

O CICLONE MATTHEW E SEUS IMPACTOS NA INDÚSTRIA MARÍTIMA*

RAFAEL CALHEIROS DE SOUZA CABRAL**
Aluno da EFOMM

SUMÁRIO

Introdução
Ciclones tropicais – definição e formação
Sistemas de informação: o auxílio a plataformas e navios
Metodologia e pesquisa
Resultados
Conclusão

INTRODUÇÃO

O Oceano Atlântico Norte é uma via de transporte vital para o comércio marítimo por embarcações de longo curso. Além disso, é internacionalmente conhecido por ser densamente povoado por navios de passageiros. O ciclone tropical Matthew

iniciou sua trajetória próximo às Bahamas, América Central, sendo intensificado quando adentrou o Atlântico Norte.

A partir do seu desenvolvimento, as empresas de navegação foram imediatamente alertadas, graças à tecnologia de previsão do tempo existente, por meio de sistemas de informações e comunicação, acerca da

*Adaptação do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, em 2017, 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: Henrique Vaicberg. Coorientadores: Vinicius Oliveira e Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira.

** Aluno do 3º ano de Náutica da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante (EFOMM).

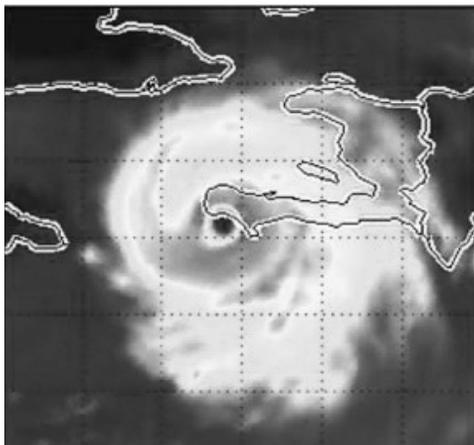


Figura 1 – National Hurricane Tropical Cyclone Report Fonte: NHC/NOAA

possibilidade de formação de um ciclone tropical. Originalmente tropical, o ciclone passou a apresentar características híbridas e posteriormente extratropicais. No presente trabalho, serão evidenciados o impacto causado por ciclones nas operações portuárias e as manobras evasivas a serem realizadas caso um ciclone tropical possua possibilidade de atingir a embarcação.

Para entendimento de todos os dados apresentados no estudo de caso, foi realizada uma explicação detalhada sobre ciclones tropicais, com ênfase em sua formação, sua trajetória e seu ciclo de vida. O intuito do artigo é compreender todos os mecanismos e razões pelos quais o ciclone Matthew se intensificou e se desenvolveu pela costa leste dos Estados Unidos da América (EUA). Além disso, serão explorados os componentes dos sistemas de informação que auxiliam plataformas e embarcações, como, por exemplo, o Inmarsat C, extremamente importante para o funcionamento do sistema GMDSS, que possui a vital função de avisar os navios acerca dos perigos à navegação e fornecer informações concernentes à segurança da navegação. Por fim, serão apresentados o modelo proposto por Hart (2003), composto pelos parâmetros (a)

B e -VTL, (b) -VTL e (c) -VTU, por meio de diagramas de fase cedidos pela Florida State University (FSU), e os impactos causados pelo ciclone tropical Matthew à indústria marítima.

O objetivo geral do presente trabalho é classificar o ciclone tropical Matthew quanto a sua natureza por meio dos parâmetros B, -VTL e -VTU, tendo como foco os impactos à indústria marítima. Como objetivos específicos, pretendemos indicar as características marcantes na formação e trajetória de tal fenômeno meteorológico, mostrar a importância dos sistemas de informação à navegação e explicar como se deve proceder caso a embarcação se encontre no semicírculo perigoso de um ciclone tropical.

CICLONES TROPICAIS – DEFINIÇÃO E FORMAÇÃO

É o termo utilizado para classificar os sistemas de baixa pressão que possuem uma extraordinária interação oceano-atmosfera e circulação ciclônica de vento à superfície com velocidade superior a 64 nós (JARVINEN *et al*, 1984). Formam-se sobre águas quentes e intensificam-se por meio da evaporação gerada pela ação do vento sobre a superfície do mar e a liberação de calor latente, decaindo sobre águas mais frias ou sobre áreas continentais (CHARNEY e ELIASSEN, 1964).

É classificado como um centro de baixa pressão em escala sinótica, de núcleo quente, não associado a sistema frontal, originado sobre águas quentes com convecção profunda bem organizada e circulação de vento à superfície fechada em torno de um centro bem definido. O referido sistema é classificado quanto à intensidade na escala de Saffir Simpson e possui como marcante característica ser barotrópico. Tal variação proporciona uma acentuada atividade con-

ectiva em consequência da presença do ar quente e úmido, extremamente importante para o seu desenvolvimento, visto que obtém sua energia da água quente e do calor latente de condensação (AHRENS, 2000), que converge na superfície e ascende aos altos níveis, gerando condições favoráveis ao desenvolvimento de sistemas verticais.

De acordo com a intensidade do vento,

Categoria	Velocidade do vento sustentada
1	64 a 82 nós
2	83 a 95 nós
3	96 a 113 nós
4	114 a 135 nós
5	acima de 135 nós

Figura 2 – Escala Saffir-Simpson para intensidade de ciclo
Fonte: NHC/NOAA

os ciclones tropicais podem, ainda, ser classificados como:

1) Depressão Tropical – média (intervalo de um minuto) do vento máximo à superfície é igual ou inferior a 62 km/h, 38 mph, 33 nós ou força 6 a 7 na Escala Beaufort;

2) Tempestade Tropical – média (intervalo de um minuto) do vento máximo à superfície na faixa de 63 a 117 km/h, 39 a 73mph, 34 a 63 nós ou força 8 a 11 na Escala Beaufort; e

3) Furacão – média (intervalo de um minuto) do vento máximo à superfície é igual ou superior a 118 km/h, 74 mph, 64 nós ou superior a força 12 na Escala Beaufort.

Para que se dê a ocorrência do referido fenômeno, deve haver condições propícias, como altos valores de temperatura na su-

perfície do mar (TSM), geralmente acima de 27,5°C, o que é frequente no Oceano Atlântico Tropical Norte, levando em consideração a distribuição terra/oceano, ou seja, o princípio da continentalidade (PALMEN, 1948). Por essa razão, é gerada uma grande quantidade de vapor ascendente, adicionando umidade à massa de ar. Logo, ao atingir a condensação, umidade relativa=100%, o sistema libera calor latente devido à grande porção de energia acumulada.

Além de alta TSM, outro ponto notável para a ocorrência de ciclones tropicais é o aprofundamento dos cavados associados às ondas de leste e ausência do cisalhamento do vento provocado pelas ondas de oeste. Outra particularidade que há de ser ressaltada é a importância da Força de Coriolis. Tal força aparente existe devido ao movimento de rotação da Terra, que altera o movimento para a esquerda no Hemisfério

Sul (HS) e para a direita no Hemisfério Norte (HN). Esta força, somada ao intenso gradiente de pressão do sistema, é vital para que o giro ciclônico, no sentido horário no HS e anti-horário no HN, ocorra. É importante ressaltar que esta força diminui à medida que se aproxima do Equador. Por esta razão, não se observa a formação de ciclones tropicais nos primeiros 5° de latitude a partir do Equador (WALKER, 1991).

Além disso, deve-se lembrar de que as frentes frias, ao se deslocarem das regiões baroclínicas, caracterizadas por apresentarem variações de pressão e temperatura de latitudes médias em direção às baixas latitudes, podem criar condições favoráveis para o desenvolvimento de um ciclone tropical, pois levam consigo áreas de convergência em superfície.

Ciclo de vida de um ciclone tropical

Inicialmente, a fim de que seja possível a ocorrência de um ciclone tropical, deve ocorrer a convergência de ventos em baixos níveis, visto que é fator base para que ciclones se formem. O primeiro estágio de seu desenvolvimento é conhecido como gênese, que consiste na transição de uma perturbação em depressão tropical, iniciando a formação de uma circulação ciclônica com escala de algumas centenas de quilômetros. Em seguida, há a intensificação (estágio maduro), em que ocorre uma forte circulação rotacional, com nuvens bem dispostas ao redor do centro de baixa pressão em superfície. Há uma forte ascendência de ar, o que a transforma em uma tempestade tropical e, conseqüentemente, em um ciclone tropical.

Uma vez formado, o ciclone tropical tende a se deslocar para oeste, devido à circulação dos ventos em baixos níveis que geram as ondas de leste (WALKER, 1991), durante uma semana ou mais, e então, em alguns casos, pode se curvar para o pólo, ou seja, deslocando-se para nordeste, contornando o lado oeste dos anticiclones subtropicais.

Porém há de se frisar os casos mais prejudiciais ao ser humano, quando o ciclone se dirige para o continente. Tal fato já ocorreu algumas vezes e é extremamente perigoso, pois causa enormes prejuízos, como a destruição de cidades costeiras, deixando milhares de vítimas. Convém lembrar que países situados na América Central e na costa do Caribe, como, por exemplo, o Haiti, arrasado pelo ciclone tropical Matthew, sofrem demasiadamente com a temporada de ciclones, o mesmo acontecendo na costa leste dos EUA.

Felizmente, como um ciclone tropical é abastecido por vapor d'água quente e úmido, ao seguir para altas latitudes esses sistemas

se enfraquecem, chegando ao estágio de decaimento, em que a circulação do ar se enfraquece em superfície, tornando-se assimétrica em relação ao centro devido a valores baixos de TSM, que não conseguem manter o desenvolvimento ciclônico vertical, assim como ao adentrar em uma região continental. A intensidade, por conseguinte, passa a diminuir de modo gradativo devido à falta de interação oceano-atmosfera e ao característico fluxo de calor latente. Portanto, a baixa pressão é enfraquecida até desaparecer ao se integrar ao sistema de latitude média.

Derrotas seguidas por um ciclone tropical

De modo geral, o ciclone possui uma tendência a sofrer forte influência das ondas de leste, que são distúrbios que se propagam de leste para oeste na região tropical, principalmente no Oceano Atlântico Norte, faixa que é foco deste artigo. Essas ondas são caracterizadas por um cavado de pressão à superfície. A convecção é proporcionada, basicamente, devido à região de divergência do vento a oeste e à região de convergência formada a leste. A força de Coriolis exerce vital influência na derrota seguida por um ciclone tropical (WALLACE e HOBBS, 2006), deslocando-o para a esquerda no Hemisfério Sul e para a direita no Hemisfério Norte.

Possuindo necessariamente uma frente fria associada ao sistema, o ciclone extratropical é caracterizado como baroclínico, ou seja, possui gradientes tanto de temperatura como de pressão. Há de se lembrar também o fato de possuir ventos menos intensos em superfície e, principalmente, a sua fonte primária de energia, que consiste na diferença de temperatura entre as massas de ar, ou seja, a energia obtida quando uma massa de ar frio se aproxima a uma massa de ar quente ou vice-versa.

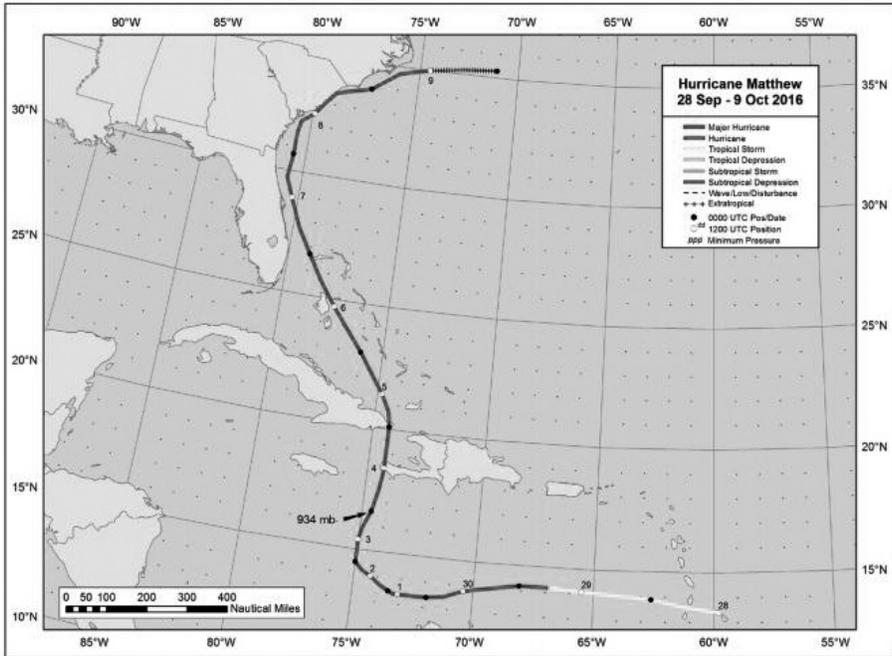


Figura 3 – Matthew's route. Fonte: National Hurricane Tropical Cyclone Report. NHC/NOAA

Diferenças entre o ciclone tropical e o extratropical

Os ciclones tropicais são diferentes dos ciclones de latitudes médias quanto à forma de obtenção da energia que os mantêm. Enquanto os ciclones de latitudes médias retiram sua energia dos gradientes horizontais de temperatura, a fonte de energia dos ciclones tropicais está na evaporação dos oceanos associada à condensação em nuvens convectivas próximas do seu centro (HOLLAND, 1993). Hart e Evans (2001) sugeriram que os ciclones podem ser classificados, de acordo com a sua área de formação, ciclo de vida e energia, em dois tipos básicos: extratropicais e tropicais.

Contudo, com o passar dos anos, descobriu-se que o limite teórico que separa esses fenômenos não existe. Conforme os estudos de Evans e Hart, foi descoberto

que há, na realidade, um espectro contínuo em que o ciclone sofre alterações ao longo do tempo, que irão caracterizá-lo como tropical, extratropical ou híbrido. As peculiaridades dos fenômenos em relação ao confinamento da massa de ar quente são vitais para o entendimento de tal espectro, visto que seria como se possuíssemos em um extremo, um ciclone tropical, com seu núcleo quente em toda a troposfera, enquanto na extremidade oposta desta reta teríamos o ciclone extratropical e, entre eles, o ciclone híbrido.

Fase híbrida

Há de se dar notável importância à fase híbrida, que ocorre quando ciclones tropicais adquirem características extratropicais, como o deslocamento da convecção para a periferia do sistema, gerando uma estrutura

frontal formada a partir do seu deslocamento para altas latitudes (fortes gradientes de temperatura). Ciclones que estão no processo de transição podem ser chamados de ciclones híbridos (PEZZA, 2008).

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: O AUXÍLIO A PLATAFORMAS E NAVIOS

Inmarsat C – Safety Net

Graças à crescente e gradativa evolução tecnológica, tornou-se possível a constante comunicação entre embarcações e estações de terra a fim de propiciar a mobilização de recursos para prestar uma resposta rápida e eficiente a situações de emergência. Além disso, por meio do desenvolvimento dos sistemas de satélites, a previsão meteorológica evoluiu muito rapidamente, de modo que hoje em dia é possível prever a formação de ciclones tropicais com alta probabilidade de acerto e considerável antecedência. Em relação à indústria marítima, esta vital informação proporciona não somente que milhares de embarcações evitem os locais em que esses sistemas possuem a chance de se formar, mas também a evacuação de plataformas de produção e extração de petróleo que têm sua localidade pertencente a possível derrota a ser desenvolvida pelo fenômeno atmosférico.

Criado em 1979, o Inmarsat C – Safety Net é o principal meio pelo qual as vitais informações de previsão do tempo, avisos de mau tempo e outras concernentes à segurança da navegação são transmitidas de estações de terra para navios, de navios para estações de terra e de navios para navios. Esse meio destaca-se por ser componente vital do sistema GMDSS (*Global Maritime Distress Safety System*) e de uso obrigatório para os navios que cumprem a Convenção Solas (*Safety of Life at Sea*).



Figura 4 – Fonte: <http://www.psicompany.com/furuno-felcom15-satc/>

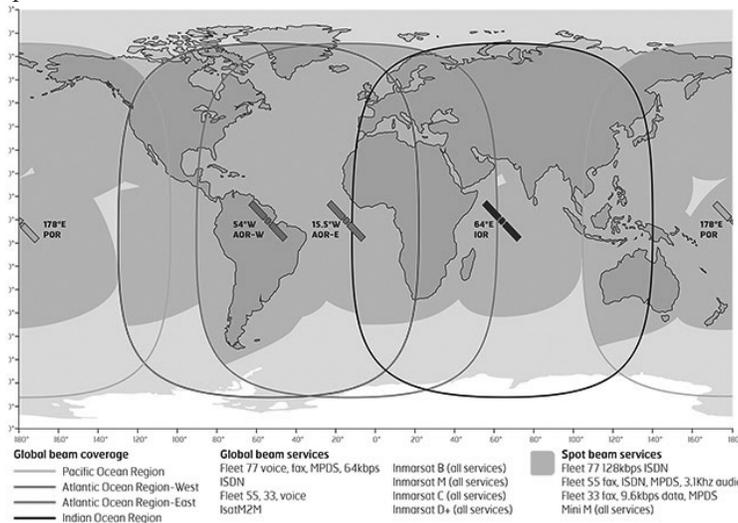


Figura 5 – Inmarsat coverage map

Fonte: <http://www.inmarsat.com/services/safety/inmarsat-c/>

O equipamento é composto, basicamente, de uma antena omnidirecional, um transceptor e do Dedicated Distress Button (DDB), responsável por emitir o alerta de emergência. Todos os modernos terminais Inmarsat C são integrados ao Global Navigational Satellite Services (GNSS), o que proporciona atualização e acompanhamento automático da posição no terminal, sendo utilizado para adquirir vitais informações do navio, como posição, rumo e velocidade.

Operações Search and Rescue

O envio de um alerta de emergência desempenha papel crucial para o sucesso do sistema. Infelizmente, há casos em que embarcações não conseguem evitar áreas em que pode haver mar grosso ou uma tempestade tropical e podem vir a enfrentar uma situação que coloque em risco a sua segurança. Nesse caso, deve ser pressionado o DDB por cinco segundos; então, automaticamente, o alerta de emergência contendo informações capitais do navio, como sua identificação, posição e rumo e a hora da emissão do alarme, será transmitido por meio do sistema Inmarsat C até a LES (*Land Earth Station*), onde é recebido e retransmitido para um MRCC (*Maritime Rescue Co-ordination Centre*), que inicia a comunicação com o navio a fim de organizar operações SAR (*Search and Rescue*).

A fim de prevenir que embarcações enfrentem situações de demasiado perigo em que necessitem de operações SAR, é feita diariamente, segundo o National Oceanic Atmospheric and Administration (NOAA), ampla divulgação de informações relevantes referentes à formação de ciclones tropicais, com destaque para o National Weather Service (NWS), responsável por divulgar avisos à navegação e de mau tempo por

meio do Safety Net, em conjunto com o Ocean Prediction Center (OCP), o National Hurricane Center (NHC) e o Honolulu Forecast Office (HFO).

Enhanced Group Call: Safety Net e Fleet Net

O Enhanced Group Call (EGC) é um sistema de transmissão de Maritime Safety Information (MSI) e informações relativas a operações SAR para terminais Inmarsat C que suportam dois serviços extremamente importantes para a comunicação marítima: Safety Net e Fleet Net. De acordo com a Convenção Solas (1974), o Safety Net, que é um serviço utilizado para recepção de MSI e informações SAR, é equipamento obrigatório dos navios. As mensagens provenientes de tal serviço podem ser direcionadas a todos os navios presentes em determinada faixa do oceano, em uma específica Navarea/Metarea ou em uma área costeira.

A recepção de mensagens em casos de urgência e emergência irá disparar alarmes visuais e auditivos nos terminais, e tais mensagens irão automaticamente aparecer nos terminais que cumprem a Solas. A fim de receber avisos referentes à costa, os terminais devem ser configurados para tal prática. No entanto, todos os navios no interior das áreas a que forem enviadas as MSI irão recebê-las automaticamente.

Outro importante serviço comercial largamente utilizado pelas companhias de navegação é o Fleet Net, que funciona de maneira parecida com o Safety Net, permitindo o envio de informações para terminais móveis pré-designados. Todavia, para receber mensagens EGC Fleet Net o navio deve possuir um Enhanced Data ID (ENID), que deve ser baixado para o terminal por meio de um comando de pesquisa.

Manobras evasivas de furacões

Apesar do notório desenvolvimento tecnológico em relação à previsão de fenômenos meteorológicos, como ciclones tropicais, extratropicais, tempestades tropicais e ciclones híbridos, há alguns casos em que o sistema se origina de maneira tão rápida que a embarcação não recebe o aviso a tempo, ou seja, se vê obrigada a manobrar a fim de evitar que seja atingida por um fenômeno capaz de destruí-la completamente.

Em um furacão, sua circulação ciclônica influencia em uma área circular que pode ser subdividida em semicírculo perigoso e semicírculo navegável. A primeira preocupação do navegante é determinar em qual semicírculo o navio se encontra, a fim de tomar as devidas providências.

No semicírculo perigoso, o vento presente na área é a adição do vento ciclônico com o fluxo do vento planetário paralelo à trajetória, ou seja, o somatório de duas componentes para a mesma direção (LOBO, 2015). Já no semicírculo navegável sempre há uma componente oposta à corrente de vento principal, o que resulta em um vento resultante inferior.

No Hemisfério Norte, a circulação em torno do centro é no sentido anti-horário e o sistema se desloca na direção oeste; o semicírculo perigoso é o semicírculo da direita, enquanto

o semicírculo esquerdo é o semicírculo navegável (Figura 6). No Hemisfério Sul, onde a circulação ciclônica se dá no sentido horário e o sistema se desloca na direção oeste, o semicírculo perigoso é o da esquerda e o semicírculo navegável é o da direita (Figura 7).

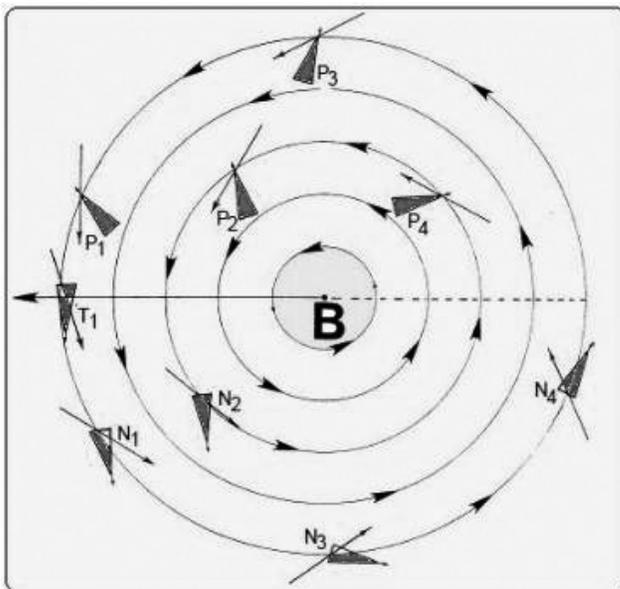


Figura 6 – Manobras Evasivas na Área da Tormenta no Hemisfério Norte
Fonte: <https://sites.google.com/site/catalaocml/home/manobrar-mau-tempo>

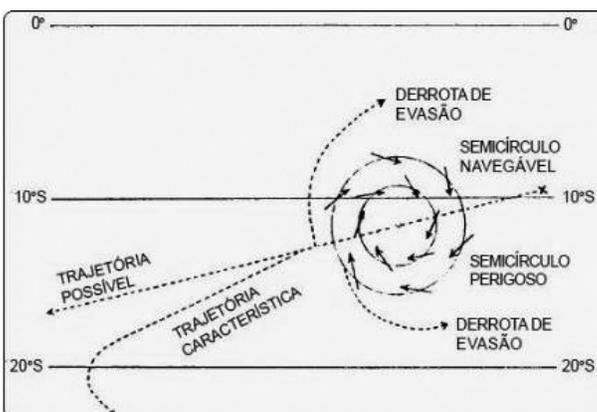


Figura 7 – Manobras Evasivas na Área da Tormenta no Hemisfério Sul
Fonte: <https://sites.google.com/site/catalaocml/home/manobrar-mau-tempo>

O navegante deve evitar, sempre que possível, navegar no semicírculo perigoso, uma vez que este apresenta maior risco de sofrer influências do ciclone, como, por exemplo, marulhos, ventos intensos e mares tempestuosos. Para indicar o semicírculo em que o navio se encontra, observou-se que o vento é o meio que oferece o maior grau de precisão.

No Hemisfério Norte, ao se identificar que o vento está rondando para a direita (sentido horário), o navegante estará no semicírculo perigoso, assim como, se o vento ronda para a esquerda (sentido anti-horário), o navio estará no semicírculo navegável.

No Hemisfério Sul, verifica-se o oposto: se é notado que o vento ronda para a esquerda (sentido anti-horário), o navio estará no semicírculo perigoso, porém, se o vento ronda para a direita (no sentido horário), o navio estará no semicírculo navegável.

As manobras evasivas são, pois, meios utilizados para que o navegante consiga afastar-se da trajetória de um ciclone ou sair do interior do semicírculo perigoso do mesmo (Figura 8). Caso a embarcação seja alcançada por uma tormenta, o oficial de serviço deverá manter a calma e executar algumas manobras para que consiga sair da área de risco sem sofrer avarias materiais ou de pessoal. São listadas abaixo algumas das principais manobras evasivas, a fim de exemplificar os procedimentos que acontecem na prática de se evitar uma área que ofereça riscos à embarcação.

1) semicírculo perigoso – direita (HN): tomar o vento pela bochecha de boreste, navegando com velocidade máxima.

2) semicírculo perigoso – esquerda (HS): tomar o vento pela bochecha de bombordo, navegando com velocidade máxima.

3) semicírculo navegável – esquerda (HN): tomar o vento pela alheta de boreste e navegar a maior distância possível.

4) semicírculo navegável – direita (HS): tomar o vento pela alheta de bombordo e navegar a maior distância possível.

METODOLOGIA E PESQUISA

No presente trabalho foram utilizados parâmetros a) B e -VTL e b) -VTL e -VTU (HART, 2003), gerados a partir da base de dados ECMWF ERA-Interim Reanalysis das 12 horas do dia 28 de setembro a zero hora de 9 de outubro, provenientes da Universidade da Flórida (FSU), que foram primordiais para a análise do Ciclone Tropical Matthew quanto à sua classificação. A fim de avaliar seus impactos na indústria marítima, foi realizada uma pesquisa acerca dos prejuízos causados por fechamento de portos, mudança de portos de destino dos navios e interrupção de operações de carga e descarga.

Parâmetros

Parâmetro B – Simetria Métrica do Ciclone

O parâmetro B mede o cisalhamento do vento em diferentes níveis. Por meio da determinação de seu valor conseguimos identificar quão inclinado está um ciclone, ou seja, se mantém a sua estrutura primordialmente vertical ou não.

É importante perceber as diferenças quanto aos valores de tais parâmetros no que concerne aos ciclones tropicais, extratropicais e híbridos. Um ciclone tropical possui um pequeno valor de B, que pode ser bem próximo de zero, enquanto um ciclone extratropical em desenvolvimento tem um grande valor positivo de B. Os últimos estágios de um ciclone extratropical também apresentam pequenos valores de B, uma vez que, ocorrida a oclusão do sistema, há a elevação de ar quente e mistura, gerando um centro com menor temperatura e mais homogêneo.

TABELA RESUMO DAS SITUAÇÕES E MANOBRAS			
HEMISFÉRIO	LOCALIZAÇÃO	SITUAÇÃO	MANOBRAS
HEMISFÉRIO NORTE	<i>Semicírculo Perigoso</i> ou da <i>direita</i>	O vento ronda para a <i>direita</i> (N-NE-E-SE-S-SW-W-NW).	Governar em rumo que permita receber o vento na bochecha de BE (45° relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário, capear.
	<i>Semicírculo de Manobra</i> ou da <i>esquerda</i>	O vento ronda para a <i>esquerda</i> (N-NW-W-SW-S-SE-E-NE).	Governar em rumo que permita receber o vento na alheta de BE (135° relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário correr com o tempo.
	Na rota da tormenta <i>avante do centro</i>	O vento permanece constante com o navio parado e aumenta de velocidade; o barômetro desce.	Governar em rumo que permita receber o vento duas quartas para a direita da alheta de BE (160° relativos) e navegar na maior velocidade possível. Quando estiver razoavelmente dentro do <i>Semicírculo de Manobra</i> , usar a regra desse semicírculo.
	Na rota da tormenta na <i>retaguarda do centro</i>	O vento permanece constante com o navio parado e diminui de velocidade; o barômetro sobe.	Evitar o <i>centro</i> , governando no melhor rumo possível. Não se esquecer da tendência da tormenta encurvar-se para a direita, para o N e para E.
HEMISFÉRIO SUL	<i>Semicírculo Perigoso</i> ou da <i>esquerda</i>	O vento ronda para a <i>esquerda</i> (N-NW-W-SW-S-SE-E-NE).	Governar em rumo que permita receber o vento na bochecha de BB (315° relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário, capear.
	<i>Semicírculo de Manobra</i> ou da <i>direita</i>	O vento ronda para a <i>direita</i> (N-NE-E-SE-S-SW-W-NW).	Governar em rumo que permita receber o vento na alheta de BB (225° relativos) e navegar na maior velocidade possível. Se necessário correr com o tempo.
	Na rota da tormenta <i>avante do centro</i>	O vento permanece constante com o navio parado e aumenta de velocidade; o barômetro desce.	Governar em rumo que permita receber o vento duas quartas para a esquerda da alheta de BB (200° relativos) e navegar na maior velocidade possível. Quando estiver razoavelmente dentro do <i>Semicírculo de Manobra</i> , usar a regra desse semicírculo.
	Na rota da tormenta na <i>retaguarda do centro</i>	O vento permanece constante com o navio parado e diminui de velocidade; o barômetro sobe.	Evitar o <i>centro</i> , governando no melhor rumo possível. Não se esquecer da tendência da tormenta encurvar-se para a esquerda, para o S e para E.

Figura 8 – Manobras Evasivas no Hemisfério Norte e Hemisfério Sul
 Fonte: <https://sites.google.com/site/catalaocml/home/manobrar-mau-tempo>

VTL e -VTU – Ventos térmicos

O vento térmico é a diferença entre o vento geostrófico entre dois níveis atmosféricos. Estes parâmetros são essenciais para uma análise precisa da natureza térmica do

ciclone nos arredores de sua região principal através de seu desenvolvimento vertical. De acordo com Hirschberg e Fritsch (1993), todos os ciclones podem apresentar núcleos quente e frio ao mesmo tempo, dependendo da camada atmosférica examinada. VTL consiste no vento térmico a baixos níveis, entre

900 e 600 hPa, enquanto VTU consiste no vento térmico de altos níveis, que possui sua pressão variando entre 600 hPa e 300 hPa.

Quando os valores de -VTL são positivos, significa que há uma camada de núcleo quente; por outro lado, os valores negativos indicam uma camada de núcleo frio. Num ciclone tropical de núcleo quente, por exemplo o ciclone tropical Matthew em sua origem, os parâmetros -VTL e -VTU são obrigatoriamente positivos e -VTL possui um maior valor. Contrariamente, para um ciclone extratropical de núcleo frio, Matthew em sua fase final, -VTL e -VTU são necessariamente negativos e -VTU tem maior valor. Em ciclones híbridos, ou ciclones em zona de transição, -VTL e -VTU podem ter sinais de mesmo valor ou opostos.

Diagramas de Fase do Ciclone

Serão apresentados dois tipos diferentes de diagramas de fase, a fim de classificar o ciclone tropical Matthew como tropical, extratropical ou híbrido. Em diagrama de fase, Hart (2003), ao realizar a análise de mais de 17 mil ciclones entre 1980 e 1999, por meio dos dados de reanálise do NCEP/NCAR com $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ de resolução espacial, definiu e sumarizou as principais categorias de ciclones ocorridos.

O diagrama é a análise dos parâmetros B e -VTL (Figura 9) ou seja, a avaliação da natureza frontal e da estrutura térmica do núcleo em baixos níveis (900 hPa a 600 hPa).

A Figura 10 consiste na análise dos parâmetros -VTL e -VTU, em que é abordada a avaliação da estrutura térmica do ciclone

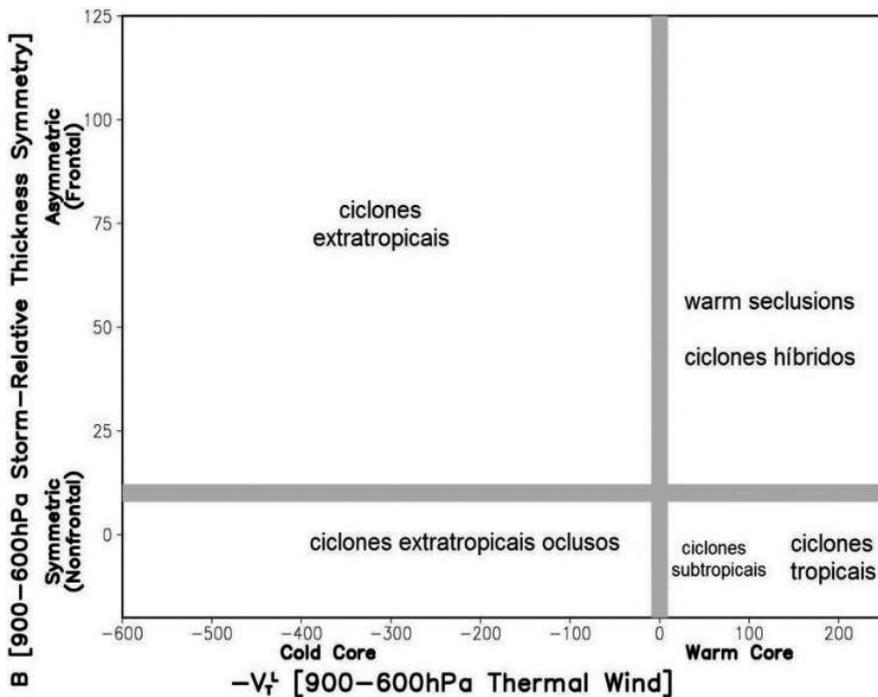


Figura 9 – Diagramas de fase com os parâmetros (a) B e -VTL (b) -VTL e -VTU sumarizando as principais categorias de ciclones. Fonte: Hart (2003)

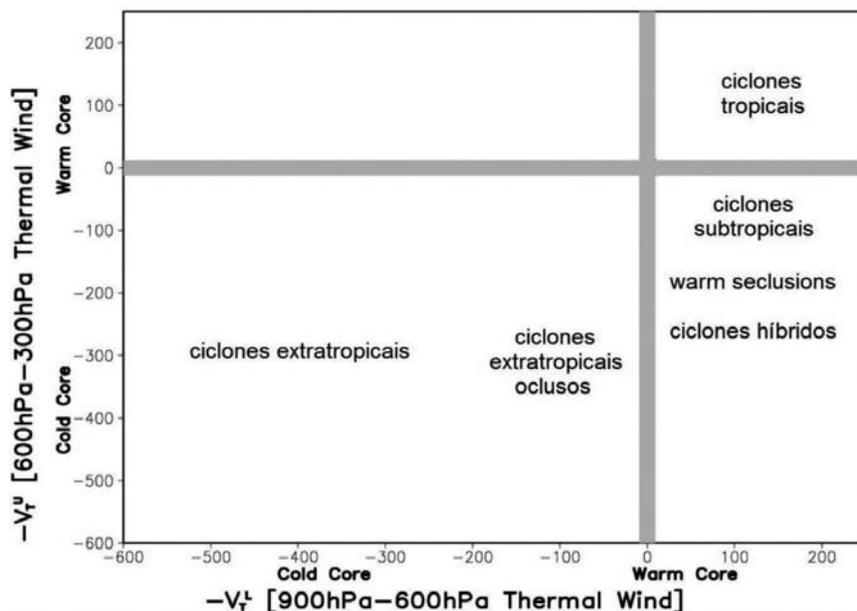


Figura 10 – Diagramas de fase com os parâmetros (a) B e -VTL (b) -VTL e -VTU resumando as principais categorias de ciclones. Fonte: Hart (2003)

ao longo de toda a troposfera (900 hPa a 300 hPa). Cada ponto presente no estudo de caso do ciclone tropical Matthew corresponde a diferentes dias.

RESULTADOS

Análises quanto à classificação

A fim de corroborar os dados supracitados acerca do ciclone tropical Matthew, foi realizado um estudo de caso com o propósito de observar as suas características quanto a sua formação e seus impactos na indústria marítima mundial. Depois do ciclone tropical Sandy, que ocorreu em 2012, o ciclone tropical Matthew foi o primeiro ciclone a atingir a categoria 5 na escala de Saffir-Simpson e também a ocorrer mais próximo da costa americana, sendo o responsável por prejuízos econômicos de ordem de US\$ 15 bilhões (*New York Times*, 2016).

A análise dos diagramas de fase propostos por Hart (2003) a partir dos indicadores objetivos, definidos na Metodologia e Pesquisa, possibilita interpretar as características do ciclone tropical e classificá-lo quanto a sua natureza. Os diagramas de fase do ciclone Matthew, desde sua origem até sua dissipação, estão contidos nas Figuras 11 e 12. O primeiro relaciona a simetria térmica (B) e o vento térmico (-VTL) entre 900 e 600 hPa. O segundo relaciona o vento térmico em toda a extensão vertical avaliada, definindo o vento térmico entre 900 e 600 hPa e entre 600 e 300 hPa (-VTL e -VTU).

Nas Figuras 11 e 12 é possível inferir que inicialmente, no dia 28 de setembro, o ciclone apresenta núcleo quente entre 900 hPa e 600 hPa, o que o caracteriza como ciclone tropical. Apresenta uma forma bastante simétrica, com um valor de B entre 10 e 20 metros, com uma leve característica frontal (valores positivos de -VTL).

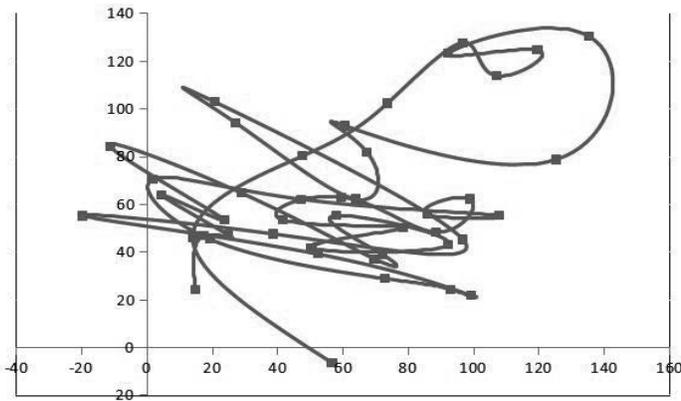


Figura 11 – (a) Diagrama de Fase relacionando os parâmetros -VTL e -VTU obtidos através de análise do GFS (1,0°) e (b) “Zoom” no diagrama de fase (a) para melhor entendimento da evolução do ciclone. Fonte: FSU

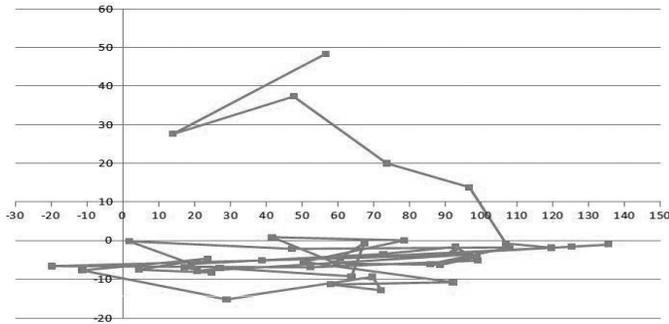


Figura 12 – (a) Diagrama de Fase relacionando os parâmetros -VTL e -VTU obtidos através de análise do GFS (1,0°) e (b) “Zoom” no diagrama de fase (a) para melhor entendimento da evolução do ciclone. Fonte: FSU

No dia 29 de setembro, enquanto passava próximo a Barbados, foi observado que o ciclone apresentou um núcleo ligeiramente frio, com o índice B negativo, evidenciando uma forma ligeiramente assimétrica. Contudo, a partir da entrada no mar do Caribe, onde o ciclone foi abastecido com bastante vapor úmido, passando a ter núcleo quente durante praticamente todo o seu desenvolvimento, enquadrando-se no espaço característico dos ciclones tropicais. Ao continuar pelas quentes águas do Caribe, o ciclone tropical Matthew começa a se intensificar, apresentando grandes valores de ventos tér-

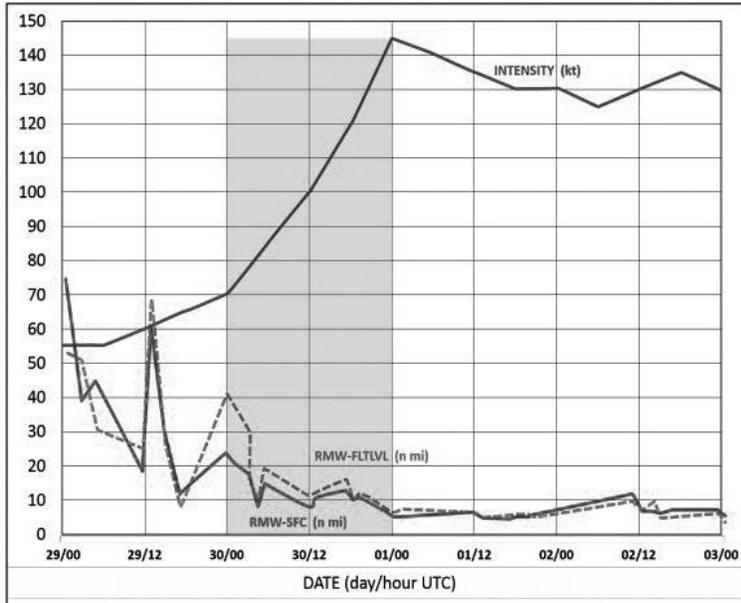
micos, tanto em altos níveis, entre 600hPa e 300hPa, quanto em baixos níveis, entre 900 hPa e 600hPa.

O ciclone passa a se intensificar de maneira gradual e atinge o seu pico de intensidade de 145 nós a zero hora UTC do dia 1º de outubro, localizado aproximadamente ao norte de Punta Gallinas, Colômbia. Tal magnitude do ciclone Matthew fez com que este superasse o ciclone Ivan, tornando-se o ciclone de categoria 5 mais intenso da bacia atlântica.

Após o ciclone atingir seu pico, como ilustrado na Figura 13, permaneceu entre os dias 1º e 2 com características parecidas, se enfraqueceu, mas seguiu constante. A partir do final do dia 2, recomeçou um processo de intensifi-

cação, apresentando um elevado valor de seus ventos térmicos, VTU e -VTL. O dia 4, apesar de não apresentar grandes variações quanto à estrutura ou intensidade do furacão, foi o dia mais mortal deste, que deixou mais de 500 mortos ao fazer *landfall* no Haiti.

O ciclone seguiu sua derrota rumo ao norte da costa oeste do Haiti e, devido a uma cadeia de montanhas existentes na região, o ciclone se enfraquece, atingindo a categoria 3. Pode-se observar na Figura 13 que, devido às montanhas, a circulação



Plot of Hurricane Matthew's intensity versus SFMR-based surface (RMW-SFC) and 700-mb flight-level (RMW-FLTLVL) radius of maximum winds (RMW). Time period covered is from 0000 UTC 29 September to 0000 UTC 3 October 2016, which includes Matthew's rapid intensification period (red shading).

Figura 13 – Gráfico Ciclone Matthew Intensidade (nós) x Dias (hora UTC). Fonte: NHC/NOAA

em baixos níveis diminui, por isso apresenta valor de $-VTL$ negativos. Ainda sim, o ciclone é extremamente destrutivo ao atingir Cuba a zero hora UTC de 5 de outubro.

Após Cuba, o ciclone mantém valores constantes tanto de B como VTU e $-VTL$ durante o dia 6. Porém, a partir das 18 horas UTC, passa por um novo período de intensificação com desenvolvimento vertical constante, corroborado por valores de B entre 0 e -10 . Em 7 de outubro, assumiu a categoria 3 de acordo com a escala Saffir-Simpson e atingiu a Ilha de Bahamas com elevados valores de ventos térmicos. Posteriormente, seguiu rumo à costa leste dos Estados Unidos.

O ciclone desenvolveu sua trajetória pela Estado da Flórida e, a partir do dia 7, passou a apresentar características de um ciclone extratropical, à medida que se dirigia para as latitudes médias, uma vez que foram

afetados valores negativos de B . Em 8 de outubro, o ciclone realizou *landfall* na Carolina do Sul, apresentando, segundo os gráficos propostos por Hart (2003), características de um ciclone híbrido. No dia seguinte o ciclone sofreu uma transição extratropical, representada no gráfico como um valor negativo de $-VTU$ e valor altamente positivo do índice B , ratificando sua classificação como ciclone híbrido. Após 9 de outubro o ciclone se enfraquece, até desaparecer completamente no dia 10, na bacia do Atlântico Norte.

Impactos na indústria marítima

O ciclone tropical Matthew acarretou, indubitavelmente, severos impactos aos países por onde passou. Segundo a Impact Forecasting, o prejuízo causado pela tormenta foi de US\$ 2.6 bilhões a

Cuba, US\$ 1.9 bilhões ao Haiti e US\$10 bilhões aos Estados Unidos. Em relação à indústria marítima, os prejuízos não ocorreram por causa dos naufrágios de embarcações ou plataformas, mas sim devido à não-execução de operações de carga e descarga, mudança de rotas de navios, atrasos e cancelamentos de viagens visando a segurança da navegação e a salvaguarda da vida humana no mar.

Por determinação da Guarda Costeira dos EUA (USCG – United States Coast Guard), os portos de Porto Canaveral, Miami, Miami River, Everglades e Palm Beach foram completamente fechados, assim como terminais de contêineres no Estado da Flórida, a fim de prevenir que embarcações sofressem fortes rajadas de vento provenientes da aproximação do ciclone Matthew. O fechamento dos portos e terminais obrigou armadores e transportadores a alterar o porto de destino, o que, por sua vez, modificou completamente a logística de entrega da carga e, conseqüentemente, acarretou prejuízos financeiros.

No caso dos portos americanos cujas operações tiveram de ser interrompidas, os prejuízos derivados de danos a cargas que ficaram expostas a rajadas de ventos intensas, o atraso de sua entrega e qualquer outra despesa extraordinária relacionada à ocorrência do ciclone não foram repassados ao transportador, já que os EUA possuem o Estatuto Cogsa (Carriage of Goods by Sea Act).

O referido estatuto determina que tais fenômenos se enquadram na categoria de

Acts of God (Atos de Deus), relacionada a danos originados direta e exclusivamente por causas naturais, sem a intervenção humana e que não pudessem ser evitados ou solucionados de modo seguro por qualquer providência tomada. O acidente ou dano deve, obrigatoriamente, ser causado pela violência da natureza. Por isso, os prejuízos sofridos foram pagos pelos embarcadores.

Quanto às empresas de navios de passageiros, as chamadas *cruisers lines*, também sofreram um grande impacto nas suas operações devido ao Matthew. Companhias de navegação renomadas, como Royal Caribbean, Princess Cruises, Disney Cruise e Carnival Cruises, tiveram de alterar suas derrotas e a duração de suas viagens. Alguns clientes que já haviam comprado passagens optaram por não viajar, gerando prejuízo para as em-

presas, e pediram o dinheiro de volta a fim de evitarem se expor ao risco de enfrentar um ciclone tropical.

O caso do navio *Carnival Elation* (Figura 14), por exemplo, foi extremamente crítico, uma vez que já se encontrava navegando em mar aberto, no meio de sua viagem de cinco dias pelo Oceano Atlântico Norte, quando o ciclone tropical intensificou-se e se dirigiu para seus portos de destino. A empresa optou, então, por não atracar em Half Moon Cay e Nassau, nas Bahamas, locais que eram prováveis na derrota, navegar um dia a mais e atracar em Key West, na Flórida, onde ficou por mais um dia.



Figura 14 – Carnival Elation Cruise. Fonte: <http://www.cruisetimetables.com/pictures/carnival-elation-cruise-ship.jpg>

CONCLUSÃO

Portanto, a partir dos dados expostos durante o artigo científico, pode-se compreender a magnitude do ciclone tropical Matthew e seus impactos na indústria marítima. Foi um caso de ciclogênese predominantemente tropical que apresentou características híbridas durante determinados dias, corroboradas pelo estudo de caso. A faixa de latitudes ultrapassou os 30° N e levou à conclusão de que não se pode enquadrar um ciclone em uma categoria de exclusivamente tropical ou extratropical, já que, frequentemente, são poucos os ciclones que se mantêm da mesma forma durante todo o seu ciclo de vida.

O método utilizado para classificar e avaliar o ciclone tropical Matthew segundo os parâmetros V, -VTU e -VTL nos diagramas de fase desempenhou um papel vital para a compreensão desse fenômeno. O uso dessa ferramenta proporcionou a previsão da trajetória e intensidade dos ciclones. Ao agrupar um conjunto de informações, os diagramas de fase tornam mais simples a interpretação, que seria muito mais complexa caso os dados tivessem de ser compreendidos separadamente.

Em relação a manobras evasivas, não foi encontrado nenhum relato de embarcação que tenha realizado manobras dispostas no presente trabalho.

No que concerne ao prejuízo material causado pelo ciclone, observou-se que, apesar do grande desenvolvimento da frota da Marinha Mercante mundial, as embarcações continuam sujeitas à interrupção de suas operações devido a fenômenos de magnitude e poder de destruição como os do ciclone Matthew. Atestou-se também a importância do uso dos sistemas de informação, com ênfase no Safety Net, na comunicação *ship to ship* e *ship to shore* de avisos de mau tempo e segurança à navegação, cruciais para que as embarcações que já se encontravam no mar durante o desenvolvimento do ciclone, como, por exemplo, o navio *Carnival Elation*, pudessem traçar uma nova derrota evitando cruzar o semicírculo perigoso do ciclone Matthew, o que colocaria em risco a embarcação.

Dessa forma, chegou-se à conclusão de que os objetivos gerais e específicos do presente artigo científico foram atingidos. A partir do diagrama de fase, o ciclone tropical Matthew foi devidamente classificado quanto a sua natureza, e seus impactos na indústria marítima foram devidamente examinados. Os procedimentos de manobra, caso a embarcação se encontre no semicírculo perigoso de um ciclone tropical, foram explicados, e foi exposto o funcionamento e a importância dos sistemas de informação à navegação.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<MEIO AMBIENTE>; Ciclone; Furacão;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, C. D.: *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*. 6th edition, 528 p., 2000.
- BJERKNES, J. *On the Structure of Moving Cyclones*. Mon. Wea. Rev., 47, 95-99, 1919.
- CHARNEY, J. G. *The Dynamics of Long Waves in a Baroclinic Westerly Current*. J. Meteor., 4, 135-162, 1947.
- EVANS, J. L.; HART, R., E. *Objective Indicators of the Life Cycle Evolution of Extratropical Transition for Atlantic Tropical Cyclones*. Mon. Wea. Rev., 131, 909-925, 2003.

- HART, R. E.; EVANS, J., L.A. *Climatology of the Extratropical Transition of Atlantic Tropical Cyclones*. J. Climate, 14, 546-564, 2001.
- HART, R. E. *A Cyclone Phase Space Derived from Thermal Wind and Thermal Asymmetry*. Mon. Wea. Rev., 131, 585-616, 2003.
- HART, R. E. *Hurricanes: A Primer on Formation, Structure, Intensity Change and Frequency*. Ed: Jeff Kueter. Marshall Institute. 20 p., 2006.
- JARVINEN, B. R.; C. J. NEUMANN e M. A. S. DAVIS. *A Tropical Cyclone Data Type for the North Atlantic Basin, 1886-1983: Contents, Limitations, and Users*. NOAA Tech. Memo. NWS NHC 22, 21 p., 1984.
- LOBO, Paulo Roberto Valgas. *Meteorologia e Oceanografia – Usuário Navegante*. Rio de Janeiro: DHN, 2015.
- PEZZA A. B.; SIMMONDS I. “Large-scale Factors in Tropical and Extratropical Cyclone Transition and Extreme Weather Events”. In: *Trends and directions in climate research*. New York Academy of Sciences, New York. pp. 189-211, 2008.
- WALKER, J. M. *Compendium of Lecture Notes in Marine Meteorology for Class III and Class IV Personnel*. World Meteorological Organization, 320 p., 1991.
- <http://www.nws.noaa.gov/om/marine/inmarsat.htm>
- http://www.inmarsat.com/wp-content/uploads/2013/10/Inmarsat_SafetyNet_Users_Handbook.pdf
- <http://www.inmarsat.com/services/safety/inmarsat-c/>
- <http://www.psicompany.com/furuno-felcom15-satc/>
- <http://www.insurancejournal.com/news/international/2016/11/10/432019.htm>
- <http://www.nhc.noaa.gov>
- <http://www.firstcoastnews.com/news/tote-ships-to-sail-during-hurricane-matthew/328767155>
- <http://www.news4jax.com/weather/hurricane/carnival-cruises-make-changes-to-ships-due-to-hurricane-matthew>
- <http://worldmaritimenews.com/archives/203442/update-florida-ports-closed-due-to-hurricane-matthew/>