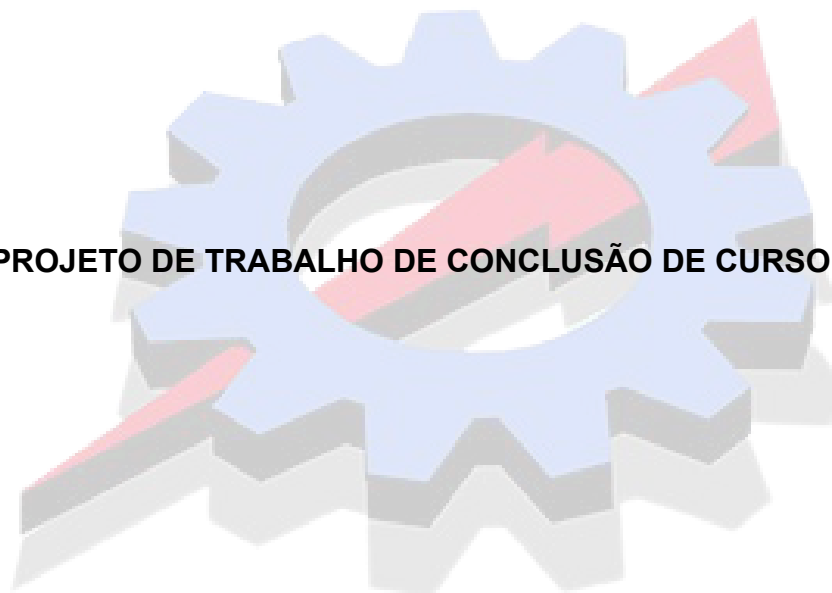


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA

PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO



**GUINDASTE COM CONTRAPESO AUTOMÁTICO PARA PEQUENAS
EMBARCAÇÕES**

GCAPE

GUILHERME BORGES FOLLETO

LOHAN ARAÚJO DE LACERDA

MARIA LUISA LONGONI

SÃO LEOPOLDO

2025

GUILHERME BORGES FOLLETO
LOHAN ARAÚJO DE LACERDA
MARIA LUISA LONGONI

Guindaste com Contrapeso Automático para Pequenas Embarcações
GCAPE

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletromecânica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do professor Adriano dos Santos e coorientação da professora Linamir Rodrigues Rosa.

São Leopoldo
2025

RESUMO

O presente projeto propõe o desenvolvimento de um protótipo de guindaste embarcado com contrapeso automático destinado a embarcações de pequeno porte utilizadas em pesquisas científicas. O motivo da proposta decorre das limitações observadas em instituições acadêmicas e governamentais que operam barcos reduzidos, os quais enfrentam dificuldades na movimentação de cargas pesadas e riscos de adernamento devido à má distribuição de peso. O sistema projetado integra um guindaste a um mecanismo de contrapeso dinâmico, cujo funcionamento é controlado por microcontrolador Arduino Uno R3, sensores de inclinação MPU-6050, motores de passo e atuadores auxiliares. Essa configuração permite monitorar continuamente a inclinação da embarcação e ajustar em tempo real a posição do contrapeso, equilibrando o centro de gravidade e aumentando a precisão no posicionamento das cargas. A metodologia contempla pesquisa aplicada de caráter experimental, envolvendo levantamento bibliográfico, modelagem mecânica e elétrica, montagem de protótipo e realização de testes em condições simuladas de operação. Espera-se validar a viabilidade técnica e econômica do sistema, demonstrando sua capacidade de melhorar a estabilidade da embarcação, reduzir riscos de acidentes e ampliar a segurança e eficiência das operações de içamento. Além disso, o trabalho busca oferecer uma solução de baixo custo, compacta e de fácil implementação, acessível a instituições de ensino e pesquisa que utilizam embarcações de pequeno porte.

Palavras-chave: guindaste embarcado; contrapeso automático; Arduino; estabilidade de embarcações; automação naval.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arduino Uno R3	22
Figura 2 – Sensor MPU-6050	23
Figura 3 – Motor de passo 28BYJ-48 + Driver ULN2003	24
Figura 4 – Fonte chaveada 12V 10A	25
Figura 5 – Potenciômetro 10k	26
Figura 6 – Botão tátil KFC-A06 – 6x6x7mm – 4T – 180°	27
Figura 7 – Esquema elétrico do sistema GCAPE (página 01)	31
Figura 8 – Esquema elétrico do sistema GCAPE (página 02)	32
Figura 9 – Esquema mecânico do projeto GCAPE (visão geral)	34
Figura 10 – Esquema mecânico do projeto GCAPE (vista superior)	35
Figura 11 – Esquema mecânico do projeto GCAPE	36
Figura 12 – Esquema mecânico do projeto GCAPE (instalação)	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estado da Arte	13
Tabela 2 – Cronograma de execução do projeto GCAPE	35
Tabela 3 – Recursos utilizados no desenvolvimento do protótipo GCAPE	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GCAPE	Guindaste com Contrapeso Automático para Pequenas Embarcações
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
NR	Norma Regulamentadora
NBR	Norma Brasileira Registrada
p.	Página
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USB	Universal Serial Bus

LISTA DE SÍMBOLOS

CE – centro de empuxo

CG – centro de gravidade

f – frequência (Hz)

g – aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Hz – hertz (unidade de frequência)

I²C – protocolo de comunicação serial Inter-Integrated Circuit

M – momento restaurador ($\text{N}\cdot\text{m}$)

N – newton (unidade de força)

RPM – rotações por minuto (velocidade de motores)

ρ (rho) – densidade do fluido (kg/m^3)

θ (teta) – ângulo de inclinação (graus ou radianos)

V – volume de fluido deslocado (m^3)

W – watt (unidade de potência)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO.....	10
1.2 PROBLEMA.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.3.1 Objetivo Geral.....	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
1.4 JUSTIFICATIVA.....	11
2 ESTADO DA ARTE.....	12
2.1 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO DE UM SISTEMA ANTI-HEELING PARA NAVIOS DE CARGA.....	12
2.2 PROJETO DE GUINDASTE ARTICULADO PARA OPERAÇÕES EM REGIÃO PORTUÁRIA.....	13
2.3 IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE EM UM GUINDASTE UTILIZANDO HIDRÁULICA DIGITAL.....	13
2.4 O QUE DIFERENCIA O GCAPE DOS DEMAIS TRABALHOS?.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1 ESTABILIDADE DE EMBARCAÇÕES.....	14
3.1.1 Empuxo.....	14
3.1.2 Centro de Massa.....	15
3.2 SISTEMA DE GUINDASTE EMBARCADO.....	16
3.3 SISTEMA DE CONTRAPESO DINÂMICO.....	16
3.4 COMPONENTES DO PROTÓTIPO.....	17
3.4.1 Arduino Uno.....	17
3.4.2 Sensor MPU-6050.....	18
3.4.3 Motor de passo com driver ULN2003.....	18
3.4.4 Fonte 12V ou bateria embarcada.....	19
3.4.5 Potenciômetro.....	20
3.4.6 Botão de Comando.....	21
3.5 AUTOMAÇÃO EMBARCADA COM ARDUINO.....	22
3.6 NORMAS REGULAMENTADORAS (NR).....	23
3.6.1 Norma Regulamentadora nº 30 (NR-30).....	23
3.6.2 Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12).....	23
4 METODOLOGIA.....	25
4.1 TIPO DE PESQUISA.....	25
4.2 ENTREVISTA.....	25
4.3 FUNÇÃO DOS COMPONENTES.....	26
4.3.1 Arduino Uno R3.....	26
4.3.2 Sensor MPU-6050.....	26
4.3.3 Motor de Passo (M1) com Driver ULN2003.....	26
4.3.4 Motor de Passo (M2) com Driver ULN2003.....	26

4.3.5 Servo Motor.....	26
4.3.6 Potenciômetro RPOTSERVO.....	26
4.3.7 Potenciômetro RPOTM12.....	27
4.3.8 Botão de Comando.....	27
4.3.9 Fonte 12 V ou Bateria Embarcada.....	27
4.3.10 Drivers de Potência (UDRIVER_01 e UDRIVER_02).....	27
4.4 ESQUEMA ELÉTRICO.....	27
4.5 ESQUEMA MECÂNICO.....	29
4.6 PROGRAMAÇÃO.....	31
5 CRONOGRAMA.....	32
6 RECURSOS.....	33
7 RESULTADOS PARCIAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	36
ANEXOS.....	38
ANEXO A - ENTREVISTA REALIZADA COM OS PROFESSORES E TÉCNICOS DO INSTITUTO DE PESQUISA HIDRÁULICA (IPH).....	38
ANEXO B - SEGURANÇA NA MANUTENÇÃO EM EMBARCAÇÃO DE OPERAÇÃO, ITEM 30.14.2.....	39

1 INTRODUÇÃO

Os barcos de pesquisa são embarcações projetadas especificamente para a realização de estudos e coletas de dados em diferentes ambientes aquáticos, desde alto-mar até águas interiores. Essas embarcações são equipadas com diversos dispositivos para auxiliar nas atividades científicas, como sonares e instrumentos de coleta de amostras. A quantidade e o tipo de equipamentos variam conforme o porte e a finalidade da embarcação. Entretanto, em barcos de pequeno porte, frequentemente utilizados por universidades, como o Instituto de Pesquisa Hidráulica (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e por instituições governamentais, observa-se a limitação na capacidade de içar e posicionar instrumentos pesados com precisão. Esse fator, aliado à má distribuição de peso a bordo, pode comprometer a estabilidade e aumentar o risco de adernamento.

O objetivo central deste projeto é desenvolver uma solução capaz de içar e posicionar cargas pesadas sem comprometer a estabilidade da embarcação, garantindo maior segurança, precisão e eficiência operacional, com custo reduzido. Para atingir esse objetivo, propõe-se um guindaste embarcado acoplado a um sistema de contrapeso automático, capaz de ajustar o centro de gravidade da embarcação em tempo real e de aumentar a precisão no posicionamento das cargas, mesmo durante operações em alto-mar.

O protótipo será dimensionado de acordo com a capacidade estrutural da embarcação e contará com um guindaste e um contrapeso móvel posicionado no lado oposto à carga. O movimento do contrapeso será controlado por um sistema automatizado baseado em microcontrolador Arduino, que irá monitorar a inclinação e ajustará a posição do peso, aumentando ou reduzindo sua distância em relação ao centro do barco, garantindo assim o equilíbrio e a precisão nas operações de içamento e lançamento.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Desenvolvimento de um sistema de contrapeso automatizado, controlado por microcontrolador Arduino, destinado à estabilização de embarcações de pequeno porte e à melhoria da precisão no posicionamento durante operações de içamento ou lançamento de cargas na água.

1.2 PROBLEMA

É possível desenvolver um sistema automatizado de contrapeso que ajuda na estabilização e aumenta a precisão de barcos de pesquisa durante as manobras de içamento ou lançamento de cargas pesadas, tendo em vista garantir segurança e economia?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de içamento para guindaste com contrapeso automatizado para embarcações de pesquisa.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Projetar um sistema de içamento com guindaste compatível com embarcações de pequeno porte.
- Desenvolver um mecanismo eletromecânico de contrapeso automático capaz de ajustar-se dinamicamente à carga içada.
- Implementar um sistema de controle automatizado utilizando arduino para monitorar e ajustar o equilíbrio da embarcação.
- Integrar sensores para medir o nível de inclinação e deslocamento do centro de massa da embarcação em tempo real.
- Testar a eficiência do sistema em manter a estabilidade da embarcação durante operações de içamento.
- Garantir alta precisão no posicionamento de cargas por meio do controle de velocidade do avanço dela.
- Avaliar a viabilidade estrutural e energética do sistema para uso em ambientes marítimos.

- Validar a funcionalidade do protótipo em condições simuladas de operação do sistema quando estiver no mar.
- Estudar alternativas de materiais para conseguir um baixo custo e alta durabilidade do sistema.

1.4 JUSTIFICATIVA

A estabilidade das embarcações de pequeno porte utilizadas em pesquisas científicas é essencial para garantir a segurança das operações em águas. Através de uma pesquisa de campo realizada no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS, constatou-se que essas embarcações enfrentam dificuldades significativas no manuseio de cargas, e que não existem métodos adequados para controlar de forma eficiente a inclinação durante essas operações. Durante a visita, foi possível observar que há necessidade de sistemas que permitam maior precisão no posicionamento das cargas, incluindo o controle da velocidade de avanço do guindaste, que deve variar entre 0,05 e 1 m/s para garantir segurança e precisão.

Para atender a essa necessidade, este projeto propõe o desenvolvimento de um guindaste embarcado com contrapeso e monitoramento eletrônico, controlado por um sistema baseado em Arduino e sensores de inclinação. O Arduino será responsável não apenas pelo ajuste automático do contrapeso, mas também pelo controle preciso da velocidade de avanço do guindaste, garantindo que as cargas sejam posicionadas na água de forma segura e eficiente. Aplicando conceitos de mecânica clássica (HIBBELER, 2016) e hidrostática naval (GERR, 1995), a automação do processo promove maior segurança, precisão e eficiência operacional.

A relevância do projeto se estende a instituições de ensino e pesquisa, como profissionais da engenharia naval e mecânica, oferecendo uma solução de baixo custo, fácil implementação e com grande potencial para melhorar a estabilidade e a segurança das embarcações em operações científicas. O projeto também está alinhado com as diretrizes da NR-30 (BRASIL, 2020), promovendo a segurança no ambiente aquaviário.

2 ESTADO DA ARTE

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Sistema de Automação e Supervisão de um Sistema Anti-Heeling para Navios de Carga	Victor Dantas Barreto do Amaral	2010
Projeto de guindaste articulado para operações em região portuária	Frederico Cardoso de Menezes Laubenbacher Sampaio	2021
Implementação de um sistema de controle em um guindaste utilizando hidráulica digital	Otávio Augusto Teixeira Vieira	2024

Tabela 1 – Estado da Arte

Fonte: Os autores (2025).

2.1 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E SUPERVISÃO DE UM SISTEMA ANTI-HEELING PARA NAVIOS DE CARGA

O projeto de Amaral (2010) desenvolveu um sistema automatizado para corrigir a inclinação de navios de carga (Sistema Anti-Heeling) durante operações de carregamento e descarregamento. Utilizando CLP, programa em ladder e uma interface de supervisão, o sistema transfere água entre tanques para manter o navio equilibrado. Também foi implementado o controle do Sistema de Lastro, que ajusta o calado da embarcação. O objetivo é garantir maior eficiência, segurança e automação nas operações. A pesquisa se relaciona ao projeto pelo fato de ambos terem o seu objetivo de manter a embarcação equilibrada em alto mar através da utilização de contrapesos.

2.2 PROJETO DE GUINDASTE ARTICULADO PARA OPERAÇÕES EM REGIÃO PORTUÁRIA

O trabalho de Sampaio (2021) tem como proposta o desenvolvimento de um guindaste articulado de pequeno porte para auxiliar na movimentação de cargas em zonas portuárias. O objetivo é projetar um equipamento eficiente, seguro e de baixo custo, mostrando que é possível adotar soluções acessíveis e padronizadas para operações em embarcações médias e pequenas, trazendo inovação ao setor portuário. A proposta se relaciona ao projeto por ambos possuírem o objetivo de içar cargas do mar com precisão.

2.3 IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE EM UM GUINDASTE UTILIZANDO HIDRÁULICA DIGITAL

O trabalho de Vieira (2024) apresenta a implementação de um guindaste controlado por Arduino hidráulica digital, com foco em precisão e estabilidade durante o içamento de cargas. A proposta se relaciona ao projeto por também utilizar automação embarcada para manter o equilíbrio da estrutura, demonstrando que é possível aplicar soluções de baixo custo com controle eficiente em embarcações de pequeno porte.

2.4 O QUE DIFERENCIA O GCAPE DOS DEMAIS TRABALHOS?

O projeto GCAPE se destaca na adaptação entre o guindaste e um sistema de contrapeso automatizado e sensorizado. Enquanto os trabalhos estudados tratam separadamente do equilíbrio da embarcação (Amaral, 2010), da estrutura de guindastes portuários (Sampaio, 2021) ou da automação de guindastes (Vieira, 2024), este projeto combina essas funções em um único sistema embarcado, com foco na estabilidade durante o uso do guindaste. Trata-se de uma solução de baixo custo, compacta e com grande foco para embarcações de pesquisa de pequeno porte.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ESTABILIDADE DE EMBARCAÇÕES

Toda embarcação precisa manter-se estável para não tombar ou balançar excessivamente. Essa estabilidade depende principalmente de dois pontos: o centro de massa (CG), onde se concentra o peso da embarcação, e o centro de empuxo (CE), onde age a força da água que sustenta o barco.

3.1.1 Empuxo

O empuxo é uma força vertical orientada para cima que atua sobre um corpo imerso, total ou parcialmente, em um fluido. Essa força é explicada pelo Princípio de Arquimedes, o qual estabelece que o empuxo exercido sobre o corpo é numericamente igual ao peso do volume de fluido deslocado por ele. Em outras palavras, quanto maior o volume submerso do objeto, maior será a força de empuxo que atua para sustentá-lo no fluido, proporcionando equilíbrio e flutuabilidade à embarcação.

$$E = p \times g \times V$$

Onde:

- E é o empuxo (N);
- p é a densidade do fluido (kg/m^3);
- g é a aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$);
- V é o volume de fluido deslocado (m^3).

Esse empuxo atua verticalmente de baixo para cima, e seu ponto de aplicação é o centro de empuxo. Em uma situação de equilíbrio, o CE se alinha verticalmente com o centro de massa (CG). Quando o barco se inclina, o CE muda de posição lateralmente, criando um momento restaurador que tende a devolver o barco à sua posição de equilíbrio. Esse momento restaurador, segundo Gerr (1995), pode ser calculado por:

$$MR = \Delta \times \sin \theta$$

Onde:

- MR é o momento restaurador ($\text{N}\cdot\text{m}$);
- Δ é o deslocamento (peso total da embarcação);

- GM é o braço metacêntrico (distância entre o centro de gravidade e o metacentro), que é um ponto virtual usado para medir a estabilidade do barco; basicamente, quanto maior esse valor, mais estável a embarcação;
- θ é o ângulo de inclinação.

Se $GM > 0$, o momento restaurador é positivo e a embarcação tende a retornar ao equilíbrio. Se $GM < 0$, a embarcação pode capotar.

3.1.2 Centro de Massa

O centro de massa (CG) representa o ponto onde se concentra a massa total da embarcação. Ele influencia diretamente a estabilidade, pois sua posição vertical e horizontal determina o valor do braço metacêntrico GM . Alterações no posicionamento de cargas a bordo, como o movimento de um guindaste, deslocam o CG e, conseqüentemente, afetam a estabilidade.

A posição do centro de massa pode ser calculada por média ponderada das massas distribuídas ao longo da embarcação:

$$X_{CG} = \frac{\sum(mi \times xi)}{\sum mi}$$

Onde:

- m_i é a massa de cada componente (kg);
- x_i é a distância de cada componente em relação a um ponto de referência (m);
- X_{CG} é a posição do centro de massa ao longo do eixo horizontal

Assim, o movimento de uma carga em direção às extremidades do casco aumenta a distância x_i , o que desloca o centro de massa e afeta o valor de GM . Por isso, manter o CG o mais baixo e centralizado possível é fundamental para a segurança e estabilidade.

3.2 SISTEMA DE GUINDASTE EMBARCADO

Guindastes são usados para levantar ou mover cargas em embarcações. Eles podem ser fixos, articulados ou telescópicos (SAMPAIO, 2021), e têm um papel crucial, especialmente em operações de carga e descarga.

Quando o guindaste move uma carga para longe do centro da embarcação, ele também move o centro de massa nessa direção, gerando um momento de desequilíbrio, que é uma força que tende a fazer o barco inclinar para um dos lados. Esse momento pode ser calculado por:

$$M = F \times d$$

Onde:

- M é o momento de desequilíbrio;
- F é a força peso da carga (massa vezes gravidade);
- d é a distância da carga em relação ao centro da embarcação.

Vieira (2024) destaca que essas alterações rápidas no equilíbrio exigem soluções capazes de responder imediatamente, principalmente para evitar acidentes.

3.3 SISTEMA DE CONTRAPESO DINÂMICO

Uma maneira prática de equilibrar o barco durante essas operações é usar um contrapeso — uma massa adicional que se move no lado oposto ao da carga. Esse conceito é bem conhecido na engenharia. De acordo com Hibbeler (2016), a condição de equilíbrio é alcançada quando os momentos que agem em sentidos opostos se anulam. No caso do guindaste, isso ocorre quando:

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2$$

Onde:

- F_1 é o peso da carga;
- d_1 é a distância da carga ao centro do barco;
- F_2 é o peso do contrapeso;

- d_2 é a distância do contrapeso ao centro.

Neste projeto, será utilizado um contrapeso móvel e automatizado, que se desloca em tempo real para manter o equilíbrio. Isso é mais simples e barato do que os sistemas que usam tanques de água (lastros), como o descrito por Amaral (2010), sendo ideal para barcos menores ou embarcações de pequeno porte.

3.4 COMPONENTES DO PROTÓTIPO

O protótipo será desenvolvido com os seguintes componentes, cuja a aplicação técnica será detalhada no Capítulo 4:

3.4.1 Arduino Uno

Controlador principal do sistema, responsável pelo processamento dos dados e controle das operações (VIEIRA, 2024). O Arduino Uno é uma placa de prototipagem eletrônica com base em um microcontrolador ATmega328P. É um dos modelos mais conhecidos de Arduino, usado em sua maioria por estudantes e desenvolvedores para criar projetos de automação, robótica ou sensores. O Arduino tem a função de desenvolver sistemas eletrônicos programáveis de forma simples, como automatizar luzes, sensores, motores, criar jogos, entre outros. Para fazê-lo funcionar é simples: basta escrever o código (chamado de sketch) na linguagem Arduino (parecida com C++), enviá-lo para a placa Arduino via cabo USB, o microcontrolador executará o código, interagindo com os componentes conectados (LEDs, sensores, motores, etc).

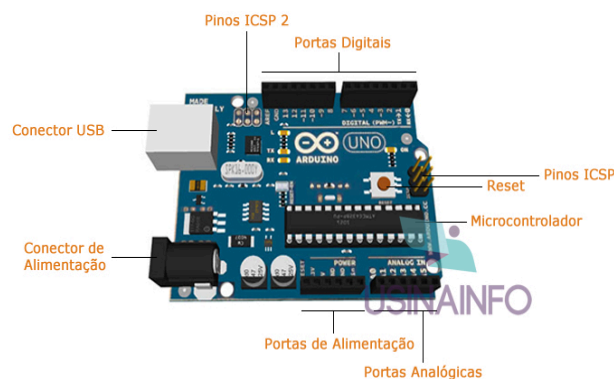


Figura 1- Arduino Uno R3

Fonte: Usinainfo, 2017

3.4.2 Sensor MPU-6050

Dispositivo responsável por medir a inclinação da embarcação em tempo real. O MPU-6050 é um sensor eletrônico que combina dois sensores em um único chip: um acelerômetro de 3 eixos (X, Y e Z), responsável por detectar a aceleração linear, e um giroscópio, que mede a velocidade angular, ou seja, a rotação em torno desses mesmos eixos. Trata-se de uma unidade de medição inercial de 6 eixos. O Sensor MPU-6050 tem a função de medir movimentos e inclinações, detectar rotações e quedas, controlar equilíbrio em robôs e drones, rastrear movimentos em realidade virtual, entre outros. Para o sensor funcionar, ele utiliza o acelerômetro e o giroscópio acoplados, uma interface de comunicação via I2C (Inter-Integrated Circuit), que permite a conexão com microcontroladores como o Arduino. O chip converte os dados físicos como o movimento e a rotação em sinais elétricos digitais que podem ser lidos e processados por um microcontrolador.

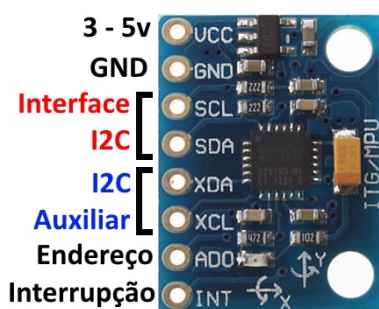


Figura 2 - Sensor MPU-6050

Fonte: MakerHero, 2014

3.4.3 Motor de passo com driver ULN2003

Atuador que permite o movimento preciso e controlado de sistemas mecânicos. O motor de passo é um tipo de motor elétrico que se move em passos fixos, girando em ângulos específicos. Essa característica possibilita controle exato de posição, direção e velocidade de rotação, tornando-o ideal para aplicações que demandam alta precisão. O driver ULN2003 é um circuito integrado utilizado para controlar motores de passo unipolares, como o modelo 28BYJ-48. Ele recebe sinais de uma placa controladora, como o Arduino, e os converte em correntes adequadas para alimentar as bobinas do motor, garantindo o sequenciamento correto de ativação. Esse conjunto permite que cada pulso enviado ao motor corresponda a um pequeno deslocamento angular, e a soma desses pulsos determina o giro total do eixo. O motor de passo com driver ULN2003 é amplamente utilizado em sistemas

que exigem movimentos precisos e repetitivos, como impressoras, scanners, sistemas de automação residencial, mecanismos de posicionamento, protótipos de engenharia e projetos didáticos. Sua simplicidade de implementação, baixo custo e confiabilidade o tornam um dos conjuntos mais comuns no ensino e na prática de automação.

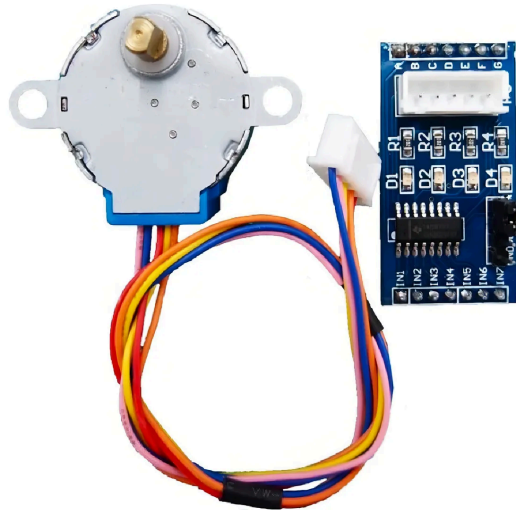


Figura 3 - Motor De Passo 28byj-48 + Driver Uln2003

Fonte: Mercado Livre, 2025

3.4.4 Fonte 12V ou bateria embarcada

Fornece energia elétrica ao sistema. Uma fonte 12V ou bateria embarcada é um sistema de alimentação elétrica que fornece tensão contínua de 12 volts, sendo amplamente utilizado em dispositivos eletrônicos e sistemas de automação embarcada, como em carros, barcos, drones, robôs, entre outros. Tanto a Fonte de 12V quanto a bateria embarcada servem para sustentar circuitos eletrônicos, motores, sensores e microcontroladores que necessitam de energia estável para funcionar. Em ambientes embarcados, ou seja, em locais onde não há rede elétrica por perto, a bateria embarcada garante autonomia e mobilidade ao sistema. É comumente usado em sistemas de iluminação em trailers e barcos, drones, sistemas de monitoramento remoto, entre outros. Para funcionar, a fonte de bancada (chaveada) converte a corrente alternada da tomada em corrente contínua de 12V, por meio de circuitos eletrônicos internos. A bateria embarcada armazena energia em forma química e libera como energia elétrica contínua, também com 12V. A

bateria pode ser recarregada por fontes externas ou sistemas como placas solares ou o alternador de um veículo.

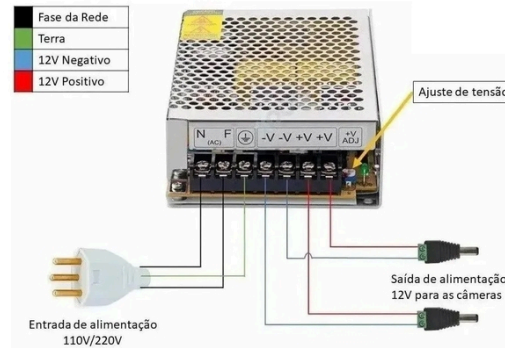


Figura 4 - Fonte Chaveada 12V 10A

Fonte: LuminaLed, 2025

3.4.5 Potenciômetro

O potenciômetro é um componente eletrônico que atua como resistor variável, permitindo o ajuste manual de tensão ou corrente em um circuito. Seu funcionamento se baseia no deslocamento de um cursor sobre uma resistência, o que altera o valor da resistência elétrica e, conseqüentemente, o sinal de saída. Essa característica possibilita controlar parâmetros como velocidade de motores, ângulo de servo motores e intensidade de sinais. Em sistemas de automação, o potenciômetro é amplamente utilizado para regulagens que exigem precisão, como no controle de posição de eixos, ajuste de velocidade de atuadores ou calibração de sensores. Por ser simples e de baixo custo, ele é comum em projetos didáticos e industriais, sendo encontrado em equipamentos de áudio, máquinas CNC, robótica e protótipos de engenharia.



Figura 5 - Potenciômetro 10k

Fonte: Gvtronics.ae, 2025

3.4.6 Botão de Comando

O botão de comando é um dispositivo de entrada utilizado para enviar sinais de acionamento a um circuito ou controlador. Ele funciona de maneira simples: quando pressionado, fecha ou abre um contato elétrico, permitindo ou interrompendo a passagem da corrente. A partir disso, o botão pode desempenhar funções como ligar ou desligar equipamentos, acionar motores ou inverter o sentido de rotação de atuadores. Em sistemas automatizados, os botões de comando são fundamentais para a interface entre operador e máquina. Podem ser do tipo momentâneo (só atuam enquanto pressionados) ou de retenção (mantém o estado após o acionamento). Seu uso é comum em painéis industriais, protótipos acadêmicos e projetos de automação, proporcionando praticidade, segurança e controle intuitivo das operações.



Figura 6 - Botão Tátil KFC-A06 - 6X6X7mm - 4T - 180°

Fonte: Autocore Robótica, 2025

3.5 AUTOMAÇÃO EMBARCADA COM ARDUINO

A automação embarcada tem ganhado destaque devido à crescente necessidade de sistemas inteligentes e eficientes em ambientes navais. O uso do microcontrolador Arduino Uno R3, conforme detalhado por Vieira (2024), oferece uma plataforma acessível, flexível e compatível com diversos sensores e atuadores. No presente projeto, o Arduino é responsável pelo processamento dos dados fornecidos pelo sensor de inclinação MPU-6050, que monitora em tempo real a inclinação da embarcação. Com base nesses dados, o microcontrolador aciona o motor de passo equipado com driver A4988, promovendo o movimento preciso do contrapeso para manter o equilíbrio da embarcação mesmo em condições dinâmicas.

Este sistema automatizado proporciona resposta rápida às variações de estabilidade, minimizando riscos e aprimorando o controle operacional do guindaste embarcado.

Esses componentes foram selecionados considerando eficiência, compatibilidade técnica e viabilidade econômica, assegurando a construção de um protótipo funcional adequado ao objetivo do projeto. No entanto, vale ressaltar que a escolha dos elementos ainda não é definitiva e poderá ser ajustada conforme o avanço do desenvolvimento e os testes experimentais do sistema.

3.6 NORMAS REGULAMENTADORAS (NR)

No contexto deste projeto, destacam-se as Normas Regulamentadoras (NRs), que estabelecem parâmetros técnicos e de segurança específicos para embarcações e em máquinas.

3.6.1 Norma Regulamentadora nº 30 (NR-30)

A Norma Regulamentadora nº 30 (NR-30), instituída pelo Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece diretrizes específicas de segurança e saúde para trabalhadores em embarcações de qualquer porte ou tipo de operação, “Esta norma regulamentadora tem como objetivo a proteção e a regulamentação das condições de segurança e saúde dos trabalhadores aquaviários.” (BRASIL,2002,p.1).

O item 30.14 reforça a necessidade de atualização constante dos profissionais, garantindo não apenas a prevenção de acidentes, mas também a preservação da saúde e da integridade física durante a execução de suas tarefas (BRASIL, 2002). O detalhamento integral do item encontra-se no Anexo B, a fim de complementar a análise realizada neste capítulo, com o presente projeto a segurança durante operações aumentará.

Conforme o item 30.15.2, “Todo equipamento de movimentação de carga deve apresentar, de forma legível e de fácil visualização, sua capacidade máxima de carga.” (BRASIL,2002,p.13). Estes itens são os principais da norma, onde o projeto irá manter-se dentro, mantendo todas as especificações aplicáveis.

3.6.2 Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12)

A Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), atualizada pela Portaria nº 3214/1978 e revisada em 2019, define medidas de proteção para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores que interajam com máquinas e equipamentos. Seu objetivo é prevenir acidentes de trabalho por meio de requisitos técnicos e administrativos relacionados à instalação, operação, manutenção e desativação de sistemas mecânicos.

O projeto seguirá conforme o item 12.3.1 onde diz, “Os circuitos elétricos de comando e potência das máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico,... e outros tipos de acidentes” (BRASIL, 2024, p.5), com o sistema elétrico contendo sistemas de paradas de emergências, e sinalização conforme o item 12.12, onde

realiza a padronização das sinalizações. O presente projeto irá manter-se dentro das regulamentações da norma, mantendo a segurança durante operações, e sinalizações conforme exigido pela norma.

No campo das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), destacam-se a NBR 8400:1984, que estabelece critérios de cálculo para guindastes e equipamentos de elevação, e a NBR 16200:2013, que define requisitos de segurança para guindastes móveis. Ainda nesse contexto, a NBR ISO 9927 fornece diretrizes para inspeção e manutenção de guindastes, reforçando a importância de práticas preventivas no uso de sistemas de içamento. Embora não se apliquem de forma direta ao protótipo em escala reduzida, essas normas complementam a fundamentação teórica e ampliam a consistência técnica do projeto, alinhando-o a princípios reconhecidos na área de segurança em operações navais e de movimentação de cargas.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

O projeto tem como objetivo desenvolver um protótipo de guindaste embarcado com contrapeso automático para embarcações de pequeno porte utilizadas em pesquisas científicas, com foco em pesquisa exploratória e abordagem qualitativa. Tais pesquisas permitem compreender melhor as dificuldades enfrentadas em situações práticas.

No contexto deste trabalho, as pesquisas buscam identificar e analisar as dificuldades que técnicos encontram durante operações de içamento ou lançamento de cargas em barcos de pequeno porte, momentos em que a estabilidade da embarcação pode ser comprometida. São análises adequadas ao projeto pois permitem entender como a instabilidade das embarcações afetam a segurança e a eficiência das operações, compreendendo por meio de observações e relatos de agentes que trabalham diretamente nessas atividades. A coleta de dados será realizada por meio de entrevistas com técnicos e professores da área, garantindo que diferentes perspectivas sejam consideradas.

As pesquisas exploratória e qualitativa fornecem uma base sólida para identificar problemas e reunir informações relevantes, ajudando na criação de soluções que atendam às necessidades no uso das embarcações.

4.2 ENTREVISTA

O GCAPE tem como público alvo para entrevistas professores, técnicos e profissionais que atuam e estudam a área de engenharia hidráulica, como engenheiros, agentes de embarcações e pesquisadores vinculados a instituições, como o público alvo definido entrevistamos o Instituto de Pesquisa Hidráulica (IPH/UFRGS). A entrevista foi realizada com a finalidade de identificar as dificuldades enfrentadas nas operações de içamento e lançamento de cargas em embarcações de pequeno porte, além de avaliar se o projeto seria útil para o instituto. Os principais comentários feitos no decorrer da entrevista abordam a perda de estabilidade das embarcações, que eventualmente pode ocorrer durante o içamento ou lançamento de cargas. O presente projeto seria possível de instalar em uma embarcação, desde que seja um sistema leve, e o GCAPE seria útil ao instituto,

complementado com uma sugestão feita por técnicos e professores. Eles propuseram que implementássemos mais um sistema ao projeto: um medidor de velocidade. As respostas completas obtidas na entrevista encontram-se descritas no Anexo A.

4.3 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

As características técnicas de cada componente foram apresentadas na Fundamentação Teórica (Capítulo 3.4). Nesta seção, descrevem-se apenas as funções desempenhadas por cada elemento no protótipo desenvolvido.

4.3.1 Arduino Uno R3

Atua como a unidade central de controle do sistema, processando os sinais recebidos dos sensores, potenciômetros e botões, e enviando os comandos necessários aos motores e ao servo.

4.3.2 Sensor MPU-6050

Mede a inclinação da embarcação em tempo real e fornece dados ao Arduino, que ajusta o posicionamento do contrapeso para garantir a estabilidade.

4.3.3 Motor de Passo (*M1*) com Driver ULN2003

Responsável pelo deslocamento do contrapeso por meio da barra com rosca infinita, corrigindo o equilíbrio da embarcação durante as operações de içamento.

4.3.4 Motor de Passo (*M2*) com Driver ULN2003

Aciona o sistema de cabos do guindaste, permitindo a elevação e o recolhimento das cargas de forma precisa.

4.3.5 Servo Motor

Controla o movimento do braço do guindaste, ajustando sua posição para o recolhimento ou lançamento da carga.

4.3.6 Potenciômetro *RPOTSERVO*

Permite o controle manual do avanço do servo motor, regulando o ângulo de atuação do braço do guindaste.

4.3.7 Potenciômetro *RPOTM12*

Ajusta a velocidade do motor *M2*, possibilitando controle mais preciso do avanço do cabo durante as operações.

4.3.8 Botão de Comando

Aciona o motor *M2* em sentidos opostos, controlando o sentido de avanço do cabo.

4.3.9 Fonte 12 V ou Bateria Embarcada

Fornece energia elétrica estável ao sistema, garantindo seu funcionamento em ambiente embarcado.

4.3.10 Drivers de Potência (UDRIVER_01 e UDRIVER_02)

Atuam como interface entre o Arduino e os motores, fornecendo a corrente necessária para o acionamento seguro e controlado.

4.4 ESQUEMA ELÉTRICO

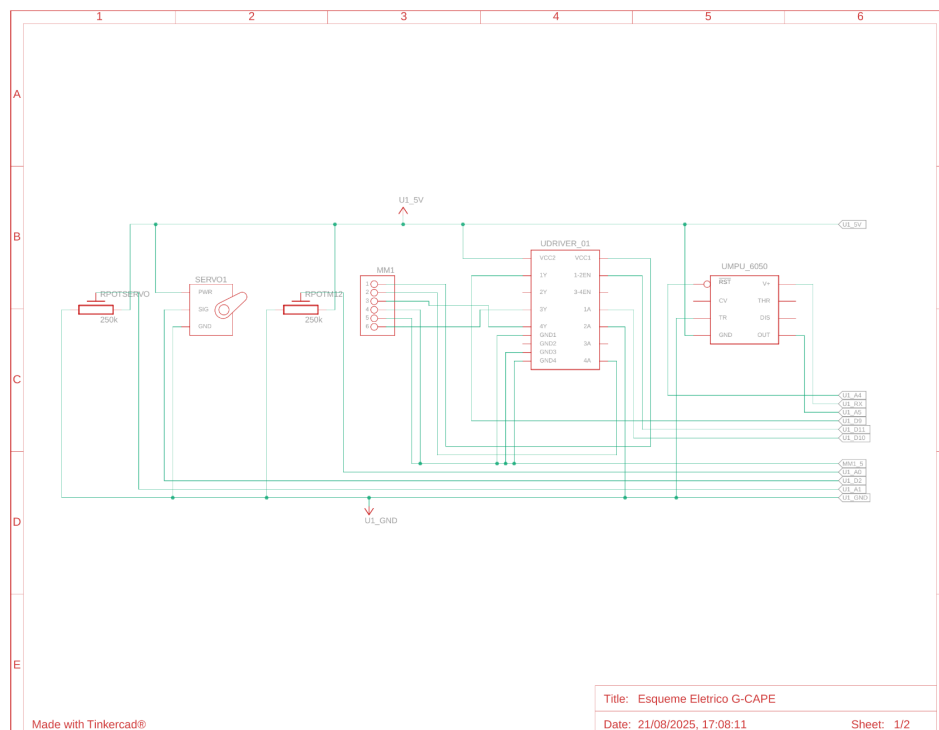


Figura 7- Esquema Elétrico do sistema GCAPE (Página 01)

Fonte: Os autores (2025).

Figura 8 - Esquema Elétrico do sistema GCAPE (Página 02)

Fonte: Os autores (2025).

O esquema mostra a integração entre a placa Arduino Uno, o sensor MPU-6050, os motores de acionamento do guindaste e do contrapeso, e os dispositivos de controle manual. O potenciômetro RPOTSERVO' ajusta a posição do braço do guindaste (servo motor), enquanto o potenciômetro RPOTM12 regula a velocidade de avanço do motor M2, responsável pelo cabo do guindaste. O botão de acionamento permite inverter o sentido de rotação do motor, garantindo flexibilidade nas operações de içamento e recolhimento. Os drivers de potência (UDRIVER_01 e UDRIVER_02) asseguram o acionamento adequado dos motores, e o sensor MPU-6050 fornece dados de inclinação para o controle automatizado de estabilidade da embarcação.

4.5 ESQUEMA MECÂNICO

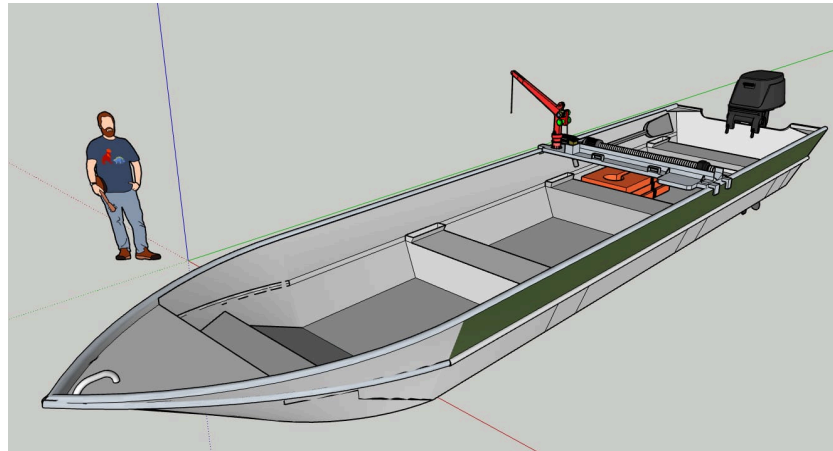


Figura 9 - Visão geral do Esquema Mecânico do projeto GCAPE, com a instalação realizada.

Fonte: Os autores (2025).

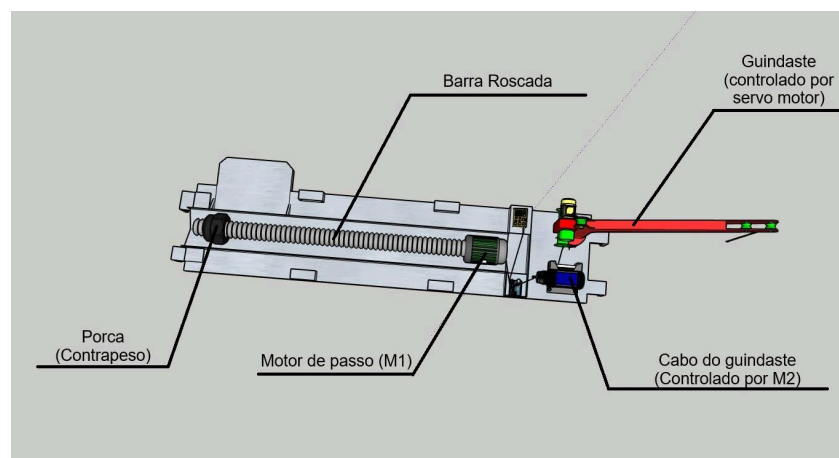


Figura 10 - Visão geral do Esquema Mecânico do projeto GCAPE, na vista superior.

Fonte: Os autores (2025).

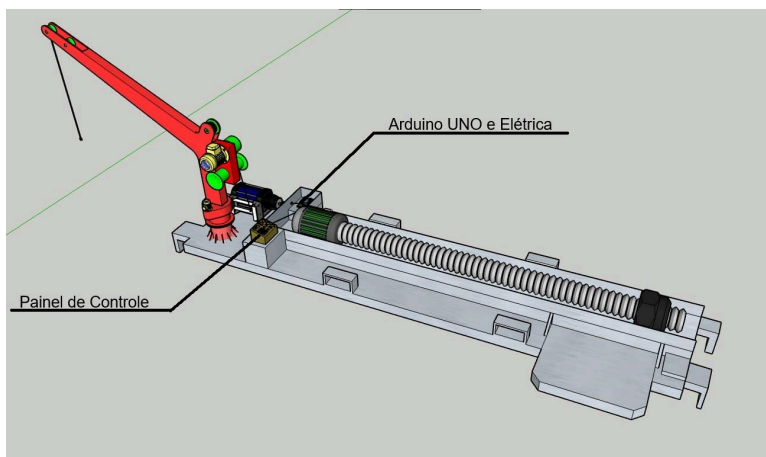


Figura 11 - Esquema Mecânico do projeto GCAPE.

Fonte: Os autores (2025).

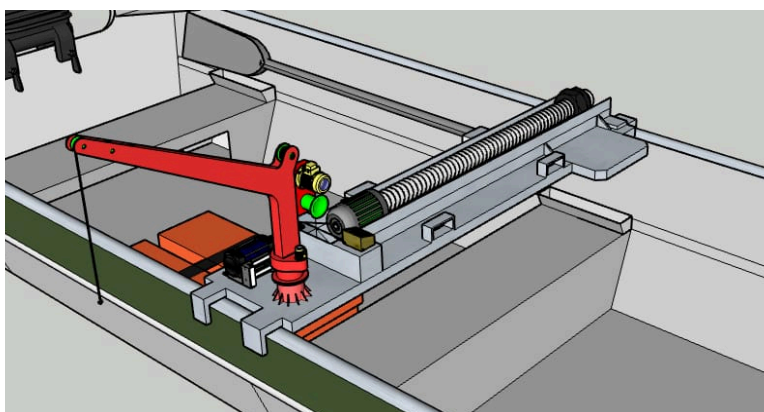


Figura 12 - Esquema Mecânico do projeto GCAPE, com a instalação realizada.

Fonte: Os autores (2025).

O esquema apresentado mostra os principais componentes do sistema. O guindaste é utilizado para içar e lançar cargas pesadas na água, substituindo o trabalho físico e garantindo maior precisão e segurança durante as operações. A barra de rosca infinita tem como objetivo movimentar o contrapeso (a porca) de forma automática, pois, quando o motor gira a barra, a porca desliza sobre ela, deslocando o contrapeso para frente ou para trás. Esse mecanismo é necessário para manter o equilíbrio da embarcação, já que, quando o guindaste ergue uma carga de um lado, o contrapeso se move para o lado oposto, compensando o peso e evitando inclinações. O motor elétrico, acoplado ao fuso, é a parte que coloca esse

movimento em prática, fornecendo a força necessária para deslocar o contrapeso de forma controlada. O guindaste será constituído de liga de alumínio, pois é um material mais leve que o ferro, além de conter maior tenacidade.

Conforme a NR-12 o sistema de de contrapeso com a barra de roscada, terá a proteção para evitar toque acidentais e sistemas de emergências, ficando fechada, nas imagens de 9 a 12 o sistema está aberto para melhor ilustração e visualização.

4.6 PROGRAMAÇÃO

A programação do sistema será realizada em linguagem Arduino (C/C++), por meio da IDE oficial, com posterior gravação do código na placa Arduino Uno R3. O programa foi estruturado de modo a integrar sensores, atuadores e comandos manuais, garantindo a estabilidade da embarcação e a precisão nas operações de içamento.

O equilíbrio da embarcação será monitorado pelo sensor MPU-6050, que fornece dados em tempo real sobre o ângulo de inclinação. Esses valores serão processados pelo Arduino, que acionará o motor de passo *M1*, deslocando o contrapeso sobre a barra de rosca infinita até corrigir a inclinação detectada. Assim, o MPU-6050 atua diretamente no controle automático do equilíbrio.

O movimento do braço do guindaste será controlado por um potenciômetro dedicado (*RPOTSERVO*), que ajustará manualmente o ângulo do servo motor. Esse recurso permite que o operador posicione a carga de forma precisa para recolhimento ou lançamento.

A velocidade de içamento do guindaste, acionado pelo motor de passo *M2*, será regulada por um segundo potenciômetro (*RPOTM12*). Dessa forma, o operador poderá ajustar a velocidade de avanço do cabo, garantindo maior precisão e segurança durante a movimentação da carga.

O sentido de rotação do motor *M2* será definido por meio de um botão de comando, que possibilita a escolha entre subida e descida da carga. Essa interface simples permite ao operador maior controle sobre as operações de içamento.

Por fim, foram implementadas rotinas de segurança. Caso o ângulo de inclinação ultrapasse um limite crítico previamente definido, o Arduino acionará automaticamente o contrapeso antes de permitir novas movimentações do guindaste. Além disso, foram incluídos limites de corrente e tempo de operação para proteger os motores contra sobrecarga.

5 CRONOGRAMA

2025	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Escolha do tema	X								
Levantamento de literatura científica		X							
Introdução		X							
Tema			X						
Problema			X						
Objetivos			X						
Justificativa			X						
Estado da Arte				X					
Fundamentação teórica					X				
Metodologia						X			
Cronograma						X			
Recursos						X			
Resultados esperados ou parciais						X			
Referências						X			
Avaliação do CRC							X		
Produção do Banner							X		
27ª Exposchmidt								X	

Tabela 2 – Cronograma de execução do projeto GCAPE

Fonte: Os autores (2025).

6 RECURSOS

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Kit Cabo Jumper 30cm Mxm + Mxf +Fxf 120 unidades	R\$ 32,29	1 unidade	R\$ 32,29	Mercado Livre	07/08/25
MPU - 6050	R\$ 24,30	1 unidade	R\$ 24,30	Mercado Livre	07/08/25
Protoboard Breadboard	R\$ 15,90	1 unidade	R\$ 15,90	Mercado Livre	07/08/25
Micro Servo Motor	R\$ 18,70	1 unidade	R\$ 18,70	Mercado Livre	08/08/25
Arduíno Uno + Cabo usb	R\$ 37,99	1 unidade	R\$ 37,99	Mercado Livre	08/08/25
Motor De Passo	R\$ 26,99	2 unidades	R\$ 53,98	Mercado Livre	08/08/25
Pacote Palitos de Picolé com 50 unidades	R\$ 4,00	2 unidades	R\$ 8,00	Shoppe	08/08/25
Pacote Palitos de churrasco com 50 unidades 30cm	R\$ 14,78	1 unidade	R\$ 14,78	Mercado Livre	08/08/25
Valor final: R\$ 205,94					

Tabela 3 – Recursos utilizados no desenvolvimento do protótipo GCAPE

Fonte: Os autores (2025).

7 RESULTADOS PARCIAIS

O desenvolvimento do protótipo de guindaste embarcado com sistema de contrapeso automatizado, controlado por microcontrolador Arduino, pretende consolidar uma solução viável e inovadora para a estabilização de embarcações de pequeno porte durante o içamento ou lançamento de cargas. Espera-se que a integração entre automação embarcada e princípios de equilíbrio dinâmico permitam a execução de operações com maior segurança estrutural, precisão no posicionamento de instrumentos e redução significativa dos riscos decorrentes da má distribuição de peso.

A relevância desta pesquisa manifesta-se em múltiplas dimensões. Do ponto de vista científico e tecnológico, o trabalho contribui para a consolidação de estratégias simplificadas de automação aplicadas ao setor naval, ao mesmo tempo em que promove a validação de conceitos teóricos em protótipos experimentais de baixo custo. No âmbito social e econômico, a proposta oferece uma alternativa acessível a instituições acadêmicas e governamentais que operam embarcações de pequeno porte, ampliando as possibilidades de realização de atividades de pesquisa sem a necessidade de investimentos em equipamentos de alto custo. Em termos ambientais, a segurança proporcionada pelo sistema visa minimizar perdas de instrumentos e amostras, assegurando maior continuidade e confiabilidade às pesquisas em campo.

Quanto ao desempenho esperado, projeta-se que o protótipo seja capaz de estabilizar a embarcação de forma eficiente durante as operações, mantendo a navegabilidade e evitando adernamentos. As funcionalidades incluem o içamento controlado, o posicionamento preciso de cargas e instrumentos, a atuação automática do contrapeso, regulada por sensores e atuadores conectados ao microcontrolador. A viabilidade do projeto é reforçada pela utilização de componentes amplamente disponíveis e financeiramente acessíveis, como motores de passo, potenciômetros e estruturas leves, o que garante a execução dentro dos prazos e recursos compatíveis com a realidade acadêmica.

Como resultado parcial da entrevista realizada com os docentes do IPH, foi possível identificar dados cruciais para o desenvolvimento do projeto. Observou-se que as embarcações utilizadas possuem cerca de 6 metros de comprimento, largura entre 1,60 e 2 metros e capacidade para 4 a 7 pessoas, reforçando a necessidade

de um sistema compacto e leve. Também foi definido que a carga média suportada é de aproximadamente 50 kg, servindo como referência para a delimitação do guindaste. Os entrevistados relataram ainda problemas de estabilidade durante o manuseio de equipamentos. Ademais sugeriram a inclusão de um sistema de medição e controle da velocidade, o que foi acrescentado ao projeto por aumentar a precisão na retirada de cargas ou amostras.

Apesar disto, reconhece-se que limitações estão presentes, como a escala reduzida do protótipo em relação a aplicações reais e a necessidade de calibração rigorosa dos dispositivos de medição e controle. Tais restrições, contudo, não comprometem a validade da proposta, mas antes reforçam a importância de estudos complementares que possibilitem sua adaptação a cenários mais complexos. Assim, os resultados esperados podem ser considerados realistas, evidenciando a contribuição do projeto tanto para o avanço do conhecimento técnico-científico quanto para o desenvolvimento de soluções aplicáveis ao setor naval.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Victor Dantas Barreto do. *Sistema de automação e supervisão de um sistema anti-heeling para navios de carga*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Guindaste+com+Contrapeso+Autom%C3%A1tico+para+Pequenas+Embarca%C3%A7%C3%B5es&btnG=#d=gs_qabs&t=1751047579425&u=%23p%3DibLKxr4VcukJ. Acesso em: 26 jun. 2025.

AUTOCORE ROBÓTICA. *Botão Táctil KFC-A06 – 6x6x7mm*. 2025. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 12– Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos*. Disponível em: [NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS](#). Acesso em: 04 set. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 30 – Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário*. Disponível em: [NR 30 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO AQUAVIÁRIO](#). Acesso em: 20 abr. 2025.

GERR, Dave. *The nature of boats: insights and esoterica for the nautically obsessed*. Camden: International Marine/Ragged Mountain Press, 1995.

GVTRONICS. *Potenciômetro 10k linear*. 2025. Disponível em: <https://www.gvtronics.com.br/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

HIBBELER, Russell C. *Engenharia mecânica: estática*. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

LUMINATED. *Fonte chaveada 12V 10A*. 2025. Disponível em: <https://www.luminaled.com.br/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

MAKERHERO. *Sensor MPU-6050 acelerômetro e giroscópio*. 2014. Disponível em: <https://www.makerhero.com/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

MERCADO LIVRE. *Motor de passo 28BYJ-48 + Driver ULN2003*. 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br>. Acesso em: 24 ago. 2025.

MERCADO LIVRE. *MPU-6050 módulo giroscópio e acelerômetro 6 eixos*. 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br>. Acesso em: 17 jul. 2025.

MONK, Simon. *Programando com Arduino: começando com sketches*. São Paulo: Novatec, 2013.

SAMPAIO, Frederico Cardoso de Menezes Laubenbacher. *Projeto de guindaste articulado para operações em região portuária*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021. Disponível em: https://petmec.uff.br/wp-content/uploads/sites/288/2021/09/Sampaio_TCC2.pdf. Acesso em: 26 jun. 2025.

USINAINFO. *Arduino Uno R3*. 2017. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

VIEIRA, Otávio Augusto Teixeira. *Implementação de um sistema de controle em um guindaste utilizando hidráulica digital*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/256862>. Acesso em: 26 jun. 2025.

ANEXOS

ANEXO A - ENTREVISTA REALIZADA COM OS PROFESSORES E TÉCNICOS DO INSTITUTO DE PESQUISA HIDRÁULICA (IPH)

Pergunta 1: Qual o tipo de embarcação que vocês utilizam para realizar as pesquisas?

Resposta: São utilizadas embarcações com cerca de 6 metros de comprimento e entre 1,60 e 2 metros de largura. Tratam-se de barcos de pequeno porte, com capacidade máxima para 4 a 5 pessoas nos modelos mais comuns. Em embarcações um pouco maiores, essa capacidade pode chegar a 6 ou 7 pessoas.

Pergunta 2: Durante o içamento ou lançamento de equipamentos na água, ocorrem problemas de estabilidade?

Resposta: Eventualmente, sim. Isso acontece em função do peso da carga. Para reduzir o risco, posicionamos a pessoa de maior peso no lado oposto da embarcação, minimizando a possibilidade de adernamento. Além disso, sempre utilizamos coletes salva-vidas como medida preventiva.

Pergunta 3: Qual é a média da capacidade máxima de carga suportada a bordo durante as operações?

Resposta: A média de carga suportada normalmente é de aproximadamente 50 kg, pois as embarcações não são muito grandes e buscamos evitar a sobrecarga.

Pergunta 4: É possível instalar um sistema como um guindaste leve com contrapeso? Há espaço físico disponível?

Resposta: Sim, é possível, desde que o sistema seja leve, facilmente instalável e removível. O peso máximo não deve ultrapassar 50 kg, devido ao tamanho e à infraestrutura da embarcação.

Pergunta 5: Existe um limite de inclinação seguro (em graus) que não pode ser ultrapassado?

Resposta: Não existe um limite exato, mas estimamos que, ao atingir cerca de 45°, a embarcação corre risco de adernamento. Por esse motivo, buscamos sempre evitar que a inclinação atinja esse valor.

Pergunta 6: Um sistema como o GCAPE teria utilidade prática para vocês?

Resposta: Sim, o GCAPE seria bastante útil para o nosso instituto, pois auxiliaria na estabilidade durante o manuseio das cargas.

Comentário adicional: Além das respostas apresentadas, os entrevistados sugeriram a inclusão de um sistema de medição e controle da velocidade de avanço do cabo do guindaste, uma vez que atualmente não há forma automatizada, o que dificulta a precisão nas operações.

ANEXO B - SEGURANÇA NA MANUTENÇÃO EM EMBARCAÇÃO DE OPERAÇÃO, ITEM 30.14.2.

Cabe ao comandante da embarcação:

- a) assegurar a implementação das medidas de prevenção antes do início de qualquer trabalho de manutenção;
- b) assegurar a realização da Análise de Risco (AR) e, quando aplicável, a emissão da Permissão de Trabalho (PT);
- c) informar aos trabalhadores sobre os riscos da atividade de manutenção e as medidas de prevenção a serem adotadas
- d) assegurar que os trabalhos sejam imediatamente interrompidos quando houver mudanças nas condições ambientais que os tornem potencialmente perigosos à integridade física dos trabalhadores;
- e) proporcionar condições para que os tripulantes possam colaborar com a implementação das medidas previstas nesta Norma, bem como interromper imediatamente o trabalho, conforme previsto na alínea “d” deste subitem.