e da Península de Taymyr recebem até cerca de 400 mm por ano (SERREZE & HURST, 2000). Ainda para Serreze e Hurst (2000), as precipitações mensais sobre a maior porção da Bacia Ártico totalizam uma média de cerca de 15 mm, de novembro a maio, e aumentam para 20 a 30 mm em julho, agosto e setembro.

Conforme Serreze e Barry (2005), os invernos secos resultam da baixa frequência de ciclones na região durante esse tempo e à distância da região de mar aberto e de temperatura morna que poderia servir como uma fonte de umidade a ser fornecida. Apesar dos baixos totais de precipitação durante o inverno, a frequência é superior a precipitação em Janeiro, quando 25% a 35% das observações relataram precipitações, do que em Julho, quando apenas 20% a 25% das observações relataram

acontecimento de precipitação (SERREZE & BARRY, 2005). Grande parte da precipitação relatada no Inverno é muito leve, provavelmente tratando-se de nuvens constituídas de pequenos cristais de gelo denominadas 'Pó de Diamante' por Jefferson C. Simões (2004).

O número de dias com precipitação mensurável (mais de 0,1 mm em um dia) é ligeiramente maior em Julho do que em Janeiro (URSS 1985). Os relatórios de observação das precipitações de janeiro indicam que 95% a 99% das precipitações que ocorreram nesse mês foram congeladas. Em Julho os relatórios de observação das precipitações apontam 40% a 60% de congelamentos (SERREZE & BARRY, 2005). As partes ao norte da bacia de Svalbard e da Península Taymyr são exceções à descrição geral dada acima. Estas regiões recebem muitos ciclones enfraquecidos oriundos do corredor de ciclones do Atlântico Norte, que fica mais ativo durante o período do inverno.

Como resultado, as quantidades de precipitação sobre estas áreas da bacia são maiores no inverno do que as dadas anteriormente. O ar quente transportado para essas regiões também significa que a precipitação líquida é mais comum nesse território do que no resto da bacia do Ártico tanto no inverno quanto no verão.

### **2.3.2 Mares livres de gelo**

Os Mares de Chukchi, Laptev e Kara e a Baía de Baffin recebem um nível de precipitação ligeiramente maior do que a Bacia do Ártico, com totais anuais entre 200 e 400 mm; ciclos anuais no Mares de Chukchi e Laptev e na Baía de Baffin são semelhantes aos da Bacia do Ártico, com uma nível de precipitação no verão maior do que no inverno, enquanto que o mar de Kara tem um ciclo anual menor, devido à maior precipitação de inverno causados pelos ciclones oriundos do corredor de ciclones do Atlântico Norte. (SERREZE & HURST 2000; SERREZE & BARRY, 2005).

Os mares de Labrador, Noruega, Groenlândia e Barents, e os estreitos da Dinamarca e Davis sofrem forte influência dos ciclones oriundos do corredor de ciclones do Atlântico Norte, que é mais ativo no inverno. Como resultado, estas regiões

recebem mais precipitação no inverno do que no verão. Seus níveis totais de precipitação anual aumentam rapidamente de aproximadamente 400 mm, na região norte à aproximadamente 1400 mm na parte sul da região (SERREZE & HURST, 2000). A precipitação é frequente no inverno, com totais mensuráveis caindo em uma média de 20 dias todo mês de janeiro no Mar da Noruega (URSS, 1985). O mar de Bering é influenciado pelo corredor de ciclones do Pacífico Norte, e tem os totais de precipitação anuais entre 400 mm e 800 mm, também com um máximo de inverno.

## 2.4 Gelo Marinho

O gelo marinho é água do mar congelada que flutua na superfície do oceano. É o tipo de superfície dominante durante todo o ano na bacia do Ártico, e cobre grande parte da superfície do oceano no Ártico, em algum momento durante o ano. O gelo pode ser gelo nu, ou pode ser coberto por neve ou poças de água devido ao degelo, dependendo do local e época do ano. O gelo marinho é relativamente fino, geralmente inferior a 4 m, com sulcos mais grossos (NSIDC).

O gelo marinho é importante para o clima e para o mar em uma grande variedade de maneiras. Ele reduz a transferência de calor do oceano para a atmosfera; isto resulta em menos energia solar para ser absorvida pela superfície, e proporciona uma superfície sobre a qual a neve pode acumular-se, o que diminui ainda mais a absorção de energia solar; Uma vez que o sal é rejeitado do gelo em seu processo de formação, o gelo aumenta a salinidade da superfície das águas oceânicas onde se forma e diminui a salinidade das águas onde se derrete, ambos os quais podem afetar a circulação do oceano (NSIDC).

A figura 4, mostra as áreas cobertas por gelo do mar quando está em sua máxima extensão (março) e sua extensão mínima (setembro). Este mapa foi feito na década de 1970, a extensão do gelo marinho diminuiu desde então, mas isso ainda dá uma visão razoável. Na sua máxima extensão, em março, o gelo do mar cobre cerca de 15 milhões de km<sup>2</sup> do Hemisfério Norte, quase tanto espaço como o maior país, a Rússia (UNEP 2007). Os ventos e as correntes oceânicas fazem com que o gelo do

marinho se mova. O padrão típico de movimento do gelo é mostrado também no mapa abaixo. Normalmente, estes movimentos levam o gelo marinho do lado russo do Oceano Ártico ao Oceano Atlântico através da área leste da Groenlândia.

Figura 4 - Estimativas do mínimo absoluto e média e máxima extensão do gelo marinho no Ártico a partir de meados dos anos 1970.



Fonte: Agencia Central de Inteligência dos Estados unidos – Atlas das Regiões Polares, CIA, pagina 12

## 2.5 Aquecimento Global

Há várias razões para se esperar que as mudanças climáticas atuem de maneira mais intensa na região do Ártico, do que em relação às latitudes médias e tropicais.

Em primeiro lugar, é o feedback gelo-albedo, em que um aquecimento inicial faz com que a neve e o gelo derretam, expondo as superfícies mais escuras (como o mar) que absorvem mais luz solar, provocando mais aquecimento.

Em segundo lugar, porque o ar mais frio contém menos ‘vapor de água que o ar mais quente, no Ártico. Uma grande parte do aumento da radiação absorvida pela superfície vai diretamente para o aquecimento da atmosfera, enquanto que nos trópicos, essa fração maior vai para a evaporação.

Em terceiro lugar, porque o comportamento da temperatura no Ártico inibe os movimentos de ar verticais. A profundidade da camada atmosférica que deve ser aquecida a fim de provocar o aquecimento do ar perto da superfície é muito mais baixa no Ártico do que nos trópicos.

Em quarto lugar, uma redução na extensão de gelo no mar conduzirá a mais energia a ser transferida do mar quente para a atmosfera, aumentando o aquecimento. Finalmente, as mudanças nos padrões de circulação atmosférica e oceânica causada por uma mudança na temperatura global pode provocar mais calor a ser transferido para o Ártico, aumentando o aquecimento do mesmo (ACIA 2004).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o aquecimento do sistema climático é inequívoco, e a temperatura-média global aumentou 0,6°C a 0,9°C durante o último século. Este relatório também afirma que a maior parte do aumento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século 20 é muito provável devido ao aumento observado nas concentrações antropogênicas de gases estufa. O IPCC também indica que, ao longo dos últimos 100 anos, a média anual da temperatura no Ártico aumentou quase duas vezes mais que a temperatura média global. Em 2009, a NASA informou que 45 por cento ou mais do aquecimento observado no Ártico desde 1976 foi, provavelmente, um resultado de mudanças nas partículas suspensas no ar minúsculas chamadas aerossóis

Um estudo publicado na revista Science em setembro de 2009 determinou que as temperaturas no Ártico são maiores atualmente do que foram em qualquer momento nos dois mil anos anteriores. Foram utilizadas amostras de núcleos de gelo, anéis de árvores e sedimentos lacustres de 23 locais pela equipe, liderada por Dare-lo Kaufman da Northern Arizona University, para criar um retrato fiel da mudança climática que está ocorrendo no Ártico. Os resultados evidenciaram que, cerca de 1.900 anos atrás, as temperaturas sofreram quedas constantes, causadas pela precessão da órbita da terra que fez com que o planeta estivesse ligeiramente mais afastado do sol durante o verão no hemisfério norte. Estas mudanças orbitais levaram a um período frio conhecido como a pequena idade do gelo durante os séculos 17, 18 e 19.

No entanto, durante os últimos 100 anos, as temperaturas têm vindo a aumentar, apesar do fato de que as contínuas mudanças na órbita da Terra teriam levado a mais arrefecimento. Os maiores aumentos ocorreram desde 1950, com quatro das cinco décadas mais quentes, nos últimos dois mil anos que ocorrem entre 1950 e 200. A última década foi a mais quente já registrada.

Os modelos climáticos preveem que o aumento da temperatura no Ártico durante o próximo século vai continuar a ser o dobro do aumento da temperatura média global. Até o final do século 21, a temperatura média anual no Ártico está prevista para um aumento de 2,8°C a 7,8°C, com um nível de aquecimento ainda maior no inverno (4,3°C a 11,4°C) do que no verão (IPCC 2007). Diminuições de extensão e de espessura do gelo marinho devem continuar no próximo século, com alguns modelos prevendo que o Oceano Ártico estará livre de gelo marinho durante o final do verão até meados da segunda metade do século (IPCC 2007). Tal acontecimento está diretamente relacionado com a utilização de rotas que passem pela região Ártica.

## **2.6 Resfriamento Global**

Não obstante, existem pesquisas avançadas indicando que o aquecimento global antropogêneo não se aplica para a baixa atmosfera (troposfera). No nível em que se encontram os estudos, esses apontam que o derretimento observado nas calotas polares

nas últimas décadas são causados por uma soma de fatores não relacionados com o aumento dos níveis de gases do efeito estufa.

De acordo com Molion (2011) existe um ciclo lunar que é chamado precessão da órbita lunar ou dos nodos lunares, i.e., à medida que a Lua revolve em torno da Terra, o plano de sua órbita vai girando no espaço e completa 360° em 18,6 anos. Tal ciclo estaria diretamente direcionado com as aparentes mudanças climáticas no Ártico, como o degelo, uma vez que este gera no mar um desnível (ou gradiente) hidráulico que aumenta ligeiramente a velocidade das correntes marinhas que levam mais calor dos trópicos para os polos. No caso do Atlântico Norte, essa água mais aquecida, cerca de 0.7°C, entra no Ártico por debaixo do gelo flutuante e derrete, parcialmente, sua parte submersa que, como é sabido, constitui 90% do total. Parcialmente derretida, a parte submersa não consegue suportar o peso da parte aérea, e esta colapsa. Note, "colapsa", "desmorona" e não, "derrete", pois, mesmo no verão, as temperaturas do ar nessa região são negativas. Portanto o degelo que vem ocorrendo nas regiões de altas latitudes seria parte desse ciclo e não tenderia a se intensificar a fim de abrandar os invernos polares, inviabilizando portanto a empregabilidade das rotas comerciais do Ártico.

### 3 ROTAS DE NAVEGAÇÃO NOS POLOS

Figura 5 – Trajetos das Rotas Trans-Árticas



**Fonte:** Departamento de Estudos Globais & Geografia, Universidade Hofstra, Nova Iorque, EUA.

As mudanças climáticas que vem ocorrendo desde a segunda metade do século passado estão criando novas oportunidades para as redes de transporte internacionais, sobretudo as atuantes por via marítima. A tendência de recuo do gelo em torno do Polo Norte representa a materialização destas oportunidades. Caso esta tendência se confirme, partes do Ártico poderiam ser utilizadas de uma forma mais consistente no

cenário da navegação comercial mundial, pelo menos, durante os meses de verão e por longos períodos de tempo. As principais rotas Trans-Árticas incluem:

1. A Rota do Mar do Norte; Ao longo da costa ártica da Rússia. Esta é a rota marítima mais provável de se tornar livre de gelo, e esse fato reduziria o percurso marítimo entre a Ásia Oriental e Europa Ocidental de 21.000 km usando o Canal de Suez para 12.800 km, reduzindo o tempo de trânsito de 10-15 dias.
2. A Passagem do Noroeste; Cruzar Oceano Ártico do Canadá poderia se tornar viável regularmente por volta de 2020, diminuindo a distância do transporte marítimo de cargas e pessoas substancialmente. A viagem marítima entre a Ásia Oriental e Europa Ocidental levaria cerca de 13,600 km usando a Passagem do Noroeste. A rota utilizada atualmente possui 24.000 km e faz uso do Canal do Panamá. Em 2007, a Passagem do Noroeste se fez disponível pela primeira vez na história, ainda que apenas durante os meses do verão, mas sua estabilidade continua sendo uma questão em aberto.
3. A Ponte do Ártico; Essa rota cria uma ligação entre porto russo de Murmansk ou o porto norueguês de Narvik ao porto canadense de Churchill e poderia ser usada, principalmente, para o comércio de grãos.
4. A Rota Marítima Transpolar; Esta rota usaria a parte central do Ártico para conectar de maneira mais direta o Estreito de Bering e o Oceano Atlântico de Murmansk. Esta rota é até o presente momento hipotética, pois envolve condições livres de gelo que ainda não foram observados ou anunciadas em modelos de previsão climática.

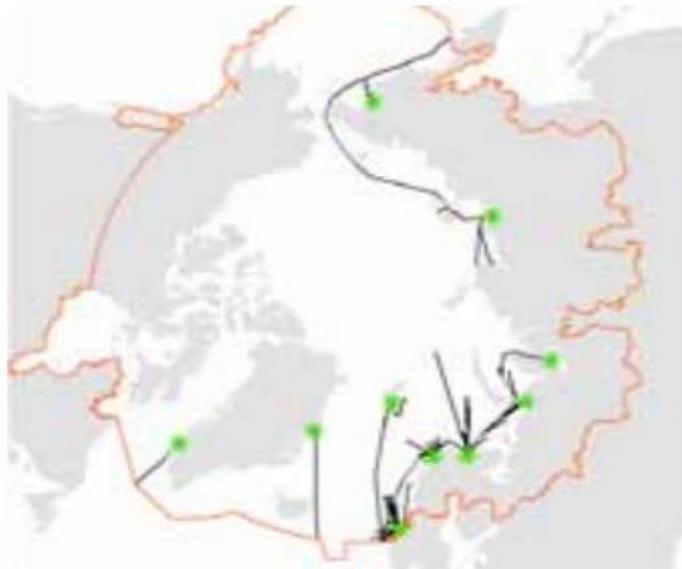
Em 2009, dois navios alemães, o *Beluga Fraternity* e o *Beluga Foresight*, concluíram, com a assistência de um navio quebra-gelo russo, a primeira viagem comercial através da Rota do Mar do Norte (ou Passagem do Nordeste) que liga Busan para Rotterdam com várias escalas.

### 3.1 Atividades Relacionadas à Prospecção de Petróleo e Gás no Ártico

Um quarto dos recursos petrolíferos não descobertos do mundo está no Ártico (USGS, 2008; Gautier et al, 2009). Como parte do Projeto ArcAct, Peters et al. (não publicado) usaram estimativas de recursos não comprovados publicados pela USGS (2008) para estimar os valores de produção até 2050 distribuídos entre as bacias de hidrocarbonetos no Ártico. Eles também realizaram a distribuição da exportação do petróleo e do gás extraídos das diferentes regiões árticas entre redes de tubulação submarina e o transporte por navios. A projeção da produção de hidrocarbonetos foi estimada utilizando o modelo FRISBEE (sigla em inglês para; Framework of International Strategic Behaviour in Energy and Environment, ver; Aune et al., 2005).

A renomada sociedade classificadora DNV utilizou os centros de produção de petróleo e gás distribuídos geograficamente e os métodos de exportação estabelecidos por Peters et al. (não publicado) para estimar o transito de embarcações e o consumo de combustível resultante e emissões para a atmosfera. Para os navios que realizavam atividades de apoio marítimo, uma abordagem estatística simplificada é usada para correlacionar a quantidade de combustível consumido com a quantidade de petróleo extraído. O valor utilizado nessa projeção foi uma média do preço do petróleo no mercado internacional (US \$ 80 /equivalente a um barril de óleo (boe)). O aumento do preço do petróleo aumentaria a produção, enquanto redução seria reduzir a produção (e Glomsrød Aslaksen, 2009). Observa-se na Figura 6, portos de transbordo e possíveis rotas de transbordo de petróleo e gás natural liquefeito (GNL) em 2050, usados pela DNV.

Figura 6 – Portos de transbordo (representados como pontos verdes) e rotas de transbordo (representados como linhas negras) em 2050.



Fonte: <<http://www.dnv.com/binaries>>

Os resultados indicam que 89 milhões de toneladas de petróleo e gás natural serão transportadas ao longo da costa norte da Noruega em 2030 e 211 milhões de toneladas em 2050. Deste total, 87 milhões de toneladas em 2030 e 199 Mt em 2050 serão oriundos da Rússia. Esses números estão de acordo com aqueles relatados pela NCA (sigla em inglês; The Norwegian Coastal Administration) Administração Litorânea da Noruega (2008).

Em contraste, Bambulyak e Frantzen (2007, 2009) citam projeções de 50-150 Mt de óleo por ano durante a próxima década (ou seja, antes 2020). Tal como indicado na figura 6, o óleo e gás produzido nas regiões Árticas da América do Norte são tidos como sendo transportados através de uma rede de tubulação submarina, o que é de fato muito provável para os campos do Alasca e para as províncias canadenses de Yukon, dos Territórios do Noroeste e de Nunavut, mas é questionável quando se fala da produção potencial nas ilhas do Ártico canadense.

Se todos os desenvolvimentos para a exploração de petróleo e gás no Ártico assumidos por Peters et al. (não publicado) em seu estudo de fato ocorrerem, o total das

emissões de CO<sub>2</sub> oriundas dos navios transportando o petróleo e gás produzidos e das embarcações de apoio a plataforma atuantes no Ártico será 40% superior ao valor oriundo do trânsito de navios no Ártico em 2030 e cerca de duas vezes maior do que em 2050.

Os resultados apresentados são sensíveis a mudanças nas variáveis de entrada, tais como a estimativa de recursos não comprovados, o preço do petróleo, o modo de transporte e a flutuação dos mercados de petróleo e gás. Cerca de 50% do projetado para a produção de hidrocarbonetos em 2030 e 2050 será gás, de acordo com os resultados de Peters et al. (não publicado) Como dito anteriormente, a produção de gás dependerá do preço do gás, o que é influenciado por muitos fatores. A perspectiva recente do desenvolvimento de gás de xisto exemplifica uma possível influência sobre a alteração do preço do gás.

### **3.2 Contêineres Trafegando nas Rotas Transárticas**

O gelo do mar Ártico vem apresentando um rápido declínio. Isso pode abrir novas oportunidades para a atividade econômica global. Esta monografia descreve um cenário para o futuro do transporte marítimo e das emissões desta atividade no Ártico, relacionando-a especificamente ao transporte trans-ártico de contêineres e à extração de petróleo nos arredores do Polo Norte.

As projeções da intensidade do trânsito marítimo no Ártico e das emissões resultantes foram aqui modeladas para avaliar conjuntamente o volume de comércio marítimo global e a atratividade da utilização das rotas de trânsito no Ártico, em vez de as rotas marítimas tradicionais, como por exemplo a rota do Canal do Suez.

A intensidade das atividades futuras de transporte marítimo e das emissões relacionadas ao tráfego de navios no ambiente ártico foram estimadas com base em projeções das possibilidades da produção. Os resultados mostram que o trânsito marítimo no Ártico, ainda que sazonal, pode ser economicamente atraente.

Projeções estimam que viagens de contêineres, à partir do Norte da Ásia, entre 2030 e 2050, indicam um potencial comercial para essa atividade, equivalente a 1,4 milhões de TEU<sup>1</sup>, em 2030. Isso corresponde a um total aproximado de 480 viagens através do Ártico entre os verões de 2030 e 2050. O potencial comercial da região se elevaria para 2,5 milhões de TEU e o número total de passagens através de seu território no verão de 2050 seria cerca de 850 viagens, levando em consideração apenas o trajeto de ida.

Devido ao curto tempo de viagem e a necessidade de uma frota menor para transportar a mesma quantidade de carga entre a Ásia e Europa, ao utilizar as rotas trans-árticas, as emissões de CO<sub>2</sub> seriam reduzidas 1,2 Mt por ano, em 2030, e 2,9 Mt por ano, em 2050. Isso fazendo uma comparação apenas com o trajeto entre os mesmos portos que demanda o Canal de Suez.

### 3.3 Limitações

A viabilidade das rotas do Ártico para fins de navegação comercial continua a ser uma empreitada muito especulativa, principalmente pelas razões que seguem:

Em primeiro lugar, não se sabe até que ponto o recuo da cobertura de gelo perene é uma tendência confirmada ou simplesmente parte de um ciclo climático de longo prazo. Mesmo que as rotas do Ártico tornem-se regularmente abertas durante o verão, a conjuntura atual sugere que essas regiões ainda permaneceriam fechadas à navegação comercial durante os meses de inverno. Em 2010, a maioria das rotas marítimas do Ártico gozavam de condições livres de gelo flutuante por um período limitado de aproximadamente 30 dias. E uma vez que empresas de transporte marítimo buscam fornecer serviços regulares e consistentes, este fator de sazonalidade limitaria o apelo comercial destas rotas.

---

<sup>1</sup> Uma Unidade equivalente a 20 Pés (em inglês: *Twenty-foot Equivalent Unit* ou TEU), é uma medida padrão utilizada para calcular o volume de um container.

Segundo, a atividade econômica ao redor do Círculo Polar Ártico é muito limitada, o que implica que os serviços de transporte que cruzam o Ártico não têm quase nenhuma oportunidade de realizar o embarque e desembarque de carga ao passarem pela região. Assim, ao contrário de outras rotas marítimas comerciais de longa distância o potencial de geração de renda para as companhias de navegação ao longo da rota do Ártico é limitado, pois esta não permite a utilização de centros de transbordo de carga. O transporte no Ártico é adequado para serviços ponto a ponto que ligam diretamente um porto de origem à um porto de destino. A estimativa de lucro para a exploração destas rotas poderá aumentar se os recursos (petróleo e mineração) em torno do Ártico futuramente forem extraídos em maiores quantidades, o que favoreceria o transporte a granel na área.

Por fim, o Ártico continua a ser uma fronteira a ser vencida em termos de previsões do tempo, confecção de cartas e construção de um sistema de navegação voltado para as idiossincrasias desta peculiar região, o que implica em incertezas e um certo grau de insegurança para navegação. Isto demonstra que esforços substanciais ainda devem ser empregados para garantir que a navegação possa acontecer de forma segura ao longo de rotas de navegação bem definidas no ártico.

Tendo em vista o que foi mencionado acima, muitas companhias de transporte marítimo ainda não estão considerando seriamente o potencial comercial do Ártico como uma opção rentável para navegação. Ainda assim o aumento de preço do combustível bunker e a prática de condução lenta em águas polares, podem ser considerados incentivos para o desenvolvimento de serviços de nicho que poderiam usar o Ártico como um atalho entre os principais mercados do hemisfério norte. Ao fazer isso, os serviços de transporte vislumbrariam a possibilidade de mitigar a vantagem da menor distância que possuem as rotas mais curtas do Ártico com a utilização de velocidades mais lentas e seus benefícios de consumo de combustível.

### 3.3.1 Calado e projeto

As embarcações que desejarem fazer uso das rotas marítimas do Ártico, especialmente a rota do mar no norte, estão sujeitas a limitações significativas de boca e calado. Ao longo desta rota os navios devem passar por uma série de estreitos e locais de águas rasas como o mar de Kara e o mar de Laptev.

O estreito de Yugorskiy Shar na entrada mais ao sul do mar de Barents para o mar de Kara segue um canal de 21 milhas náuticas de comprimento e que possui uma profundidade que varia entre 12 e 30 metros. Ao longo da parte leste da rota do mar do norte, os navios devem navegar ou pelo estreito de Dmitry Laptev ou através do estreito de Sannikov afim de passar pelas ilhas da Nova Sibéria e viajar a partir do Laptev para os mares siberianos do leste. A abordagem oriental do estreito de Laptev tem uma profundidade de menos de 10 metros, restringindo o calado dos navios que por lá navegarem para menos de 6,7 metros.

Além do mais, O governo Russo só permite que navios com classificação a partir de 1A (critério de classificação de navios para a navegação no gelo no mar Báltico) das regras de classificação Sueco-Finlandesas atuem nesta rota. 1A é uma das mais elevadas classificações e portanto, acarreta em um elevado custo de operação para os navios que se destinarem a navegar nesta rota. Atualmente, apenas três embarcações dos mais de 2.000 navios Panamax têm essa classificação. Observamos na Tabela 1, a correspondência deste tipo de classificação entre diferentes Sociedades Classificadoras e entre o sistema Sueco-Finlandês de classificação.

Tabela 1 – Comparativo das classificações para navios quebra-gelo.

Classification Society	Ice Class				
	IA Super	IA	IB	IC	Category II
<b>Finnish-Swedish Ice Class Rules</b>	Arc 5	Arc 4	Ice 3	Ice 2	Ice 1
<b>Russian Maritime Register of Shipping(Rules 2007)</b>	UL	L1	L2	L3	L4
<b>Russian Maritime Register of Shipping(Rules 1995)</b>	LU5	LU4	LU3	LU2	LU1
<b>American Bureau of Shipping</b>	IAA A1	IA Ao	IB	IC	D0
<b>Bureau Veritas</b>	IA SUPER	IA	IB	IC	ID
<b>CASPPR, 1972</b>	A	B	C	D	E
<b>China Classification Society</b>	Ice Class B1*	Ice Class B1	Ice Class B2	Ice Class B3	Ice Class B
<b>Det Norske Veritas</b>	ICE-1A* ICE-10	ICE-1A ICE-05	ICE-1B	ICE-1C	ICE-C
<b>Germanischer Lloyd</b>	E4	E3	E2	E1	E
<b>Korean Register of Shipping</b>	ISS	IS1	IS2	IS3	IS4
<b>Lloyd's Register of Shipping</b>	1SS	1A	1B	1C	1D
<b>Nippon Kaiji Kyokai</b>	IA Super	IA	IB	IC	ID
<b>Registro Italiano Navale</b>	IAS	IA	IB	IC	ID

Fonte: <<http://www.bsis-ice.de>>

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gelo do mar do Ártico está derretendo rapidamente, e na próxima década os efeitos do aquecimento global podem transformar a região polar de um deserto gelado inacessível em um oceano sazonalmente navegável.

O verão de 2011 viu um recorde. 33 navios, transportando 850.000 toneladas de carga navegaram através da Rota do Mar do Norte passando por fora do litoral norte da Rússia. Na temporada de transporte deste ano este valor deve elevar-se a 1,5 milhões de toneladas de carga, uma vez que o Instituto Alemão Alfred Wegener prevê a ausência de gelo na Rota do Mar do Norte durante o início do verão no Ártico. A Passagem Noroeste, livre de gelo pela primeira vez em 2007, e a Rota Marítima Transpolar também podem estar abertas ao tráfego marítimo nas próximas décadas. O desenvolvimento dos recursos de hidrocarbonetos no mar Ártico e atividades econômicas correlatas também ajudarão a fortalecer a integração econômica do Ártico nos padrões do comércio global.

No entanto, obstáculos significativos para o transporte permanecem, como o perigo do congelamento de partes da embarcação a partir do borrimo da água do mar agindo em conjunto com o vento frio, o elevado nível de isolamento da região em que estas rotas se encontram e suas implicações para operações de resgate e emergência, também a baixa confiabilidade dos boletins de previsão do tempo para as regiões polares. Durante os meses de inverno e primavera as condições climáticas ao longo Rotas marítimas do Ártico permanecem desfavoráveis, e a quantidade de gelo flutuante no mar e o número de icebergs - um perigo para a segurança do transporte marítimo, devem aumentar durante o início da temporada de derretimento conforme mais blocos de gelo comecem a se desmembrar e derivar através do Oceano Ártico.

É verdade que as limitações sazonais para as viagens trans-Árticas devem permanecer ainda por período razoável de tempo, formidáveis obstáculos para o desenvolvimento do transporte marítimo no Ártico e sua viabilidade econômica. Portanto não se espera de modo algum que estas rotas venham a se tornar substitutas para rotas de navegação existentes, mas em vez disso, que forneçam um adicional para o

crescimento do volume de carga transportado no mundo via marítima, ainda que utilizadas de maneira rentável apenas por um limitado número de operadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*DEVELOPING ARCTIC MODELING AND OBSERVING CAPABILITIES FOR LONG-TERM ENVIRONMENTAL STUDIES. Arctic Sea Ice Reaches Annual Minimum Extent.* Disponível em < <http://www.damocles-eu.org/>> Acessado em 13 de julho de 2014

EIDE, Lars Ingolf. EIDE, Magnus. ENDRESSEN, Oyvind. **Shipping Across The Arctic Ocean.** Det Norske Veritas. 2010

HEBERT-BURNS,Rupert. **Arctic Commercial Shipping and the Strategic Significance of the Northern Sea Route.** Stimson Environmental Security Program,2013

HUMPERT, Malte, RASPOTNIK, Andreas. **The Future of Arctic Shipping.** The Arctic Company, 2007

MOLION, Luiz Carlos Baldiceiro. **O Nível do Mar e Degelo no Ártico.** ICAT/UFAL. 2011

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSFERIC ADMINISTRATION. **Arctic Mid-latitude Linkages: A Bibliography.** Disponível em <<http://www.arctic.noaa.gov/future/>> Acessado em 13 de julho de 2014.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSFERIC ADMINISTRATION. **Arctic Sea Ice Extent Low But Not Record Setting** Disponível em <<http://www.arctic.noaa.gov/>> Acessado em 13 de julho de 2014.

SMITH, Laurence C. STEPHENSON, Scott R. **New Trans-Arctic shipping routes navigable by midcentury.** Departamento f Geography, University of California. 2013

STRAIN, Daniel. **Collapsing Coastlines**. Disponível em:  
<<https://www.sciencenews.org/article/collapsing-coastlines>> Acessado em 12 de julho de 2014.

WALSH, Bryan. **How Climate Change Is Growing Forests in the Arctic**. Disponível em :  
<<http://science.time.com/2012/06/04/how-climate-change-is-growing-forests-in-the-arctic/>>  
Acessado em 12 de julho de 2014.