

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA

MARCELO BATISTA DO CARMO

**SISTEMAS DE PROPULSÃO E MÉTODOS DE USO
EFICIENTES DOS REBOCADORES PORTUÁRIOS**

RIO DE JANEIRO

2020/1

MARCELO BATISTA DO CARMO

**SISTEMAS DE PROPULSÃO E MÉTODOS DE USO
EFICIENTES DOS REBOCADORES PORTUÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Orientador: **Elizabeth Fátima Lourenço
Borges**

**RIO DE JANEIRO
2020**

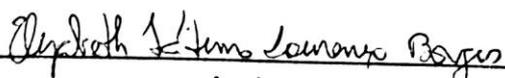
MARCELO BATISTA DO CARMO

**SISTEMAS DE PROPULSÃO E MÉTODOS DE USO
EFICIENTES DOS REBOCADORES PORTUÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Data da Aprovação: 08 / 12 / 2020

Orientador:



Assinatura do Orientador

Nota final : 9,5



Assinatura do Aluno

À Deus, minha esposa, filhos, familiares, mestres e amigos que tornaram possível a concretização de mais esta etapa neste longo curso de quase 30 anos de desafios e aprendizados na marinha mercante.

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus por me conceder saúde e muita disposição para mais esta jornada. Aos mestres que me concederam seus conhecimentos, em especial a professora, **Elizabeth Fátima Lourenço Borges** que me conduziu neste trabalho, disponibilizando seu tempo para me orientar, o meu muito obrigado.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é descrever os principais tipos de rebocadores portuários, seus métodos de uso e principais sistemas de propulsão e governo. Mostrando suas diferenças, vantagens e desvantagens nas manobras do navio, enfatizando a relevância de determinados tipos de propulsão e lemes para determinadas manobras.

Ressalta ainda o crescimento real e progressivo das operações portuárias devido ao aumento do uso do transporte aquaviário tornando os rebocadores portuários fator essencial para a segurança, proficiência e redução dos custos operacionais em águas restritas.

Palavras-chave: Rebocadores Portuários. Propulsão. Leme. Manobrabilidade.

ABSTRACT

The objective of the work is to define the main types of port tugs, their methods of use and the main propulsion and government systems. Showing their differences, advantages and disadvantages in the maneuvers of the ship, emphasizing the identification of types of propulsion and lists for certain maneuvers.

It also highlights the real and progressive growth of port operations due to the increased use of waterway transport making port tugs an essential factor for safety, proficiency and reduction of operating costs in restricted waters.

Keywords: Harbour Tugs. Propulsion. Rudder. Maneuverability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES/FIGURAS

- Figura 1:** Navio Porta Containeiro atracado.
- Figura 2:** Foto tirada por astronauta da Nasa mostra litoral paulista visto do espaço.
- Figura 3:** Tabela esquemática criada por Marcelo Batista do Carmo.
- Figura 4:** Conjunto de lâminas verticais móveis fixadas em discos paralelos no fundo do rebocador com giro cicloidal .
- Figura 5:** Giro em torno do seu eixo imaginário.
- Figura 6:** Grande “skeg” .
- Figura 7:** Rebocadores convencionais de popa (*Aft Tugs in line*).
- Figura 8:** *Comb Tug Sarah C - Capacity: (1) 200kw 120v/208v.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CIAGA	Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.
IMO	<i>International Maritime Organization.</i>
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
VS	<i>Voith Shineider.</i>
ASD	<i>Azimuth Stern Drive.</i>
CPP	<i>Controllable Pitch Propeller.</i>
TUP	Terminais de uso privativo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.	09
1.1. Objetivo Geral.	12
1.2. Objetivo Específico.	12
1.3. Justificativa.	13
1.4. Metodologia Do Trabalho.	13
CAPÍTULO1 – Rebocadores Portuários.	14
CAPÍTULO 2 – Uso dos Rebocadores Portuários	21
CAPÍTULO 3 – Principais Tipos de Propulsão e Leme	23
CONCLUSÃO.	25

INTRODUÇÃO

A maior parte das transações comerciais brasileiras com o mercado externo e o transporte de mercadorias entre os diversos estados e regiões do Brasil é realizado pelo transporte marítimo. Este

volume de cargas transportadas, em especial pela cabotagem cresceu 10,54% nos dois primeiros meses de 2020 em comparação com os meses de janeiro e fevereiro de 2019, totalizando 29 milhões de toneladas contra 26,2 milhões de toneladas transportadas do ano anterior. A movimentação na cabotagem também apresentou crescimento, atingindo +8,9% em relação a igual período de 2019, totalizando 39,8 milhões de toneladas. O volume transportado nesse tipo de navegação no período é o maior registrado para os meses de janeiro e fevereiro desde 2010. Tais números são do Estatístico Aquaviário, produzido pela Gerência de Estatística e Avaliação de Desempenho da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ e mostram o comportamento da movimentação de cargas na navegação de cabotagem nos meses de janeiro e fevereiro deste ano (2020), quando a pandemia da Covid-19 já assolava a Província de Yuhan, na China, além de outros países asiáticos e parte da Europa.

Figura 1: Navio Porta Contêiner atracado.

1,4 milhão de toneladas transportadas pela cabotagem tiveram como origem o Porto de Vitória.



Fonte: Página da internet.¹

¹ Disponível em: <<https://www.datamarnews>>, Acesso em 15/10/2020

“O constante crescimento do transporte de cabotagem no país, que mesmo com a pandemia da Covid-19 já afetando o mercado asiático e que poderia trazer à época uma certa apreensão, apresentou resultado recorde no período de janeiro e fevereiro último, registrando o maior volume transportado nesse tipo de navegação desde 2010, quer pelos portos públicos quer pelos portos privados”, observou o gerente substituto de Estatística e Avaliação de Desempenho da ANTAQ, Leopoldo Kirchner.

Para a efetivação deste volume comercial por meio marítimo de forma segura e eficaz, torna-se essencial a navegação de apoio portuário, que entra em cena nos momentos de chegada e de saída de navios e outras embarcações nos portos, promovendo a segurança das manobras, a salvaguarda da vida humana, do meio ambiente e patrimonial.

A principal atividade de apoio portuário é realizada por meio de rebocadores (harbour tugs). Os rebocadores portuários auxiliam nas manobras de navios e outras embarcações em águas restritas de forma segura, auxiliando a tripulação e o práctico, especialmente nas manobras de atracação, desatracação e fundeio.

Os rebocadores portuários possuem características diversas das demais embarcações, normalmente apresentando tamanho reduzido, grande potência, funcionalidade e sistema de propulsão adequado à cada tipo de manobra, possibilitando grande mobilidade e versatilidade nas operações. Os rebocadores são capazes de executar movimentos longitudinais, transversais e até mesmo diagonais aumentando a manobrabilidade das embarcações manobradas em espaço restrito, além de ser essencial na frenagem destas, nos momentos em que torna-se necessário parar a movimentação dos navios, plataformas, embarcações de apoio marítimo, etc.

O litoral do Brasil tem cerca de 8,5 mil quilômetros navegáveis ao longo de toda a extensão de sua costa, com uma infinidade de portos públicos ou privados e terminais de uso privativo (TUP), autorgados pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq) para empresas privadas.

As embarcações sujeitas à legislação para a navegação em águas restritas, sejam de cabotagem ou de longo curso, necessitarão do serviço de assistência por rebocadores para atracar ou desatracar nesses portos e TUPs.

Figura 2: Foto tirada por astronauta da Nasa mostra litoral paulista visto do espaço.



Fonte: Reprodução/Twitter @astro_seal (27.ago.2020)²

Considera-se ainda o expressivo aumento das dimensões dos navios-cargueiros ao longo dos anos em decorrência da busca por ganhos de escala e pela redução dos custos operacionais do transporte marítimo, aumentando dessa forma a necessidade por rebocadores de maior desempenho e manobrabilidade, especialmente aqueles com propulsão azimutal, capazes de absorver as singularidades de manobras mais complexas. Neste trabalho serão abordados aspectos da navegação de apoio portuário e apoio marítimo, considerando a análise descritiva dos diferentes tipos de rebocadores, suas respectivas capacidades de manobra, tipos de propulsões e métodos de utilização.

OBJETIVO GERAL.

Descrever os Principais tipos de rebocadores portuários, métodos de uso, sistemas de propulsão com o objetivo de aumentar a operacionalidade portuária.

²Disponível em: <Twitter @astro_seal (27.ago.2020)> Acesso em 15/10/2020

OBJETIVO ESPECÍFICO.

Analisar a potência dos principais tipos de rebocadores face aos métodos de aplicação destes em manobras portuárias afim de reduzir os custos e aumentar a proficiência.

Ressaltar o crescimento progressivo do transporte marítimo no Brasil e a importância dos rebocadores portuarios neste contexto contribuindo para a melhor eficiência e segurança das operações.

Mostrar a importância do conhecimento dos sistemas de propulsão e máquinas dos rebocadores para o planejamento da manobra.

JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA DO TRABALHO.

A idéia básica que orientará o presente trabalho tem como objetivo descrever as principais características dos sistemas de propulsão e metodos de uso dos rebocadores portuários, estabelecendo uma relação entre esses fatores e a proficiência operacional portuária por meio de uma pesquisa bibliográfica. O objetivo central é proporcionar um novo olhar em relação aos rebocadores portuários e sua grande importância.

Os dados serão coletados através da leitura, interpretação e análise da bibliografia citada.

CAPÍTULO 1

1.1) Rebocadores Portuários:

Diversos são os tipos de rebocadores portuários operando no serviço de apoio marítimo em território nacional e dentre os fatores condicionantes dos requisitos operativos estão o tipo de porto e suas proximidades, tipos de embarcações que nele aportam, principais serviços requeridos nos portos da vizinhança onde inclui-se o apoio offshore, métodos de assistência, fatores de segurança e logística local.

A escolha adequada do tipo de rebocador a ser utilizado e da assistência a ser prestada levará em consideração os fatores relacionados abaixo:

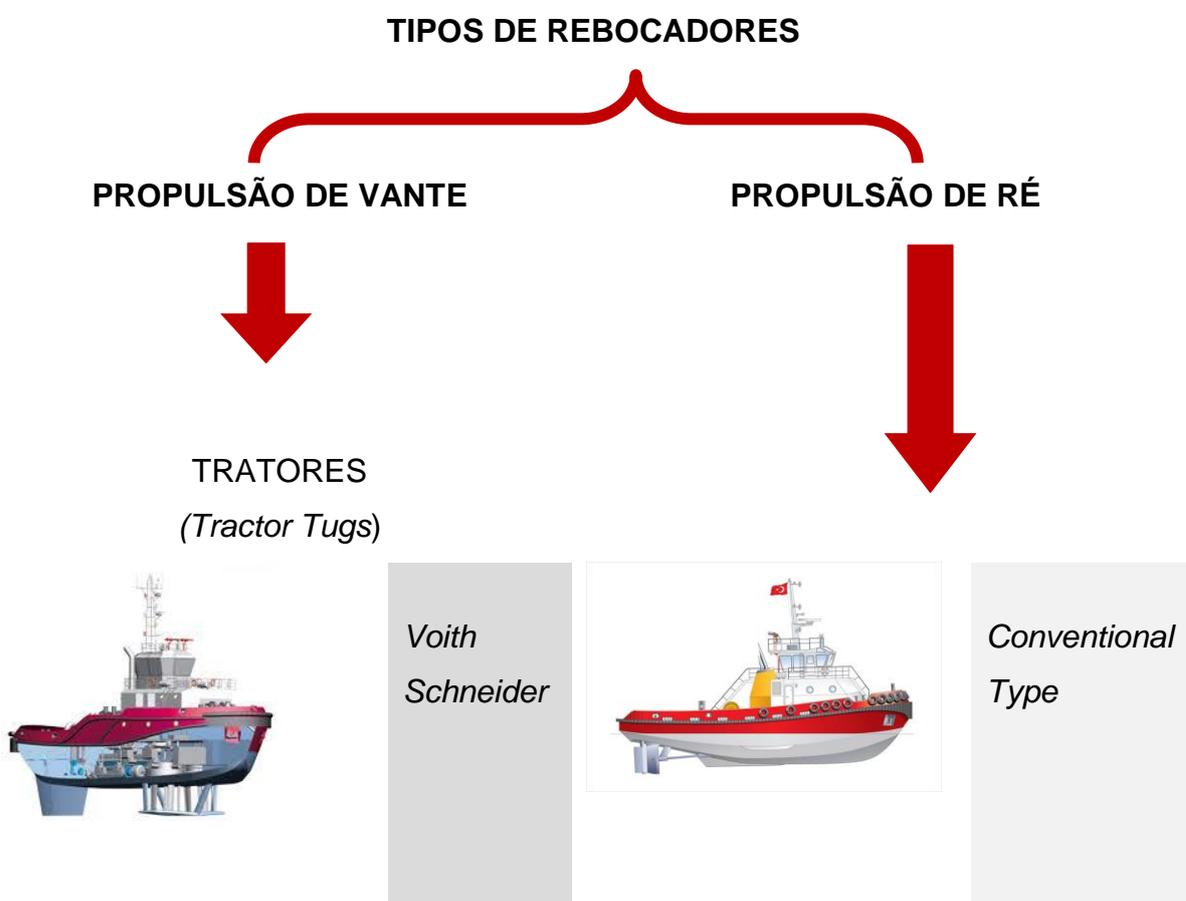
CATEGORIA DO PORTO E VIZINHANÇA:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS:	TIPOS DE EMBARCAÇÕES:	TIPOS DE ASSISTÊNCIA SOLICITADA:
<p style="text-align: center;"></p> <p>Convencionais. Composto por terminais principais. HUB ports. Dotados de Cais, Piers, jetty etc.</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Mudanças climáticas, incluindo ventos, variações de marés, swell, etc. Aproximação. Atracação. Amarração Final.</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Graneleiros. Containeiros. Gaseiros. Petroleiros. Navios Químicos. Ro-Ro Embarcações de apoio offshore de grande arqueação. FPSOs Etc.</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p>Layout do porto e respectivos terminais. Presença de pontes. Serviços disponíveis (Port Facilities) Condições Ambientais Locais.</p>

Apesar da potência e a força de tração estática (*bollard pull*) serem características muito importantes, existem diversos outros fatores a serem

considerados ao determinar a manobrabilidade e a escolha adequada, dessa forma a capacidade de manobra está inteiramente relacionada aos fatores que determinam a estabilidade, deslocamento, tipo de propulsão, posição dos propulsores e thrusters, posição do gato, posição do guincho ou do cabeço, forma e dimensão do casco e superestrutura.

Os rebocadores portuários podem ser classificados de acordo com suas características principais como tipo de propulsão, fabricante do propulsor, localização do propulsor e aparelho de governo; entretanto é melhor dividi-los em dois grandes grupos são eles: os de propulsão de vante e os de propulsão de ré. Dentro desses grupos existem inúmeras subdivisões, como mostrado abaixo.

Figura 3: Tabela esquemática criada por Marcelo Batista do Carmo.





*Azimuth
Propellers*



*ASD – Type
(Azimuth
Stern Drive)*



*Reverse
Tractor*



*Combi
Type*

Fonte: Internet³

1.2) Rebocadores com Propulsão Avante da Meia Nau (*Forward of Midships*) e Ponto de Reboque (*Towing Point*) Posicionado À Ré da Embarcação.

Esses rebocadores são conhecidos como tratores (*tractor tugs*) e podem possuir propulsão *Voith Schneider* (VS) ou azimutal.

A propulsão azimutal diminui a curva de giro, enquanto a VS gira em torno do próprio eixo imaginário, sendo esta segunda de grande relevância para manobras em canais muito estreitos como o canal do Panamá (as Eclusas de Miraflores). Outras vantagens do rebocador VS é a possibilidade de movimentar-se tanto avante quanto à ré com a mesma força de tração e a velocidade com que pode alterar o sentido e intencidade da aplicação desta força devido ao conjunto de lâminas verticais móveis fixadas em discos paralelos no fundo do rebocador com giro

³ Disponível em:

www.wikipedia.org Acesso em 19/10/2020

www.pixabay.com Acesso em 19/10/2020

www.pinterest.com Acesso em 19/10/2020

cicloidal (figura nº4). Já os Azimutais possuem grande vantagem em seus calado e *skeg* menores, podendo atuar em velocidades maiores.

Dentre as desvantagens mais significativas estão o deslocamento menor do azimutal, tornando este menos eficiente quando operando em ação indireta como rebocador de popa (*aft tug*) e a dificuldade em operar em altas velocidades e mar aberto do VS, o que impossibilita operações de reboque longas.

Resalta-se ainda a relação entre tração estática e potência do motor inferior à de outros sistemas de propulsão (0.8 para o VS comparado com 1.3 para o tubulão Kort móvel).

A propulsão cicloidal é de fato um sistema de passo controlado (*controlable pitch propeller – CPP*) no qual a máquina trabalha com rpm constante mudando somente o ângulo de ataque do da pá do propulsor, tendo como vantagem principal partir o motor apenas uma única vez, o que evita desgastes na máquina gerando menos perda de manobra e aumentando a confiabilidade do sistema. Essa habilidade proporciona ao responsável pela operação mais suavidade em manobras que exigem maior precisão.

Figura 4:

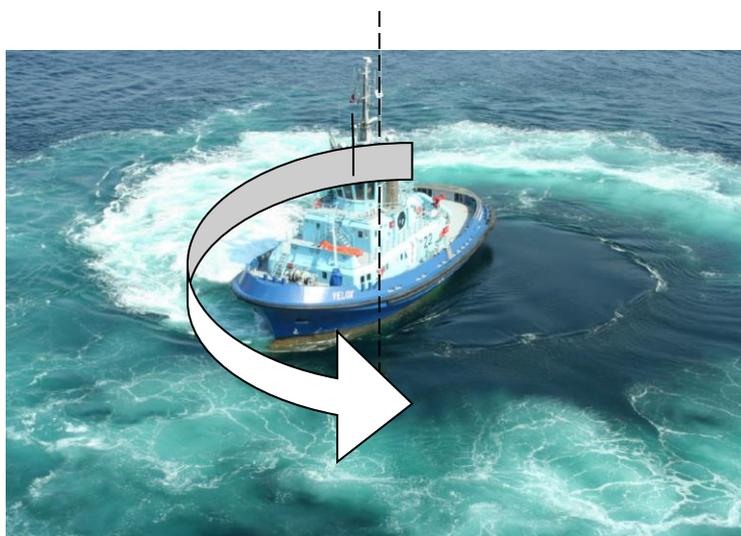
Conjunto de lâminas verticais móveis fixadas em discos paralelos no fundo do rebocador com giro cicloidal .



Fonte: Internet⁴

Figura 5:

Giro em torno do seu eixo imaginário.



Fonte: Internet⁵

⁴ Disponível em: < <http://voith.com/us> > Acesso em 19/10/2020

⁵ Disponível em: <http://voith.com/us> Acesso em 19/10/2020

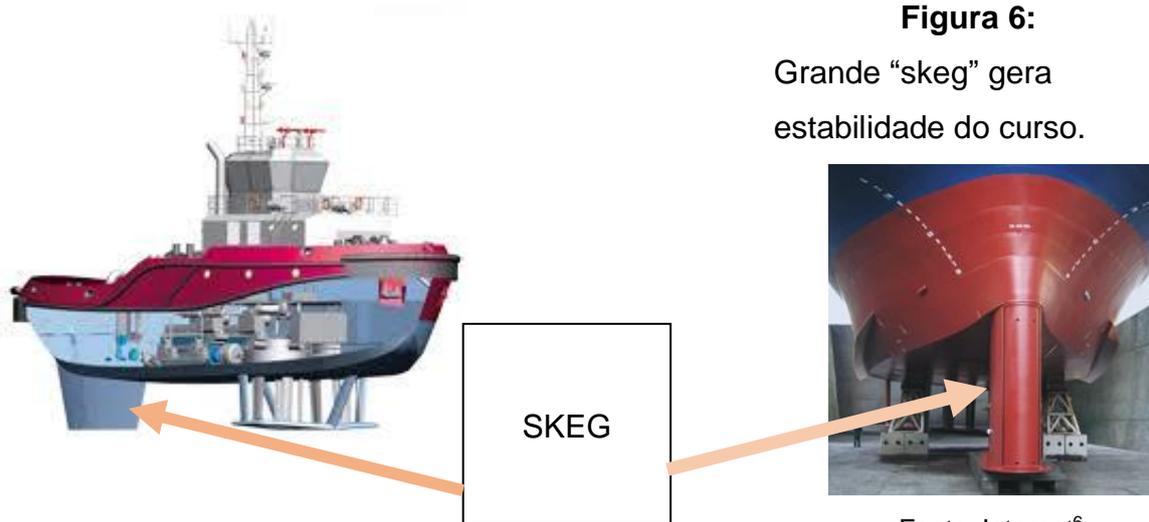


Figura 6:
Grande “skeg” gera
estabilidade do curso.

Fonte: Internet⁶

1.3) Rebocadores com propulsão a ré

Da mesma forma que os rebocadores tratores com propulsão a vante da meia nau os rebocadores com propulsão a ré podem movimentar – se em qualquer direção desejada e produzir força de tração para ré quase igual à produzida para vante.

O fato de os propulsores estarem localizados na popa reduz o risco de encalhe e permite que o calado seja menor, aumentando a potência quando puxando o navio pela popa.

Estes rebocadores também podem atuar no costado e operar com a mesma manobrabilidade e com força de tração equivalente, empurrando ou puxando, como no caso dos rebocadore AZD (*Azimuth Stern Drive*).

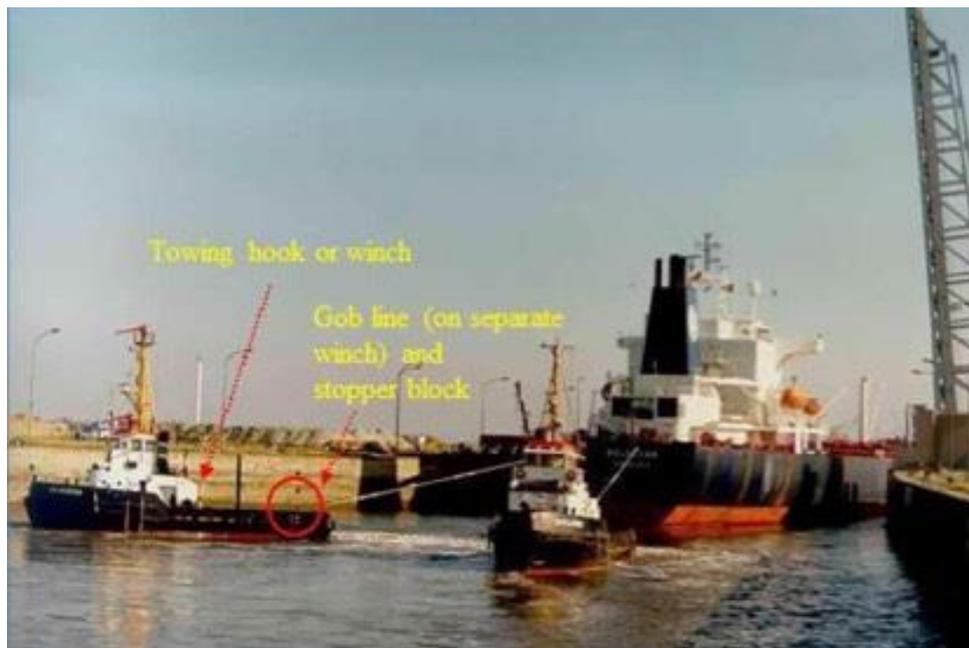
1.4) Rebocadores convencionais

Rebocadores convencionais são constituídos de eixo fixo e leme.

Possuem capacidade de manobra limitada e sua utilização requer atenção constante nas situações que possam comprometer a sua estabilidade.

⁶ Disponível em: <http://voith.com/us> Acesso em 19/10/2020

Figura 7: Rebocadores convencionais de popa (*Aft Tugs in line*).



Fonte: Internet.⁷

Sua força de tração a ré é geralmente, bastante inferior à força de tração a vante. A posição do ponto de tração principal, geralmente um gato de escape à ré, é sempre a uma distância, ante a vante do propulsor, que permita o governo quando em operação com cabo no gato.

Os rebocadores que possuem dois hélices diferem dos de um hélice principalmente em relação à possibilidade de criar forças na popa pelo uso de diferentes rotações, que irão se somar à ação do leme para governar, aumentando consideravelmente o deslocamento de água (thrust e conseqüentemente a manobrabilidade do rebocador, podendo girar no ponto pivô ou até mesmo navegar lateralmente.

O propulsor pode ser de passo fixo ou controlado, com ou sem *nozzle* (tubulão), em geral, quando com máquina avante, giram para dentro (*inward*), ou seja, o de bombordo é de passo direito e o de boreste é de passo esquerdo.

1.5) Rebocadores combinados

⁷Disponível em: < <https://nauticalclass.com/what-are-the-types-of-tugs-and-use/>> Acesso em 25/11/2020

Devido às grandes desvantagens sofridas pelos rebocadores convencionais, como foi visto, foram criados diversos equipamentos para melhorar a eficiência, um deles, foi à implementação de um *bow thruster* com 360 graus manobráveis, estes rebocadores convencionais equipados com este equipamento, foram convencionados como Rebocadores Combinados, *Combi-Tugs*.

Figura 8: *Comb Tug Sarah C - Capacity: (1) 200kw 120v/208v.*



Fonte: Internet⁸

Com esse avanço, é possível navegar bem com máquinas a ré numa velocidade regular além de poder movimentar-se de um bordo para outro.

Os bow thrusters podem ser equipados com o sistema *nozzle* retrátil ou fixo. Um *bow thruster* azimutal com um propulsor *nozzle* abaixo da quilha, em contraste com o de túnel, proporciona grande eficiência em qualquer direção, mesmo quando está movendo-se rapidamente. Este sistema acaba proporcionando um aumento adicional na manobrabilidade do rebocador. Para rebocadores arcaicos, este é um modo satisfatório e barato para melhorar o *bollard pull* da embarcação, além da manobrabilidade.

Vale ressaltar que em águas rasas, bow thrusters retráteis são indispensáveis, porém quando houver profundidade insuficiente para operar, devem

⁸ Disponível em: <https://curtinmaritime.com/fleet/combi-tug-port-of-long-beach-sarah-c/>

ser recolhidos a tempo, por este motivo o oficial de serviço deve estar atento à profundidade, tipo e variação de fundo, maré e operacionalidade dos alarmes abordo da embarcação.

Os *Combi-Tugs* podem operar tanto com o cabo passado a vante quanto à ré. Quando está operando avante, opera como um rebocador convencional, mas com a vantagem do aumento da velocidade máxima, manobrabilidade e *bollard pull*. Além de possuir um risco menor de *girting* (banda devido à e um tempo menor de resposta devido à alta manobrabilidade.

Deve-se ressaltar também que possuem uma robusta buzina no convés, perto da popa. Esta buzina pode ser aberta de um lado para que o cabo possa ser facilmente posto ou retirado. Com um ponto adicional de reboque a ré no rebocador combinado possibilita que opere similarmente a um rebocador trator.

1.6) Rebocadores Tratores – Reversos

Estes rebocadores possuem dois propulsores azimutais ou cicloidal na popa e rebocam principalmente com a sua proa, mesmo quando dispõe de gato ou cabeça na popa, possuem um arrasto menor do que os tratores, por não possuírem propulsor na proa nem skeg³. Perdem estabilidade direcional e cerca de 10% da eficiência do propulsor quando navegando de popa, devido ao formado do casco.

Os rebocadores tratores reversos operam com seu ponto de reboque, sempre a proa, virado para o navio assistido, deixando assim os seus propulsores o mais distante do casco. Possuem grande manobrabilidade e podem facilmente girar em torno do eixo e navegar lateralmente.

1.7 ASD (*Azimuth Stern Drive*)

São rebocadores de propulsão azimutal posicionados na ré da possuindo boas características de manobra, usando a proa como extremidade de trabalho. Possuem, entretanto, dois pontos de reboque, localizados a proa e a popa, equipados com guincho de reboque. O ponto de reboque (*towing pont*) à ré é utilizado em operações com cabo passado.

A grande vantagem do ASD para o trator reverso é a possibilidade de rebocar com cabo passado na popa do rebocador, assim como um convencional, sendo uma combinação dos dois tipos. Esse rebocador tem uma atuação muito versátil e eficiente, sendo a construção mais comum no Brasil entre os rebocadores azimutais.

CAPÍTULO 2

2) Uso dos Rebocadores Portuários (Auxílio com rebocadores)

Os rebocadores portuários (*harbour tugs*) são necessários para auxiliar manobras de reboque, atracação ou desatracação, auxílio no governo ou giro do navio, fundeio ou acompanhamento (*Escort*).

Os rebocadores são posicionados e amarrados ou não à embarcação com cabo de reboque.

2.1) Com cabo de reboque

O cabo de reboque sai da proa ou da popa do navio pela buzina do centro ou alguma outra buzina próxima ao centro diametral do navio. É também conhecido como “Cabo Longo”. A vantagem desse método é que ele atua nas extremidades gerando o maior braço de alavanca para criar uma tendência transversal na popa ou na proa do navio.

2.2) Na proa

Quando se deseja rebocar um navio sem propulsão, permitindo uma eficiente tração avante.

Não é aconselhável o uso dessa configuração quando o navio está sem governo e em águas restritas.

Quando atuando com cabo passado na proa do navio, o rebocador não será capaz de atuar quebrando seguimento avante do navio.

Os rebocadores tratores reversos, quando atuando nessa posição de reboque, navegarão de popa, recebendo o cabo na sua proa, funcionando com características similares às dos tratores.

Já um rebocador ASD, poderá optar por passar o cabo no gato de popa, atuando assim como um rebocador convencional, ou passar o cabo no guincho de popa, atuando então como um trator reverso.

2.3) Na popa

Essa configuração propicia uma melhor atuação no governo do navio, sendo, portanto, aconselhável o seu uso para manobrar um navio sem governo. Um dos fatores que contribui para a excelente atuação dos rebocadores nessa posição para o governo é o deslocamento do centro de giro para vante, quando o navio em seguimento a vante, o que implica num maior braço de alavanca.

É uma utilização clássica para os rebocadores azimutais ou cicloidalis com propulsão à ré. Um rebocador trator também poderá atuar nessa posição, navegando de popa, porém. Suas características serão semelhantes às dos rebocadores tratores reversos.

Os rebocadores convencionais com cabo passado na popa terão grande dificuldade de trocar de bordo de atuação, já que para realizar essa mudança, o rebocador navegará, em certo momento, com rumo diametralmente oposto ao do navio, criando grandes riscos para o rebocador.

Existem algumas técnicas empregadas para atuação na popa, por rebocadores não convencionais, que serão detalhadas a seguir.

2.4 No costado do navio

Este é o método mais utilizado nos portos dos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Malásia e no Brasil. O método nestes portos é similar, mas no que diz respeito ao tipo de rebocador eles diferem. A segurança dos rebocadores usando este método depende principalmente do tipo de rebocador.

Nesse método os rebocadores podem mudar rapidamente sua atuação do “puxa” para o “empurra”, *push and pull*, entretanto têm o seu braço de alavanca diminuído devido ao ponto de aplicação da força de reboque não atuar na extremidade do navio.

Com a utilização de rebocadores azimutais ou cicloidalis, a dificuldade do posicionamento perpendicular ao costado fica superada, da mesma forma que o problema da pouca força para ré dos rebocadores convencionais.

Outra maneira de solucionar o problema do posicionamento do rebocador no costado é pela utilização de mais cabos.

Um rebocador posicionado à vante do navio, operando no costado, só exercerá uma manobra eficiente de giro num navio com seguimento à vante, quando o giro for realizado na direção do bordo de atuação do rebocador, isto é, o rebocador atuar puxando. O rebocador colocado à vante soma a força de tração com sua própria resistência na água, mesmo não estando posicionado perpendicular ao costado. Já o rebocador posicionado à ré, mesmo que convencional, consegue exercer com maior eficiência o giro devido ao deslocamento do centro de giro.

CAPÍTULO 3

3) Principais Sistemas de Propulsão e Leme.

Os lemes geram uma força *lift* quando variam seu ângulo de ataque, gerando uma força na popa pra o lado oposto para o qual se deseja guinar.

Esta força ocorre em função da velocidade do navio, do tamanho do leme e seu ângulo de ataque, e também do coeficiente de *lift*, que depende do formato do leme, porém em velocidades altas com grandes ângulos de ataque a camada limite que faz com que essa força seja gerada descole o leme gerando perda de *lift*, força de sustentação criada transversalmente ao sentido do fluxo, devido ao descolamento da camada limite, o que gera a perda de eficiência quase por completo deste.

Dentre os tipos de leme, temos o *Leme Schilling* que funciona em dois modos, como leme normal com ângulos de leme de 30° a 35° ou no modo *Schilling*, no qual ele atinge ângulos entre 70° e 75°, neste modo ele funciona como um *stern-thruster*, criando somente força lateral, sem resultar em nenhum seguimento a vante.

Já o Leme cicloidal pode ser enquadrado também como uma inovação em propulsão por ser composto de uma base giratória com duas portas de leme e trabalhar em dois modos, apenas como um leme duplo, sem grandes inovações ou trabalhar como o propulsor cicloidal criando *lift* em diferentes direções e dessa forma funcionando até mesmo como um *stern-thruster*.

Os principais tipos de propulsores especiais são utilizados em rebocadores, como o azimutal e o *Voith Schneider*. Além desses dois principais tipos de propulsores especiais podemos citar os *Azipods*.

Os *Azipods* são basicamente propulsores azimutais elétricos, eles possuem um motor elétrico alimentado por um gerador a diesel. Por serem elétricos, possuem grande agilidade e versatilidade, tornando-se muito úteis. São muito empregados em navios de passageiros, que precisam de um bom poder de manobra por serem normalmente de grande tamanho e também por atracarem em portos que muitas vezes não possuem nem serviço de praticagem, porém já podem ser encontrados em alguns modernos containeros.

Os principais tipos de propulsores transversais são os *bow-thrusters* de túnel, os *bow-thrusters* azimutais (*Swing Down Thrusters*) e os *stern-thrusters*.

Os propulsores laterais são muito úteis em manobras de aproximação e afastamento do cais, e também em manobras de giro. Eles têm uma grande vantagem que é a disponibilidade imediata, pois dependem exclusivamente do próprio navio, o que permite que o navio possa atracar em portos que não dispõem de auxílio de rebocadores, navios de passageiros e de pesquisa atracam sozinhos, usando seus propulsores laterais. Em portos que dispõem de rebocadores muitas vezes é possível economizar dinheiro, podendo ser dispensado um dos rebocadores, ou até mesmo todos.

O *bow-thruster* ainda fornece um controle permanente da proa, que pode ser muito útil em canais, quando em baixa velocidade, além desse controle não alterar a velocidade do navio, como acontece quando se usa rebocadores de cabo passado guinando o navio.

Vale ressaltar que os *bow-thruster* perdem eficiência de acordo com a profundidade em que se encontram.

CONCLUSÃO

O trabalho em questão tem por objetivo descrever os principais tipos de rebocadores, seus recursos, usos e sistemas de propulsão. Considerando a importância do conhecimento dessas embarcações para uma manobra segura e eficiente de acordo com as características específicas de cada região portuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

CRENSHAW, Russel Sydnor. **Naval Shiphandling**. 4 ed., Annapolis: United States Naval Institute, 1975.

FRAGOSO, Otávio A.; CAJATY, Marcelo. **Rebocadores Portuários**. Rio de Janeiro: CONAPRA, 2002.

HENSEN, Capt. Henk. **Tug use in Port, a Pratical Guide**. 2º ed., Rotterdam: The Nautical Institute, 2003.

Informações sobre o plano estratégico da Marinha do Brasil 2040 disponível em: www.naval.com.br. Acesso em 25/10/2020

Informações sobre uso de rebocadores pelos práticos brasileiros disponível em: www.praticagemdobrasil.org.br. Acesso em 28/10/2020

Informações sobre tipos de propulsão, uso de rebocadores, manobras portuárias etc disponíveis em: www.marineinsight.com. Acesso em 20/10/2020