

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

**MARIANA ARAUJO DE OLIVEIRA**

**METEOROLOGIA:**

**As influências dos fenômenos meteorológicos para a navegação.**

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**MARIANA ARAUJO DE OLIVEIRA**

**METEOROLOGIA: As influências dos fenômenos meteorológicos para a  
navegação.**

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 (a): Henrique Vaicberg

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**MARIANA ARAUJO DE OLIVEIRA**

**METEOROLOGIA: As influências dos fenômenos meteorológicos para a  
navegação.**

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: Henrique Vaicberg

---

Assinatura do Orientador

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

Aos meus pais que sempre me apoiaram e incentivaram me mostrando o valor da perseverança e do estudo para o desenvolvimento pessoal e profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais Paula e Geraldo, que me proporcionaram todas as condições para que esse momento fosse possível, assim como todo o suporte necessário para minha realização tanto no âmbito pessoal quanto profissional. Obrigada por enxergarem o potencial e a capacidade que eu mesma duvidava existir.

A minha irmã minha melhor amiga e companheira que é capaz de entender meus anseios e decisões, sem ela esta etapa não seria concretizada e eu não seria completa.

Aos meus verdadeiros amigos que fiz ao longo dos anos e também neste centro de ensino, agradeço por me fazerem viver e ver que temos sempre a oportunidade de escolher quem nos fará sentir como e ser amado. Obrigada por me escolherem.

Ao meu orientador Henrique Vaicberg por auxiliar e possibilitar a conclusão deste trabalho.

“Until the day God deigns to reveal the future to man, the sun of all human wisdom will be contained in these two words: Wait and Hope.”

(ALEXANDRE DUMAS)

## RESUMO

Os processos de interação e dinâmica terrestre apresentam diversos pontos de interação com a maneira como os homens se relacionam com o meio em que subsistem. A relação e conectividade com o ambiente influem do nível de aprofundamento que se possui dos fenômenos ambientais e meteorológicos de determinada região, definindo e possibilitando o máximo aproveitamento dos recursos disponibilizados. Na navegação, a previsão meteorológica possibilita a prévia visibilidade das condições que serão enfrentadas durante a derrota, o que levam a reduzir as decorrências de acidentes que anteriormente eram inevitáveis. Este trabalho pretende mostrar a influência dos fenômenos meteorológicos para a maneira como se conduz à navegação, assim como a importância da previsão dos fenômenos ambientais para os marítimos e informações envolvendo as apropriadas medidas a serem tomadas a fim de prover a segurança da embarcação e da tripulação e, as ferramentas à disposição do marítimo para auxiliar na correta prevenção de sinistros. Assim visa-se ressaltar que é possível interpretar o tempo e as condições ambientais que serão encontradas como vento, ondas e ressacas estudando a dinâmica do planeta e a maneira como os mesmos interferem na relação com o meio. Seguindo esses conceitos também são abordados, as peculiaridades e desafios da navegação nas Regiões Polares, partindo-se da definição geral e geográfica da região polar sul e região polar norte da Terra, além de restrições quanto à utilização de equipamentos na navegação, bem como efeitos meteorológicos que influenciam na navegação em tais regiões.

Palavras-chave: Atividades convectivas. Previsão meteorológica. Navegação regiões polares.

## **ABSTRACT**

The processes of interaction and terrestrial dynamic have many point as men relate to the environment in wich subsidize. Interface and connectivity with the environment influence the deepening level that has environmental and meteorological phenomena in a region,defining and enabling the maximum use of available resources. In navigation, the weather forecast allows for prior visibility and conditions that will be faced during the route, which lead to reduce the occurrence of accidents that were previously inevitable. This work aims to show the influence of meteorological phenomena to the way you navigate, as well as the importance of forecasting of environmental phenomena for seafares and information involving the appropriate measures to be taken in order to ensure the safety of the vessel and the crew, and the tools available to seafares to assist in a proper loss prevention. Thus it aims to be noted that it is possible to interpret the time and environmental conditions that will be encountered such as wind, waves and undertows, studying the dynamics of the planet and the way they affect the relationship with environment.Following these concepts are also covere, the peculiarities and challenge of navigation in the polar regions, starting from the general and geographic definition of the south and north polar zone of the Earth, as wll as restrictions on the use of equipment in navigation, as well as effects weather conditions in these areas.

**Key-words:** Convective activities. Weather forecast. Polar region navigation

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 -** Ilustração dos tipos de nuvens e sua classificação. Fonte: **15**  
[pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem](http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem); acessado em 24 de maio de 2015
- Figura 2 -** Ilustração da ZCIT próxima ao Equador. Fonte: **17**  
<http://image.slidesharecdn.com/aula04-precipitao>; acessado em 24 de maio de 2015.
- Figura 3 -** Carta Sinótica que apresenta a formação de sistemas de onda tropical e ZCIT. Fonte: **18**  
[www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm); acessado em 24 de agosto de 2015.
- Figura 4 -** Ilustração representativa da intensidade dos furacões de acordo com a escala Saffir Simpson. Fonte: **21**  
<http://meteovargas.com/wp-content/uploads>; acessado em 03 de junho de 2015.
- Figura 5 -** Ilustração representativa dos fenômenos El Niño e La Niña. Fonte: **22**  
[/www.who.edu/cms/images/oceanus/ElNinoLaNina](http://www.who.edu/cms/images/oceanus/ElNinoLaNina) ; acessado em 05 de junho de 2015.
- Figura 6 -** Ilustração comparativa e representativa do fenômeno El Niño. **24**  
Fonte: <http://oceanworld.tamu.edu/students/elnino/images>; acessado em 05 de junho de 2015.
- Figura 7 -** Esquema das condições atmosféricas em anos de ocorrência de La Niña. Fonte: **25**  
acessado em 07 de junho de 2015.
- Figura 8 -** Imagem de satélite, mostrando a formação dos fenômenos convectivos. **27**  
Fonte: [http://satelite.cptec.inpe.br/repositorio5/goes13/goes13\\_web/ams\\_infr](http://satelite.cptec.inpe.br/repositorio5/goes13/goes13_web/ams_infr); acessado em 23 de agosto de 2015.
- Figura 9 -** Imagem representativa das zonas climática terrestres. Fonte: **29**  
[professoralexeinowatzki.webnode.com.br](http://professoralexeinowatzki.webnode.com.br); acessado em 18 junho de 2015.
- Figura 10 -** Rotas de navegação no ártico. Fonte: **32**  
<http://cienciaecultura.bvs.br/img/revistas> acessado em 18 junho de 2015.
- Figura 11 -** Representação do aumento da temperatura das águas. Fonte: **35**  
[//aquecimento-global-descontrolado.files.wordpress.com](http://aquecimento-global-descontrolado.files.wordpress.com); acessado em 25 junho de 2015.

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 -</b>	Classificação das nuvens. Fonte <a href="http://2.bp.blogspot.com//NUVENS-FORMAÇÃO-E-CLASSIFICAÇÃO">http://2.bp.blogspot.com//NUVENS-FORMAÇÃO-E-CLASSIFICAÇÃO</a>	<b>15</b>
-------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Artic Bridge Route
AAS	Altas Subtropicais do Atlântico Sul
AAN	Altas Subtropicais do Atlântico Norte
Cb	Cumulunimbus
CFCs	Clorofluorocarbonetos
COE	Centros de Operações de Emergência
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
EUA	Estados Unidos da América
FF	Frente Fria
FO	Frente Oclusa
FQ	Frente Quente
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
IR	Imagem Infravermelha
NHC	Centro de Hidrografia Nacional
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NWS	National Weather Service
NSIDC	National Snow on Ice Data Center
NSR	Rota do Mar do Norte NWP
ONAN	Oscilação do Atlântico Norte
ONU	Organização das Nações Unidas
OMA	Oscilação Multidecadal do Atlântico
PNM	Pressão ao Nível do Mar
REB	Registro Especial Brasileiro
St	Stratus
TMG	Tempo Médio de Greenwich

TSM      Temperatura da Superfície do Mar

TSR      Transpolar Sea Route

UV      Ultravioleta

ZCIT     Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>SISTEMAS METEOROLÓGICOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Desenvolvimento de Atividade Convectivas</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Nuvem Cumulonimbus sobre o Oceano</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Sistemas Tropicais</b>	<b>16</b>
2.3.1	Zona de Convergência Intertropical	16
2.3.2	Onda Tropical	17
2.3.3	Tempestade Tropical	19
2.3.4	Ciclone Tropical	19
<b>2.4</b>	<b>El Niño Oscilação Sul</b>	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>El Niño</b>	<b>23</b>
<b>2.6</b>	<b>La Niña</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>PREVISÃO METEOROLÓGICA</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Interpretação de informações meteorológicas</b>	<b>26</b>
3.1.1	Imagens de satélites	26
3.1.2	Cartas Sinóticas de Pressão a Nível Médio do Mar	27
<b>4</b>	<b>AS REGIÕES POLARES E SUAS RESTRIÇÕES QUANTO À NAVEGAÇÃO</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Definição de Região Polar</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>A Navegação nas Regiões Polares e suas Restrições</b>	<b>30</b>
4.2.1	Efeitos Meteorológicos	30
4.2.2	A Restrição na Utilização de Equipamentos da Navegação	31
<b>4.3</b>	<b>Regras de Navegação na Rota do Mar do Norte</b>	<b>32</b>
<b>4.4</b>	<b>As Mudanças Climáticas</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>O AQUECIMENTO GLOBAL E SUA INFLUÊNCIA NA ROTA DO MAR DO NORTE</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>O Aquecimento Global</b>	<b>33</b>
5.1.1	Como Ocorre?	33
5.1.2	Efeitos	34
<b>5.2</b>	<b>A Influência do Aquecimento Global na NSR</b>	<b>35</b>
5.2.1	O que está acontecendo com o gelo do Mar Ártico?	35
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>38</b>

## INTRODUÇÃO

O navegante sempre possuiu uma estreita ligação com o mar. Enquanto desbrava suas águas sempre conta com as possíveis intempéries de um ambiente que sofre a influência de diversos sistemas convectivos, que interferem diretamente na navegabilidade de determinadas regiões em curtos espaços temporais.

Durante muito tempo as previsões meteorológicas demoravam cerca de seis meses para serem concluídas, o que gerava resultados infrutíferos e insuficientes para a determinação de rotas que visassem a segurança. Havia a necessidade de se poder saber o estado do mar, as condições do tempo e como e quando ele mudaria. Com o avanço científico, observou-se a empregabilidade de determinadas tecnologias em prol do desenvolvimento de meios que agilizassem a disponibilidade da previsão meteorológica para os marítimos.

Por isso, atualmente existem inúmeros satélites meteorológicos para analisar a dinâmica das nuvens, existem cartas sinóticas para se analisar o tempo presente e fazer um prognóstico para alguns dias, e ainda os boletins meteorológicos para avisos de mau tempo. A previsão não somente ajudou a população no próprio continente, sendo possível evacuar áreas com ameaças de tornados, diminuindo perdas de vida, como principalmente o navegante, que se encontra à mercê do estado do mar. A previsão meteorológica e a rápida observação da maneira como os sistemas atmosféricos reagem com o ambiente é um grande avanço dado pela humanidade para evitar perdas tanto no mar quanto em terra.

Com o crescente entendimento dos sistemas que influenciam determinadas rotas de navegação e o desenvolvimento de tecnologias que possibilitam previsões meteorológicas cada vez mais rápidas e precisas, novas rotas marítimas começaram a ser exploradas. A rota do Ártico pode ser citada como um exemplo prático dessa situação já que teve sua exploração acelerada no início do século 19 em virtude não apenas dos desenvolvimentos nas áreas de meteorologia, mas também no aprimoramento de navios com características especiais para boa navegabilidade nesta região.

A descoberta de rotas navegáveis no Ártico foi essencial para a exploração definitiva da região, e para redução do tempo de navegação em viagens para o transporte de mercadorias entre as costas atlânticas. A Rota do Mar do Norte é, hoje, uma das rotas marítimas mais importantes. Ela abrange um curso de água ao norte da Eurásia, que se estende a partir de Nova Zembla (Rússia), a oeste com o Estreito de Bering, no leste. Desde 1978-1979, os navios quebra-gelo russo do governo têm mantido a navegação durante todo o ano de grande parte da rota, que abriu ao tráfego marítimo internacional em 1991. Por ser uma área de ocorrência de calotas de gelo, esta é também uma das rotas que mais vem atraindo a visibilidade de especialistas e pesquisadores que procuram observar os efeitos do aquecimento do clima da região com as alterações nas condições de navegação no local.

## 1.1 Objetivo

Geral: Mostrar o avanço do desenvolvimento de tecnologias que permitem observar a interação dos sistemas meteorológicos na navegação.

Específico: A influência dos sistemas meteorológicos na navegação.

## 2 SISTEMAS METEOROLÓGICOS

### 2.1 Desenvolvimento das Atividades Convectivas

O processo convectivo baseia-se na ascensão natural e espontânea do ar quente. Com a incidência da radiação solar na superfície terrestre o ar dessa região fica aquecido ocorrendo assim uma leve ascensão do ar por ser menos denso que o ar frio. Essa ascensão desencadeia a redução da pressão atmosférica à superfície, facilitando a convergência de ar, de forma contínua. Se esse ar que está convergindo continuar a se aquecer, a ascensão de ar quente se manterá, dando prosseguimento ao processo convectivo.

Quando este processo é intensificado pelo aquecimento em superfície e com presença de vapor d'água, resulta na formação de nuvens tipo Cumulus e estas em Cumulonimbus, conseqüentemente em trovoadas, relâmpagos e precipitação. Portanto, é útil que o navegante saiba identificar as condições propícias para o desenvolvimento das atividades convectivas. As atividades convectivas por serem formadas pelo ar seco mais vapor d'água possuem enorme quantidade de energia armazenada na forma de calor latente de evaporação e liberada na forma de calor latente de condensação. No ar seco não há água para possuir essa energia armazenada, pois não contem vapor d'água. Por isso, quando o processo ocorre na região marítima, observa-se grande contribuição da umidade para o seu desenvolvimento.

A energia que sustenta os furacões advem das altas temperaturas nas regiões dos trópicos, conseqüentemente mais armazenamento de calor latente de evaporação. Por essa razão os furacões perdem sua força inicial quando penetram no continente e se dissipam. O desenvolvimento das atividades convectivas na costa, afeta a navegação de cabotagem e é intensificada. Na costa, o processo inicia-se pela manhã e desenvolve-se ao longo do dia, conforme o continente vai sendo continuamente aquecido pelo Sol.

“A existência de uma região com aquecimento mais acentuado que as regiões próximas resulta em um gradiente horizontal de temperatura e conseqüentemente em gradiente horizontal de pressão. É interessante então, o navegante estar atento à ocorrência desses fatores, na área marítima de seu interesse” (LOBO et al., 2007).

## 2.2 Nuvem Cumulonimbus sobre o oceano

Uma nuvem consiste num agregado visível de pequenas gotas de água ou cristais de gelo suspensos no ar. A identificação dos diversos tipos de nuvens deve ser feita de forma rápida para não criar dúvidas ao observador, requerendo experiência e cuidados do navegante. De acordo com a Figura 1, as nuvens baixas têm suas bases situadas abaixo do nível de 2000 metros, nuvens médias possuem sua base entre 2000 metros e 7000 metros, já as nuvens altas possuem base acima de 7000 metros.

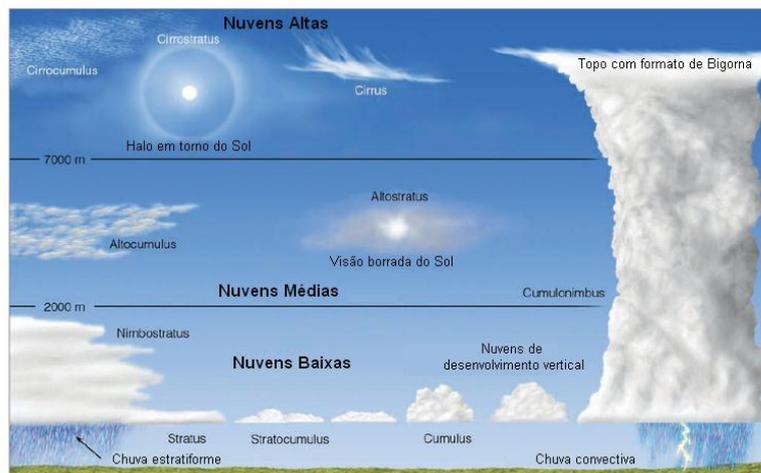


Figura 1: Ilustração dos tipos de nuvens e sua classificação. Fonte: [pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem](http://pt.wikipedia.org/wiki/Nuvem); acessado em 24 de maio de 2015.

As nuvens são classificadas internacionalmente em dez tipos, tendo como referência a altura de sua base em relação à superfície do mar ou do solo. Os tipos de nuvem são divididos em altas, médias e baixas como mostra a tabela 1.

Classe	Tipos	Altitude (km)
Nuvens Altas	Cirrus	7-18
	Cirrocumulus	7-18
	Cirrostratus	7-18
Nuvens Médias	Altostratus	2-7
	Altiocumulus	2-7
Nuvens Baixas	Stratus	0-2
	Stratocumulus	0-2
	Nimbostratus	0-4
Nuvens com desenvolvimento vertical	Cumulonimbus	0-3
	Cumulus	0-3

Tabela 1: Classificação das Nuvens.

Com base na respectivamente nas supracitadas Figura 1 e Tabela 1 observa-se que a nuvem Cb apesar de ser considerada uma nuvem cuja sua base é baixa, ocupa todos os níveis da atmosfera devido ao seu grande desenvolvimento vertical (PETTERSEN 1968). É a principal nuvem responsável por criar grandes trovoadas e tempestades que o navegante costuma enfrentar. Esse tipo de nuvem apresenta grande quantidade de vapor d'água, água e gelo, possui movimento constante, correntes de ar

ascendentes e descendentes, provocando grandes trovoadas e atingindo a superfície com fortes rajadas de vento.

Ainda segundo Pettersen 1968, a presença de uma Cb na atmosfera causa a ocorrência de precipitação, relâmpagos, trovões, ventos muito fortes (rajadas de vento superiores a 30 nós precedem o temporal), rápidas quedas de temperatura, e até mesmo variação de pressão que pode causar trombas d'água. Portanto pode-se considerar a nuvem Cb como a de maior relevância para o navegante, baseado no fato de que sua presença sempre é associada a ventos forte, ondas grandes, mal tempo, trovoadas e até de tornados.

## 2.3 Sistemas Tropicais

Os sistemas convectivos são importantes nas regiões tropicais, pois são responsáveis pela maior parte da precipitação. Além disso, eles são os principais responsáveis pelas transferências verticais de energia na troposfera tropical. Neste capítulo serão citados os principais sistemas tropicais, seu desenvolvimento e relevância para o navegante.

### 2.3.1 ZCIT

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é a área que circunda a Terra, próxima ao equador, onde os ventos originários dos hemisférios norte e sul se encontram. No hemisfério norte, os ventos alísios se movem de nordeste para sudoeste, enquanto no hemisfério sul eles vão de sudeste para noroeste. Quando a ZCIT está posicionada ao norte ou ao sul do equador, essas direções variam conforme a força de Coriolis, provocada pela rotação da Terra. Por exemplo, quando a ZCIT está ao norte do equador, o vento alísio de sudeste muda para sudoeste quando cruza o equador.

O movimento ascendente de ar, gerado pela convergência dos ventos alísios nos baixos níveis, é facilmente observado nas fotos de satélite pela área de nebulosidade convectiva que se forma na faixa equatorial em volta do globo. Além de exercer influência direta sobre a região equatorial, a ZCIT é fundamental para o balanço térmico global. A ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley e tem grande importância na transferência meridional de energia.

“É formada a partir da interação entre a confluência dos ventos alísios, a região do cavado equatorial, as áreas de máxima temperatura da superfície do mar (TSM) e de máxima convergência de massa. A principal característica deste sistema é se posicionar sobre as áreas oceânicas com anomalias de TSM positivas e anomalias de Pressão ao Nível do Mar (PNM) negativas” (HASTENARTH, 1991).

A posição média da ZCIT encontra-se um pouco ao norte do Equador, entretanto a sua localização latitudinal apresenta grande variação com a estação do ano e a longitude. Sobre a região do Atlântico Equatorial, normalmente, a ZCIT desloca-se de 14°N (agosto e setembro) a 2°S (março e abril).

A ZCIT se apresenta como uma faixa de nuvens com grande desenvolvimento vertical (Cb), de 3 a 5 graus de largura, frequentemente de tempestades, que circunda o globo próximo ao equador. Estas nuvens agrupam-se, também, em formações denominadas ‘aglomerados’, que se caracterizam pelo transporte de calor da superfície.

A ZCIT é úmida e formada pelo movimento vertical em grande parte derivado da atividade convectiva de tempestades provocadas pelo aquecimento solar, as quais efetivamente sugam o ar; esses são os ventos alísios. A ZCIT é na verdade um marcador do trecho ascendente da célula de Hadley.



Figura 2: Ilustração da ZCIT próxima ao Equador. Fonte: <http://image.slidesharecdn.com/aula04-precipitao>; acessado em 24 de maio de 2015.

### 2.3.2 Onda Tropical

Distúrbios tropicais que se deslocam na circulação da célula de Hadley são conhecidos como depressões tropicais se a velocidade média do vento em um minuto não excede 33 nós, são tormentas tropicais se o vento médio varia entre 33 e 64 nós; e são designadas como ciclones tropicais somente se os ventos excedem 64 nós, medidos em um minuto.

Uma onda tropical ou uma onda no Oceano Atlântico oriental é uma área alongada de relativamente baixa pressão orientada de norte a sul. Ele se move de leste a oeste nos trópicos causando áreas de nuvens e tempestades que costumam ser vistos por trás do eixo da onda. Estas ondas são formadas por fissuras numa alta subtropical, que geralmente está localizada na região central de um oceano. As ondas tropicais também podem ser formar em fissuras numa área de alta pressão permanente estacionada ao norte ou ao sul da ZCIT.

Ondas tropicais são transportadas para oeste pelos ventos alísios, que sopram paralelamente aos trópicos, e podem levar á formação de ciclones tropicais na bacia do Oceano Atlântico, norte e nordeste do Pacífico. Uma onda tropical geralmente segue uma área de baixa intensidade de ar seco que sopra do Nordeste.

A onda tropical na bacia do Atlântico desenvolve-se de distúrbios decorrentes da África para o Oceano Atlântico. Estes são reforçados ou gerados pelo jato leste. O tempo de circulação do grande transoceânico anticiclone dos Açores centrado nas proximidades da ilha homônima, dirigindo ondas que se deslocam para leste das áreas costeiras do norte da África para a América do Norte.

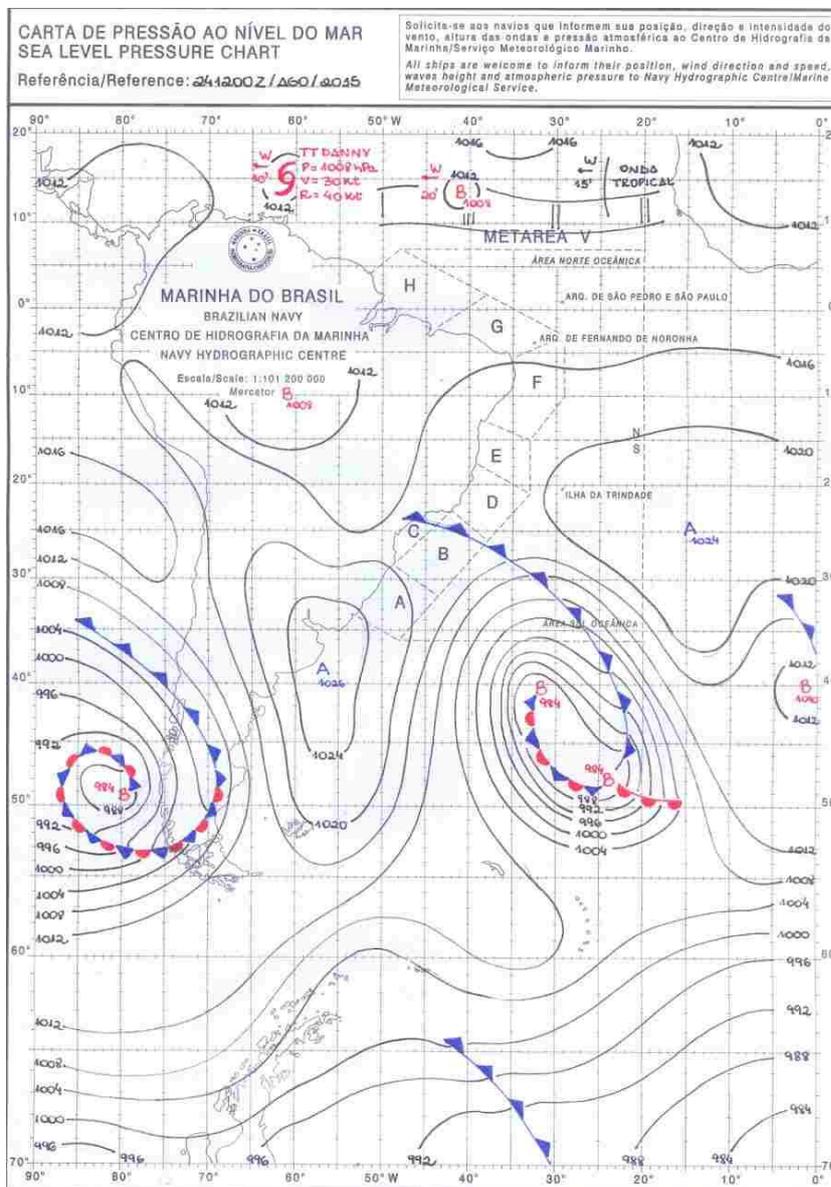


Figura 3 :Carta Sinótica que apresenta a formação de sistemas de onda tropical e ZCIT. Fonte: [www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm); acessado em 24 de agosto de 2015.

Como zonas de instabilidades atmosféricas, as ondas tropicais têm um papel fundamental na ciclogênese tropical de ciclones tropicais. Aproximadamente 60% dos ciclones tropicais são provenientes de ondas tropicais, enquanto que cerca de 85% dos mais intensos furacões no Atlântico desenvolvem-se a partir dessas ondas. Os ciclones

tropicais às vezes podem se degenerar em uma onda tropical novamente. Geralmente, isso ocorre devido a um forte cisalhamento em altura. Se ele diminui, a tempestade pode crescer novamente.

Se uma onda tropical se move rapidamente, pode ter ventos tão ou mais intensos do que uma tempestade tropical. No entanto, não será considerado como tal, a menos que tenha uma circulação fechada. Um exemplo disso foi o furacão Claudette em 2003, onde os ventos de onda originais atingiram 39 nós antes de desenvolver a circulação.

“O número de ondas geradas não parece estar relacionado com o número de ciclones no Atlântico anualmente. Diz-se que quase todos os ciclones tropicais no leste do Oceano Pacífico pode ter se originado na África.” (ÁVILA E PÁSCOA, 1995).

Desconhece-se atualmente como o número de ondas tropicais muda de ano para ano, tanto em intensidade e localização, devendo-se manter atenção constantes às cartas sinóticas de pressão ao nível do mar, para obter informações atualizadas para monitorar a posição e o desenvolvimento de uma onda tropical.

### 2.3.3 Tempestade Tropical

É uma tempestade intensa, mas de menor proporção que um furacão. Pode-se formar sobre a terra ou o mar. Caracteriza-se pela rápida ascensão de ar quente e úmido de baixa altitude em direção às partes mais altas da atmosfera.

Tempestades marítimas tropicais violentas, quando completamente desenvolvidas se tornam ciclones tropicais. Frequentemente possuem uma forma circular, com pressões muito baixas na região central e ventos superiores a 64 nós. Em geral a velocidade do vento é superior a 97 nós, e eles são um dos mais devastadores e amedrontadores fenômenos naturais. A previsão do desenvolvimento destes sistemas é um dos maiores problemas não resolvidos da meteorologia atual.

“Tormenta tropical consiste em uma enorme massa de ar quente e úmida acompanhada de nuvens espessas, ventos muito fortes e precipitação abundante, que pode cobrir uma área normalmente circular, com diâmetro entre 400km a 2000km. Uma perturbação meteorológica poderá provocar a formação de uma onda no escoamento dos ventos de leste, com geração de circulação fechada, a qual poderá evoluir para a ocorrência de uma tormenta tropical.” (SANNINO,1968).

### 2.3.4 Ciclone Tropical

Segundo Ahrens (p.294), um furacão é uma intensa tempestade de origem tropical que sustentam ventos que excedem 64 nós e se formam sobre o morno Atlântico Norte e no leste do oceano Pacífico Norte. Para esse mesmo tipo de tempestade é dado diferentes tipos de nomes em diferentes regiões do mundo. No oeste do Pacífico Norte é chamado de tufão, na Índia de ciclone e na Austrália de ciclone tropical. Por um acordo internacional, ciclone tropical é o termo geral para designar toda tempestade tipo furacão que é originado sobre águas tropicais.

Conforme Donn (p.305), o furacão pode ser considerado como uma simples máquina de calor dirigida pela diferença de temperatura entre o centro e as margens. A coluna central tem que ser mais quente que em sua volta em cada nível a fim de manter uma forte convecção, da qual depende a sua existência.

Um ciclone tropical é definido como um vórtice atmosférico com rotação ciclônica (horária no Hemisfério Sul e anti-horária no Hemisfério Norte) que varia de algumas centenas de km até 3.2 mil km aproximadamente. Estão associados com um centro de baixa pressão e nuvens convectivas organizadas em bandas espirais, com uma massa de nuvens convectivas sustentadas próximas ao centro. São caracterizados e guiados pela liberação de grandes quantidades de calor latente, que ocorre quando ar úmido é levado para cima e seu vapor se condensa. Este calor é distribuído verticalmente em torno do centro do ciclone. Também é um sistema barotrópico (apresentam apenas variação na pressão) enquanto os sistemas extratropicais são sistemas baroclínicos (apresentam variação de pressão e temperatura).

Um ciclone extratropical é uma área de baixa pressão atmosférica em seu centro ou ciclone de origem não tropical. Fenômeno que apresenta temperaturas baixas no seu interior e ventos girando no mesmo sentido desde a superfície até os altos níveis. Geralmente encontrado nas médias e altas latitudes.

Segundo Byers (p.376) algumas características de um ciclone são as seguintes: Formam-se apenas em áreas do oceano cuja temperatura de superfície é alta, 26° ou 27°C a temperatura mais baixa já encontrada no lugar e tempo de formação; pressão e outras propriedades são simetricamente distribuídas ao redor do centro; não estão associados com o movimento dos anticiclones; sua energia deriva do calor latente de condensação; geralmente é um terço do diâmetro de um ciclone extratropical; muitas vezes são mais intensos que os ciclones extratropicais tendo a pressão de nível central de 900mb ou menos e com ventos na superfície de 100 nós.

Em relação à sua localização, Byers (p.378) diz que há oito regiões de ciclones tropicais: um no Atlântico Norte, dois no norte do Pacífico, dois na região da Índia, um no Pacífico Sul, e dois no sul do oceano Índico. De todas as regiões do planeta, o sudoeste do Pacífico Norte apresenta o maior número de ciclones tropicais. O oeste do Atlântico Norte e o mar do Caribe é talvez a região de furacões mais conhecida no mundo. Os furacões desta região, apesar de serem menos intensos que do oriente recebem muito mais atenção devido ao estrago que causam.

Os furacões são medidos de acordo com a escala Saffir-Simpson, Figura 3, desenvolvida no começo dos anos 1970 pelo engenheiro Herber Saffir e o diretor do Centro Nacional de Furacões dos EUA, Robert Simpson. A escala é que indica o potencial de destruição de um furacão, levando em conta pressão mínima, vento e ressaca causada pela tormenta.

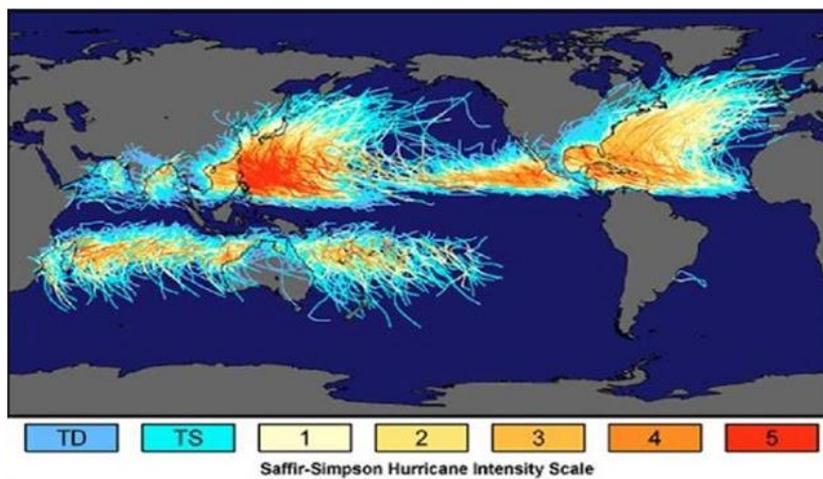


Figura 4: Ilustração representativa da intensidade dos furacões de acordo com a escala Saffir-Simpson. Fonte: <http://meteovargas.com/wp-content/uploads>; acessado em 03 de junho de 2015.

Ahrens (p.301) complementa apontando que eles se formam sobre oceanos tropicais, exceto no Atlântico Sul e no leste do Pacífico Sul. A temperatura de superfície da água é muito fria nessas áreas para o seu desenvolvimento.

O desenvolvimento de um ciclone tropical ocorrerá apenas quando condições muito específicas existirem. Um furacão origina-se como um distúrbio tropical com ventos relativamente fracos, uma área de baixa pressão, nebulosidade extensa e alguma precipitação. A principal fonte de energia é um ar quente e úmido sobre o oceano; portanto, requer que o oceano esteja com temperatura por volta de 27° C. A superfície de ar sobre o oceano deve estar muito quente e úmida. Conforme o ar quente sobe (circulação direta), o vapor se condensa em água líquida. A energia desprendida nesse processo na forma de calor latente é o principal combustível de um furacão.

Por serem formados sobre grandes massas de água morna, os ciclones perdem sua intensidade assim que se movem sobre terra. Por isso regiões costeiras são geralmente as áreas mais afetadas pela passagem de um ciclone tropical; regiões afastadas da costa são geralmente poupadas dos ventos mais fortes.

## 2.4 El Niño Oscilação Sul

O El Niño Oscilação Sul é um fenômeno que ocorre na região do Pacífico equatorial e que afeta o tempo e o clima em diversos locais do globo Terrestre (CANE,2001,texto original). O ENOS é constituído de dois componentes, um oceânico e outro atmosférico.

“O componente oceânico é caracterizado por anomalias das temperaturas das águas do Oceano Pacífico Equatorial junto a costa oeste da América do Sul e é atualmente monitorado por meio da temperatura da superfície do mar(TSM). O componente atmosférico, também conhecido como Oscilação Sul(OS) foi registrado na década de 20, pelo matemático Sir Walker,

que expressa a correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do oceano Pacífico. Quando a pressão é alta a leste, usualmente encontra-se baixa a oeste e vice versa. O Índice de Oscilação Sul (IOS) é utilizado no monitoramento do componente atmosférico e é caracterizado por anomalias na pressão atmosférica na região de Darwin, norte da Austrália e do Taiti, na Polinésia Francesa.”(PHILANDER,1990;GLANTZ,2001).

O fenômeno ENOS tem como região de origem o Oceano Pacífico Equatorial. Nessa área do Pacífico, em função dos alísios, que sopram predominantemente de sudeste no Hemisfério Sul, há um padrão de circulação tal que, na costa da América do Sul, as águas são normalmente frias (insurgência de águas profundas) e, no extremo oposto, região da Indonésia e costa norte da Austrália as águas são, em geral, quentes. Essas diferenças de temperatura das águas entre o lado leste e oeste do Oceano Pacífico resultam em diferenças da pressão atmosférica na superfície em uma circulação secundária da atmosfera nessa região, conhecida como célula de Walker, no sentido Leste-Oeste, com ascensão de ar na parte oeste do Pacífico Tropical e correntes descendentes de ar. Essa circulação atmosférica faz com que a parte oeste do Oceano Pacífico seja uma região de chuvas frequentes e, de forma oposta, a parte leste junto a costa da América do Sul seja uma região de chuvas escassas.

“O fenômeno ENOS apresenta duas fases, a fase quente/positiva e a fase fria/negativa. A fase quente ou fase positiva do ENOS é chamada de El Niño que se caracteriza por um aquecimento das águas simultaneamente com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico leste. A fase fria ou negativa, chamada de La Niña, é quando ocorre um resfriamento das águas e um aumento da pressão atmosférica na região leste do Pacífico.”(BERLATO;FONTANA,2003;GRIMM et al.,1998).

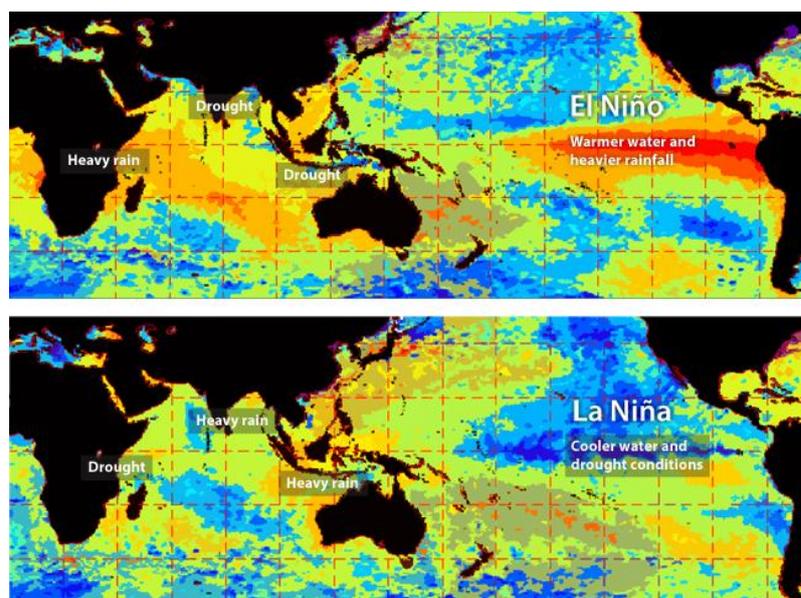


Figura 5: Ilustração representativa dos fenômenos El Niño e La Niña. Fonte: /www.whoj.edu/cms/images/oceanus/ElNinoLaNina. Fonte ; acessado em 05 de junho de 2015.

“Em anos de El Niño, verifica-se um enfraquecimento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial. Com isso há o deslocamento do ramo ascendente da célula de Walker para a parte central do Oceano Pacífico e as águas anormalmente quentes do Oceano Pacífico Tropical chegam a atingir a costa da América do Sul, na altura do Peru e Equador. Assim passa a ocorrer a ascensão de ar nessa região, fazendo com que a costa da América do Sul experimente chuvas acima da normalidade. Em condições de La Niña, há uma intensificação nas condições normais do oceano e nas condições atmosféricas na região tropical do Oceano Pacífico, a célula de Walker se intensifica, os ventos alísios sopram com mais intensidade, causando um aumento no carregamento de águas quentes para oeste, resultando em chuvas abaixo do normal na costa da América do Sul.” (BELARTO;FONTANA,2003).

No Brasil o impacto da fase quente e da fase fria do ENOS se dá principalmente sobre a precipitação pluviométrica das Regiões Sul e Nordeste, onde em anos de El Niño, a precipitação pluviométrica fica acima da normal climatológica na Região Sul, enquanto que na Região Nordeste é abaixo do normal. Já para os anos de La Niña a situação contrária é observada.

## **2.5 El Niño**

“O aquecimento ocasional das águas superficiais do Oceano Pacífico central e oriental é chamado de El Niño. Em condições normais, os ventos alísios sopram de leste para oeste ao longo do Equador, acumulando água quente na camada superior do Oceano Pacífico tropical perto da Austrália e da Indonésia. Nessa região de águas superficiais quentes, a atmosfera é aquecida criando condições favoráveis para a convecção e a precipitação. Nesses níveis superiores da atmosfera os ventos sopram de oeste para leste, completando a circulação atmosférica de grande escala chamada Circulação de Walker.” (CPETC, 2010).

O nome El Niño, que vem do espanhol “o menino Jesus”, foi dado a esse fenômeno por pescadores peruanos, que observavam os aumentos sazonais da temperatura das águas superficiais do oceano na época do Natal. Em intervalos irregulares, geralmente variando de 03 a 05 anos, a intensidade dos ventos alísios diminui permitindo que a camada de águas superficiais quentes do oceano Pacífico se desloque ao longo do Equador em direção a América do Sul, o que leva a consequências nas condições atmosféricas.

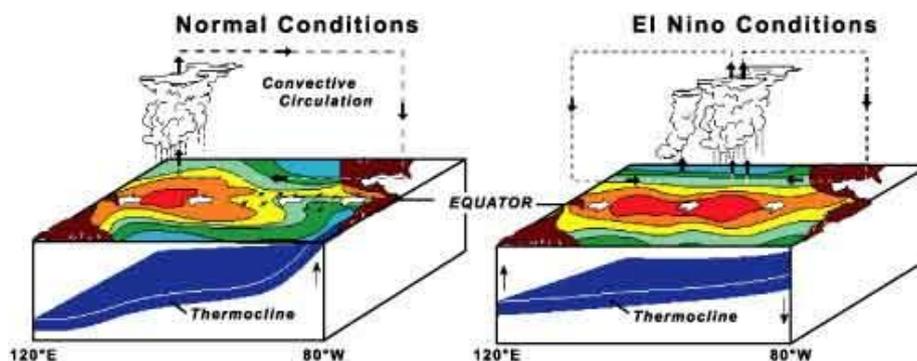


Figura 6: Ilustração comparativa e representativa do fenômeno El Niño <http://oceanworld.tamu.edu/students/elniño/images>. Fonte; acessado em 05 de junho de 2015.

Observa-se que os ventos em superfície, em alguns casos chegam mudar de sentido, ou seja, assumem a direção de oeste para leste. Há um deslocamento da região com maior formação de nuvens e a célula de Walker fica bipartida. No Oceano Pacífico Equatorial podem ser observadas águas quentes em praticamente toda a sua extensão. A termoclina fica mais profunda junto a costa oeste da América do Sul, principalmente devido ao aquecimento dos ventos alísios.

“Durante um El Niño, as águas equatoriais quentes aquecem a atmosfera durante vários meses. A atmosfera responde a esse aquecimento produzindo um padrão alternado de sistemas de baixa e alta pressão, os quais por sua vez afetam profundamente a direção do vento local e inclusive a condições de tempo longe do Pacífico Equatorial. Na América do Norte os centros de baixa pressão localizados a sudoeste do Alasca e no sudoeste dos Estados Unidos afetam o tempo no oeste do Canadá, e nas planícies setentrionais e região sudeste dos EUA.” (FERREIRA,2005).

Também podem ser observados diferentes impactos na América do Sul e no Brasil, causados pelo fenômeno El Niño. Na Colômbia e noroeste do Peru e Equador nota-se um aumento das chuvas e vazões dos rios. Na região Sul do Brasil ocorrem precipitações abundantes principalmente na primavera e chuvas intensas de maio a junho, juntamente com o aumento da temperatura média. Nas regiões Norte e Nordeste há diminuição das precipitações e seca, aumentando o risco de incêndios florestais. Já nas regiões Sudeste e Centro-Oeste ocorrem um moderado aumento das temperaturas médias, porém não há padrão de mudança de chuvas.

“A convecção a precipitação que normalmente ocorrem no Oceano Pacífico ocidental acompanham as águas superficiais quentes em seu deslocamento em direção ao continente sul americano, causando chuvas mais abundantes do que o normal no norte do Peru, Equador e outras regiões tropicais da América do Sul. Enquanto isso, na parte Oeste do Oceano Pacífico o mecanismo de precipitação cessa, causando secas na Austrália e Indonésia.” (FERREIRA, 2005).

## 2.5 La Niña

Uso do termo La Niña , também tem origem espanhola, que significa “ a menina”, pois esse fenômeno caracteriza-se por ser o oposto do El Niño. Isso por que enquanto o El Niño é devido ao aumento de temperatura do Oceano Pacífico, o La Niña ocorre devido a diminuição da temperatura ocasionada pelo aumento da força dos ventos alísios.

Ao aumentar a intensidade dos ventos alísios, o fenômeno de ressurgência( afloramento das águas profundas do oceano – mais frias e com mais nutrientes) das águas do Pacífico tende a se intensificar e ocorre a diminuição da temperatura da superfície Oceânica

Além disso, a corrente atmosférica tende a “empurrar” as águas mais quentes com maior força, fazendo com que ela se acumule mais a oeste do que ocorreria normalmente. Ao contrário do que seria de se esperar pela afirmativa de La Niña se o oposto de El Niño, os efeitos causados nas correntes atmosféricas são praticamente os mesmos: a maior concentração de águas quentes a oeste do Pacífico gera uma área onde a evaporação também é maior. Intensificando o processo da célula de Walker (o ar quente sobe na região de águas mais quentes, ao mesmo tempo em que o ar mais frio desce na região oposta, gerando um ciclo).

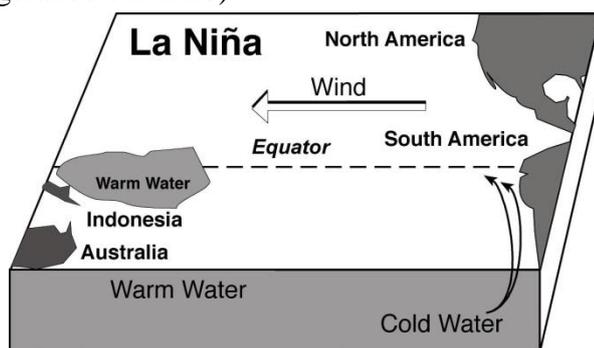


Figura 7: Esquema das condições atmosféricas em anos de ocorrência de La Niña. Fonte; acessado em 07 de junho de 2015.

“Outro ponto interessante é que os valores de anomalias de temperaturas da superfície do mar (TSM) em anos de La Niña têm desvios menores que em anos de El Niño, ou seja, enquanto observam-se anomalias de até 4,5°C acima da média em alguns anos de El Niño, em anos de La Niña as maiores anomalias observadas não chegam a 4°C abaixo da média. Geralmente, episódios de La Niña também tem frequência de 02 a 07 anos. Além do mais, os episódios deste fenômeno tem períodos de aproximadamente 09 a 12 meses, e somente algum episódios persistem por períodos superiores a 02 anos.” (CPTEC, 2010, texto original).

Seus efeitos no Brasil divergem daqueles percebidos pelos causados pelo El Niño. Na região Norte e Nordeste ocorrem chuvas mais abundantes e aumento da vazão dos rios, enquanto na região Sul ocorrem secas prolongadas. Nas regiões Centro-Oeste e Sudeste seus efeitos são pouco previsíveis podendo variar de ocorrência para ocorrência.

“A região com grande quantidade de chuvas é o nordeste do Oceano Índico à oeste do Oceano Pacífico, passando pela Indonésia , e a região com movimentos descendentes da célula

de Walker é no Pacífico Central e Oriental. É importante ressaltar que tais movimentos descendentes da célula da Walker no Pacífico Oriental ficam mais intensos que o normal, o que inibe a formação de nuvens de chuva.” (CPTEC, 2010).

### **3 PREVISÃO METEOROLÓGICA**

#### **3.1 Interpretação de informações meteorológicas**

Neste capítulo serão apresentadas as características das imagens de satélites meteorológicos e das cartas sinóticas de pressão à superfície, que tem por objetivo auxiliar os navegantes com suas informações que interpretadas de forma correta permitem a percepção da evolução do estado do mar assim como ajudam no entendimento dos fenômenos climáticos e a maneira como os mesmos afetam a segurança da navegação.

##### **3.1.1 Imagens de Satélites**

Imagens de satélite são poderosas ferramentas para observação do tempo. A principal função desse sistema é o monitoramento da atmosfera terrestre para a realização das previsões e estudos climatológicos, através de satélites geoestacionários, a 36 mil km de altitude que fornecem imagens circulares de uma face da Terra. Analisando a sequência de imagens, é possível avaliar tendências do desenvolvimento do tempo pelo deslocamento das nuvens, sua evolução, sua intensidade e as características da sua trajetória. A sequência de várias imagens seguidas nos ajuda a entender como o tempo está se desenvolvendo e é um grande auxílio, junto às cartas do tempo, na previsão do tempo.

Além de coletar as imagens das nuvens, aparecem nas imagens a poluição, tempestades de areia, gelo ou neve, auroras, mudança das características da superfície dos continentes e dos oceanos e mudança na vegetação de uma determinada área. As imagens podem ser no canal de espectro visível ou no canal de espectro infravermelho, permitindo assim diferenciar tipos de nuvens, sistemas frontais no globo e furacões.

A imagem infravermelha (IR) é mais usada e mais divulgada. Este tipo de imagem tem como fundamento a temperatura da coluna de ar interno. Possibilitando o recolhimento de dados em diferentes níveis como nuvens altas, nuvens baixas, nuvens médias, nevoeiros e superfície do solo ou oceano. Com esse tipo de imagens somos capazes de identificar os tipos de nuvens e de forma mais apurada descrever o estado do tempo, os fenômenos e os sistemas sinóticos que estão ocorrendo. Pode-se de forma simples interpretar uma imagem IR.

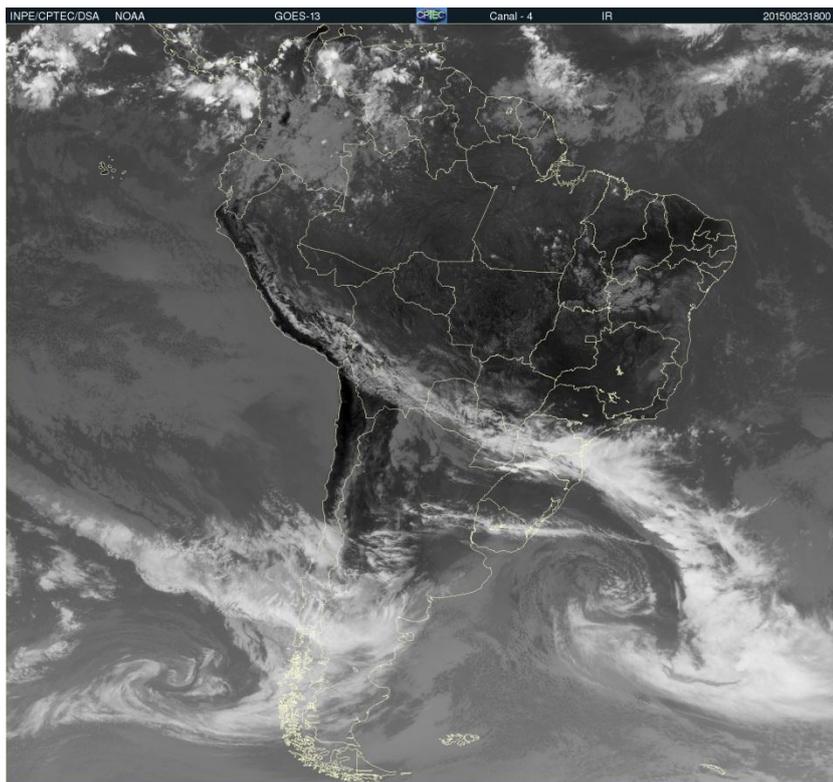


Figura 8: Imagem de satélite, mostrando a formação dos fenômenos convectivos.  
 Fonte: [http://satellite.cptec.inpe.br/repositorio5/goes13/goes13\\_web/ams\\_infr](http://satellite.cptec.inpe.br/repositorio5/goes13/goes13_web/ams_infr); acessado em 23 de agosto de 2015.

As partes brancas indicam regiões com presença de nuvens . As nuvens Cumulus e Stratus aparecem na imagem IR de forma menos clara o que indica que são nuvens menos espessa. E quanto menos clara aparece um stratus mais baixo ela está. É sempre importante que o navegante tenha habilidade na interpretação das imagens recebidas para evitar no que possível acidentes.

### 3.1.2 Cartas Sinóticas de Pressão a Nível Médio do Mar

Consistem em linhas isóbaras (linhas com as mesmas pressões), com seus valores discriminados, representam a pressão atmosférica à superfície. Pela análise de uma carta sinótica, pode-se determinar: a direção do vento, intensidade da atividade convectiva na ZCIT, nível de nebulosidade, sistemas frontais e atividades convectivas, pode se prever tormentas e a direção e intensidade de ondas e vagas. Essas informações obtidas nas cartas sinóticas às tornam de grande importância para que o navegante possa prever o tempo nas próximas horas na região de seu interesse, na prevenção de acidentes e determinação da rota.

A Carta Sinótica é um mapa que também apresenta a localização dos centros de alta pressão e centros de baixa pressão. Esses centros de alta ou baixa são representados por cristas e cavados respectivamente no Hemisfério Sul (HS), que são centros de baixa com suas isóbaras em uma configuração bastante alongada, formados pela alteração do Escoamento Zonal (alteração da componente meridional dos ventos de Noroeste (NW)

no Hemisfério Norte, e de Sudoeste (SW), no HS). O cavado apresenta a zona de separação das massas de ar com características diferentes de temperatura, umidade e pressão, que recebem o nome de Frentes. Se ar frio avança em direção do ar quente, dá-se o nome de Frente Fria (FF), e se o ar quente avança em direção do ar frio, se dá o nome de Frente Quente (FQ). Porém, as massas de ar deslocam-se em velocidades diferentes devido a sua diferença de densidades e pelas influências do movimento da Terra. Por isso pode ocorrer uma Frente Oclusa (FO), ou seja, um encontro da FF com a FQ. A FF é representada pela cor azul com triângulos, a FQ pela cor vermelha com semi-círculos, a FO é representada pelas duas cores com triângulos e semi-círculos intercalados no mesmo sentido e uma Frente Estacionária é representada pelas duas cores com triângulos e semi-círculos intercalados porém em sentidos opostos.

Neste tipo de carta também temos uma linha de instabilidade que é representada graficamente por meio de duas pequenas linhas paralelas que podem ser acrescida da simbologia de tempo presente. A importância da análise das frentes nas cartas sinóticas ocorre porque o processo de oclusão favorece as atividades convectivas, como a formação de Cb, sistemas tropicais e ZCIT. O eixo do cavado, que é a parte da frente fria posicionada sobre o alongamento das isóbaras, é uma configuração bastante notória em uma imagem de satélite, pois é a área que apresenta um branqueamento maior, devido à intensa formação de Cb sobre o seu eixo, e sobre o eixo da frente quente, há formação de nuvens do tipo Stratus, que também apresentam uma configuração esbranquiçada, mas não tão intensa quanto à do eixo do cavado, devido ao menor acúmulo de água. Na apresentação da frente oclusa, há uma mistura das duas características. É importante ressaltar que, com a mudança, de uma frente para outra, a direção do vento muda, um importante indicativo para detecção de sua passagem.

Na interpretação de uma Carta Sinótica devem-se identificar os cavados e cristas. Com eles identificados é possível se determinar a direção e intensidade dos ventos e conseqüentemente das ondas, em uma determinada região. Por exemplo, quando as isóbaras de um centro de baixa pressão estão muito alongadas, é um indício de ventos contínuos. Outro fator a se analisar, é o espaçamento entre as isóbaras, quanto mais estreitas mais intenso o vento, este também sopra paralelamente as isóbaras. O próximo passo é identificar os centros de baixa pressão, onde ocorrem a ascensão do ar (atividade convectiva, formação de nebulosidade) e os centros de alta pressão, onde ocorrem a descensão do ar e bom tempo. E por fim, identificar as frentes frias, quentes e oclusas, que são o encontro de massas de ar com diferentes temperaturas. Nas cartas sinóticas, também é identificado a ZCIT, além da própria linha do equador.

Para representar a direção do vento é usado uma seta com um pequeno círculo numa extremidade e traço na outra. A extremidade com traço indica de onde o vento sopra. A cobertura do céu é indicada pelo pequeno círculo na outra extremidade. Quando as isóbaras tiverem com longos trechos retilíneos perpendiculares à costa teremos ressaca que é caracterizada por ondas forte no litoral e portos menos protegido.

## 4 AS REGIÕES POLARES E SUAS RESTRIÇÕES QUANTO À NAVEGAÇÃO

### 4.1 DEFINIÇÃO DE REGIÃO POLAR

Para entendimento geral da monografia que se segue, nada mais importante que definir a razão desta existir. As regiões polares ou zonas polares são zonas térmicas da Terra que ocupam as grandes latitudes dos hemisférios norte e sul, constituindo as regiões compreendidas ao Norte do Círculo Polar Ártico, e ao Sul do Círculo Polar Antártico.

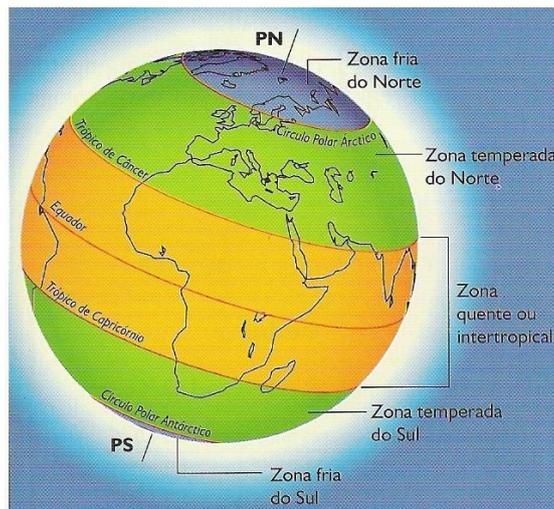


Figura 9: Imagem representativa das zonas climática terrestres. Fonte: professoralexeinowatzki.webnode.com.br; acessado em 18 junho de 2015.

Essa porção do planeta ocupa uma área considerável deste, totalizando 35 milhões de km<sup>2</sup>. No extremo norte do planeta temos a região polar ártica, ou simplesmente Ártico, o qual ocupa uma área de 21 milhões de Km<sup>2</sup>, constituído pelo Oceano Glacial Ártico. A área onde se encontra o Polo Norte é constituída por uma camada de gelo com alterações na espessura de sua cobertura ao longo do ano. Apesar das anomalias ao longo da cobertura total de gelo, sua espessura fica em torno de aproximadamente 2 km, oriunda das baixas temperaturas que predominam no lugar. Já no extremo Sul do planeta, encontra-se a região polar antártica, cuja extensão territorial também é formada por gelo. Ela é considerada um continente e é denominado de Antártica, o qual ocupa uma área de 14 108 000 km<sup>2</sup>.

As condições adversas como o frio extremo, os ventos fortes e lagos congelados, a carência de solos e a grande variação na duração dos dias e das noites, fazem das regiões polares áreas que constituem vazios demográficos com baixa inserção na economia global.

## 4.2 A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES E SUAS RESTRIÇÕES

A navegação nas regiões polares requer atenção redobrada por parte dos navegantes. A substância que compõe essas regiões, o gelo, restringe os movimentos do navio, forçando muitas vezes a alteração da velocidade e até mesmo do curso da embarcação. De acordo com Miguens (2000), 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

### 4.2.1 Efeitos Meteorológicos

Para Lobo e Soares (2007), o principal perigo para a navegação nessas regiões polares 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. No verão antártico, muitas áreas terrestres baixas permanecem livres de gelo ou neve. Quando 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 e contínua. Nesse caso, não há a distinção de pontos da terra e torna-se difícil estimar distâncias, pela total falta de contraste.

Cerração e nebulosidade ocorrem com frequência nas regiões polares, embora haja menos precipitações que em algumas regiões desérticas, pois o ar frio tem pequena capacidade de acumular umidade. O ar muito frio sobre o oceano aberto algumas vezes produz vaporização na superfície, podendo alcançar uma altura de centenas de pés. Este fenômeno é chamado de fumaça gelada ou fumaça do mar (“frost smoke” ou “sea smoke”). Quando não há cerração, nebulosidade ou “frost smoke”, a visibilidade é, normalmente, excelente. O som se propaga muito bem, de forma tal que, algumas vezes, pode ser ouvido a grandes distâncias (MIGUENS, 2000).

Ainda segundo Miguens (2000), quando a neve mascara todos os acidentes de superfície e o céu é coberto por uma camada uniforme de nuvens cirrostratus ou altostratus, o horizonte desaparece e a terra e o céu se misturam, formando uma extensão branca contínua, sem interrupções. Nessa situação, pontos de terra não podem ser distinguidos e torna-se impossível estimar distâncias, pela absoluta falta de contraste. O fenômeno é chamado de branco total antártico (“antarctic white out”), sendo perigosíssimo para operações aéreas, principalmente para o voo de helicóptero.

#### 4.2.2 A Restrição na Utilização de Equipamentos da Navegação

Como os polos magnéticos localizam-se relativamente próximos dos polos geográficos, as agulhas magnéticas sofrem desvios e ocorrem perturbações em equipamentos de radiocomunicações nessas regiões devido a tempestades magnéticas e a má condução do solo congelado.

“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.” (MIGUENS 2000).

O fator que mais influencia o erro nas agulhas nestas regiões é o efeito da redução da intensidade horizontal do campo magnético terrestre que causa uma demora no retorno da agulha ao seu rumo correto após uma perturbação.

Quando submetida a temperaturas extremamente baixas existe a possibilidade de congelamento da agulha magnética, mesmo esta apresentando a mistura água/álcool. À medida que geralmente é usada para sanar este problema é manter a luz da agulha permanentemente acesa, provendo assim, calor suficiente para evitar o congelamento da mesma.

“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” (MIGUENS 2000).

### 4.3 REGRAS DE NAVEGAÇÃO NA ROTA DO MAR DO NORTE

As Regras de navegação relativas à área da Rota do Mar do Norte foram desenvolvidas em conformidade com o "Código de navegação comercial da Federação Russa" e foi aprovado pelo Governo da Federação Russa no dia 30 de julho 2004.



Figura 10: Rotas de navegação no ártico. Fonte: <http://cienciaecultura.bvs.br/img/revistas> acessado em 18 junho de 2015.

Ela tem o objetivo de estabelecer a ordem da organização da navegação de navios na área da Rota do Mar do Norte, as regras de assistência prestadas por quebra-gelo, as regras referentes à navegação em locais de gelo, a assistência relativa aos navios na área da NSR, a disposição das informações relativas à hidrografia e à meteorologia referentes a NSR, as regras das comunicações de rádio utilizados na navegação, os requisitos para os navios em relação à segurança da navegação e proteção do ambiente marinho contra a poluição por navios e outras disposições relativas à organização da navegação de navios na área da NSR.

### 4.4 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Embora os períodos de dificuldade para a navegação devido às condições extremas de gelo na NSR tenham sido recentes (por exemplo, 1998), um número crescente de relatórios de pesquisa confiáveis indica que o gelo polar está encolhendo a uma taxa sem precedentes, e alguns indicam que o ritmo é dramático.

Uma pesquisa recente mostrou que a espessura do gelo no Oceano Ártico Central tem sido está com anomalias negativas em sua cobertura de 15% por década desde 1958, e que a extensão de gelo foi reduzida em 14% no período 1978- 1998, dando indícios de um aquecimento global antropogênico. Se essa tendência continuar, todo o Oceano Ártico vai tornar-se livre de gelo durante o verão antes do fim deste século. Isto iria alterar fundamentalmente as condições e perspectivas de transporte no NSR. Entretanto, segundo Alexander (2013), essa anomalia negativa observada na cobertura total de gelo na região ártica, se deve ao maior transporte de calor sensível oriundos dos trópicos pelas correntes quentes, influenciadas diretamente pelo ciclo lunar de 18,6 anos. Para Molion (2005), existem pesquisas indicando que existe tendência de um possível resfriamento, contrariando então, a teoria de um aquecimento global antropogênico, ficando o derretimento das calotas nos polos causado por causas naturais

## **5 O AQUECIMENTO GLOBAL E SUA INFLUÊNCIA NA ROTA DO MAR DO NORTE**

### **5.1 O Aquecimento Global**

O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre desde a formação da Terra. Sem ele a temperatura média da Terra seria muito baixa, cerca de 33°C a menos que a temperatura média encontrada de 15°C, ficando esta em torno de 18°C negativo, o que impossibilitaria a vida no planeta. Sendo assim, podemos concluir que esse efeito é benéfico à vida. Porém, o aumento do efeito estufa na atmosfera tem potencializado esse fenômeno natural, podendo causar um aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto da superfície da Terra (fenômeno denominado aquecimento global) desde meados do século XIX.

#### **5.1.1 Como ocorre?**

O aquecimento global é causado pelas emissões humanas de gases do efeito estufa, as quais são substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, e dificultam seu escape para o espaço. Isso impede que ocorra uma perda demasiada de calor para o espaço, mantendo a Terra aquecida.

Nos últimos 100 anos, devido a um progressivo incremento na concentração dos gases de efeito estufa, a temperatura global do planeta tem aumentado. Tal incremento tem sido provocado pelas atividades humanas que emitem esses gases. A maioria vem da queima de combustíveis fósseis em carros, fábricas e produção de eletricidade. Entre os gases do efeito estufa que estão aumentando de concentração o CO<sub>2</sub>, o CH<sub>4</sub> e o N<sub>2</sub>O são os mais importantes, onde o dióxido de carbono se apresenta como gás responsável pela maior parte do aquecimento. Os CFCs também têm a capacidade de reter a radiação infravermelha emitida pela Terra.



Figura 11: Esquema representativo do aquecimento global. Fonte: <http://www.apolo11.com/imagens>; acessado em 22 junho de 2015.

Cada gás de efeito estufa têm diferentes habilidades que reter o calor. Alguns deles podem até prender mais calor do que o CO<sub>2</sub>. Uma molécula de metano produz mais do que 20 vezes o aquecimento de uma molécula de CO<sub>2</sub>. O óxido nitroso é 300 vezes mais poderoso do que o CO<sub>2</sub>. Mas porque as suas concentrações são muito menores do que as de CO<sub>2</sub>, nenhum desses gases acrescenta tanto calor para a atmosfera como ele.

### 5.1.2 Efeitos

Historicamente, o clima da Terra mudou regularmente ao longo de centenas de milhares de anos. A diferença entre as temperaturas médias globais de hoje e de durante a era do gelo é de apenas cerca de 5 graus Celsius. Agora, com concentrações de gases de efeito estufa em ascensão, as restantes camadas de gelo da Terra estão começando a derreter. A água extra nos oceanos poderá elevar o nível do mar de forma significativa. Além de aumento do nível do mar, o clima pode se tornar mais extremo. Isso significa tempestades mais intensas, mais chuvas seguidas de secas mais prolongadas e rigorosas, mudanças nas faixas em que as plantas e os animais podem viver e perda de fontes de água que historicamente vem das geleiras.

Alguns impactos do aumento das temperaturas já estão acontecendo. Como já foi citado, o gelo está derretendo em todo o mundo, especialmente nos polos da Terra. Isto inclui as geleiras de montanha, as camadas de gelo que cobrem a Antártida Ocidental e da Groenlândia, e gelo do mar Ártico. A preocupação a respeito dessas mudanças se dá, pois o rápido aumento dos gases do efeito estufa está mudando o clima mais rápido do que alguns seres vivos são capazes de se adaptar. Além disso, um clima novo e mais imprevisível apresenta desafios únicos para toda a forma de vida.

## 5.2 A INFLUÊNCIA DO AQUECIMENTO GLOBAL NA NSR

O derretimento do gelo do mar Ártico para níveis recorde nos últimos anos fez com que muitos países, principalmente aqueles com uma costa no Ártico (Estados Unidos, Canadá, Rússia, Noruega e Dinamarca) a reavaliar os seus compromissos e interesses estratégicos. Muitos cientistas preveem verões sem gelo no Ártico em questão de décadas, aumentando as probabilidades de comercialização na região, incluindo a produção de energia e transporte. No entanto, outros dizem que alguns dos obstáculos que impedem um maior investimento no Ártico ainda iram perdurar por muitos anos, apesar de o aquecimento da região. O degelo também colocam novos desafios de segurança, como uma maior atividade humana induz nações do Ártico a aumentar sua presença militar e policial no Extremo Norte. Porém, segundo Alessander (2013), há a tendência de uma anomalia positiva na camada de gelo da superfície do Ártico, fazendo com que ocorra o congelamento de partes do Mar do Ártico, causando assim o desaparecimento de algumas rotas.

### 5.2.1 O que está acontecendo com o gelo do Mar Ártico?

O Ártico está se aquecendo mais rápido do que em qualquer outro lugar do planeta. A extensão do gelo ártico do mar, que se derrete ao seu baixo cada setembro, tem vindo a diminuir ao longo das últimas três décadas, como a figura 13 ilustra. Entre os anos 2007 e 2012 encontram-se os seis níveis mais baixos desde que as imagens de satélite começaram a serem utilizadas para analisar o gelo no Ártico, em 1979. A tendência é provável inigualável na história humana recente, relatou um painel da ONU sobre mudanças climáticas em 2013.

#### Sea Surface Temperature Anomaly September 16, 2014

NOAA/NWS/NCEP/EMC Marine Modeling and Analysis Branch Oper H.R.  
RTG\_SST\_HR Anomaly (0.083 deg X 0.083 deg) for 16 Sep 2014

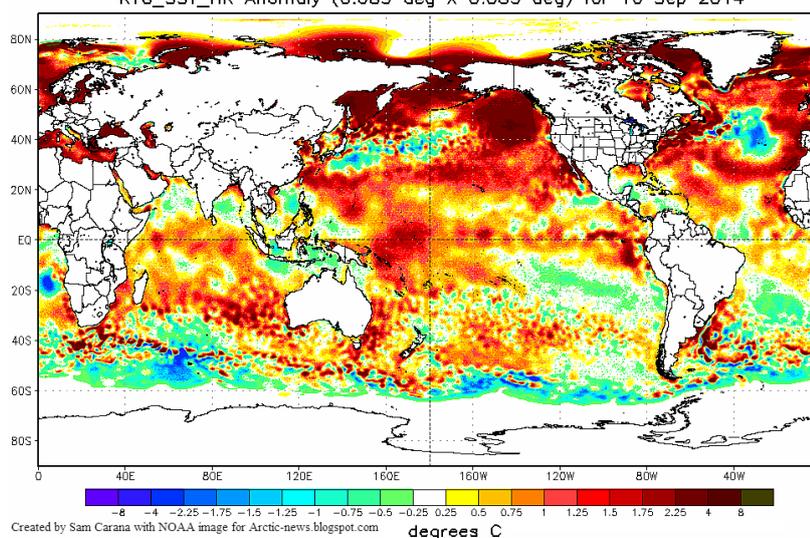


Figura 11: Representação do aumento da temperatura das águas. Fonte: [//aquecimento globaldescontrolado.files.wordpress.com](http://aquecimento globaldescontrolado.files.wordpress.com); acessado em 25 junho de 2015.

Segundo cientistas do National Snow and Ice Data Center (NSIDC) no Colorado, espera-se alguma variabilidade anual em relação à mudança de padrões climáticos, no entanto, a tendência de longo prazo é de redução da camada de gelo do Ártico.

Além da área de superfície, dados recentes indicam que o gelo do Ártico também é mais jovem e mais fino, e, portanto, mais propenso a derreter. Quanto menor for a quantidade de gelo branco e quanto mais escuro o mar fica, significa que uma maior quantidade de radiação solar é absorvida, acelerando o degelo. Segundo a ONU, se a emissão de gases de efeito estufa continuar a aumentar, é provável um oceano quase totalmente livre de gelo no Ártico, antes da metade do século.

Segundo pesquisas recentes feitas pela NSIDC, o gelo do mar Ártico atingiu o seu limite máximo para o ano em 21 de março deste ano 14.910.000 quilômetros quadrados (5.760.000 milhas quadradas), tornando-se a quinta menor máxima dos registros feitos por satélite.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este presente trabalho além de abordar os princípios de formação dos diferentes sistemas meteorológicos e a maneira como os mesmos interagem e interferem na atmosfera e no meio marítimo, primou por ressaltar a importância do profundo conhecimento desses fenômenos para que se possa prezar pela navegação cada vez mais segura. Evidenciou-se o progresso de desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que visavam aprimorar e agilizar o aperfeiçoamento das cartas sinóticas e imagens de satélite. Assim como demonstrou a influência que mudanças climáticas nas rotas polares.

Foi possível concluir que o prévio conhecimento das condições que venham a ser encontradas durante as derrotas são de suma importância para a qualificação de sistemas de segurança de embarcações e possibilitam a disponibilidade de recursos avançados de monitoramento climatológico, que viabilizam não apenas o desenvolvimento de novas tecnologias de segurança e proteção dos navios, mas também que permitem o monitoramento frequente das diferentes áreas e regiões marítimas, e as mudanças que as mesmas provocam nessas rotas.

Em virtude do apresentado pode-se afirmar que o objetivo dessa monografia é ampliar a percepção do leitor a cerca da importância de se conhecer os fenômenos que afetam o meio marítimo, exaltando também, a influência das mudanças meteorológicas em rotas extremamente sensíveis a pequenas transformações climáticas, para que esta possa servir de auxílio para futuros trabalhos e pesquisas relacionadas ao tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AHRENS**, C. Donald. Essentials of Meteorology: An invitation to the atmosphere. 4ed

**BEZERRA**, A.C.N. Aspectos da Circulação Atmosférica de grande escala sobre o Norte e Nordeste do Brasil relacionado com a Temperatura da Superfície do Mar. 2006. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

**EL NIÑO**. Disponível em: <[www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)>. Acesso 30 jul. 2015

**FERREIRA**, N. S. Zona de Convergência Intertropical. Climanálise. IN: CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. MCT/INPE. Edição Especial de 10 anos. Cachoeira Paulista, SP. 1996. 235 p.

**IMAGEM DE SATÉLITE**. Disponível em: <[www.nhc.noaa.gov](http://www.nhc.noaa.gov)>. Acesso em 30 jul. 2015

**LOBO**, Paulo Roberto Valgas. Meteorologia e Oceanografia, 2007.

**MIGUENS**, Altineu Pires Miguens. Navegação: A CIÊNCIA E A ARTE. Niterói (RJ), 2000.

**RAGNER**, Claes Lykke. Northern Sea Route Cargo Flows and Infrastructure: Present State and Future Potential. Noruega, 2000.