

DESENVOLVIMENTO DE UM NAUTIMODELO DO TIPO REBOCADOR PORTUÁRIO - IMPACTO NO ENSINO DA ENGENHARIA

Cruz, N. M. ⁽¹⁾ (ndmc.gen21@uea.edu.br), Neto, J.E. ⁽²⁾ (jneto@uea.edu.br), Melo, P. H. A. ⁽¹⁾ (phadm.gen19@uea.edu.br), Del Campo, E. R. B. ⁽²⁾ (ecampo@uea.edu.br), Perez, J. R. H. ⁽¹⁾ (jrperez@uea.edu.br)

⁽¹⁾ Universidade do Estado do Amazonas - UEA; Departamento Engenharia Naval

⁽²⁾ Universidade do Estado do Amazonas - UEA; Departamento Engenharia Mecânica

RESUMO: *O ensino da engenharia é essencial para capacitar profissionais capazes de enfrentar os desafios da atualidade. Para a formação de engenheiros competentes e inovadores, é crucial que os estudantes compreendam a importância prática e teórica de conceitos aprendidos em sala de aula. No contexto de construção de rebocadores em escala reduzida, entendeu-se a complexidade e dinamismo exigido para a realização da atividade. Os estudantes têm a oportunidade de aplicar os princípios científicos e de engenharia aprendidos em sala de aula, aplicando-a na identificação de problemas, estabelecendo objetivos, realizando revisões bibliográficas, desenvolvendo a metodologia do projeto, projetando e construindo o rebocador. Esse projeto avalia a originalidade e a inovação, incentivando soluções criativas e superando obstáculos específicos, o que promove não apenas o desenvolvimento de competências técnicas, mas também o desenvolvimento pessoal e profissional dos envolvidos. Ao final, comparando os resultados com os objetivos definidos, percebe-se total satisfação no desenvolvimento de projeção e construção de projeto.*

PALAVRAS-CHAVE: REBOCADOR, INOVAÇÃO, ENGENHARIA, PRÁTICA, PROJETO.

DEVELOPMENT OF A PORT TUGBOAT NAUTICAL MODEL - IMPACT ON ENGINEERING EDUCATION

ABSTRACT: *Engineering education is essential for preparing professionals to tackle current challenges. To train competent and innovative engineers, it is crucial for students to understand the practical and theoretical importance of the concepts learned in the classroom. In the context of building scaled-down tugboats, the complexity and dynamism required for the activity are recognized. Students have the opportunity to apply the scientific and engineering principles learned in class by identifying problems, setting objectives, conducting literature reviews, developing project methodologies, designing, and constructing the tugboat. This project evaluates originality and innovation, encouraging creative solutions and overcoming specific obstacles, which fosters not only technical skills but also personal and professional development. Ultimately, by comparing the results with the defined objectives, there is a clear satisfaction in the project's design and construction.*

KEYWORDS: TUGBOAT, INNOVATION, ENGINEERING, PRACTICE, PROJECT.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de engenharia é crucial para preparar profissionais que enfrentam os desafios do mundo atual. Entender a importância prática e teórica dos conceitos estudados é fundamental para formar engenheiros competentes e inovadores. Uma abordagem eficaz nesse contexto é a Aprendizagem Baseada em Problema (ABP) permitindo que os alunos apliquem conhecimentos teóricos em cenários reais, estimulando o desenvolvimento de habilidades críticas como resolução de problemas. Nesse sentido, construir uma embarcação em escala reduzida do tipo rebocador portuário pode ser uma excelente forma de reforçar o aprendizado, permitindo que os alunos apliquem na prática o que aprenderam em sala de aula.

Essa abordagem oferece muitos benefícios aos estudantes: eles podem aplicar conhecimentos teóricos em um projeto real, desenvolver habilidades técnicas e profissionais, e estimular o pensamento crítico e a inovação. Adicionalmente, a integração das disciplinas de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) tem se mostrado essencial na formação de engenheiros capacitados para resolver problemas interdisciplinares, promovendo o aprendizado mais profundo e significativo. No final, essa prática ajuda a formar engenheiros bem preparados para os desafios da indústria e a avançar tecnologicamente para o benefício da sociedade.

1.2. OBJETIVOS

Explorar a relação entre teoria e prática é fundamental no ensino de engenharia. Construir um rebocador em escala reduzida permite que os alunos apliquem conceitos teóricos de hidrodinâmica, mecânica dos fluidos, elétrica, arquitetura naval, eletrônica e resistência de materiais em um projeto real. Esse tipo de projeto oferece uma visão clara de como os princípios científicos e de engenharia são usados na prática para criar uma embarcação.

A interdisciplinaridade do projeto enriquece o desenvolvimento pessoal e profissional dos alunos, oferecendo-lhes o primeiro contato com termos técnicos, ferramentas e até mesmo com a gestão de equipes em busca de um objetivo comum. Enfrentar os desafios da construção estimula o pensamento crítico e a resolução de problemas, incentivando os alunos a buscar soluções criativas e a lidar com a complexidade e a incerteza do trabalho de engenharia. Promover a colaboração e o trabalho em equipe é essencial para o sucesso do projeto e para o aprendizado mútuo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS,

METODOLOGIA

A metodologia do projeto é baseada no uso da Espiral de Evans, conceito voltado para aprendizagem ativa, verificando o problema, explorando soluções iniciais, pesquisa, estudo, análise, revisão, síntese e aplicação. Para implementação dentro do projeto, foi necessário adotar subespirais em diferentes áreas do projeto, a fim de permitir que cada setor realizasse as atividades de maneira mais completa, obtendo resultados mais precisos em diferentes segmentos do estudo.

Figura 1. Espiral de Evans.



ANÁLISE HIDROSTÁTICA - Dimensões da embarcação

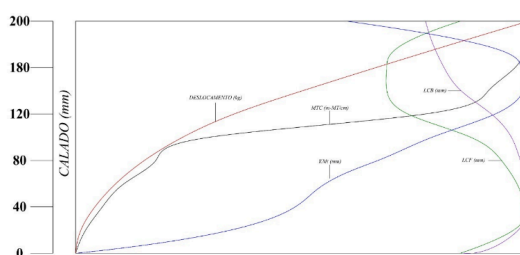
As dimensões principais do rebocador podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões Principais do Modelo

Comprimento (mm)	1050
Boca máxima (mm)	350
Borda livre mínima (mm)	18,56
Borda Livre (mm)	75
Calado (mm)	150
Deslocamento (kg)	23,4
Volume submerso(m³)	0,0234
GM (mm)	106,925

Foi realizado o desenho do plano de linhas no AutoCAD, com o qual foi construída a tabela de cotas, destacando as medidas das meias bocas (half breadth). Com esses dados, foram inseridos os pontos de controle no software HECSALV para obter as curvas Hidrostáticas, de Bonjean e Cruzadas.

Figura 2. Curvas Hidrostáticas



Fonte: Autoria Própria, 2024.

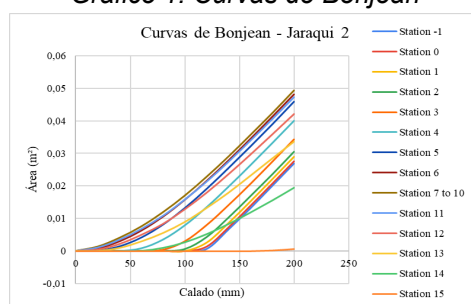
Com base nas curvas obtidas, foi possível identificar as condições de operação do nautimodelo e, conseqüentemente, determinar os coeficientes de forma conforme descrito no livro “Introduction to Naval Architecture”.

Tabela 2. Coeficiente de forma

Coeficiente de Forma	
Cb	0,433
Cm	0,630
Cp	0,686
Cwp	0,855

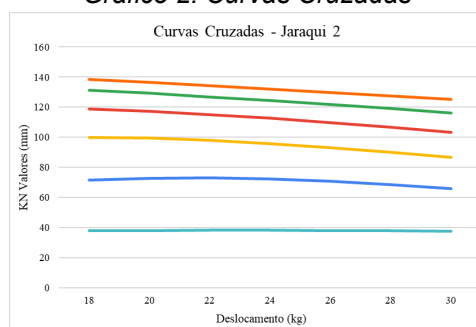
Fonte: Autoria Própria, 2024.

Gráfico 1. Curvas de Bonjean



Fonte: Autoria Própria, 2024

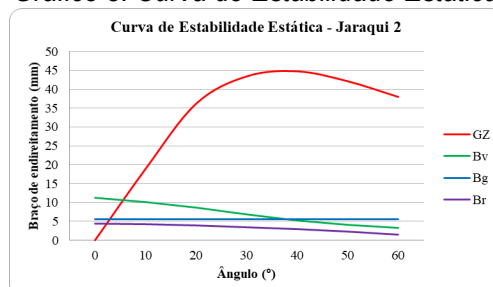
Gráfico 2. Curvas Cruzadas



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Com o centro de gravidade e os valores de KMt em mãos, calculou-se a altura metacêntrica, confirmando a estabilidade inicial da embarcação. As curvas cruzadas permitiram obter a curva de estabilidade estática, considerando os requisitos da NORMAM 202/DPC Capítulo 6, incluindo os braços de emborcamento devido à ação do vento, guinada e reboque, previstos para esse tipo de embarcação.

Gráfico 3. Curva de Estabilidade Estática

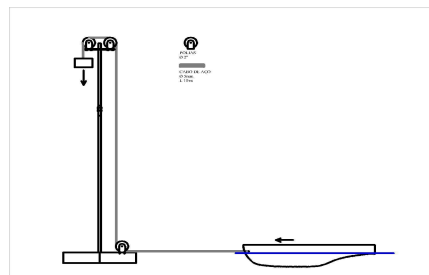


Fonte: Autoria Própria, 2024.

ANÁLISE HIDRODINÂMICA

Para estimar a resistência ao avanço, foi utilizado um contrapeso que, ao ser solto do topo da estrutura, simula o empuxo gerado pelo hélice.

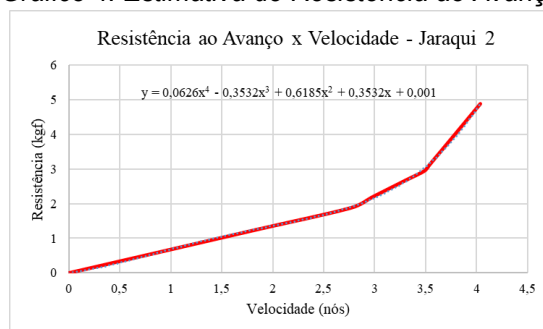
Figura 3. Esquemático do experimento.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

A metodologia consistiu em cronometrar o tempo de queda para três pesos diferentes, com cinco medições cada. Dessa forma, a resistência ao avanço foi estimada analogamente à força de atrito calculada em dinâmica de corpos rígidos.

Gráfico 4. Estimativa de Resistência ao Avanço

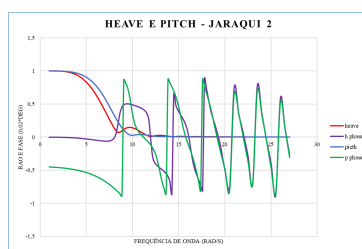


Fonte: Autoria Própria, 2024.

COMPORTAMENTO NA ÁGUA

Foi necessário obter dois parâmetros: o operador de amplitude de respostas, utilizando o Maxsurf Motions, e o espectro de ondas. Este último foi montado com quatro sensores giroscópios em uma região portuária, medindo as amplitudes de oscilações a cada meio segundo. Os dados foram tratados utilizando a teoria linear de ondas, usando o princípio da superposição de ondas, e gerado o espectro do Rio Amazonas através da Transformada de Fourier, permitindo a análise do espectro de resposta do movimento e o comportamento do modelo na área projetada.

Gráfico 5. RAO e Fase



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Gráfico 6. Resposta de Movimento no Rio Amazonas



Fonte: Autoria Própria, 2024.

ANÁLISE ESTRUTURAL

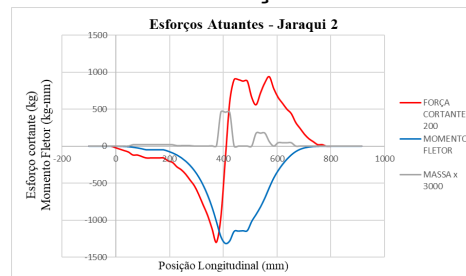
Através do estudo de distribuição de pesos na embarcação, é elaborada a tabela de pesos e centros, considerando o peso do casco e todos os componentes. Isso permite calcular as coordenadas do centro de gravidade, obtendo-se VCG e LCG, e visualizar todas as cargas atuantes.

Tabela 3: Pesos e Centros

ITEM	Peso (kg)	LCG(mm)	VCG(mm)
Lightship	14	390	115
MOTOR	2	550	70
BATERIA	1,8	560	30
EIXOS	0,5	260	164
ENGRENAGENS	1	400	130
SERVO	0,025	50	75
PROPULSORES	0,6	0	-6
CASARIA	1,5	700	300
LASTRO	2	570	30
Total Loadcase	23,4	438,9	112,4

Com o software Maxsurf Stability, é possível calcular essas cargas e a distribuição de empuxo. Utilizando a teoria viga-navio, determinam-se o momento fletor e o esforço cortante, garantindo uma análise completa da distribuição longitudinal de esforços na embarcação.

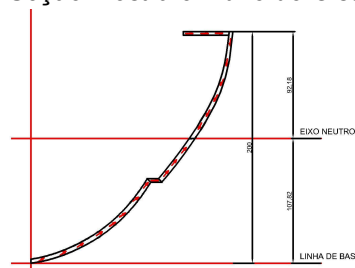
Gráfico 7. Esforços Atuantes



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Para verificar se a estrutura da embarcação suporta todas as cargas, é realizado o cálculo do módulo de seção mestra, obtendo os valores geométricos de área, altura do eixo neutro e 2º momento de inércia.

Figura 4. Seção Mestra e Fluxo de Cisalhamento



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Com os valores calculados, determinamos o módulo de seção para quilha e convés. Do gráfico de momento fletor, obtemos o momento máximo para calcular a tensão de flexão máxima no casco e compará-la com o gráfico de tensão vs. deformação do material, garantindo o fator de segurança necessário. Estudos de fluxo de cisalhamento permitem calcular a tensão máxima de cisalhamento atuante, considerando a força de maior módulo entre os esforços cortantes na linha do eixo neutro.

Tabela 4. Tensões Calculadas

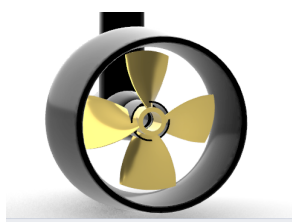
Momento fletor máximo(N-m)	12,89721
Força cortante máxima(N)	63,795
SM(cm ² -m)	0,677
Tensão de flexão (kPa)	190,5053
Tensão de cisalhamento (kPa)	233,9955

Fonte: Autoria Própria, 2024.

PROPULSÃO

Em criteriosa análise de sistemas propulsivos utilizados em embarcações em escala real de alto carregamento, verifica-se que a série sistemática Kaplan com dutos é a que melhor garante desempenho dessas atividades. Além da escolha do sistema propulsivo bihélice, que garante melhor manobrabilidade e estabilidade à embarcação.

Figura 5. Hélice Kaplan e Tubo Kort N 37



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Segundo Padovezi, os hélices em dutos apresentam maiores eficiências em água aberta, o que é explicado pela contribuição do empuxo resultante nos dutos, possibilitando principalmente maiores empuxos em baixos coeficientes de avanço, garantindo bom desempenho em tração estática.

Para escolha do hélice a ser utilizado, foram analisadas diferentes condições, sendo a com maior relevância, a condição de coeficiente de avanço igual a zero. Os dados de entrada utilizados foram os dados do motor, as caixas de redução pré-definida (2:1, 0.45:1, 0.5:1), o diâmetro do hélice sendo esse definido pelo máximo perímetro também determinado em edital.

Figura 6. Modelagem do hélice



Fonte: Autoria Própria, 2024.

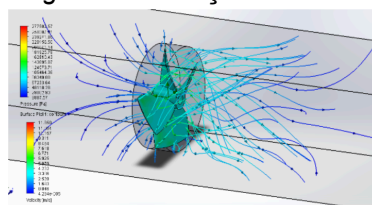
Diante aos dados obtidos, foi necessária a modelagem do hélice ideal para a condição de bollard pull ($J=0$), realizada no *HydroComp*, *PropCad* e *SolidWorks*. Os parâmetros apresentados podem ser visualizados na tabela a seguir:

Tabela 5. Parâmetros para a Modelagem do Hélice Fonte: Autoria Própria, 2024.

Número de pás	Passo (mm)	Área expandida
2 – 4	100 – 120	0,7 e 0,75

Para obtenção do comportamento do hélice em contato com o fluido em escoamento laminar e turbulento, foi utilizada a ferramenta *FlowSimulation* disponibilizada no *SolidWorks*, para verificação dos parâmetros de pressão e velocidade. Além disso, foi utilizado um sistema de vazão para melhor precisão dos hélices modelados e analisados no software

Figura 7 Simulação do hélice



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Após a obtenção dos dados, os hélices com maiores níveis de pressão e níveis de cavitação aceitáveis foram verificados pelo Diagrama de Burril. Os resultados obtidos podem ser visualizados na tabela a seguir:

Tabela 6. Modelos Ideais

Modelo	Nº de pás	Diferença de pressão
1	2	2216 Pa
2	3	3512 Pa
3	4	3244 Pa

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Combinado ao estudo do hélice para a condição de bollard pull, foram realizadas modelagem para as outras condições, para essas, foram analisadas criteriosamente condições de números de pás, passo e área expandida para diferentes perfis hidrofólios.

Para melhor atender aos resultados esperados na condição de bollard pull a tração a ré, foi necessária modelagem do Tubo Kort no perfil Kaplan 37, com diâmetro 0,7% maior que o diâmetro dos hélices, possibilitando o escoamento do fluido.

A fim de garantir melhor manobrabilidade, verificamos as inovações usuais de grande impacto em rebocadores, sendo o sistema azimuthal o mais aplicável que oferece melhor desempenho e eficiência da potência do motor.

Ele consiste em unidades de propulsão que podem girar horizontalmente em torno de seu próprio eixo. Essa capacidade de movimentação independente é especialmente útil, pois a mesma potência de vante pode ser utilizada sem grandes perdas de eficiência na potência de ré. Ele também oferece a vantagem adicional de permitir que a embarcação se mova lateralmente.

A modelagem do azimuthal foi realizada a fim de que o escoamento do mesmo fosse semelhante ao de um perfil hidrofólio, melhorando os fatores de escoamento de pressão e de velocidade. Essa escolha garantiu uma solução de propulsão eficiente, altamente manobrável e perfeitamente integrada ao projeto do casco da embarcação.

Figura 8. Sistema propulsivo azimuthal



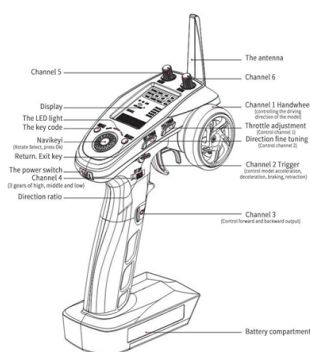
Fonte: Autoria Própria, 2024.

SISTEMAS ELETRÔNICO EMBARCADO

O sistema eletrônico embarcado presente no rebocador é composto por componentes elétricos estabelecidos pelo edital e por controladores escolhidos pelos projetistas. O sistema é formado por ESC, controle de radiofrequência, bateria e servo motor, os modelos escolhidos foram:

- ESC Hobbywing QuicRun 1080, É um controlador eletrônico de velocidade de fácil configuração, com modos de avante, ré, à prova d 'água;
- Controle de rádio frequência 2.4 Ghz FlySky FS-GT5, com o canal 1 configurado para controlar o servo motor e o canal 2 para o propulsor;

Figura 9. Ilustração do controle



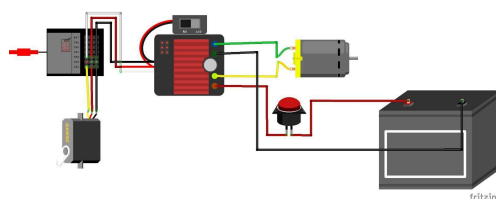
Fonte: Manual de instruções, 2024

- Bateria deepcycle de chumbo selada 12V;
- Servo motor MG995 180° High speed: servo motor escolhido para realizar o movimento do sistema azimutal do rebocador;
- Sensor MPU-6050 (Telemetria): Sensor Giroscópio / Acelerômetro/Velocidade utilizado para testes de telemetria;

MOTOR ELÉTRICO

Para o deslocamento do rebocador é utilizado o motor solicitado pela competição: IMOBRA 101410212 de 12 V, projetado para funcionar tanto em corrente contínua com até 28A, com uma potência de até 240W.

Figura 10. Ilustração do Sistema Embarcado

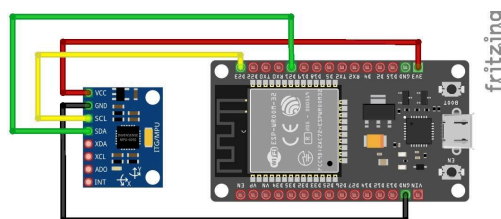


Fonte: Autoria Própria, 2024.

TELEMETRIA

- O principal sistema de telemetria utilizado para a temporada foi um sistema para a obtenção do RAO (operador de amplitude de respostas), através de quatro sensores giroscópios (MPU-6050) ligados a uma ESP cada um, eles foram fixados em boias e posicionados ao longo do Rio Amazonas. As ESPs foram responsáveis por enviar os dados recebidos para uma planilha e posteriormente foram analisados pelo setor de Naval.

Figura 11. Ilustração do Sistema de Telemetria



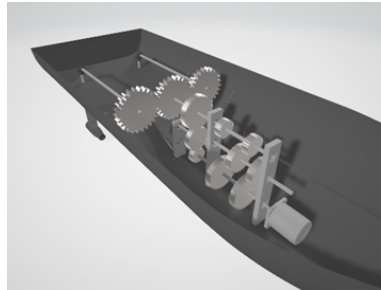
Fonte: Autoria Própria, 2024.

- O sistema de ESP e sensor MPU-6050 também foi utilizado para medir a velocidade da embarcação para que fosse possível a realização do teste de vazão. Segundo o princípio fundamental da mecânica dos fluidos, é possível verificar a vazão de uma embarcação através do produto entre a velocidade e a seção transversal da hélice.

SISTEMA MECÂNICOS

Para o projeto do sistema de transmissão deu-se preferência por um mecanismo de múltiplas velocidades na caixa de marcha, a fim de contemplar as diferentes necessidades das provas existentes na competição, visto que em determinadas ocasiões o torque ou a velocidade seriam mais adequados. Além disso, a simplicidade do sistema e a facilidade na troca das relações de redução/ampliação também foi levado em consideração.

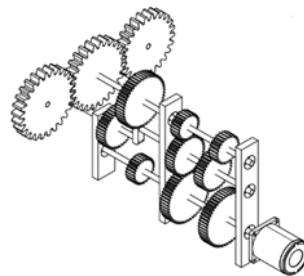
Figura 12. Sistema de transmissão



Fonte: Autoria Própria, 2024

O conjunto de engrenagens no eixo inferior da 1ª caixa de transmissão está fixo ao mancal e acoplado ao motor, o conjunto intermediário é móvel e a partir dele pode-se escolher as relações de transmissão, suas engrenagens possuem rolamentos em seus furos. Já o eixo superior da 1ª caixa de marcha é responsável por transmitir movimento para a 2ª caixa de transmissão.

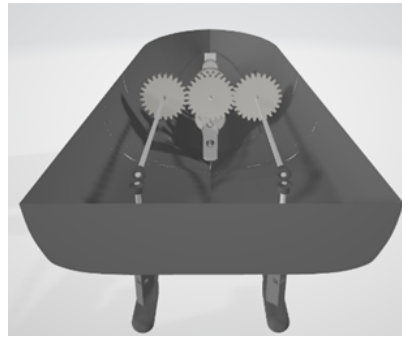
Figura 13. 1ª e 2ª caixa de transmissão



Fonte: Autoria Própria, 2024

A 2ª caixa de transmissão fornece rotação para a 3ª caixa de transmissão que leva movimento para o azimuthal, de acordo com a figura abaixo.

Figura 14. 2ª e 3ª caixa de transmissão



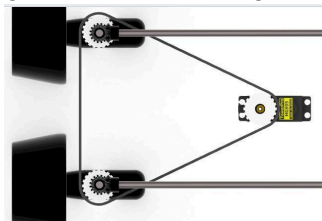
Fonte: Autoria Própria, 2024

A partir da escolha e engate manual do trio de engrenagens para determinada situação melhores condições de velocidade e torque são obtidas. Para reduzir vibrações e ruídos foram incluídos também novos mancais para o sistema de transmissão, o material utilizado foi o acrílico.

SISTEMA DE GOVERNO

O sistema de governo do rebocador é controlado através do servo motor, que é interligado pelo sistema de polias com o sistema propulsivo para que se reproduza o movimento executado pelo controlador.

Figura 15. Sistema de governo

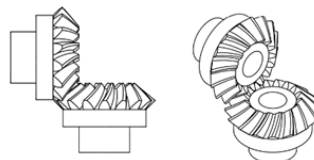


Fonte: Autoria Própria, 2024

DIMENSIONAMENTO

O sistema utiliza engrenagens de dentes retos na 1ª e 2ª caixa para transmitir movimento. A escolha delas se baseou em sua elevada eficiência, podendo chegar a 99% quando ligadas par a par, além da facilidade de manufatura e montagem pela geometria simples e custo-benefício de acordo com Collins (2006). Já na transmissão da 3ª caixa para o azimuthal optou-se por engrenagens cônicas helicoidais, com ângulo de saída de 20°.

Figura 16. Engrenagens cônicas helicoidais



Fonte: Autoria Própria, 2024

Todas as engrenagens do projeto e sistema de transmissão foram modeladas por meio do Software Autodesk Inventor®.

Tabela 7. Dimensões das Engrenagens da 1ª caixa

Engrenagens	Dentes	Diâmetro (mm)
1 (0,45:1)	24	57,9
2 (0,45:1)	36	77,3
3 (0,45:1)	54	111,9
4 (0,5:1)	26	54
5 (0,5:1)	39	82
6 (0,5:1)	52	108
7 (2:1)	52	108
8 (2:1)	39	82
9 (2:1)	26	54

Fonte: Autoria Própria, 2024

Tabela 8. Dimensões das Engrenagens da 2ª caixa

Engrenagens	Dentes	Diâmetro (mm)
1	26	99,5
2	25	94,5
3	25	94,5

Fonte: Autoria Própria, 2024

Tabela 9. Dimensões das Engrenagens da 3ª caixa (Engrenagens cônicas helicoidais)

Engrenagens	Dentes	Diâm. (mm)	Ângulo
1	16	23,9	20°

Fonte: Autoria Própria, 2024

As relações de transmissão são dadas de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 10. Dimensões das Engrenagens da 2ª caixa

Ampliação	Ampliação	Redução
0,5	0,45	2

Fonte: Autoria Própria, 2024

3. RESULTADOS,

Os resultados do projeto foram confirmados ao participar da competição de nautimodelismo DUNA (Desafio Universitário de Nautidesign), organizada pela UFSC em Joinville, Santa Catarina. Nesta competição, que reúne equipes de várias universidades do Brasil, os principais parâmetros da embarcação foram baseados no edital, incluindo tipo de motor, bateria e outros componentes. A DUNA inclui provas que avaliam os rebocadores em escala reduzida, como força, bollard pull, velocidade e manobrabilidade. As embarcações projetadas pela equipe destacam-se anualmente em sua execução nas

provas de força, manobrabilidade e bollard pull, que são características principais de rebocadores.

Através da metodologia de projeto executada, pode-se destacar a aquisição de habilidades dos membros devido às diferentes situações em que o projeto precisou enfrentar, desde o seu planejamento até os resultados finais dos nautimodelos, focando principalmente na precisão e otimização de tarefas. Observou-se também que os membros tornaram-se mais rápidos na execução de tarefas, além de melhor comunicação e também melhor conhecimento em diferentes áreas do projeto, tornando-os engenheiros preparados para a indústria.

4. CONCLUSÕES,

A equipe demonstrou habilidade ao aplicar as teorias aprendidas ao longo dos estudos no projeto, dedicando-se intensamente ao desenvolvimento do nautimodelo. Com um foco claro em aprimoramentos e soluções práticas, o projeto seguiu rigorosamente as diretrizes do edital da competição. A trajetória envolveu várias iterações e um desenvolvimento meticuloso em busca das metas estabelecidas.

A autossuficiência dos membros da equipe, que abrangia desde a construção da parte mecânica até a otimização de engrenagens e eixos, exemplifica a dedicação e o desejo de aprendizado coletivo. A experiência adquirida durante a construção da embarcação foi profundamente enriquecedora, impactando positivamente cada membro. Essa vivência aprimorou a capacidade de resolver problemas, a gestão de projetos e de pessoas, e contribuiu para um pensamento lógico mais refinado.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

American Bureau of Shipping (ABS) – “American Bureau of Shipping. Hull Construction and Equipment. Rules for Building and Classing - Steel Vessels, Part 3, February 2016”, – Fevereiro de 2016

BALFOUR, John; SHAW, Michael; NASH, Nicole Bremer. Introdução ao projeto de Sistema Fotovoltaicos. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 248 p.

BOYLESTAD, Robert L. Introdução à Análise de Circuitos. 10. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

CIPOLLA, G. Desenvolvimento de uma caixa de redução para veículo Baja SAE. 2015. 56f Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Cruz, LV da, C. J. M. Santos, and M. E. Souza. "CRIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE MODELOS DE PROCESSOS EM INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO NAVAL PARA EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE." (2015).

FONSECA, M. Arte Naval. 7 Edição. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2005.

HIRATA, K. Hidrodinâmica de embarcações fluviais. São Paulo: Escola Politécnica, s.d.

KALOGIROU, Soteris A. Engenharia de Energia Solar: Processos e Sistemas. 2. Ed. Rio de Janeiro:

Elsevier, 2016. 864 p. NORTON, R. L. Projetos de máquinas: Uma abordagem integrada. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LAMB, J. A practical approach to rudder design. Shipbuilding and shipping record. 14 September 1961.

PADOVEZI, C. D. Aplicação de resultados de escala real no projeto de hélices de embarcações fluviais. 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PADOVEZI, C.D. A importância do projeto hidrodinâmico. Engenheiro Naval, Doutor, Diretor do Centro de Engenharia Naval e Oceânica do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2008.

PEREIRA, S.E. Estabilidade para Embarcações Mercantes. Rio de Janeiro, 2011.

SADIKU, Matthew N. O.; ALEXANDER, Charles K. Fundamentos de Circuitos Elétricos. 5. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

SALES, J. J. Arquitetura Naval e Estabilidade. 1. Ed. Diretoria de Portos e Costas: Belém, 2009.

STEVAN JUNIOR, Sergio Luiz; SILVA, Rodrigo Adamshuk. Automação e Instrumentação Industrial com Arduino: Teorias e Projetos. Érica, 2016. 296 p.

VUOLO, José Henrique. Fundamentos da Teoria de Erros, 2 Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1996.