

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST**

GUILHERME SAGAVA PIQUERA

**DEFINIÇÃO DE UM SISTEMA DE SINCRONIZADOR PARA UM
REVERSOR MECÂNICO DE BAIXO CUSTO PARA RABETA
HORIZONTAL**

**MANAUS – AM
2019**

GUILHERME SAGAVA PIQUERA

**DEFINIÇÃO DE UM SISTEMA DE SINCRONIZADOR PARA UM
REVERSOR MECÂNICO DE BAIXO CUSTO PARA RABETA
HORIZONTAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso a ser
apresentado no curso de Engenharia Mecânica
como requisito obrigatório para obtenção do
título de Engenheiro Mecânico**

Orientador: Msc. José Luiz Sansone

MANAUS – AM

2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

S129d Piquera, Guilherme Sagava
DEFINIÇÃO DE UM SISTEMA DE
SINCRONIZADOR PARA UM REVERSOR
MECÂNICO DE BAIXO CUSTO PARA RABETA
HORIZONTAL / Guilherme Sagava Piquera. Manaus :
[s.n], 2019.
54 f.: color.; 30 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica -
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2019.
Inclui bibliografia
Orientador: José Luiz Sansone

1. Rabeta. 2. Reversor. 3. Engrenagem. 4.
Sincronizador. 5. Chaveta. I. José Luiz Sansone
(Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas. III.
DEFINIÇÃO DE UM SISTEMA DE SINCRONIZADOR
PARA UM REVERSOR MECÂNICO DE BAIXO
CUSTO PARA RABETA HORIZONTAL

GUILHERME SAGAVA PIQUERA

**DEFINIÇÃO DE UM SISTEMA DE SINCRONIZADOR PARA UM
REVERSOR MECÂNICO DE BAIXO CUSTO PARA RABETA
HORIZONTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado no curso de Engenharia Mecânica como requisito obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Defendido em 12 de dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Msc. José Luiz Sansone
Universidade Estadual do Amazonas

Dr. Edry Antonio Garcia Cisneros
Universidade Estadual do Amazonas

Msc. Alexandre da Rocha Correa
Universidade Estadual do Amazonas

A Deus, aos meus pais, meu filho, meu amor, pela ajuda e estímulo para a concretização desse trabalho, e, assim, conclusão desse curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que através da fé me manteve firme no meu propósito

Ao Luís Antônio Cardoso Soares Sagava Piquera, por ser a fonte de alegria que eu precisava para alcançar meus objetivos e ver o que importa na vida.

Ao professor mestre José Luiz Sansone, além da orientação e ajuda para sanar quaisquer dúvidas ao longo deste trabalho, foi um amigo com quem pude contar durante minha jornada acadêmica.

Ao professor doutor Antônio Cláudio Kieling, por ministrar aulas magnificas sobre elementos de máquinas e discursar sobre a importância da pesquisa para sociedade, além de orientar seus alunos sobre como estruturar nossas teses.

A meu pai Luís Henrique de Resende Elias, que mesmo a distância sempre me apoiou e foi capaz de fazer um fardo ficar leve. Meu grande mestre.

A minha mãe Mirian Kazuko Sagava Elias, que faria tudo ao alcance dela pelo bem de seus filhos e a mim nunca deixou de apoiar e dar suporte.

Aos meus avós Kiyoshi Sagava e Alzira Rosa Sagava que em suas orações me deram apoio e resistência para vencer.

Aos meus irmãos Victor Gustavo Sagava Elias, Jorge Otávio Sagava Elias e Matheus Medeiros Piquera, que fizeram e fazem eu me esforçar ao máximo para tentar ser exemplo na vida deles.

A meu pai Marco Antônio Piquera e Marinez Medeiros, por sempre estarem ao meu lado.

A minha companheira e mãe do meu filho, Catherine Cardoso Soares, que me sempre me ouve e ajuda a tomar decisões importantes e me mantém firme nos meus sonhos.

Aos meus amigos que foram peças fundamentais para que este fosse concluído.

RESUMO

Em virtude da imensidão de rios presentes na Amazônia tornam as embarcações os principais meios de locomoção de pessoas e mercadorias, a maioria dos barcos presentes na região são unicamente fabricados artesanalmente, mas para grandes locomoções muitos destes são providos de motores sendo os mais simples as famosas rabetas. Com isso o intuito deste trabalho visa selecionar um sistema sincronizador, de um reversor, que seja simples e resistente capaz de ser produzido com maquinários de usinagem simples de uma oficina real. Para tal será feito estudo em tipos de transmissões, engrenagens, uniões e dimensionamento de chavetas. Também será explicado um pouco sobre os tipos de embarcações e seus componentes a fim de ampliar o conhecimento naval e das funcionalidades de um reversor aplicado em uma rabeta. A partir desta revisão determinaram-se dois tipos de uniões entre o cubo e o eixo que podem ser aplicados ao sincronizador que são perfil estriado e chaveta por deslizamento, a partir dessa delimitação faz-se o estudo para averiguar qual deles é o mais economicamente viável de produção e constatou-se que a utilização da chaveta por deslizamento é a melhor opção. Definido a união por chaveta faz-se então o seu dimensionamento aplicando o torque máximo do motor e os fatores de segurança. A chaveta dimensionada é relativamente pequena e como não foram definidos os outros componentes constatou-se que ela ficará superdimensionada ao final elevando a resistência do conjunto e a vida útil.

Palavras-chave: rabeta, reversor, engrenagem, sincronizador, chaveta.

ABSTRACT

Due to the immensity of rivers present in the Amazon make boats the main means of locomotion of people and goods, most boats present in the region are made only by hand, but for large locomotions many of these are provided with engines being the simplest famous "rabetas". Therefore, the aim of this work is to select a simple and sturdy reverser synchronizer system that can be produced with simple machining machinery from a real workshop. To this end, a study will be done on types of transmissions, gears, joints and sizing of keys. We will also explain a little about the types of vessels and their components in order to broaden naval knowledge and the functionality of a reverser applied to a tail. From this review we determined two types of joints between the hub and the axis that can be applied to the synchronizer that are striated profile and sliding key, from this delimitation the study is made to find out which one is the most economically viable. It was found that using the sliding key is the best option. Once the keyed joint is defined, it is then dimensioned by applying the maximum motor torque and safety factors. The dimensioned key is relatively small and as the other components have not been defined it has been found to be oversized at the end increasing the strength of the assembly and the service life.

Key words: tail, reverser, gear, synchronizer, key.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Problematização e Hipótese.....	12
1.2	Delimitação do estudo.....	14
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	Geral.....	16
1.3.2	Específicos.....	16
1.4	Justificativa.....	16
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	EMBARCAÇÃO.....	18
2.2	MOTORES.....	20
2.2.1	Motor Centro Rabeta.....	20
2.2.2	Motor de Centro com Eixo.....	23
2.2.3	Motor Hidrojato.....	24
2.2.4	Motor de Popa.....	25
2.3	RABETA VERTICAL E HORIZONTAL.....	27
2.3.1	Rabeta Vertical.....	27
2.3.2	Rabeta Horizontal.....	28
2.4	CAIXA DE MARCHA.....	30
2.4.1	Caixa de Redução.....	31
2.4.2	Caixa Reversora.....	32
2.5	TRANSMISSÕES.....	33
2.5.1	Engrenagens cilíndricas de dentes retos.....	35
2.5.2	Engrenagens cilíndricas helicoidais.....	35
2.5.3	Engrenagens cônicas.....	36
2.6	SINCRONIZADOR.....	37
2.6.1	Corpo Sincronizador.....	37

3.	METODOLOGIA.....	42
4.	ANÁLISE DE REVERSORES PARA RABETAS.....	44
5.	ANÁLISE E DEFINIÇÃO DO SISTEMA SINCRONIZADOR	44
5.1	Geometria do reversor	44
5.2	União entre eixo e cubo	46
5.3	Dados de entrada.....	48
5.4	Cálculo da chaveta.....	49
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

É notável a imponência da bacia hidrográfica amazônica diante de outras bacias ao redor do mundo, dona de uma riqueza biológica e vegetal inimaginável, com mistérios e segredos fluindo por debaixo de suas águas negras e marrons atizando a imaginação e fazendo as pessoas acreditarem em mitos e lendas passadas de geração em geração, fazem da região amazônica um tesouro nacional.

O Amazonas é o maior estado do Brasil e possui fronteira com outros três países, Venezuela, Colômbia e Peru. Manaus está localizada estrategicamente no rio Amazonas, garantindo soberania brasileira nestas águas. Sua bacia hidrográfica possui área superior a 6,5 milhões de km² com mais de 1100 rios (LINS, 2011). De acordo com Peixoto e Peixoto (2005) ela tem mais de 7.100km de comprimento, largura que ultrapassa 12 km (próximo ao Xingu, no entanto, pode passar dos 50 km nas cheias) e na região de Óbidos – PA seu fundo chega a 50m com uma vazão média de 180 milhões de litros por segundo.

A região amazônica, por sua abundância fluvial, torna as embarcações os principais meios de locomoção de pessoas e mercadorias. Segundo Miranda (2017) “A estimativa é que por ano, aproximadamente 2,5 milhões de pessoas utilizem embarcações com o meio de transporte e 1,5 milhão de toneladas de cargas gerais cheguem a ser deslocados no Estado”.

Historicamente, é inegável afirmar que os primeiros construtores navais da Amazônia foram os índios. Para Bittencourt (1957), nos primórdios, a canoa era o principal meio de transporte dos indígenas na Amazônia, nas quais as longas distâncias eram vencidas a remo.

Os índios observavam que os troncos que caíam no rio boiavam e seguiam as correntezas isso serviu de inspiração para as primeiras embarcações, as quais eram feitas da casca do tronco, moldadas com amarrações de cipó. Poderiam também ser construídas com um único tronco de árvore cavado a fogo ou machado. A correnteza, o remo e a força dos índios eram os recursos utilizados.

Com isso os conhecimentos adquiridos com a experiência foram passados para gerações e na atualidade, ainda se pode ver a capacidade inata do ribeirinho,

no que tange a construção naval. Moacir Andrade (1957) declara que: "... todos os nativos são bons construtores de embarcações".

Conforme Cintra (2009), em um estudo do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí/PA identificou-se seis tipos de embarcações: casquinho, canoa, rabeta, voadeira, barco com motor-de-centro e geleira, sendo as mesmas, com exceção da voadeira, construídas de preferência com madeira. Os casquinhos são utilizados para pequenos deslocamentos, pescarias de subsistência ou na pesca artesanal apoiando outras embarcações maiores; a rabeta com motor de 5,5 hp é a principal embarcação do reservatório. Um cenário muito semelhante ao identificado nas redondezas de Manaus, sendo uma quantidade muito superior ao do reservatório haja vista que a utilização vai além de atividades pesqueiras.

Batista, Isaac e Viana (2004) relatam que as embarcações que operam na pesca de águas interiores na Amazônia, são unicamente artesanais, construídos em madeira, e podem ser classificadas em canoas e barcos geleiros.

Para tais embarcações pequenas há dois tipos de motores de popa, os verticais e os horizontais. Motores de popa verticais são mais empregados em águas mais profundas, onde não contenham muitos obstáculos como troncos e aguapés, sendo necessária uma profundidade mínima entre o casco e o fundo. São ideais para rios, represas, mar e lagos profundo. Já os conhecidos popularmente como "rabetas", os motores de popa horizontais são, geralmente, utilizados em meios rasos ou com muitos obstáculos como rochas, troncos, aguapés e bancos de areia. São ideais para regiões de várzea e pântanos.

Tomando como base as informações aqui citadas o foco do trabalho será as embarcações do tipo rabeta, que são canoas, feitas de alumínio ou fibra, porém principalmente de madeira, equipadas com motores geralmente estacionários com potências de 3 hp até 20 hp podendo ser de ciclo otto, diesel ou 2T, todos refrigerados a ar.

1.1 Problematização e Hipótese

O transporte aquático é o mais importante para o desenvolvimento e crescimento econômico da região amazônica, contudo as embarcações recebem pouca atenção e estudo a fim de melhorar as condições das mesmas. Logo, o intuito

deste trabalho é desenvolver um sistema mecânico de transmissão de força que permita que as embarcações miúdas se desloquem tanto para frente quanto revertam o movimento (ré).

O cenário atual em virtude de observações locais nos portos e centros de transportes na capital, não foi encontrado nenhum barco o qual utilizasse reversor acoplado ao motor, ou seja, a maioria tem o cardan ligado diretamente ao motor em uma extremidade enquanto que na outra se encontra a hélice, isso só permite que propulsor gire no mesmo sentido e rotação do movimento principal do motor fazendo apenas o deslocamento avante (para frente do barco).

Com um reversor acoplado ao motor é possível mudar o sentido de rotação do propulsor permitindo que se dê ré, desacelere o movimento evitando colisões frontais e encalhamentos. Ele melhora a manobrabilidade em locais que tenham muitas outras embarcações ao redor, como saídas de portos, praias, bancos de areia e cais, permitindo que o piloto controle os movimentos numa só posição sem precisar utilizar meios braçais, como o remo, diminuindo as chances de desequilíbrio e assim causar algum acidente. Geralmente nessas operações em que o piloto utiliza o remo (força física), acarreta em esforço excessivo de acordo com o tamanho e peso do barco e pouca ergonomia, pois é necessário projetar o corpo para fora do casco e rotacionar o tronco.

Tendo em vista que tal mecanismo facilita a pilotagem, diminui os riscos e aumenta a segurança de quem utiliza, por que então o mesmo não é utilizado? É claro e evidente que existe um mercado para atender, contudo os reversores comercializados têm preços elevados o que pode desmotivar o interesse dos clientes, não compensando seus benefícios. Em uma pesquisa rápida na internet é possível ver que tais reversores chegam a custar três vezes mais que o conjunto rabeta com motor.

H0: Seria possível reduzir o custo atendendo as necessidades básicas de funcionamento e tenha uma boa resistência e confiabilidade? Para projetar um sistema de transmissão de força existe uma variedade muito grande de geometrias, acoplamentos, elementos de transmissão e acoplamentos, com isso se deve analisar e estudar os prós e contras de cada item quantificando os dados a fim de selecionar aqueles que proporcionem o funcionamento adequado e tenham um baixo custo de fabricação.

H1: Esse tipo de reversor teria um impacto positivo para as pessoas que utilizam essas embarcações com frequência? É interessante efetuar uma pesquisa de campo para saber o potencial de mercado e a aceitação do produto.

H2: O projeto tem viabilidade de produção comercial? O intuito do projeto é tentar selecionar sistemas mais simples de fabricação a baixo custo, isso implica fazê-lo de tal forma que o mesmo possa ser desenvolvido futuramente em uma oficina de pequeno porte que dispõe de máquinas de usinagem como torno mecânico e uma fresadora, brocas, chaves e ferramentas de corte. De acordo com a pesquisa de mercado pode-se calcular se a oficina teria capacidade de atender a demanda inicial.

1.2 Delimitação do estudo

Como o projeto foca na parte técnica de um possível produto que pode vir a ser fabricado, tomou-se como base uma oficina mecânica parceira, a Tornedora MJM, a qual dispõe de um torno Nardini, modelo Diplomat Nodus ND 250 com entre pontas de 1500 mm e com diâmetro de passagem do barramento de 500 mm, uma fresadora Pinnacle ISO30 com superfície útil da mesa de 1.245 x 228 mm, inclinação frontal do cabeçote em 90° (dois planos).

A tornearia também possui fresas modulo de engrenagens, fresas de topo, cabeçote divisor com 40 dentes, ferramentas diversas para usinagem no torno e fresadora além de outros maquinários como solda elétrica, furadeira, moto esmeril, esmerilhadeira e compressor de ar.

Para delimitar o estudo, utilizou-se um motor com ciclo otto da marca Briggs & Stratton série 20 com 10 hp semelhante ao da figura 4.

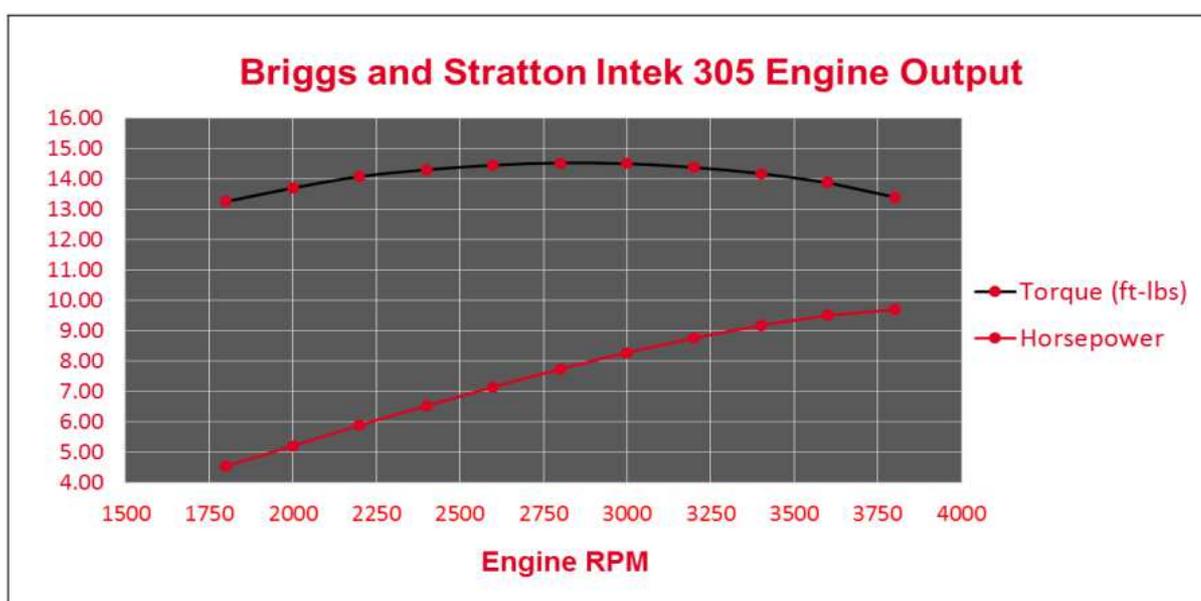
Figura 1. Motor briggs & stratton série 20



Fonte <https://www.brandnewengines.com/20S232-0036.aspx>

Foi utilizado este motor, pois há um exemplar físico, que permitiu fazer testes práticos, além de serem conhecidas às informações técnicas como curvas de torque e potência ilustrados na figura 5 de acordo com Kirtland (2014). Isso permitiu que tivesse maior facilidade na hora da definição geometria e futuramente desenvolvimento dos componentes físicos.

Figura 2 - Curva de torque e potência.



Fonte Kirtland (2014).

Pelo gráfico, nota-se que o torque máximo de 14,5 ft.lbs se dá em aproximadamente em 2800 rpm e a potência de 10 hp em 3800 rpm. Para fins de cálculo, os valores de torque e potência serão de 19,66 N.m e 7457 W respectivamente convertidos, atendendo ao padrão do sistema internacional de medidas (SI).

O foco do trabalho está em dimensionar componentes e desenvolver o sistema então para limitar os parâmetros de entrada será adotado uma relação de 1:1 tanto para frente quanto para ré.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

- Selecionar um sistema seletor de marcha que seja economicamente viável.

1.3.2 Específicos

- Aplicar conceitos mecânicos aprendidos durante o curso de engenharia mecânica;
- Analisar tipos de reversores;
- Avaliar os conjuntos mecânicos: seletores
- Analisar viabilidade de aplicação;
- Verificar a viabilidade comercial.
-

1.4 Justificativa

Apesar das embarcações serem os principais meios de transporte, na região amazônica, pouco estudo é feito com a intenção de melhorar as condições dos mesmos e observando as pequenas embarcações, perceberam-se os esforços que pilotos fazem e os riscos que os cercam principalmente quando estão se aproximando dos portos e pontos de atracamento, além disso, há também pessoas que criticaram a falta de reversão e o peso que ela gera para o piloto durante a

pilotagem e acabam optando por motores de popa verticais, que por sua vez, são mais caros que uma rabeta.

Como isso, se encontrou uma necessidade e uma oportunidade de desenvolver um produto competitivo que atenda a utilização de um público carente, que utiliza o barco, além de meio de transporte, como meio de escoar sua produção ou ganhar seu sustento, tendo em vista que muitos dos que possuem rabetas são ribeirinhos. Além disso, melhora a visibilidade da rabeta.

Segundo Morim (2014), o conceito de “ribeirinho” significa, basicamente, a população tradicional que mora nas proximidades dos rios e sobrevive da pesca artesanal, da caça, do roçado e do extrativismo.

Em resumo, é um desafio encontrar soluções palpáveis para desenvolver um reversor de baixo custo. Para isso é necessário fazer um estudo intenso sobre os tipos de transmissões existentes, que sejam resistentes e confiáveis, para que se possam solucionar os problemas que de imediato seria o elevado custo de reversores marítimos encontrados comercialmente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EMBARCAÇÃO

Embarcação é qualquer construção ou meio que seja capaz de flutuar. Como exemplo, temos cascas de árvores, que são capazes de dar sustentação para que uma pessoa possa navegar (utilizada nos primórdios por indígenas como meio para atividade de pesca), pranchas de surf, canoas, botes salva vidas, lanchas, iates e navios.

São meios de transporte de pessoas e de cargas em todo o mundo, principalmente em regiões onde tem abundância de água como Veneza, Malásia, Flórida, Japão e Brasil. Alguns destes países as têm como principal meio de transporte, além disso, os grandes navios cargueiros são os meios mais econômicos de transporte de mercadoria, escoando assim a produção de muitos países pelo mundo.

Conforme a NORMAM (Normas de Autoridade Marítima, 2003), embarcação é qualquer construção, incluindo as plataformas flutuantes e as fixas quando rebocadas, sujeita a inscrição na autoridade marítima e suscetível de se locomover na água, por meios próprios ou não, transportando pessoas ou cargas. Existem cinco tipos de embarcações, seguindo a NORMAM:

Embarcação Auxiliar - embarcação miúda que é utilizada como apoio de embarcação, com ou sem motor de popa e neste caso não excedendo a 30HP, possuindo o mesmo nome pintado em ambos os costados e o mesmo número da inscrição, pintado na popa, da embarcação a que pertence.

Embarcação de Grande Porte ou late - considerada embarcação de grande porte ou iate, as com comprimento igual ou superior a 24 metros. As embarcações de grande porte ou iate, serão tratadas como embarcação Certificada Classe 1 (EC1), e terão a obrigatoriedade de seu registro no Tribunal Marítimo se possuírem arqueação bruta maior que 100.

Embarcação de Médio Porte - é considerada embarcação de médio porte aquelas com comprimento inferior a 24 metros, exceto as miúdas. A legislação, acordos e convenções internacionais firmados pelo Brasil, determinam um tratamento diferenciado para as embarcações com comprimento maior ou igual a 24 metros, que possuam mais de 100 AB. As embarcações com menos de 24 metros, exceto as miúdas, estão sujeitas a

um número menor de exigências, razão pela qual, para efeitos desta NORMAM, as mesmas são definidas como Embarcações de Médio Porte.

Embarcação de Sobrevivência - é o meio coletivo de abandono de embarcação ou plataforma marítima em perigo, capaz de preservar a vida de pessoas durante um certo período, enquanto aguarda socorro. São consideradas embarcações de sobrevivência as embarcações salva-vidas, as balsas salva-vidas e os botes orgânicos de abandono. Os botes infláveis, com ou não fundo rígido, não são consideradas embarcações de sobrevivência.

Embarcação Miúda - para aplicação dessa norma são consideradas embarcações miúdas aquelas:

- a) Com comprimento inferior ou igual a cinco (5) metros; ou
- b) Com comprimento menor que oito metros que apresentem as seguintes características: convés aberto ou convés fechado, sem cabine habitável e sem propulsão mecânica fixa e que, caso utilizem motor de popa, este não exceda 30HP (NORMAM, 2003, p. 15-16).

Enquadram-se dentro da norma outros tipos de embarcações que são chamadas por seus nomes como podemos observar abaixo:

- Lancha – embarcação a motor usada para lazer, pescaria, mergulho ou serviços. Estas podem ser com proa aberta ou fechada, cabinada, cabinada com *fly- bridge*, para pesca e esportivas offshore.
- Veleiro – embarcação movida por velames apoiados em mastros e guiada por leme pode possuir um casco ou mais, e opcional de propulsão mecânica para realização de manobras de ancoragem ou mesmo se deslocar de baías.
- late – embarcações de luxo movidas a vela ou motor teoricamente para o lazer. É basicamente uma casa luxuosa em cima d'água.
- Barcos – são cascos simples e abertos que podem ser feitos de alumínio, madeira, fibra ou infláveis, muito utilizados em lagos, rios e costa (*onshore*) com atividades de transporte e pesca esportiva.
- Canoa – semelhante aos barcos com casco simples e aberto só que de menor porte e mais leve, geralmente movidas a remo, mas podem ser aplicados velas e motores de popa, utilizada para pratica de esportes e pesca.

Como se pode observar, há uma variedade muito grande de embarcações das quais se deslocam por diferentes formas de propulsão, com diferentes tipos de

força motriz como, por exemplo, força humana (remos), ventos (velas), elétricas (motores elétricos), vapor (turbinas ou máquinas a vapor) e combustão (gasolina, diesel e gás). Nos casos onde se utiliza motores, seja a vapor, elétricos ou a combustão, é dito que se trata de uma embarcação com propulsão mecânica de acordo com a NORMAM, 2003. Dentre as propulsões mecânicas são mais frequentes as com motores a combustão como principal fonte de energia.

Para que ocorra a movimentação da embarcação não basta apenas ter motor é necessário que haja o deslocamento do fluido gerando o empuxo necessário para se movimentar e para isso é preciso que haja a conversão de movimentos rotativos do motor no empuxo e a melhor maneira de realizar isso é através de uma hélice. No caso das embarcações é comum denominar como propulsor o hélice em si e o motor como o conjunto de motor e hélice. Dentre os vários tipos de motores vamos destacar quatro deles que são de centro rabeta, centro com eixo, hidrojato e motor de popa que serão mais bem explanados a seguir.

2.2 MOTORES

Como já foi mencionada, a maioria das embarcações possuem propulsão mecânica que assumem diferentes tipos de configurações com relação ao motor e hélice e diferentes tipos de itens auxiliares acoplados, variando para cada tipo, utilização e desempenho desejados da embarcação. Com o propósito de simplificar os motores iram ser classificados, sintetizando, em quatro tipos mais comuns a seguir.

2.2.1 Motor Centro Rabeta

As rabetas são geralmente associadas a motores de pequeno porte com potências de até 430 hp, utilizadas em embarcações que vão até 45 pés, entretanto não há uma definição muito específica sobre o que é esse termo, contudo quando se pesquisa por grandes marcas fabricantes de motores para embarcações de lazer como Yamaha, Volvo penta e Mercury chega-se a um termo em inglês "*lower unit*" que segundo BOATPARTSTORE, é um sistema muito simples tanto para motores de popa quanto centro rabeta.

Suas aplicações podem ser visualizadas na imagem 03. Nesse sistema contém alguns componentes básicos que são a hélice, a placa anti-ventilação (*anti-ventilation plate*) que evita que a hélice opere com ar gerando cavitação e o “*skeg*” que permite direcionar a embarcação e dar estabilidade semelhante a um leme, só que fixo à rabeta, também pode conter a bomba d’água e o compensador (*trim tab*) que segundo o EDUCALINGO, são anuladores de forças hidro-aerodinâmicas que estabilizam o sentido do barco, tais componentes podem ser visualizados na imagem 04.

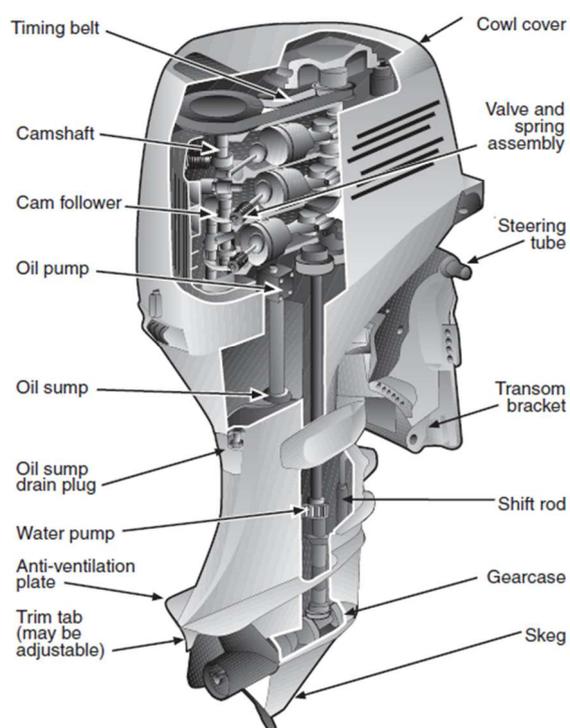
Figura 3 - Lower unit – A) Centro rabeta¹ - B) Motor de popa²



Fonte: http://www.blue-water-marine.com/detroit/mercury_boat_lower_unit_repairs_detroit.htm

<http://marketresearchjournalist.com/2019/07/03/outboard-engine-market-size-business-growth-and-opportunities-report-for-2019-2024-yamaha-brunswick-honda-brp/>

Figura 4 - Componentes da rabeta



Fonte: <https://www.clubedoarrais.com/manutencao-de-motores-de-popa-motores-2-e-4-tempos-definicoes/>

O motor centro rabeta é composto pelo motor à combustão que fica localizado na parte interna do casco, é conectado por uma junta universal, que permite movimentação à rabeta com hélice que estão localizados na parte externa da popa. A potência mínima desse motor é de 200 hp e pode alcançar 430 hp, pode ser a gasolina ou diesel. Sua aplicação é indicada para lanchas que vão de 24 a 40 pés, segundo BOMBARCO.

De acordo com FSYACHTS (2018), motores centro rabeta, quando comparados a motores de popa, têm o mesmo custo/potência e permitem um design melhor da lancha, tendo em vista que eles não são visíveis quando se está na água. Todavia eles apresentam um peso e potência maior, e com relação à manutenção, apesar de ter um cofre maior, é mais difícil, uma vez que tem que entrar na sala de máquinas, local não muito ergonômico. Outro ponto negativo é o fato de que por ser submerso não é possível retirar a rabeta da água para verificação dos componentes ou navegação em águas mais rasas.

O grande diferencial para seleção entre motor de popa e centro rabeta é o tamanho do casco e tipo, porque para cada tipo há uma especificação de potência min/máx geralmente fornecida pelo fabricante e no caso de embarcações com menos de 23 pés a mínima fica abaixo de 200 hp, que é a potência mínima de um centro, com isso o custo não compensa sua seleção, a partir de 23 pés as lanchas já vem produzidas somente para centro rabeta segundo FSYACHTS (2018).

Além disso, como o motor fica localizado dentro do casco e próximo da base há um ganho de estabilidade pelo centro de gravidade mais baixo e mais próximo do centro de gravidade do casco. Proporciona, também, um ganho significativo de espaço na popa possibilitando ter um solário acima da tampa do motor, além de uma plataforma de mergulho como podemos verificar na figura 05.

Figura 5 - Área disponível entre motor centro rabeta e motor de popa



Fonte: <https://www.fsyachts.com.br/blog/motor-de-popa-ou-centro-rabeta-qual-o-melhor/>

2.2.2 Motor de Centro com Eixo

Assim como centro rabeta, este motor se localiza no interior da embarcação, geralmente sendo as de grande porte (acima de 40 pés), porém pode ser visto em barcos pesqueiros de casco aberto. Sua motorização é geralmente a diesel e operam com baixas rotações na melhor faixa de eficiência. O motor é totalmente interno acoplado um eixo que conecta o hélice que fica externo, mas abaixo d'água sua potência vai de 12 hp à 20000 hp de acordo com BOMBARCO. Nesse caso como o hélice é fixo não há rabeta e o sistema de direção é feito com leme após o hélice como pode ser visualizado na figura 06.

Figura 6 - Motor centro com eixo

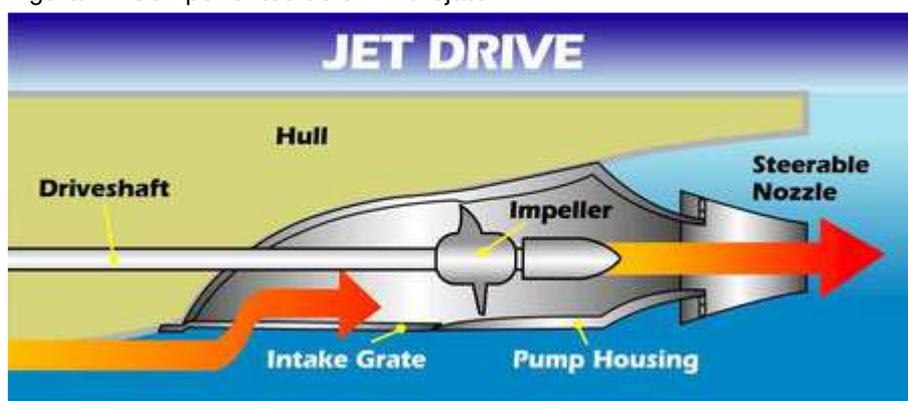


Fonte: <http://www.step-consolidated.com/helice-popa-navio/>

2.2.3 Motor Hidrojato

Como o próprio nome sugere a propulsão é feita através de um jato de água que sai de uma bomba hidráulica conectada a um motor a combustão. Nesse caso todo o conjunto fica dentro do casco e na parte externa tem apenas um direcionador de jato para manobrar como é ilustrado na imagem 07.

Figura 7 - Componentes de um hidrojato



Fonte: <https://www.instructortoolkit.co.uk/instructor-resources/pwc-jetski-instructor-resources/how-a-jetski-works/>

Como tudo está localizado dentro do casco, torna-se ideal para águas rasas, já que não tem rabeta, hélice ou leme na parte externa. Suas principais características são a aceleração e agilidade, por conseguinte são muito utilizados em competições aquáticas e embarcações leves (menores que 30 pés). Há fabricantes como a Rolls-Royce®, desse tipo de propulsor, que fazem sistemas para até 45000 hp segundo NAUTICEXPO. Geralmente as embarcações de grande porte que usam esse sistema são catamarãs e balsas de alta velocidade.

As desvantagens desse sistema são o consumo exorbitante quase 50% maior que o motor de popa e o elevado nível de ruído uma vez que todos os componentes estão internos e emitindo vibrações, além de ser possível ouvir o fluxo de água através da bomba e o som gerado pela cavitação nas áreas de baixa pressão do propulsor.

2.2.4 Motor de Popa

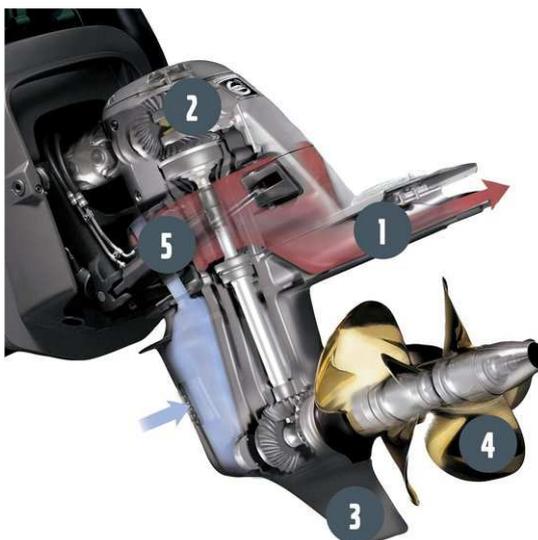
Este tipo de motor é totalmente externo. Localizado na popa do barco fixado através de uma morsa no espelho do casco. São motores a gasolina que podem ser de dois ou quatro tempos e com uma potência entre 03 hp e 400 hp. Geralmente são empregados em embarcações com até 24 pés.

Por apresentar uma diversidade muito grande de potência são predominantes nos barcos pequenos, sendo que esses motores têm o melhor peso/potência dos que já foram citados, são melhores de fazer manutenção, pois estão totalmente externos e permitem a total retirada da hélice d'água pelo trim, que nada mais é que a angulação entre o motor e o casco (aplicados somente a motor de popa e centro rabeta) permitindo navegação em águas rasas.

Em contrapartida prejudicam a estética do barco ou lancha e reduzem a área útil da popa como já foi mencionado, como o motor está na parte mais externa da popa requer uma melhor distribuição dos itens internos para que a proa (frente do barco) fique alta e também como ele fica acima da altura do casco aumenta verticalmente o centro de gravidade que pode gerar instabilidade.

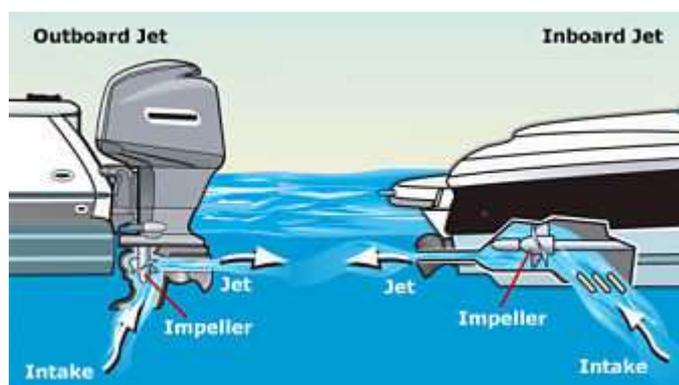
Podem ser acoplados três tipos de rabeta aos motores de popa. A primeira é a mais conhecida, a rabeta vertical, onde o eixo motriz faz um ângulo de 90° com o eixo do hélice (semelhante ao centro rabeta) como mostra a imagem 08. O segundo tipo é a de hidrojato que é semelhante ao sistema motor hidrojato, porém o ângulo da bomba é diferente por conta do eixo do motor de popa ser vertical como mostra a imagem 09. E a última é a rabeta horizontal onde o eixo do motor é no mesmo sentido do hélice como pode observar na figura 10.

Figura 8 - Rabeta vertical



Fonte <https://www.volvopenta.com.br/marinecommercial/pt-br/products/info/propulsion/aquamatic-sterndrive/features.html>

Figura 9 - Rabeta hidroajato



Fonte: <https://www.getmyboat.com/resources/boating-how-to/373/jet-engine-versus-sterndrives-for-boats/>

Figura 10 - Rabeta horizontal



Fonte: <https://www.bssmaquinas.com.br/rabeta-aluminio-meghi-220-metros-p/-motores-55/65/70-cv-gasolina.html>

2.3 RABETA VERTICAL E HORIZONTAL

Como já foi mencionado rabeta é a parte de propulsão de um barco onde tem o conjunto de itens como hélice, placa anti-ventilação e o *skeg*, e estão presentes em motores centro rabeta e de popa, contudo o termo “motor de popa” é comumente generalizado e utilizado para conjuntos completos de motores marinizados (resistentes à corrosão d’água e dos sais), morsas de acoplamento e rabetas verticais. Os maiores produtores, segundo HRNAUTICA são: Yamaha, Mercury, Suzuki, Honda, Envinrude, Sailor, Hidea e COX Powertrain.

Quando se refere à rabetas verticais e horizontais, está se tratando de sistemas separados que são montados a motores estacionários ou automotivos. Na região Amazônica predomina-se os motores estacionários de 05 a 20 hp, segundo Cintra (2009).

2.3.1 Rabeta Vertical

Quando se fala em rabeta vertical popularmente refere-se ao sistema de propulsão vendido separadamente para se acoplar a pequenos motores estacionários com eixos horizontais que podem ser movidos a gasolina ou diesel com potências de 05 a 20 hp, tal conjunto é como na figura 11.

Figura 11 - Rabeta vertical



É nítida a semelhança com o motor de popa analisando a imagem 09, onde o eixo do motor entra horizontalmente, mas sofre dois desvios de 90° até o hélice. Esses conjuntos são vendidos para motores de até 13 hp, faixa na qual os motores de popa não são tão convencionais, de elevado custo de aquisição e um pós-venda baseado em importação de peças, tudo isso culmina em uma oferta e demanda baixa para esses motores. Em contrapartida os motores estacionários acoplados a essas rabetas são muito mais baratos, chegam a custar cinco vezes menos quando comparado a motores de popa de mesma faixa de potência conforme verificado em uma busca feita no aplicativo MERCADO LIVRE.

Sua empregabilidade se dá em águas mais profundas, onde não contenham muitos obstáculos, como troncos e aguapés, sendo necessária uma profundidade mínima entre o casco e o fundo. Ideal para rios, represas, mar e lagos profundos. Utilizadas em embarcações leves como canoas, caiaques e botes de alumínio com até 5m.

2.3.2 Rabeta Horizontal

Assim como nas verticais trata-se de um sistema para acoplar em motores com eixos horizontais, são chamadas simplesmente como rabetas, que segundo Agostinho (2005) possui um varão com aproximadamente 1,5 a 2,0 m, cardan direto, sem diferencial, aceleração automática, com hélice na ponta que é instalado na parte posterior do barco, como mostrado na figura 12.

Figura 12 - Embarcação tipo rabeta



Fonte: <https://pr.olx.com.br/regiao-de-curitiba-e-paranagua/autos-e-pecas/pecas-e-acessorios/barcos-e-aeronaves/rabeta-de-barco-horizontal-com-motor-a-gasolina-6-5hp-novo-com-garantia-677007834>

Eles são, geralmente, utilizados em meios rasos ou com muitos obstáculos como rochas, troncos, aguapés e bancos de areia. São ideais para regiões de várzea e pântanos. Muito comuns na bacia amazônica e no pantanal, mas também podem ser encontradas em outros países como Tailândia e regiões pantanosas ao sul dos EUA (Estados Unidos da América) conhecidos como *mud motors*.

A utilização da rabeta se dá devido às condições da população, são basicamente ribeirinhos que sobrevivem da pesca e agricultura de subsistência. Esse sistema chega a ser dez vezes mais barato que um motor de popa com mesma potência. Esse custo se dá pela simplicidade do conjunto, o motor é de simples carburação, quatro tempos (que economiza o óleo diluído ao combustível), refrigerado a ar e lubrificação do tipo pescador e tudo isso acoplado a um eixo longo com uma hélice a ponta.

Mas além do custo, há uma parcela considerável que opta por essa embarcação por estarem em regiões com muitos obstáculos como troncos, aguapés, igarapés (rasos), regiões alagadas e várzeas. Podendo ser utilizadas para pesca esportiva e corridas aquáticas. Outra vantagem é o peso chega a ser 30% menos que os motores de popa.

Uma característica importante é o sentido de rotação do hélice ser o mesmo que o do motor. Isso porque em motores de popa há reduções por engrenagens que

mudam o sentido principal do final, bem como redutores com simples pares de engrenagens invertem o sentido utilizado em motores navais de centro com eixo.

A ponta da rabeta é composta pelo hélice e *skeg*, a placa anti-ventilação é um item opcional, geralmente ajustável para regulação de acordo com cada tipo de casco como pode ser observado na ilustração abaixo.

Figura 13 - Detalhe ponta rabeta



Fonte: <https://www.motorpantaneiro.com.br/wp-content/uploads/sites/5/2019/05/Anuncio-mercado-livre-rabeta.jpg>

Pode ser aplicada a vários tipos de embarcações, canoas de fibra, botes de alumínio, madeira e fibra que vão até 6 m. Na região Amazônica predomina a utilização de madeira como matéria prima dos cascos por serem encontrados com mais facilidade e em abundância.

Agregados à rabeta, redutores e reversores são aplicados a fim de atender algumas necessidades e características esperadas do barco. Esses temas serão mais bem explanados no item quatro.

2.4 CAIXA DE MARCHA

As caixas de marcha são aplicadas as embarcações com a finalidade de se obter a melhor eficiência para cada tipo de casco com um mesmo motor para situações diferentes como, por exemplo, transporte de cargas e passeio onde no

primeiro prioriza-se força com baixas rotações para melhor economia e no segundo opta-se por agilidade e velocidade.

PINHEIRO (2014) dita basicamente que para cada tipo de casco pode ser feito um cálculo que analisa o perfil do casco, qual sua resistência com a água (resistência ao avanço) para determinadas velocidades. Com isso é possível calcular os empuxos necessários e fazer a seleção da hélice, que é catalogada com a intenção de padronizar as dimensões. Determinado esses valores pode-se calcular o torque requerido do motor. Assim sendo, nota-se possibilidades e variações admitidas nas embarcações

Para as rabetas, são admitidos dois tipos de transmissões, as diretas e as com caixa de marcha. As diretas já foram citadas no item 2.3.2 e não são nada mais do que um eixo longo (varão) acoplado ao motor através de uma luva de transmissão que segue o mesmo perfil do eixo do motor, que no caso dos estacionários são perfis chavetados. Há fabricantes que utilizam eixos estriados nos varões como forma de reduzir a bucha de transmissão, mas acaba encarecendo o custo de produção. Assim o hélice gira sempre no mesmo sentido e rotação do motor, nesse caso a embarcação só se desloca para frente. Para ampliar as aplicações das rabetas nos barcos implantaram-se sistemas de caixas de marchas que podem ter três configurações, que são de redução, reversão ou mistas, que serão abordadas nos próximos itens.

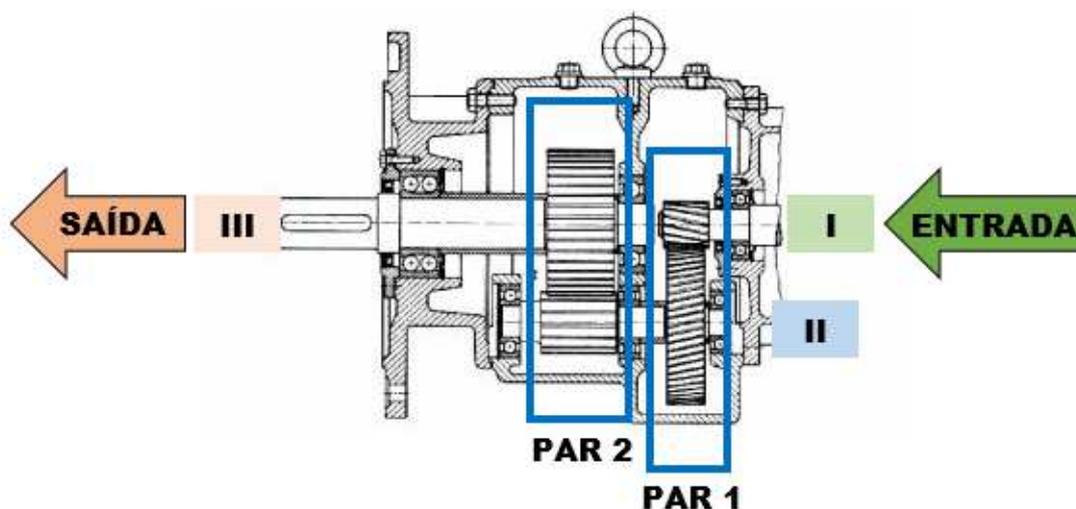
2.4.1 Caixa de Redução

Segundo MOTA (2013), a caixa de redução é utilizada para adequar o torque e velocidade fornecidos por um motor. É empregada nas embarcações como forma de elevar o torque e diminuir a rotação do hélice, essa baixa rotação tem como vantagem a redução da cavitação nas zonas de baixa pressão das pás e conseqüentemente melhorando a eficiência, pois torna o escoamento menos turbulento. As embarcações que almejam esse desempenho são aquelas que navegam por longas horas como navios cargueiros, pesqueiros, balsas, petroleiros e barcos de carga. Com melhor eficiência na propulsão aumenta-se a economia de combustível em longas travessias, fato que não é tão notável em barcos de passeio onde se prioriza a velocidade para deslocamentos rápidos de pequenas distâncias.

No caso das embarcações miúdas, a utilização se faz necessária para compensar a baixa potência do motor. Sendo os mais simples com apenas uma redução, mas pode haver câmbios com até duas velocidades que no caso uma seria para embarcação vazia (leve) e a segunda no caso de carga máxima.

É importante ressaltar que o padrão de hélices para motores estacionários são fabricadas para o mesmo sentido de rotação do motor, com isso um redutor simples (uma velocidade) aplicado a uma rabeta precisa conter três eixos e dois pares de engrenagens cilíndricas como no exemplo da imagem 12.

Figura 14 - Redutor de velocidade simples

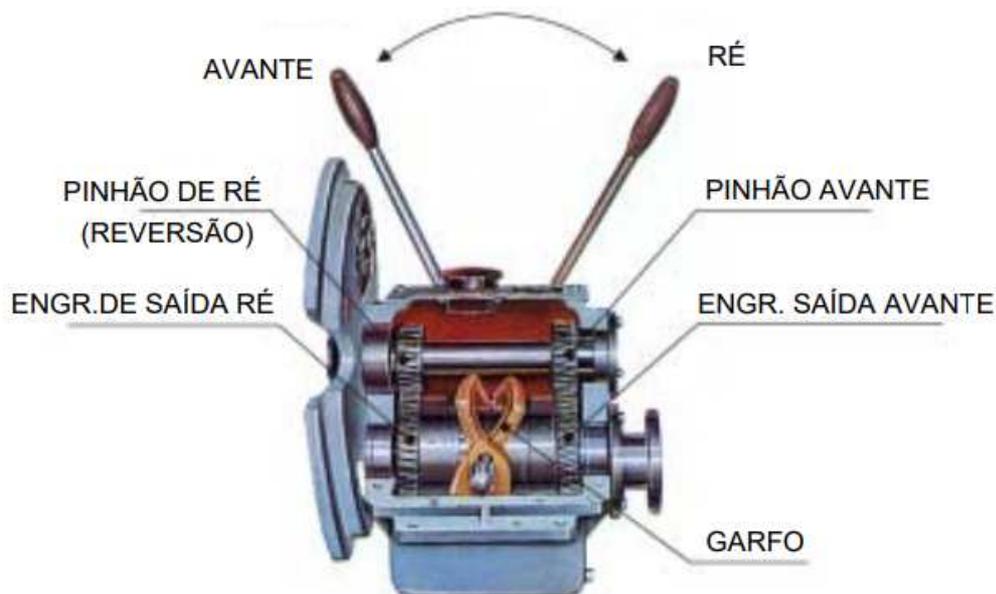


Fonte: Projetos mecânicos 3 - o Ciclo de Técnico em Mecânica

2.4.2 Caixa Reversora

É um sistema que é aplicado como forma de reverter o sentido do movimento principal do eixo motor. Nos barcos é um sistema extremamente importante para que seja possível manobrar, sair de praias ou bancos de areia e portos. Motores de popa e centro rabeta já vêm com esse sistema implantado, no caso dos de centro com eixo devem ser selecionados para cada tipo de casco, mas como os barcos que usam essa motorização são de grande porte e possuem elevadas potências torna-se imprescindível sua aplicação.

Figura 15 - Reversor marítimo RV25



Fonte: Manual do Redutor e Reversor Marítimo RV25

Na figura 15 é possível ver os elementos que compõe um reversor marítimo para até 20 hp a diesel da YANMAR, no caso ele é um sistema misto de redução com reversão, sua redução é de 2,5:1. Para realizar a reversão são necessárias três engrenagens nesse caso uma engrenagem a intermediária é do tipo louca e só transmite da primária para final e para fazer a redução nesse caso usa-se um par de engrenagem.

Para rabetas também é possível instalar reversores como forma de melhorar a pilotagem permitindo mais movimentos e manobras com menos esforços do piloto, as principais fabricantes de reversores para esse tipo de aplicação são a FRJ (fabrica de reversores de Joinville), Cumas e YANMAR. Apesar de serem muito uteis e importantes poucas embarcações desse tipo utilizam os reversores devido seu custo elevado, os mesmos chegam a custar três vezes mais que o motor mais a rabetta completa.

2.5 TRANSMISSÕES

Segundo Caser (2014) o sistema de transmissão é o conjunto de componentes responsável por transmitir a potência gerada no motor e seguem alguns requisitos com alta eficiência, baixo custo de fabricação e manutenção, fácil

manutenção, conforto na operação (baixa emissão de ruídos), baixo peso, sistema compacto e elevada vida útil.

Uma caixa de transmissão pode transferir a rotação entre os seus eixos de várias formas: engrenagens, corrente de rolos e conjuntos polias/correia. Porém para utilizar corrente ou correia é necessária uma distância grande de entre centros, para uma embarcação miúda esse recurso é inviável devido à escassez de espaço. Em contrapartida trens de engrenagens são mais compactas.

Trens de engrenagens são definidos por Norton (2013) como duas ou mais engrenagens acopladas cujo arranjo pode ser classificado como simples, composto ou epicíclicos.

De acordo com Niemann (1971) transmissões por engrenagens são as mais frequentemente usadas, tanto para eixos paralelos como para eixos reversos ou concordantes, servindo para potências, rotações e relações de multiplicação. Não permitem deslizamentos, independente do carregamento. Entre os redutores de engrenagens distinguem-se transmissão por engrenagens cilíndricas de dentes retos, cilíndricas helicoidais, engrenagens cônicas, cônicas descentradas e parafuso sem fim como vistos na figura 16.

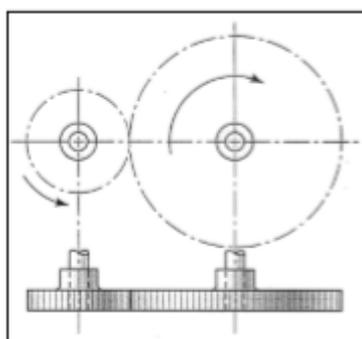
Figura 16 - A) engrenagens cilíndricas de dentes retos; B) engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais; C) parafuso sem fim; D) engrenagens cônicas de dentes retos



2.5.1 Engrenagens cilíndricas de dentes retos

Possuem dentes paralelos ao eixo de giro e são utilizadas para a relação de transmissão de dois eixos paralelos. De todos os tipos de engrenagens, as de dentes retos são as mais simples, sendo por essa razão, empregada para desenvolver as relações cinemáticas primárias da forma de dente (SHIGLEY, 2005), a figura a seguir traz um exemplo típico para esse tipo de conjunto.

Figura 17 - Engrenagens cilíndricas de dentes retos



Fonte: Shigley (2005)

2.5.2 Engrenagens cilíndricas helicoidais

De acordo com Generoso (2009) os dentes são dispostos transversalmente em forma de hélice em relação ao eixo. É utilizada em transmissão fixa de rotação elevada por ser silenciosa, graças aos seus dentes. Os quais geram um componente axial de força que deve ser compensado pelo mancal ou rolamento. Serve para transmissão de eixos paralelos entre si e também para eixos que formam um ângulo qualquer entre si (normalmente 60 ou 90°) como demonstra abaixo.

Figura 18 - Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais com eixos granulados



Fonte: Generoso (2009).

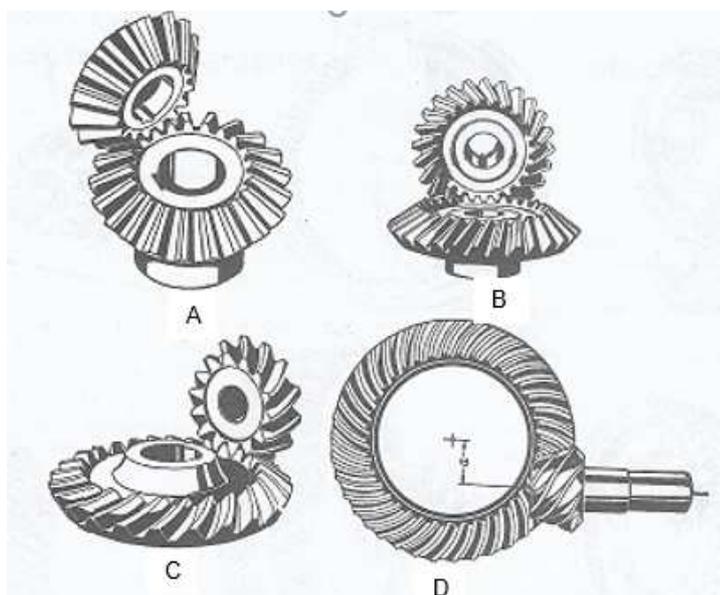
2.5.3 Engrenagens cônicas

Possuem dentes cônicos em relação ao eixo de giro e são utilizadas para transmitir movimento entre eixos que se interceptam (SHIGLEY,2005). Niemann (1971) cita o seguinte:

São empregadas para eixos concorrentes e para relações de multiplicação até 6 (mais elevadas ainda para casos extremos); para relações acima de 1,2 são em geral mais caras que as transmissões por engrenagens cilíndricas, e para relações de multiplicação acima de 2,7 são também mais caras que as transmissões combinadas de engrenagens cônicas e cilíndricas; para exigência elevadas, são geralmente executadas com dentes em espiral e temperados (NIEMANN, 1971).

Sua geometria é observada na imagem a seguir.

Figura 19 - Engrenagens cônicas a) dentes retos; b) dentes inclinados; c) dentes curvos; d) engrenagens cônicas descentradas (hipóides)

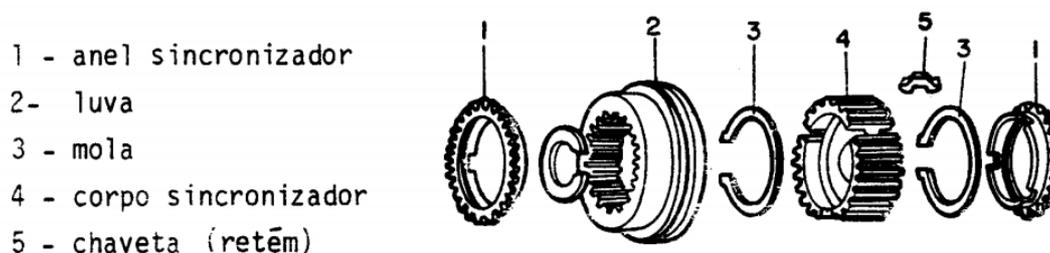


Fonte: Niemann (1971)

2.6 SINCRONIZADOR

Uma caixa de marcha possui, basicamente, dois eixos. O primário é oriundo da força motriz e o secundário é o de saída. As engrenagens ficam constantemente engrenadas, entretanto somente os pinhões acoplados nos eixos primários estão fixos ao eixo com uniões por adaptação de forma. Já as engrenagens, nos eixos secundários, são ditas loucas por girarem livremente no eixo. O que possibilita a movimentação do eixo secundário é a ação do sincronizador, como mostra a figura abaixo.

Figura 20 - Componentes de um sincronizador



Fonte: curso técnico em manutenção automotiva

Como traz Ramirez (2014), a transmissão de velocidade para o eixo final se dá pelos sincronizadores que essencialmente é um conjunto montado em um corpo sincronizador que está restringido por uma estria no eixo secundário, podendo deslocar-se lateralmente e acoplar-se às coroas.

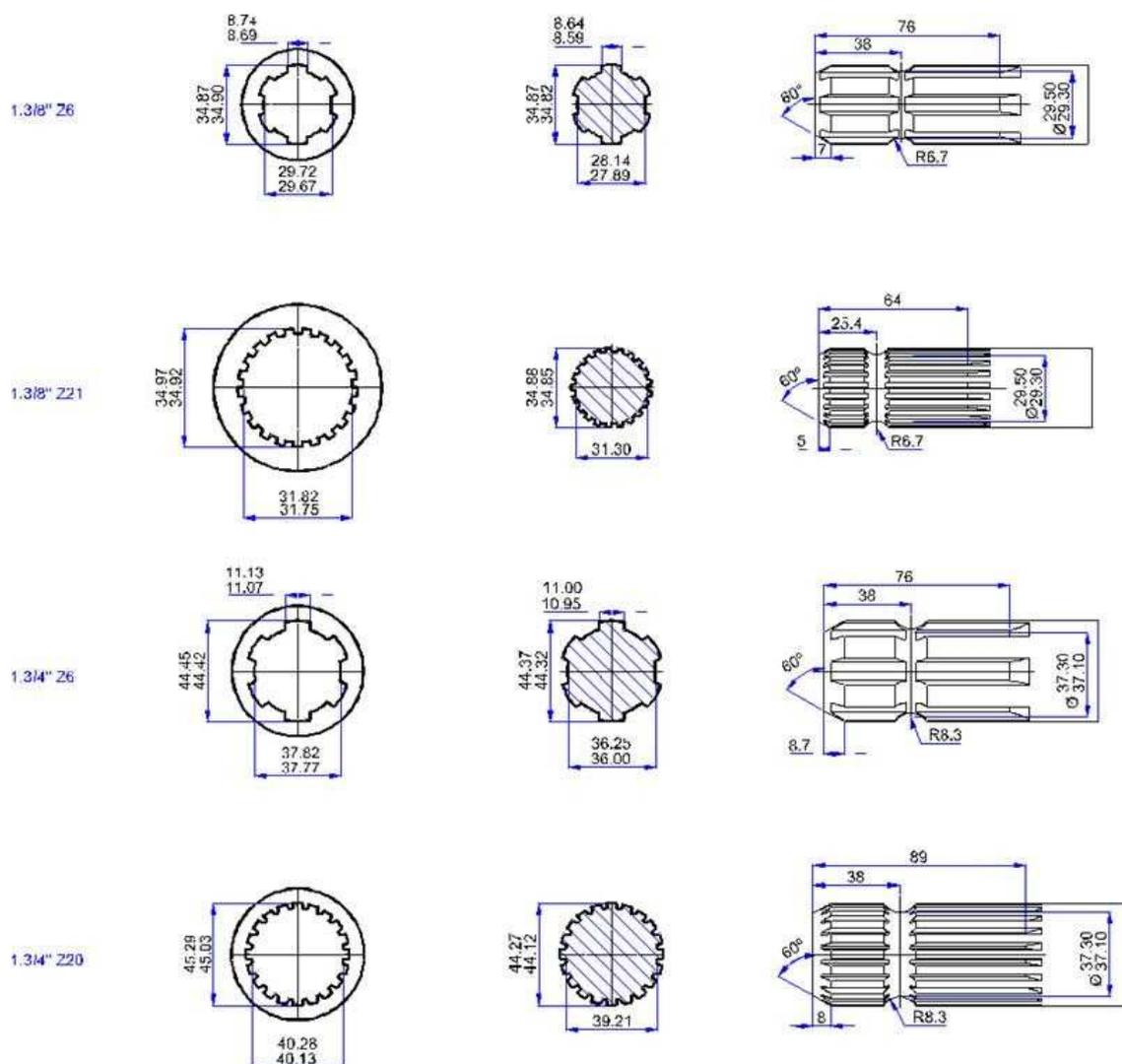
2.6.1 Corpo Sincronizador

Como já fora citado o corpo sincronizador é o principal componente para realizar a seleção de marcha, pois sua rotação está restringida através de uma união por adaptação de forma que permite o deslocamento lateral, dentre as principais formas de união estão a pôr ranhuras múltiplas, chaveta de deslizamento e perfil k.

2.6.1.1 Ranhuras múltiplas

Conforme Niemann (1971), esta é a melhor opção para momentos de torção elevados e com choques, visto como são transmitidos por várias faces laterais que podem ser de 4 a 20, como se pode observar na imagem a seguir.

Figura 21 - Tipos de estrias



Fonte: emco.com.br/conteudo/terminais-para-cardans.html

Para confeccionar as ranhuras no eixo são necessários uma fresadora combinada com um cabeçote divisor e uma fresa módulo de acordo com as normas DIN (*Deutsches Institut für Normung*) 5462, 5463, 5464, 5471, 5472 e 9611 e para fabricação no cubo (corpo sincronizador) utiliza-se de brocas e, se necessário, entalhamento por partes. Esses métodos são para fabricação de baixa demanda,

porque são demorados. Para uma demanda maior utilizam-se máquinas ferramentas geradoras por Renânia, nas quais se utilizam fresas caracóis, e para os cubos utilizam-se brochas acopladas em máquinas, que são conhecidas como brochadeiras.

2.6.1.2 Chaveta de deslizamento

Talvez a mais comum das conexões entre um eixo e um cubo para transmissão de torque seja a chaveta. Entre os diversos tipos de chavetas, o mais usual é o de seção quadrada. As proporções geométricas padronizadas estabelecem que a largura de uma chaveta deva ser aproximadamente igual a um quarto do diâmetro do eixo (BAIOTTO, 2018).

Geralmente as chavetas são fabricadas de aço de baixo carbono (como SAE ou AISI 1020) e são submetidas a um acabamento a frio, porém nos casos em que é necessária uma maior resistência, utiliza-se ligas de aço tratadas termicamente (JUVINAL, 2008).

2.6.1.2.1 Dimensionamento de chavetas

De acordo com estudo de Baiotto (2018) devido às cargas atuantes nas chavetas, é necessário que sejam determinadas as suas tensões atuantes.

A área de cisalhamento para um comprimento de chaveta l , é determinada através da Equação 1:

$$A_{cis} = b * l \quad (1)$$

A tensão de cisalhamento devido à Força F_t é determinada através da Equação 2.

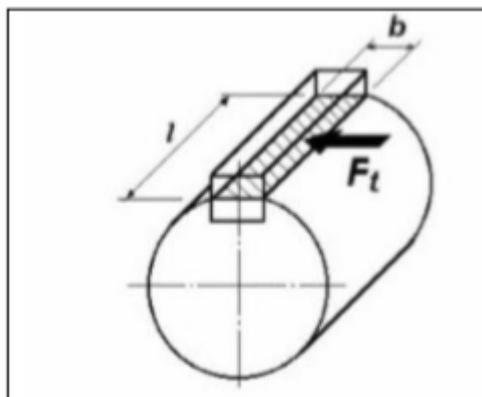
$$\tau_{cis} = F_t / A_{cis} \quad (2)$$

Então se pode estabelecer uma relação entre as equações 1 e 2 e é possível determinar o comprimento l mínimo para a chaveta:

$$l \geq F_t / (\tau_{cis} * b) \quad (3)$$

Na figura 22 é possível identificar as cargas atuantes na chaveta, e as dimensões que são utilizadas para a determinação da tensão de cisalhamento.

Figura 22 - Representação das cargas no cisalhamento



Fonte Baiotto (2018).

Ainda de acordo com Baiotto (2018) área de compressão para um comprimento de chaveta l , é dada pela Equação 4:

$$A_{comp} = t * l \quad (4)$$

Já a tensão de compressão devido à Força F_t , pode ser determinada pela Equação 5.

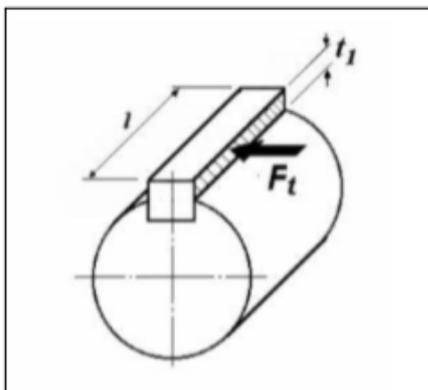
$$\sigma_{comp} = F_t / A_{comp} \quad (5)$$

Então, pode-se estabelecer uma relação entre as Equações 4 e 5 formando a Equação 6:

$$l \geq F_t / (\sigma_{comp} * t) \quad (6)$$

Na figura abaixo é possível identificar as cargas atuantes na chaveta, e as dimensões que são utilizadas para a determinação da tensão de compressão.

Figura 23 - Representação das cargas na compressão



Fonte Baiotto (2018).

3. METODOLOGIA

Conforme Lakatos (2007), “método é o caminho pelo qual se chega a determinado resultado ainda que esse caminho não tenha sido fixado de antemão de modo refletido e deliberado”.

Essencialmente, preferiu-se por uma pesquisa de campo a fim de avaliar necessidades reais, onde houvesse possibilidade de implantação dos conceitos de engenharia para resolver ou ao menos diminuir a necessidade. Foi quando então observando os barcos no porto que surgiu uma possibilidade de tema ao observar que as rabetas sobrecarregavam os pilotos durante a movimentação para sair do porto ou apenas realizar manobras, tal fato não foi observado com relação aos barcos com motores de popa, já que os mesmos eram capazes de ir para frente e para trás utilizando o motor ao invés de remos como nas outras.

Então se iniciou uma pesquisa exploratória a respeito das diferenças entre embarcações e suas características, culminando na pesquisa de reversores, o que gerou espanto ao deparar com um produto que é desenvolvido por grandes empresas como a FRJ (fábrica de reversores Joinville) que, segundo NAUTICUPOM, existe desde 1989, todavia não foi possível identificar nenhuma que usasse em campo. Pesquisando-se mais no mercado e através de diálogos informais constatou-se que um dos motivos para a pouca demanda do produto se dava pelo custo que nos locais mais baratos, localizados em lojas online, o valor era muito superior que o sistema motriz completo da mesma e com isso não gera demanda para comercialização local.

Para a pesquisa bibliográfica o foco foi no entendimento do polo naval e estudos mais aprofundados nas embarcações. Muitos artigos e literaturas focam mais em embarcações de grande porte, talvez pelo impacto econômico ser mais perceptível nesses casos. No entanto foi possível obter dados aplicáveis à realidade do projeto e assim partiu para pesquisa de sistemas mecânicos relacionados à transmissão de potência mecânica e seus componentes como engrenagens, rolamentos, eixos, materiais empregados e métodos de fabricação e seus custos. Analisando sempre a relação custo-benefício e tempo, dessa forma pode-se desenvolver um banco de dados para facilitar a seleção.

Para a definição dos dados de entrada, visou-se coletar todos os dados iniciais para que fosse feito a aplicação nos cálculos dimensionais dos componentes.

Também foram levados em consideração ciclos de funcionamento, vida útil, fatores de segurança e princípios de funcionamento.

Avaliou-se os tipos de reversores através de pesquisas nas literaturas, artigos, revistas e oficinas listando os tipos de reversores e quais seus componentes. Através da pesquisa aferiu-se a viabilidade técnica, e de acordo com as necessidades e objetivos definidos no início deste projeto, definiu-se qual tipo mais se aproximava de tais necessidades, dentre todos apresentados, para ser utilizado para desenvolvimento do projeto.

Uma vez definido os dados de entrada e o tipo de reversor para o dimensionamento dos componentes mecânicos, definiram-se quais elementos deveriam ser analisados para o projeto e assim dimensiona-los de acordo com os dados de entrada.

4. ANÁLISE DE REVERSORES PARA RABETAS

Através do que já verificado a respeito dos reversores para motores estacionários e rabetas, nota que se é preferido manter o eixo motor e o eixo do hélice em paralelos como forma de manter o sistema linear e para isso utilizam três eixos e cinco engrenagens no mínimo. Através de pesquisas de mercado e lojas virtuais, constatou-se que o reversor mais acessível é o da marca FRJ que, no geral, é também o mais compacto. Seu sistema de acionamento é simples e sem embreagem (menos custo) com três seleções que são avante, neutro e ré. Fazendo uma análise estética é possível perceber algumas características como, por exemplo, sua alavanca deslocada induz a existência de um eixo que apoia um garfo de seleção. Também é possível identificar em sua carcaça três ressaltos que pela geometria alinhada com a saída do eixo do hélice induz a serem os alojamentos de três rolamentos (I, II, III), como indicados na imagem 14, ou seja, três eixos são aplicados e por dedução cinco engrenagens. Tal configuração foi ilustrada também na imagem 13 no reversor da YANMAR RV25. É possível assim identificar um padrão para construções de reversores.

5. ANÁLISE E DEFINIÇÃO DO SISTEMA SINCRONIZADOR

O projeto visa à seleção de um sistema sincronizador bem como dimensionamento dos componentes que o compõe, que sejam econômica e tecnicamente possíveis de fabricação na oficina outrora citada. Para tanto, seguiu-se uma sequência que consiste na definição da geometria do conjunto de transmissão, seleção do tipo de união eixo cubo, definição dos dados de entrada e dimensionamento dos componentes.

5.1 Geometria do reversor

Analisando os reversores existentes uma questão levantada foi em relação à quantidade de componentes presentes nos mesmos, já que se partiu da premissa de simplificar o sistema eliminando o máximo de componentes sem afetar funcionalidade.

O primeiro item para avaliar as posições admissíveis é o motor, por ser um motor estacionário com carter úmido o ideal é que o mesmo fique com sua base na horizontal permitindo assim melhor lubrificação e nos casos de transmissão direta o motor acaba sofrendo muita movimentação, inclinando-o constantemente para ajustar o hélice na água, como observa-se na figura 24, mas no geral ele não limita para que o eixo motor fique somente para trás, com isso não torna obrigatório o reversor ter o eixo motor paralelo ao eixo do hélice, os quais só são possíveis com engrenagens cilíndricas e como já foi ilustrado para tal é necessário 5 delas. Abre-se então aplicabilidade para as engrenagens cônicas.

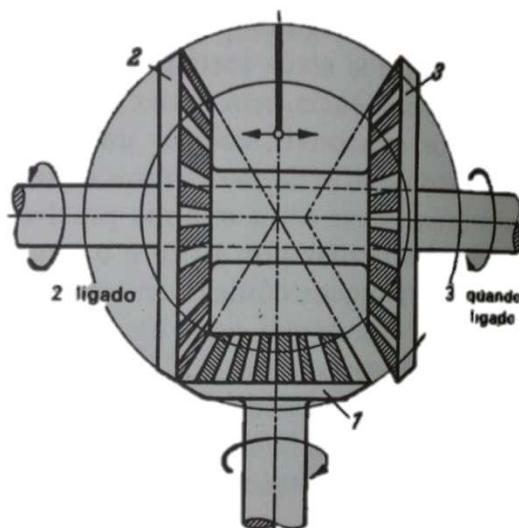
Figura 24 - Controle vertical para estabilizar a hélice



Fonte <https://www.wildfowlmag.com/editorial/8-best-mud-motors-for-2016/280112>.

Com a utilização de engrenagens cônicas o processo de reversão é possível com apenas três engrenagens, ilustrado na imagem 24 onde 1 é o pinhão motor, 2 avante e 3 a ré. E como foi estabelecido que a relação tanto para frente como para trás seria 1 pode assumir que são 3 engrenagens cônicas com mesma quantidade de dentes e mesmo módulo facilitando assim sua repetitividade, reduzindo matéria prima e horas máquina.

Figura 25 - Associação de engrenagens cônicas como cambio para eixo



Fonte: Niemann vo.l 3

Com esse sistema também é possível eliminar dois eixos, pois o pinhão é acoplado diretamente ao eixo do motor que já é normalizado com rasgo de chaveta e retificado para o diâmetro nominal de uma polegada. Assume-se que as duas engrenagens cônicas movidas giram livremente, mas com engrenamento constante com a motora. Dessa forma o papel de transmitir o movimento se dá pelo sincronizador que acoplará nas engrenagens através de dentes de acordo com a movimentação da alavanca pelo piloto, e quando o mesmo estiver centralizado com o eixo motor eixo estará em neutro totalmente desacoplado das movidas.

5.2 União entre eixo e cubo

Com a utilização de engrenagens cônicas favoreceu o espaço disponível para o sincronizador trabalhar, ao contrário das engrenagens cilíndricas que estão dispostas paralelas, a área disponível para o cubo é reduzida e com isso a área de transmissão é mais solicitada. Por essa razão, nesses tipos de ajustes são empregados eixos e cubos estriados.

Aproveitando essa área disponível os dois tipos mais usuais que podem ser utilizados para eixos e cubos deslizantes são as estrias e as chavetas de deslizamento. Para a fabricação do eixo ambas podem ser feitas no maquinário disponível conforme citado no item 1.2, mas para fabricar as estrias deve-se utilizar fresas módulo normalizadas na norma DIN já citadas. Estas fresas possuem custo

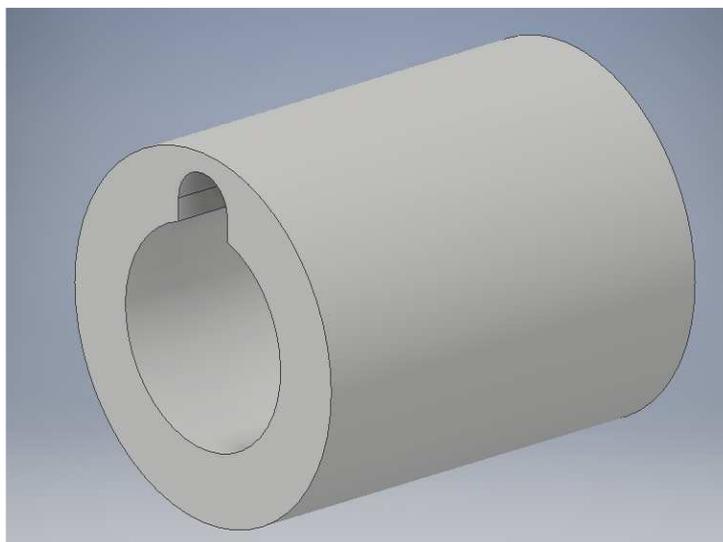
elevado de aquisição e são muito específicas tornando-as difíceis de serem encontradas. Como as mais usuais para equipamentos leves são as de seis ranhuras (DIN 5462) seria preciso efetuar vários passes com a ferramenta e com isso um tempo elevado.

Contudo para fabricar o cubo estriado seria deveras complicado, haja vista que utilizando a fresadora, seria preciso efetuar várias furações para fazer os seis flancos e isso conseqüentemente variaria muito a peça causando folga excessiva no conjunto, reduzindo a vida útil do sistema. O melhor processo para fabricar estrias internas é utilizar uma brocha em uma brochadeira, que é um equipamento caro para aplicação em uma pequena oficina. Também seria possível fabricar através de erosão a fio que garante uma precisão centesimal, entretanto tem custo muito elevado e requer um domínio com ferramentas de CAD (*computer-aided desing*) e comando numérico (CNC).

Para fabricação do eixo chavetado pode-se utilizar uma fresa de topo, que é utilizada em várias aplicações, são mais fáceis de serem encontradas e muito mais baratas, além disso, como basta fazer um rasgo no eixo não há necessidade de usar o cabeçote divisor, reduzindo muito o tempo de usinagem pela quantidade de passadas da mesma para gerar o entalhe.

O mesmo se aplica ao cubo que para fabricar o rasgo da chaveta basta fazer uma furação seguida de um fresamento das arestas da chaveta, isso reduz a variação das dimensões originais permitindo uma folga aceitável para seu funcionamento. Uma amostra de como ficaria o cubo sincronizador pode ser visto na imagem a seguir.

Figura 26 - Cubo sincronizador

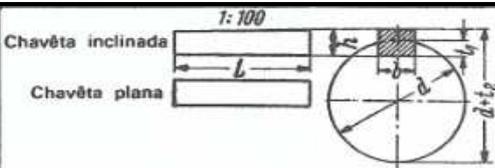
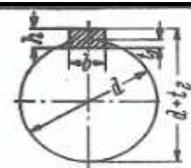
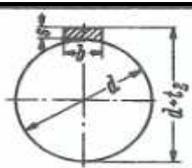


Fonte: própria

5.3 Dados de entrada

Para facilitar no dimensionamento da chaveta, foi definido que o diâmetro do eixo chavetado será o mesmo que o do eixo do motor, considerando que o mesmo também terá chaveta para unir o pinhão. Dimensão nominal do eixo motor é de 1" (25,4mm) com o rasgo da chaveta que segue a norma DIN descrita na figura 1, que tem largura $b = 8\text{mm}$ e profundidade de $t_1 = 1,3\text{mm}$. O mesmo será aplicado ao eixo do sincronizador, necessitando apenas dimensionar o comprimento da mesma.

Figura 27 - Dimensões (mm) dos rasgos e de chavetas planas e inclinadas segundo DIN

															
Eixo <i>d</i>	Para chavetas planas, segundo DIN 6885 (fevereiro de 1956), e chavetas inclinadas, segundo DIN 6886 (fevereiro de 1956)									Eixo <i>d</i>	Para chavetas inclinadas planas, segundo DIN 6883 (fevereiro de 1956)			Para chavetas vazadas côncavas, segundo DIN 6881 (fevereiro de 1956)	
	de	a	b	h^*	t_2^*	t_1^*	t_1^*	t_1^*	de		a	$b \cdot h$	t_1	t_2	$b \cdot s$
10	12	4	4	4	1,7	1,7	2,4	2,4							
12	17	5	5	3	2,2	1,2	2,9	1,9							
17	22	6	6	4	2,6	1,6	3,5	2,5							
22	30	8	7	5	3,0	2,0	4,1	3,1	22	30	8 · 5	1,3	3,2	8 · 3,5	3,2
30	38	10	8	6	3,4	2,4	4,7	3,7	30	38	10 · 6	1,8	3,7	10 · 4,0	3,7
38	44	12	8	6	3,2	2,2	4,9	3,9	38	44	12 · 6	1,8	3,7	12 · 4,0	3,7
44	50	14	9	6	3,6	2,1	5,5	4,0	44	50	14 · 6	1,4	4,0	14 · 4,5	4,0
50	58	16	10	7	3,9	2,4	6,2	4,7	50	58	16 · 7	1,9	4,5	16 · 5,0	4,5
58	65	18	11	7	4,3	2,3	6,8	4,8	58	65	18 · 7	1,9	4,5	18 · 5,0	4,5
65	75	20	12	8	4,7	2,7	7,4	5,4	65	75	20 · 8	1,9	5,5	20 · 6,0	5,5
75	85	22	14	9	5,6	3,1	8,5	6,0	75	85	22 · 9	1,8	6,5	22 · 7,0	6,5
85	95	25	14	9	5,4	2,9	8,7	6,2	85	95	25 · 9	1,9	6,4	25 · 7,0	6,4
95	110	28	16	10	6,2	3,2	9,9	6,9	95	110	28 · 10	2,4	6,9	28 · 7,5	6,9
110	130	32	18	11	7,1	3,5	11,1	7,6	110	130	32 · 11	2,3	7,9	32 · 8,5	7,9
130	150	36	20	12	7,9	3,8	12,3	8,3	130	150	36 · 12	2,8	8,4	36 · 9,0	8,4
150	170	40	22	14	8,7	4,6	13,5	9,5	150	170	40 · 14	4,0	9,1	—	—
170	200	45	25	16	9,9	5,3	15,3	10,8	170	200	45 · 16	4,7	10,4	—	—

Fonte: Niemann volume 2

O material para fabricação das chavetas deve ser o aço SAE 1040, de acordo com Baiotto (2018) geralmente utiliza-se um fator de segurança igual à $FS=2$ e ainda para este aço adota-se as seguintes características conforme demonstra a figura 28.

$$\sigma_e = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_r = 6300 \text{ kgf/cm}^2$$

Figura 28 - Propriedade dos aços

Propriedades mecânicas dos aços nas condições: laminados a quente: normalizado e recozido.									
Qualidade		Condições	Temperatura de austemização (°C)	Resist. à tração (MPa)	Limite de escoamento (MPa)	Alongamento (%)	Redução de área (%)	Dureza (HB)	Impacto (J)
AFP	AISI (1)								
1015	1015	Laminado	-	420	315	39,0	61	126	111
		Normalizado	925	425	325	37,0	70	121	115
		Recozido	870	385	285	37,0	70	111	115
1020	1020	Laminado	-	450	330	36,0	59	143	87
		Normalizado	870	440	345	35,8	68	131	118
		Recozido	870	395	295	36,5	66	111	123
1030	1030	Laminado	-	550	345	32,0	57	179	75
		Normalizado	925	525	345	32,0	61	149	94
		Recozido	845	460	345	31,2	58	126	69
1040	1040	Laminado	-	620	415	25,0	50	201	49
		Normalizado	900	595	370	28,0	55	170	65
		Recozido	790	520	350	30,2	57	149	45
1050	1050	Laminado	-	525	415	20,0	40	229	31
		Normalizado	900	750	430	20,0	39	217	27
		Recozido	790	635	365	23,7	40	187	18
1060	1060	Laminado	-	815	485	17,0	34	241	18
		Normalizado	900	775	420	18,0	37	229	14
		Recozido	790	625	370	22,5	38	179	11
1084	1080 1084	Laminado	-	965	585	12,0	17	293	7
		Normalizado	900	1015	525	11,0	21	293	7
		Recozido	790	615	380	24,7	45	174	7
1095	1095	Laminado	-	965	570	9,0	18	293	4
		Normalizado	900	1015	505	9,5	14	293	5
		Recozido	790	655	380	13,0	21	192	3

Fonte: <http://lgsteel.com.br/propriedades-mecanicas-do-carbono.htm>

5.4 Cálculo da chaveta

Para a tensão de cisalhamento deve-se considerar 60% do limite de escoamento do material, conforme.

$$\tau_e = 0,6 \cdot \sigma_e$$

$$\tau_e = 0,6 \cdot 4200$$

$$\tau_e = 2520 \text{ kgf/cm}^2$$

Após definir a tensão de escoamento para o cisalhamento, aplica-se o fator de segurança, e assim encontra-se a tensão admissível de segurança.

$$\tau_{Adm} = \frac{\tau_e}{FS}$$

$$\tau_{Adm} = \frac{2520}{2}$$

$$\tau_{Adm} = 1260 \text{ kgf/cm}^2 = 123,606 \text{ N/mm}^2$$

Para a tensão de compressão, aplica-se o fator de segurança usual para chavetas $FS = 2$, conforme apresentado na equação 53.

$$Adm = \frac{\sigma e}{FS}$$

$$\sigma Adm = \frac{4200}{2}$$

$$\sigma Adm = 2100 \text{ kgf/cm}^2 = 206,010 \text{ N/mm}^2$$

A chaveta que sofrerá maior esforço será a do motor, uma vez que a informação de torque é tirada diretamente do eixo, ou seja, já está levando em conta as perdas do sistema. Como a profundidade do rasgo é de $t_1 = 1,3 \text{ mm}$ e a chaveta tem 5 mm de altura, sobra $3,7 \text{ mm}$ para o cubo, portanto a maior pressão será na com menor área que a do eixo de $1,3 \text{ mm}$, então para cálculo do comprimento pela tensão de compressão será usado $t_1 = 1,3 \text{ mm}$. A largura padronizada é $b = 8 \text{ mm}$. Ambos os eixos tem raio de $12,7 \text{ mm}$ e o torque transmitido é de 19660 N.mm .

Segue então o dimensionamento do comprimento da chaveta levando em consideração o esforço de cisalhamento.

$$l \geq \frac{FT}{\tau Adm * b}$$

$$l \geq \frac{19660/12,7}{123,606 * 8}$$

$$l \geq 1,565 \text{ mm}$$

Como a chaveta está sujeita a esforço de compressão, deve-se também encontrar o comprimento considerando o mesmo.

$$l \geq \frac{FT}{\sigma Adm * t_1}$$

$$l \geq \frac{19660/12,7}{206,01 * 1,3}$$

$$l \geq 5,78 \text{ mm}$$

Como pode notar realmente a área de compressão é a que exige maior resistência da chaveta exigindo uma chaveta $8 \times 5 \times 6$.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho alcançou seu objetivo geral de selecionar um sistema de sincronizador mais barato de ser produzido, haja vista que as hipóteses de simplificação foram possíveis sem afetar a transferência de potência transmitida. Os objetivos específicos também foram vencidos como parte para a obtenção do geral.

O dimensionamento da chaveta surpreendeu por seu comprimento abaixo de 10 mm, tal fato pode se dar pela escolha do material da chaveta que foi o SAE 1040 ao invés do comum SAE 1020 que tem propriedades inferiores. Também pode ter influenciado o diâmetro do eixo que reduz o momento fletor na chaveta.

Como os eixos possuem 25,4 mm e ainda vão receber as engrenagens cônicas, que para estas acrescenta-se o dobro do diâmetro do eixo e como o cubo sincronizador está localizado no centro do eixo motor, pode-se assumir que a chaveta no cubo estará entre 25,4 a 76,2 mm. Com isso pode-se assumir que a mesma estará superdimensionada prologando assim a vida útil do sistema.

O intuito é prosseguir com o dimensionamento dos outros componentes e fabricar um protótipo para validação e testes práticos aplicando-os em situações que a população que utiliza esse meio de locomoção é submetida.

Através de diálogos informais em portos com pessoas que possuem rabeta, foi observado que depois de ouvirem as vantagens que um reversor proporciona demonstraram interesse em saber mais a respeito, mas gostariam de ver na prática seu funcionamento, isso torna ainda mais conveniente à fabricação deste sistema no futuro.

E quanto à fabricação, ambos os itens abordados nesse projeto podem ser executados na oficina citada, incluindo as engrenagens cônicas de dentes retos.

A execução deste projeto foi satisfatória, pois foi possível ver a importância da engenharia aplicada a problemas e necessidades reais que muitas pessoas têm, mas às vezes não são vistas. Além de poder desenvolver alternativas que supram as necessidades, tentando sempre se encaixar a realidade de cada pessoa, para isso é importante se sensibilizar com o próximo e ser humilde, se atentando para o que realmente importa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A. A. A.; OKADA, E. K.; GOMES, L. C.; AMBRÓSIO, A. M.; SUZUKI, H. I. Reservatório de Itaipu: estatística de rendimento pesqueiro. Relatório Anual (2004). Maringá, 2005, v. 1, 307p.

AGROTAMA. Motor a Gasolina 15 HP Partida Elétrica - NMG150E - Nagano. 2019. Disponível em: <https://www.agrotama.com.br/produtos/motor-agasolina-15-hp-partida-eletrica-nmg150e/naganoNMG150E,58,166/?gclid=Cj0KCQjw7sDIBRC9ARIsADpDFrpnM_gPiH7rKswabtYxkFsdEV4qX9Kn147_xeh6y-OZRr4v6l3mAAaAuVEALw_wcB>. Acesso em: 9 abr. 2019.

ALVES, RENATA NUNES. Propulsão Elétrica de Navios [Rio de Janeiro] 2007.

BAIOTTO, JOSIER CASALI. Dimensionamento de um trem de engrenagens para multiplicador de velocidades. 2018. pag 31.

BATISTA, V. S.; ISAAC, V. J.; VIANA, J. P. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. (Org.). A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira. Manaus: IBAMA/ PROVÁRZEA, 2004. p. 63-152.

BOMBARCO. Conheça 4 tipos de motores. 2011. Disponível em: <<https://www.bombarco.com.br/comunidade/blog/meu-barco/conheca-4-tipos-demotores>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

BRUNETTI, Franco. Motores de Combustão Interna – Volume 1. – São Paulo: Blucher 2012.

CASER, Igor Neves; SERAPHIM, Sylvio Kaschner Costalonga. Projeto de caixa de redução de velocidade por correias sincronizadora para veículo BAJA SAE. Página 17.

CHIODELLI, Ronan Toledo. DIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES DE TRANSMISSÃO PARA UM PROTÓTIPO BAJA SAE. 2012. PAG 35.

CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto. EMBARCAÇÕES PESQUEIRAS DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE TUCURUÍ (PARÁ, BRASIL). Boletim Técnico Científico do Cepnor, [s.l.], v. 9, n. 1, p.81-93, 31 dez. 2009. Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. <http://dx.doi.org/10.17080/1676-5664/btcc.v9n1>.

DELGADO, Nelson; LARANJEIRAS, Jaderson. Apostila do motor. 2017. 38 f. Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. – São Paulo: Atlas, 2008.

JUVINAL, R. C., MARSHEK, K. M. Projeto de Componentes de Máquinas. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., 2008.

KIRTLAND, Dakota. 2014. University of Cincinnati Baja SAE Drivetrain. April 2014. College of Engineering and Applied Science University of Cincinnati.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos da metodologia científica. 5. ed. – São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, Eriksom Teixeira. Construção naval no Brasil - existem perspectivas. 1998.

LINS, Nadja Vanessa Miranda; RODRIGUES, L. R. Q.; BARREIROS, N. R.; MACHADO, W. V. Construção Naval no Amazonas: proposições para o mercado. 2009. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

MIRANDA, Hellen. Transporte fluvial de cargas e passageiros cresce no Amazonas. 2017. Disponível em: <<http://portalamazonia.com/noticias/transportefluvial-de-cargas-e-passageiros-cresce-no-amazonas>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

MORIM, Júlia. Ribeirinhos. Pesquisa Escolar Online, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 9 abr. 2019.

MOTA, Christian Alcântara. Variador Escalonado de velocidades com reversão para máquinas operatrizes. 2013.

NÁUTICA, Martinelli Pesca &. Motor de popa Yamaha 15 HP 2T. 2019. Disponível em: <https://www.martinellishop.com.br/motor_de_popa.php?id_prod=9761&p=/motor>. Acesso em: 9 abr. 2019.

NIEMANN, Gustav. Elementos de máquinas – vol. 2 © 1971 Editora Edgard Blucher Ltda. 15ª reimpressão – 2016

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA AMADORES, EMBARCAÇÕES DE ESPORTE E/OU RECREIO E PARA CADASTRAMENTO E FUNCIONAMENTO DAS MARINAS, CLUBES E ENTIDADES DESPORTIVAS NÁUTICAS. 2003.
<https://www.fsyachts.com.br/blog/motor-de-popa-ou-centro-rabeta-qual-o-melhor/>
- Publicado em 2 de agosto de 2018 Categorias Blog, Motores

RAMIREZ, Gilberto Parra. ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA CAJA DE 4 VELOCIDADES. Universidad industrial de Santander. 2014

LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. Ed. 5. São Paulo: Atlas, 2007.

Pinheiro, Taís Paiva Obtenção de Torque e Empuxo de Propulsores através do Uso de Sistema de Medição de Eixo por Telemetria/ Taís Paiva Pinheiro. - Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

BENTO, Wesley Giovanella. ANÁLISE EXPERIMENTAL DO SISTEMA PROPULSOR APLICADO A UM MODELO DE UM REBOCADOR EM ESCALA REDUZIDA. Curso de graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 29 de novembro de 2017.

SHIMOMOTO, Eric Kido. DIMENSIONAMENTO DE UM PAR DE ENGRENAGENS PARA CAIXA DE MARCHA DE UM VEÍCULO POPULAR BRASILEIRO FABRICADA COM O USO DA METALURGIA DO PÓ/ Eric Kido Shimomoto. – Manaus - AM, 201681 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.