

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

TACIELE HEMCKMEIER

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE UMA EMBARCAÇÃO
DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO DE 2019

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA**

TACIELE HEMCKMEIER

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE UMA EMBARCAÇÃO
DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecatrônica.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Noll
Coorientador: Prof. Dr. Roberto Alexandre
Dias

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO DE 2019.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Hemckmeier, Taciele
SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE UMA EMBARCAÇÃO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS / Taciele Hemckmeier ; orientação de Valdir Noll; coorientação de Roberto Alexandre Dias. - Florianópolis, SC, 2020.
90 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Mecatrônica. Departamento Acadêmico de Metal Mecânica.
Inclui Referências.

1. Monitoramento. 2. ESP32. 3. IoT. 4. Bando de Dados. I. Noll, Valdir. II. Alexandre Dias, Roberto. III. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Metal Mecânica. IV. Título.

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE UMA EMBARCAÇÃO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

TACIELE HEMCKMEIER

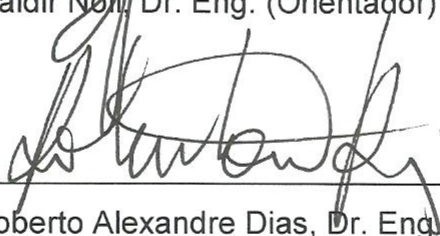
Esse trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecatrônica e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecatrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 12 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora:



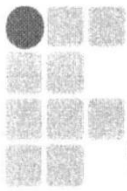
Valdir Noll, Dr. Eng. (Orientador)



Roberto Alexandre Dias, Dr. Eng.



Adriano Regis, Me. Tecn.



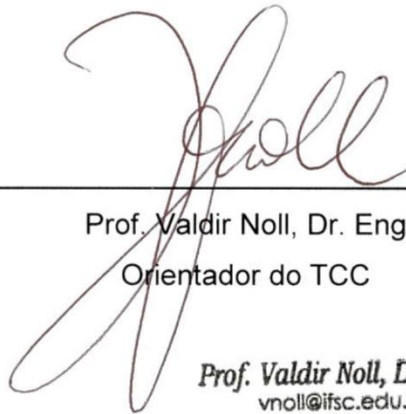
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

DECLARAÇÃO DE FINALIZAÇÃO DE CURSO

Declaro que a estudante TACIELE HEMCKMEIER, matrícula nº 131003581-4, do curso de ENGENHARIA MECATRÔNICA, defendeu o trabalho intitulado **SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE UMA EMBARCAÇÃO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**, o qual está apto a fazer parte do banco de dados da Biblioteca Hercílio Luz do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.

Florianópolis, 11 de fevereiro de 2020.



Prof. Valdir Noll, Dr. Eng
Orientador do TCC

Prof. Valdir Noll, Dr. Eng.
vnoll@ifsc.edu.br
IF-SC Campus Florianópolis

AGRADECIMENTOS

À empresa Kallmaria Turismo Náutico LTDA ME pelos recursos e oportunidades de trabalho e aprendizado.

Ao professor Valdir Noll pela orientação deste trabalho.

A todos os professores do IFSC que fizeram parte do meu desenvolvimento profissional e pessoal.

A todos os colegas que tive nesta caminhada, em especial aos parceiros de todos os Projetos Integradores e a turma 2013.1.

À minha família que sempre acreditou em mim e me deu todo o suporte necessário.

Ao Kallin Mansur da Costa por toda consultoria e amor.

RESUMO

O setor náutico carece de tecnologias de monitoramento com baixo custo, que permitiriam com que embarcações possam ser monitoradas remotamente, possibilitando a prevenção de falhas catastróficas. Este trabalho explora o estudo e desenvolvimento de um produto voltado ao monitoramento de uma embarcação, experimentando novas tecnologias de microcontroladores com processadores de múltiplos núcleos e funcionalidades de redes sem fio. Durante este projeto foram realizadas diferentes etapas de desenvolvimento como a confecção de placas de circuito impresso, programação dos microcontroladores, implementação de banco de dados e página web e testes em bancada. O protótipo funcional consistiu em três módulos ESP32 interligados via rede Wi-Fi que trocam dados sobre geolocalização, nível do tanque de combustível, temperatura da água do motor, pressão do óleo, funcionamento dos alternadores, estado de alagamento dos porões, estado das bombas de esgotamento e nível de águas servidas e são enviados via rede GPRS para uma base de dados na nuvem. Os resultados alcançados mostram a importância de instrumentar embarcações no setor náutico, conferindo mais segurança e confiabilidade a atividade em si, bem como mostram que é possível realizar essa instrumentação com um custo baixo.

Palavras-chave: Monitoramento, ESP32, IoT, Banco de Dados.

ABSTRACT

The nautical sector lacks low cost monitoring technologies, which would allow remote vessel monitoring, that could prevent catastrophic failures. This paper explores the study and development of a product aimed to vessel monitoring, experimenting with new microcontroller multi-core technologies and wireless network functions. During this project many development steps were made, as printed circuit board development, microcontroller programming, database and web page implementation, and bench tests. The functional prototype consisted of three ESP32 modules connected through a Wi-Fi network that could Exchange data on geolocation, fuel tank level, engine water temperature, oil pressure, alternator charging, bilge water level, bilge pump state and septic tank level, which were sent through a GPRS network to an online database. The results obtained show the importance of vessel instrumentation on the nautical sector, providing more security and reliability on the activity itself, as it also shows it's possible to accomplish this at a lower cost.

Keywords: Monitoring, ESP32, IoT, Database.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas TCP/IP	19
Figura 2 - Modelo de requisição HTTP	20
Figura 3 - Requisição HTTP	20
Figura 4 - Resposta a requisição HTTP	21
Figura 5 - Mensagem JSON.....	23
Figura 6 - Esquema elétrico de um transdutor de temperatura	31
Figura 7 - Adaptação do cavalete da água.....	34
Figura 8 - WEMOS LOLIN32.....	36
Figura 9 - Módulo GY-GPS6MV2.....	37
Figura 10 - Módulo IOT-GA6.....	37
Figura 11 - Módulo HW676	39
Figura 12 - Regulador step/down LM2596	39
Figura 13 - Conceito básico do projeto.....	41
Figura 14 - Painel da embarcação	42
Figura 15 - Diagrama do sistema	43
Figura 16 - Vista de perfil da embarcação.....	45
Figura 17 - Posição dos componentes no comando	45
Figura 18 - Posição dos componentes na cozinha.....	46
Figura 19 - Posição dos componentes na casa de máquinas	47
Figura 20 - Diagrama módulo da cozinha	47
Figura 21 - Circuito sensor para transdutores resistivos	48
Figura 22 - Circuito para relé.....	49
Figura 23 - PCI's confeccionadas - (1) PCI da Cozinha, (2) PCI da casa de máquina, (3) PCI do comando	51
Figura 24 - Banco de dados pela plataforma Wix.com.....	52
Figura 25 - Inserção de informações no banco de dados da plataforma Wix.com	53
Figura 26 - Página web do banco de dados.....	54
Figura 27 - Fluxograma do módulo da cozinha	56

Figura 28 - Fluxograma do módulo da casa de máquinas	57
Figura 29 - Fluxograma do módulo do comando.....	58
Figura 30 - Gabinetes dos módulos instalados - (1) PCI da Cozinha, (2) PCI da casa de máquina, (3) PCI do comando.....	59
Figura 31 - Placas de circuito impresso realizadas - (1) PCI da Cozinha, (2) PCI da casa de máquina, (3) PCI do comando	62
Figura 32 - Captura de tela do software Postman	63
Figura 33 – Dados do Sistema em testes em página web	66
Figura 34 - Roteador IWR 3000N.....	67
Figura 35 - Sistema em funcionamento.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de erros	22
Tabela 2 - Transdutores Utilizados.....	35
Tabela 3 - Tensão e consumo de corrente dos circuitos	38
Tabela 4 - Legenda das imagens	44
Tabela 5 - Resistências utilizadas nos circuitos sensor	49
Tabela 6 - Pinos ESP32	50
Tabela 7 - Custos de Recursos Humanos.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARPA – Advanced Research Projects Agency

IoT – Internet of Things

IETF – Internet Engineering Task Force

IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers

HTTP – Hypertext Transfer Protocol

JSON – JavaScript Object Notation

FCC – Federal Communications Commission

GPRS – General Packet Radio Services

M2M – Machine to Machine

GPS – Global Positioning System

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 Justificativa e relevância.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Internet.....	17
2.2 Protocolos.....	18
2.2.1 HTTP.....	20
2.2.2 JSON	22
2.2.3 NMEA 0183.....	23
2.2.4 Wi-Fi	24
2.3 Banco de Dados	24
2.4 Javascript	25
2.5 Arduino	26
2.6 ESP32.....	27
2.7 Bibliotecas	28
2.8 GPRS.....	28
2.9 GPS.....	29
2.10 Comunicação Serial Assíncrona.....	30
2.11 Sensores e Transdutores	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3.1 Transdutores.....	33
3.2 Plataforma de desenvolvimento	35
3.3 Ambiente de desenvolvimento	36
3.4 Módulos.....	36
3.5 Fontes de alimentação.....	38
4 DESENVOLVIMENTO	41
4.1 Posicionamento dos sensores e microcontroladores.....	44
4.2 Placas de circuito impresso.....	47
4.3 Página WEB e banco de dados	52

4.4	Programação	55
4.5	Instalação do Sistema	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
5.1	Placas de circuito impresso.....	61
5.2	Instalação dos sensores	62
5.3	Página e banco de dados.....	63
5.4	Programação	64
5.5	Instalação.....	66
5.6	Análise de Custos.....	69
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	71
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
	REFERÊNCIAS	75
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	79
	APÊNDICES.....	80
	APÊNDICE A – Diagrama do módulo da cozinha	80
	APÊNDICE B – Diagrama do módulo da casa de máquinas	81
	APÊNDICE C – Diagrama do módulo do comando.....	82
	APÊNDICE D – Esquemático da PCI da cozinha.....	83
	APÊNDICE E – Esquemático da PCI da casa de máquinas.....	84
	APÊNDICE F – Esquemático da PCI do comando	85
	APÊNDICE G – Leiaute da PCI da cozinha	86
	APÊNDICE H – Leiaute da PCI da casa de máquinas.....	87
	APÊNDICE I – Leiaute da PCI do comando	88
	APÊNDICE J – Tabela de custos.....	89
	ANEXOS	90
	ANEXO A - Perfil da embarcação	90

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de monitoramento estão cada vez mais presentes em nosso dia-a-dia, desde parâmetros meteorológicos, utilizados para a previsão e histórico do clima, até sistemas de monitoramento de sensores em uma linha de produção, que podem atuar na prevenção de acidentes, aumento da qualidade, e padronização de resultados.

Outro exemplo de monitoramento que pode ser citado é o de monitoramento de frotas, um segmento que vêm crescendo no país e no mundo. Os sistemas de rastreamento veicular mais simples permitem ao usuário que mantenham a supervisão da geolocalização de sua frota de veículos, e sistemas mais elaborados entregam também ao usuário informações sobre a carga e objetos de cada um. Alguns sistemas permitem controles mais avançados para evitar furtos.

Ainda que estejam presentes no mercado rastreadores com preços acessíveis, poucos deles tem mais funções além do envio da geolocalização, tampouco existem sistemas de menor custo voltados para o setor náutico.

Assim, nota-se que falta no mercado dispositivos que permitam o monitoramento em tempo real de parâmetros que ajudem a controlar o funcionamento da embarcação, avaliarem a segurança, visando evitarem-se catástrofes, a um custo mais baixo e acessível.

No norte da Ilha de Santa Catarina opera o Consórcio Simples Escunas Pirata com dezesseis embarcações de transporte de passageiros, com capacidades entre cem e duzentas pessoas (ESCUNAS PIRATA, 2019). Ainda se destaca que existem vinte e quatro embarcações operando junto a Área de Proteção Ambiental do Anhatomirim, além de outras embarcações de maior porte que operam em todo o litoral de Santa Catarina. Com isso percebe-se a necessidade de se ter um sistema de monitoração da embarcação a um custo acessível, já que há uma grande quantidade de embarcações no nosso litoral.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de monitoramento, em tempo real, de parâmetros físicos de uma embarcação de transporte de passageiros, tais como: geolocalização, nível do tanque de combustível, temperatura da água do motor, pressão do óleo, funcionamento dos alternadores, estado de alagamento dos porões, estado das bombas de esgotamento e nível de águas servidas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Selecionar transdutores adequados a utilização em aplicação náutica;
- b) Instalar transdutores numa embarcação;
- c) Confeccionar placas de circuito impresso;
- d) Montar gabinetes para proteção dos circuitos;
- e) Elaborar softwares para leitura e transmissão dos dados dos transdutores;
- f) Calibrar os sensores;
- g) Implementar uma interface de comunicação com banco de dados;
- h) Monitorar o funcionamento do sistema por meio de uma interface Humano-Máquina.

1.2 Justificativa e relevância

A empresa Kallmaria Turismo Náutico LTDA demonstrou interesse no desenvolvimento de um sistema que pudesse trazer informações sobre sua embarcação em tempo real, uma vez que os sistemas disponíveis no mercado têm alto custo e tão somente monitoram a localização.

No entanto, a aplicação do sistema não se delimita apenas a essa empresa uma vez que somente na região de Canasvieiras, em Florianópolis, existem outras oito empresas do ramo, totalizando uma frota de dezesseis embarcações semelhantes que podem vir a ter interesse no sistema.

Outras cidades do estado de Santa Catarina como Bombinhas, Balneário Camboriú, São Francisco do Sul, Penha, Porto Belo, Joinville, contam com embarcações de transporte de passageiros também voltadas ao turismo.

O projeto explora novas tecnologias e tendências de mercado. Num mundo cada vez mais conectado, a área náutica ainda é pouco explorada quanto ao monitoramento remoto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Internet

Segundo COMER (2016, p.03), as redes de computadores têm crescido explosivamente, hoje englobando todos os aspectos de negócios, instituições de ensino, órgãos governamentais e organizações militares. Esse crescimento acarreta em um grande impacto não só econômico, transformando o modelo de negócios e nichos de mercado, como também vem causando uma grande mudança nos padrões sociais do mundo atual.

A Internet Global, a partir de agora referida como Internet, é fruto de pesquisas militares da década de 1960. Durante o período da guerra fria, os Estados Unidos da América verificaram a necessidade de um modelo de distribuição das informações de tal forma a descentralizar e criar redundância a fim de se proteger de eventuais ataques à centros de informação, bem como a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (ARPA), viu a necessidade de compartilhamento de recursos entre grupos de pesquisa, sendo criado o sistema que ficou conhecido como ARPANET. A transmissão dos dados se dava por um protocolo chamado chaveamento de pacotes, um sistema que divide as informações em pacotes, que são trechos dos dados acompanhados de endereços de origem e destino.

Então, com a chegada da década de 1970 e a diminuição da tensão entre EUA e URSS, a rede da ARPANET foi disponibilizada para que pesquisadores civis pudessem realizar estudos dentro de centros universitários. Conseqüentemente, com a expansão da ARPANET, o projeto com base na comutação de pacotes evoluiu, dando espaço a um novo projeto, o Internet, que teve sua expansão na década de 1980, atingindo o sucesso comercial na década de 1990.

Hoje, a utilização da internet como forma de conexão permite não só que pessoas possam se comunicar e trocar informações, mas também que máquinas possam fazer o mesmo. Dado o crescente desenvolvimento de tecnologias e

transformação dos modelos de indústria e monitoramento de processos, vêm crescendo uma nova tendência conhecida como Internet das Coisas (IoT).

A IoT permite que várias máquinas e sensores se comuniquem em redes internas ou públicas, de modo a controlar processos de forma totalmente autônoma. Uma das aplicações que podem ser utilizadas para exemplificar a IoT são as redes de monitoramento meteorológico, onde milhares de estações coletam dados e os enviam à uma central que realiza o processamento para entrega de relatórios e auxílio à elaboração da previsão do tempo.

Outro exemplo prático são as novas tecnologias de distribuição de energia em Smart Grids, redes de distribuição que possuem pontos que se comunicam de forma totalmente autônoma a fim de gerenciar e otimizar o funcionamento da rede. O sistema pode redirecionar energia de outras fontes no caso da falha de uma usina geradora.

2.2 Protocolos

De acordo com Gregersen, et al. (2019, tradução nossa):

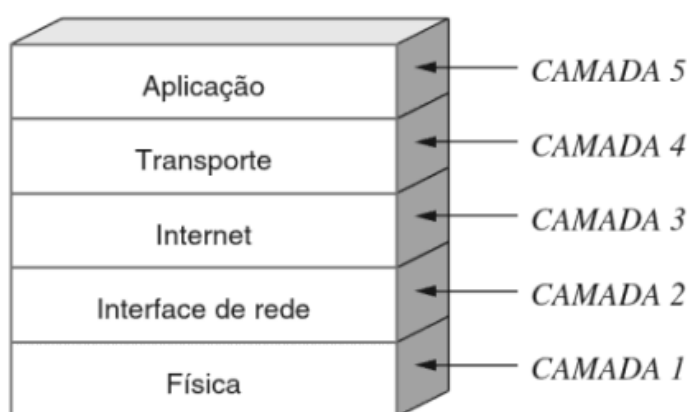
Protocolo na área de ciência da computação, é definido como um conjunto de regras ou procedimentos para a transmissão de dados entre dois dispositivos. Para que esses dispositivos troquem informações, deve haver um acordo pré-existente acerca de como será estruturada a informação, e como cada um dos lados fará o envio e recebimento da mesma. Sem um protocolo, um dos dispositivos pode por exemplo estar mandando dados em pacotes de 8-bits e o outro esperando receber os dados em pacotes de 16-bits. Os protocolos são estabelecidos por organizações internacionais.

Como organizações internacionais temos por exemplo a IETF para os protocolos de internet e o IEEE para os protocolos de rede cabeada e sem fio.

Para estabelecer uma comunicação entre dois pontos, é comum que aconteça a utilização de um conjunto de protocolos, chamados suítes ou famílias, de forma que cada protocolo atue em um segmento da comunicação. A comunicação dentro da Internet utiliza majoritariamente a família de protocolos TCP/IP, proposto por Vinton Cerf e Joseph Kahn (CERF e KAHN, 1974), um conjunto de cinco protocolos que

atuam sobre cinco diferentes segmentos: física, interface de rede, internet, transporte e aplicação, esse conjunto é conhecido como modelo em camadas, ou coloquialmente, pilha, visto na Figura 1:

Figura 1 - Camadas TCP/IP



Fonte: Comer (2016)

Analisando as camadas podemos distinguir o que cada protocolo especifica. Na camada física, se definem detalhes como o meio de transmissão e hardware. Toda a especificação das propriedades elétricas, frequências de rádio e sinais. A camada de interface de rede diz respeito à comunicação entre software e hardware, especificando endereços dentro da rede e tamanho máximo de pacote. A camada de internet é responsável pelas estruturas de endereçamento, formato dos pacotes, divisão de pacotes e mecanismos de erros. A camada de transporte atua entre aplicações, especificando velocidades máximas de transmissão de dados e organização da ordem correta dos pacotes. Por último, a camada de aplicação é a responsável pela interação entre aplicações, especificando o formato em que trocam mensagens e seus significados (COMER, 2016). São exemplos de protocolos de aplicação o HTTP, Modbus, MQTT, SMTP, e FTP.

2.2.1 HTTP

O Protocolo de Transferência de HiperTexto (HTTP) é um protocolo da camada de aplicação que funciona como base para a transmissão de dados dentro da internet. O protocolo surgiu em 1990, na versão HTTP/0.9, contemplando somente a transmissão de texto ASCII (BERNERS-LEE, 1991). Com o passar dos anos, novas funcionalidades como métodos de requisição foram implementadas, como por exemplo as funções POST, HEAD e PUT.

O protocolo prevê a interação entre cliente e servidor, onde o cliente enviará sempre uma requisição e o servidor retornará com uma mensagem de resposta (FIELDING e RESCHKE, RFC 7230, 2014). A comunicação sempre se inicia com uma requisição do cliente no seguinte formato apresentado na Figura 2:

Figura 2 - Modelo de requisição HTTP

```
<Método> <Recurso> <Versão>  
Host:<Host>
```

Fonte: Elaboração própria.

Uma requisição prática a um mecanismo de pesquisa teria o formato visto na Figura 3:

Figura 3 - Requisição HTTP

```
GET /index.html HTTP/1.1  
Host www.google.com
```

Fonte: Elaboração própria.

A versão atual do protocolo HTTP prevê oito métodos que definem o tratamento que o servidor dará aos dados enviados pelo cliente. O método GET faz a requisição do envio do recurso especificado, assim o servidor realiza o envio de dados de um arquivo como uma página HTML, uma figura JPG, entre outros. O método HEAD

funciona de maneira similar ao método GET, onde é enviado o cabeçalho com a metainformação, porém, sem os dados do recurso, usualmente utilizado de maneira a diminuir o consumo de dados caso não haja modificação do recurso previamente utilizado. Os métodos POST e PUT enviam dados para processamento, com cabeçalhos adicionais que especificam o tamanho e formato dos dados, que são enviados no corpo da mensagem. O método DELETE exclui o recurso já o TRACE ecoa a requisição em cada servidor intermediário a fim de verificar mudanças e tempos de resposta em seu pedido. O método OPTIONS recupera os métodos aceitos pelo servidor. E por fim o método CONNECT estabelece um proxy para tunelamento SSL ou TLS para criar uma conexão segura (FIELDING et al., 1999).

As respostas enviadas pelo servidor sempre se darão por uma linha de status, linhas de cabeçalho, uma linha em branco obrigatoriamente e uma mensagem opcionalmente. A linha inicial é composta por três campos: Versão HTTP, um código de status e uma frase curta que descreve o código de status (BERNERS-LEE et al., 1996). Como exemplo, cabeçalhos da resposta da requisição ao Google na Figura 4:

Figura 4 - Resposta a requisição HTTP

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Mon, 1 Sep 2019 17:24:50 GMT
Server: gws
Content-Length: 63489
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
```

Fonte: Elaboração própria.

Os códigos de resposta são formados por três dígitos, sendo o primeiro a classe. Junto à RFC 7231 (FIELDING e RESCHKE, 2014) encontram-se apenas alguns códigos de erro, sendo o servidor autorizado a criar seus próprios códigos. A seguir, a Tabela 1 apresenta as classes e exemplos de status:

Tabela 1 - Classes de erros

Classe	Tipo	Exemplo	
		Código	Significado
1	Informação	100	Continue
2	Sucesso	200	OK
3	Redirecionamento	301	Movido Permanentemente
4	Erro no Cliente	404	Não Encontrado
5	Erro no Servidor	505	Versão HTTP não suportada

Fonte: Elaboração própria.

2.2.2 JSON

De acordo com CROCKFORD (2019)

O protocolo Notação de Objetos JavaScript (JSON) é uma formatação leve, de troca de dados. Para seres humanos é fácil de ler e escrever. Para máquinas é fácil de interpretar e gerar. Está baseado em um subconjunto da linguagem de programação JavaScript, Standard ECMA-262 1a Edição - Dezembro 1999. JSON é em formato texto e completamente independente de linguagem, pois usa convenções que são familiares as linguagens C e familiares, incluindo C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python e muitas outras. Estas propriedades fazem com que JSON seja um formato ideal de troca de dados.

O protocolo JSON possui uma estrutura simples, de fácil compreensão. A mensagem é sempre inserida entre chaves, o primeiro componente entre aspas refere-se ao nome da variável de entrada, seguido por dois pontos e o valor de entrada, cada uma dessas entradas de dados é separada por uma vírgula. Valores que forem adicionados entre chaves agirão como um vetor. Sua sintaxe é bastante

parecida com a do XML, porém mais compacta e sem instruções de processamento. Na Figura 5 a seguir pode-se observar uma mensagem JSON:

Figura 5 - Mensagem JSON

```
{
  "poraoMaquina": 8.3,
  "poraoCozinha": 6,
  "fossa": 15.8,
  "diesel": 230,
  "tempMotor": 70.5,
  "pressaoOleo": 4,
  "alarmeOleo": false,
  "alternadorMotor": true,
  "alternadorServico": true,
  "bombaMaquina": false,
  "bombaCozinha": true
}
```

Fonte: Elaboração própria.

2.2.3 NMEA 0183

A norma proprietária NMEA 0183 padroniza um protocolo de comunicação serial entre dispositivos eletrônicos marítimos, como: ecobatímetros, anemômetros, bússola giroscópica, piloto automático e receptores GPS.

O padrão utiliza comumente a velocidade de 4800 bps para transmissão, sendo esse parâmetro não obrigatório, e com mensagens de até 82 caracteres incluindo o caractere inicial e final de transmissão. A mensagem padrão inicia com um caractere de início \$ ou ! , seguido de dois caracteres que identificam o remetente e três que identificam o tipo da mensagem, seguidos por dados separados por vírgula e ao fim

um final de linha <CR><LF>. Pode haver ao fim da mensagem um asterisco seguido por um checksum da mensagem (LANGLEY,1995).

2.2.4 Wi-Fi

Wi-Fi é um nome comercial de marca registrada, utilizada por dispositivos que utilizam rede sem fios do padrão IEEE 802.11, pode ser entendida como um protocolo da camada Física do TCP/IP. O padrão começou a ser desenvolvido em 1990, um ano após a Comissão Federal de Comunicações (FCC) regulamentar o uso de certas faixas do espectro de frequências, após sete anos foi aprovada a primeira versão que chegou ao mercado com capacidade de transmissão de até 2Mbps (CROW et al., 1997).

Com o crescimento do uso do padrão IEEE 802.11, foi formada uma organização a fim de manter a interoperabilidade entre dispositivos, a WECA. Tal organização foi a responsável pela criação do selo de certificação Wi-Fi, que ao longo do tempo passou a ser utilizado como sinônimo da norma IEEE (TORRES, 2019).

Os dispositivos Wi-fi são capazes de operar em frequências de 2,4 GHz e 5 GHz, formando redes locais sem a necessidade de fios, trazendo praticidade à implantação de uma rede onde a instalação de cabeamento é restrita. Também possibilitou a disseminação dos smartphones uma vez que planos de dados celulares costumam ter um custo superior ao custo de uma internet fixa.

2.3 Banco de Dados

Para Silberschatz (1999), um banco de dados “é uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico”, logo podemos dizer que bancos de dados são estruturas que armazenam informações relacionadas. Alguns exemplos clássicos podem ser uma lista de funcionários de uma empresa, uma tabela de preços de produtos ou mesmo uma lista telefônica. A fim de

realizar a abstração dos dados, existem sistemas de gerenciamento de bancos de dados como: MySQL, PostgreSQL e Oracle.

O mais simples modelo de banco de dados é o Modelo Plano, que consiste de uma matriz simples em forma de tabela. Porém tais estruturas podem assumir diferentes modelos como: hierárquico, rede, relacional e o orientado a objetos (TAKAI et. al., 2005). Tais modelos são aplicados quando um conjunto de dados pode estar relacionado a outro conjunto de dados.

2.4 Javascript

O JavaScript é uma linguagem de programação de alto nível, utilizada como uma das principais tecnologias empregadas na internet, junto com HTML e CSS, padronizada segundo a norma ECMA-262. Nativo em navegadores desde 1995, permite com que as páginas web não sejam tão somente HTML estático, possibilitando a inclusão de novos recursos que interagem com o usuário, controla o navegador e cria conteúdo HTML de forma dinâmica (FLANAGAN, 2002).

A sintaxe JavaScript é semelhante às linguagens C, C++ e Java, porém a semelhança com essas linguagens é apenas essa. A linguagem é cercada de equívocos, sendo os principais: JavaScript não é Java, ela é comumente associada a uma versão simplificada, porém a semelhança entre as duas é tão somente o nome. Quando aplicadas em conjunto fornecem uma grande ferramenta já que essencialmente se complementam. Já o segundo grande equívoco vem da palavra Script, uma vez que a simplicidade superficial torna fácil o desenvolvimento de tarefas simples, porém é uma linguagem tão completa e complexa quanto todas as outras quando utilizado todo seu potencial.

Enquanto popular no lado do cliente por muitos anos, o JavaScript sempre previu seu uso pelo servidor, porém somente em meados dos anos 2000 que sua implementação foi popularizada, atingido sua maior popularidade com o Node.js,

plataforma que se tornou a base para muitas empresas como o LinkedIn, Netflix, PayPal e Uber (LIN e EL GEBALY, 2016).

2.5 Arduino

Arduino é o maior ecossistema de software e hardware com código aberto do mundo (ARDUINO, 2019).

Baseado no projeto Processing, que tem como objetivo ser uma linguagem de programação de fácil aprendizado, a plataforma Arduino foi desenvolvida para auxiliar a criação de protótipos que conectam o mundo digital com o mundo real por pessoas sem experiência em eletrônica ou programação. Sendo o primeiro projeto de código aberto a se popularizar e receber a contribuição de centenas de pessoas que ajudaram a depurar, criar tutoriais e exemplos, e oferecer suporte a milhares de pessoas ao redor do mundo.

A plataforma é utilizada em conjunto com kits de desenvolvimento próprios ou de terceiros, possibilitando a criação de variados projetos que atendem desde pequenos experimentos para ensino, tanto como projetos mais complexos como impressoras 3d. A facilidade de uso e liberdade do projeto foi crucial na criação do *Maker Movement* e hoje é a escolha número um dos desenvolvedores, especialmente no mercado de IoT (ARDUINO, 2019)

A linguagem de programação utilizada pelo ambiente de desenvolvimento é baseada em C e C++, e faz o uso de bibliotecas próprias derivadas dos softwares AVR Studio e Atmel Studio. Devido a contribuições da comunidade é possível achar centenas de diferentes bibliotecas que facilitam o desenvolvimento de programas para as mais variadas aplicações e módulos.

2.6 ESP32

O ESP32 é uma série de microcontroladores altamente integrados, possuindo um processador dual-core de 240 MHz, com suporte nativo a Wi-Fi, Bluetooth e BLE (ESPRESSIF, 2016).

Um hardware poderoso, focado no desenvolvimento para IoT, a família ESP32 possui recursos que podem ser utilizados em aplicações de streaming de áudio, câmeras IP, jogos em 3D e mais notavelmente, capacidade de gerar uma rede *Mesh* Wi-Fi auto-organizável.

A folha de dados (ESPRESSIF, 2019) apresenta as características do sistema mostradas abaixo:

- a) CPU Xtensa 32-bits 240MHz;
- b) 520 KB SRAM;
- c) Wi-fi 802.11 b/g/n;
- d) Bluetooth 4.2 BLE;
- e) ADC 12-bit de 18 canais;
- f) 2 DAC 8-bit;
- g) 10 GPIOs de detecção capacitiva;
- h) Sensor de temperatura interno;
- i) 4 interfaces SPI;
- j) 2 interfaces I²C;
- k) 3 interfaces UART;
- l) Controladores de host SD/SDIO/CE-ATA/MMC/eMMC;
- m) Até 16 canais PWM;
- n) Barramento CAN.

Apesar de ser uma ferramenta muito poderosa, o ESP32 pode ser programado junto à interface Arduino, gerando praticidade e garantindo uma grande rede de suporte ao desenvolvimento de projetos, sendo possível desenvolver pequenas soluções menos complexas em um menor tempo.

Outra característica do dispositivo é a disponibilidade de uma vasta gama de kits de desenvolvimento, sendo que alguns comercializados já são preparados para atender necessidades como: vídeo monitoramento com o ESP-EYE, DevKits que deixam disponíveis todos os pinos do chip como o ESP32-DevKitC, kits para uso com soluções de áudio como a série ESP32-LyraT, e também para desenvolvimento de redes *Mesh* com o ESP32-MeshKit-Sense (ESPRESSIF,2019).

2.7 Bibliotecas

Bibliotecas são conjuntos de funções pré compiladas para executar rotinas de forma simplificada, a fim de reduzir o número de linhas de código e garantir comportamentos bem definidos (DREPPER, 2011). Uma vez escrita, uma biblioteca pode ser utilizada por infinitos programas que a incluam em seu código.

O desenvolvimento de bibliotecas para Arduino é bastante intenso por parte da comunidade, onde surgem dezenas de bibliotecas novas para atender todos os tipos de aplicações. São criadas bibliotecas para módulos de desenvolvimento como GPS e GPRS, sensores, atuadores, protocolos como HTTP e JSON, e comunicação serial.

2.8 GPRS

Os Serviços Gerais de Pacote por Rádio (GPRS) é uma evolução das tecnologias de dados via rede celular que provocou mudanças na utilização das redes GSM, onde a cobrança de dados deixou de ser realizada por minutos e passou a ser por uso de dados. Isso se deu ao fato de que as conexões deixaram de utilizar comutação de circuitos e passou a utilizar comutação de pacotes.

O termo 2.5G, se referindo a geração da tecnologia, foi cunhado de forma não-oficial para utilização em publicidade (FUNSMS.NET, 2010, tradução nossa), o 2.5G de refere a uma rede 2G, que originalmente utiliza comutação de circuitos, se

beneficiando da tecnologia de comutação de pacotes. Essas redes possuem uma velocidade média de transmissão de dados na faixa dos 40 Kbps.

Atualmente no Brasil, a utilização da rede GSM por pessoas vem diminuindo à medida que novos aparelhos celulares com tecnologias mais modernas tomam espaço no mercado e as operadoras expandem suas redes com tecnologia 4G e, a partir de 2021, com a nova tecnologia 5G. Essa utilização da rede, entretanto, cresce no setor M2M, onde máquinas utilizam a rede celular para transferência de dados, desde aplicações comerciais em terminais de cartões de crédito, até o monitoramento de parâmetros meteorológicos por estações em campo.

2.9 GPS

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um sistema que possui pelo menos vinte e quatro satélites em órbita para definir a posição geográfica de um receptor. Originalmente um projeto militar dos EUA, foi disponibilizado ao público civil na década de 1980, somente foi declarado totalmente operacional em 1994, e em 2000 deixou de ter “disponibilidade seletiva”, que tinha a função de reduzir a precisão em uso civil (GARMIN, 2019).

Contudo, por se tratar de um sistema militar, o GPS está sujeito a disponibilidade que pode ser revogada a qualquer momento, como exemplo a guerra de Kargil, onde o sistema bloqueou o funcionamento de receptores indianos, causando desvantagem estratégica. Países como a Rússia, China, Índia, e também a união Européia também desenvolveram seus próprios sistemas de posicionamento (SRIVASTAVA, 2014).

Para a obtenção da sua posição, o receptor utiliza os sinais de posição capturados de pelo menos quatro satélites e compara o intervalo de tempo desde a transmissão da mensagem até seu recebimento.

2.10 Comunicação Serial Assíncrona

A comunicação serial é um método de troca de dados com periféricos largamente utilizado por desenvolvedores. A comunicação serial assíncrona não utiliza um sinal para sincronia entre os dispositivos e sim um temporizador interno e uma taxa de transmissão previamente configurada.

A comunicação serial por muito tempo foi a porta utilizada por diversos periféricos para a troca de dados com computadores, até a migração para as portas USB, onde muitos desenvolvedores consideraram ser seu fim. (AXELSON, 2007)

Alguns parâmetros são configurados ao iniciar um controlador serial, são eles: comunicação full-duplex ou half duplex, quantidade de bits por caractere, ordem de envio dos bits, velocidade em bits por segundo (taxa de transmissão), utilizar ou não paridade (detecção de erros) e número de bits de parada.

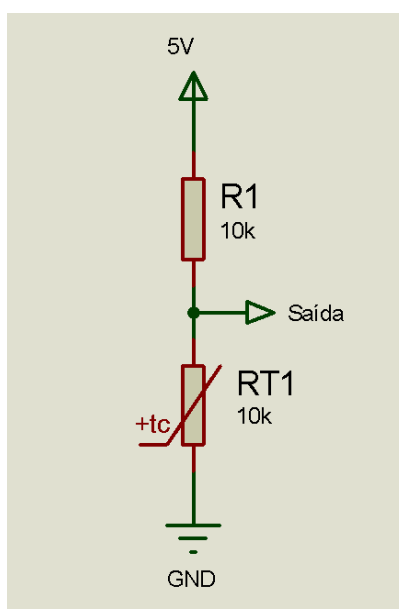
As velocidades mais utilizadas por módulos para desenvolvimento são de 4800bps, 9600bps, e 115200bps, porém outras variações como 2400, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 também são utilizadas. A configuração padrão adotada pelos fabricantes é a 8N1 que usa caracteres de 8 bits com um bit de início, um bit de parada e sem paridade (AXELSON, 2007), essa configuração à velocidade de 9600bps permite a transmissão de dados à 960 Bps, 20% mais lento que uma conexão síncrona à um *clock* de 9600 Hz.

2.11 Sensores e Transdutores

Sensores são dispositivos que respondem a estímulos do ambiente de forma a transformar uma grandeza física em outra, onde a saída nem sempre é adequada ao uso pelo sistema (WENDLING, 2010), um exemplo são os termistores, dispositivos que variam sua resistência de acordo com a temperatura, gerando uma grandeza que por si só não é facilmente lida por um microcontrolador.

Facilmente confundidos com sensores, os transdutores são instrumentos de medição que fornecem uma grandeza de saída relacionada com uma grandeza de entrada. O transdutor é um conjunto de um ou mais sensores e um circuito apropriado para fazer a interface com um sistema, podendo ser exemplificado pelo termistor mencionado anteriormente sendo utilizado junto a um resistor formando um divisor de tensão como exemplificado na Figura 6:

Figura 6 - Esquema elétrico de um transdutor de temperatura



Fonte: Elaboração própria.

Novas tendências de mercado têm apontado o crescimento no uso de *Smart Sensors*, denominação que se apresenta de forma errada. Como o objetivo do dispositivo é a transferência dos dados coletados para um servidor, entende-se que em algum momento o sinal produzido pelo sensor será tratado, mesmo que de forma grosseira, a fim de ser coletado pelo microcontrolador e enviado para a rede. Sendo assim, podemos nos referir a estes como *Smart Transducers* assim como definido pela norma IEEE 1451.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram disponibilizados pela empresa os recursos necessários para o desenvolvimento do projeto, sendo os principais recursos a embarcação e os funcionários necessários para o deslocamento da mesma e também o recurso necessário para a compra de equipamentos e softwares. Para as etapas de programação e testes em bancada, utilizou-se computador próprio.

3.1 Transdutores

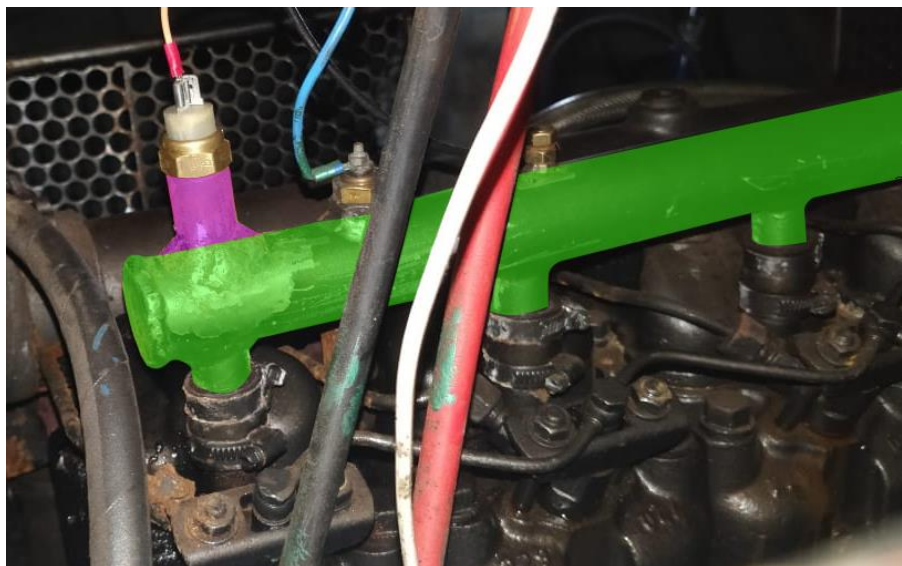
Os transdutores foram escolhidos utilizando como referência aqueles já utilizados em embarcações, em aplicações náuticas e até automobilísticas, para assim garantir o bom funcionamento do sistema.

Inicialmente, observou-se a necessidade de monitorar os parâmetros mais importantes: estado dos alternadores e estado das bombas. Tais sinais tem características de um sinal binário (ON/OFF). A fim de realizar o isolamento elétrico da fonte do sinal e o microcontrolador optou-se pela utilização de relés, sendo escolhido um relé auxiliar automotivo, modelo DNI0102 (DNI, 2020).

O próximo parâmetro a se observar é a pressão do óleo, a qual é realizada por meio de um transdutor de pressão, modelo VDO D3602001 (VDO, 2019).

Para a medição da temperatura da água do sistema de arrefecimento, foi escolhido o transdutor MTE 3030 (MTE-THOMPSON, 2020), onde foi necessária a adaptação do cavalete da água, destacado em verde Figura 7, para fixação: abriu-se um furo na parte superior do cavalete e soldado um tubo prolongador com rosca (destacado em roxo) para a fixação do transdutor.

Figura 7 - Adaptação do cavalete da água







Fonte: Elaboração própria.

Por fim, foi pesquisada uma solução que pudesse atender a medição dos níveis de: água potável, tanque séptico e combustível. A primeira alternativa foi a utilização de boias de tanque de combustível, o que levou a descoberta de uma linha náutica de boias tubulares (WILLTEC, 2020), da marca Willtec, que melhor se adequaram as necessidades do projeto.

Assim, foi elaborada a Tabela 2 que nos informa dados técnicos dos transdutores utilizados.

Tabela 2 - Transdutores Utilizados

Aplicação	Nome	Medida de Referência Mínima	Medida de Referência Máxima	Foto
Alternadores e Bombas	DNI0102	Aberto	Fechado	
Pressão do Óleo	D3602001	0 Bar	6 Bar	
		10Ω	124Ω	
Temperatura da Água	MTE 3030	40°C	120°C	
		380Ω	20Ω	
Nível de Combustível, Tanque séptico, Água Doce e Porões	W99.053N	Vazio	Cheio	
	W99.022N			
	W99.811N	70Ω	3Ω	
	W99.017N			

Fonte: Elaboração própria.

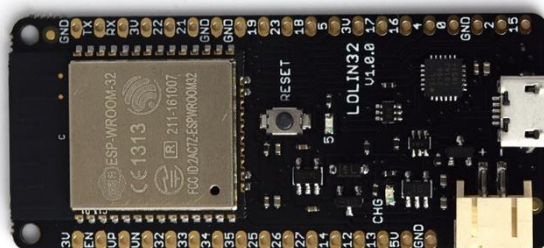
3.2 Plataforma de desenvolvimento

Como microcontrolador principal, foi escolhido a família ESP32S da Espressif Systems® por apresentar baixo custo, ter acesso a internet por meio de comunicação Wi-Fi integrada, com pilha TCP/IP, possuir um processador rápido o suficiente para

dar conta da medição e comunicação de dados, e entradas e saídas digitais e analógicas suficientes para a necessidade.

A variante WEMOS LOLIN32 vista na Figura 8 foi escolhida para o projeto devido a sua disponibilidade, baixo custo e circuito dedicado para uso de bateria de lítio de 3,7V integrado a placa.

Figura 8 - WEMOS LOLIN32



Fonte: Wemos (2019)

3.3 Ambiente de desenvolvimento

O ambiente escolhido para desenvolver a programação dos microcontroladores foi o Arduino IDE, uma vez que dispõe de vasta gama de bibliotecas e fóruns de discussão

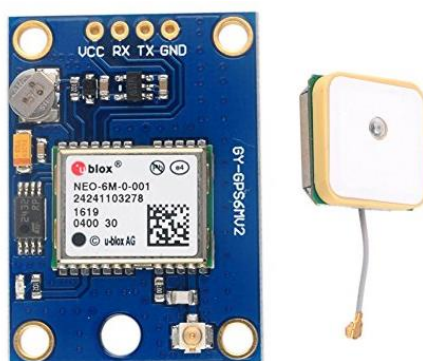
Cabe ressaltar que apesar de não ser o ambiente oficial para desenvolvimento da plataforma ESP32, a plataforma Arduino dispõe de todos os recursos necessários ao projeto, como utilização de portas analógicas e digitais, múltiplas comunicações serial, suporte a utilização de processamento paralelo em dual core, e rede Wi-Fi.

3.4 Módulos

Para a utilização da tecnologia GPS, foi buscada uma solução compatível com comunicação serial utilizando o protocolo NMEA 0183 (NATIONAL MARINE ELECTRONICS ASSOCIATION, 2001). Isso se dá pelo fato de que as bibliotecas do ambiente utilizam esse protocolo de comunicação.

Assim, dada a disponibilidade e melhor custo, foi escolhido o módulo GY-GPS6MV2, visto na Figura 9, que possui alimentação 5V e interface UART com o microcontrolador operando a 9600bps.

Figura 9 - Módulo GY-GPS6MV2



Fonte: Wantitall (2019)

Quanto a tecnologia GPRS, pesquisou-se quanto ao suporte de frequências de operadoras e potência de sinal do módulo, verificando que a opção adequada seria o modelo IOT-GA6, mostrado na Figura 10, que possui potência máxima de transmissão de 10W.

Figura 10 - Módulo IOT-GA6



Fonte: Gooouu Tech (2019)

3.5 Fontes de alimentação

Escolhidos os módulos e microcontroladores a serem utilizados, foram então escolhidas as fontes de alimentação a serem utilizadas. Levando-se em consideração os requisitos de cada módulo e dos circuitos sensores, chegou-se à Tabela 3:

Tabela 3 - Tensão e consumo de corrente dos circuitos

Circuito	Consumo de Corrente Máximo (mA)	Tensão (V)
Alternadores e Bombas	3,205	5
Pressão do Óleo	9,615	5
Temperatura da Água	2,660	5
Bóias	18,315	5
ESP32	800	5
GY-GPSV6	67	5
IOT-GA-6	2000	5
Circuito da Cozinha	821,520	5
Circuito da Máquina	876,835	5
Circuito do Tijupá	2885,315	5

Fonte: Elaboração própria.

Dado o fato de que o ESP32 possui uma entrada microUSB para programação, optou-se por utilizar a mesma para o fornecimento de energia aos circuitos. Em buscas por módulos fonte de energia do tipo *step/down* conectados na USBs, verificou-se que a grande maioria tem saídas 5V com 2A de saída nominal e 3A de valores de pico.

Para maior segurança, foi decidido que todas as placas utilizariam um módulo HW676, como visto na Figura 11.

Figura 11 - Módulo HW676

Fonte: Global-Purchase Store (2019)

Já a placa onde estivesse conectado o módulo GPRS, seria utilizado um regulador de tensão *step-down* LM2596, visto na Figura 12, onde é possível regular a tensão de saída, também com corrente nominal de 2A e corrente de pico de 3A.

Figura 12 - Regulador step/down LM2596

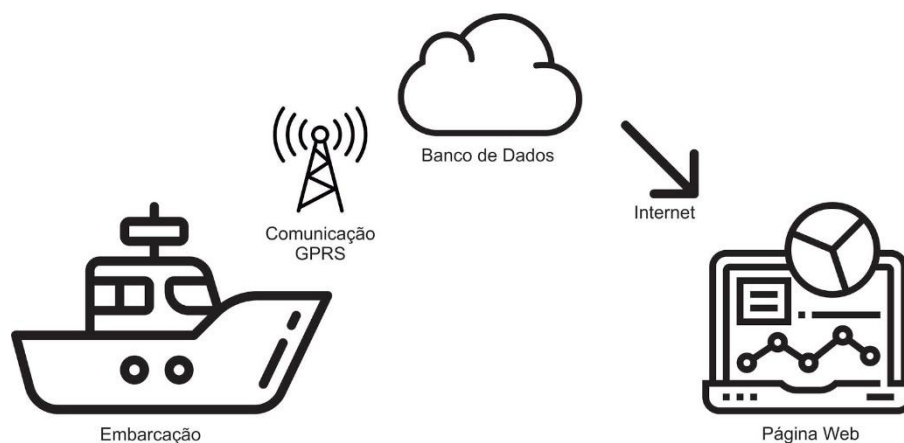
Fonte: Saravati (2019)

4 DESENVOLVIMENTO

Para uma melhor compreensão do projeto, foram elaborados esquemas a fim de ilustrar seu funcionamento e embasar as etapas do projeto.

Assim, a Figura 13 mostra o conceito básico, onde se vê uma embarcação, fazendo o envio de dados para um banco de dados na nuvem, que por sua vez permite o acesso desses dados em uma página web disponibilizada por meio da internet.

Figura 13 - Conceito básico do projeto



Fonte: Elaboração própria.

Necessita-se discutir quais os parâmetros mais importantes a serem observados e registrados. Para isso observa-se o painel da embarcação na Figura 14, que mostra elementos como pressão do óleo do motor, temperatura da água do sistema de arrefecimento e funcionamento dos alternadores estão destacados. São esses parâmetros comumente observados em painéis de automóveis no geral, muitas vezes representados apenas por um indicativo luminoso e não um mostrador.

Figura 14 - Painel da embarcação



Fonte: Elaboração própria.

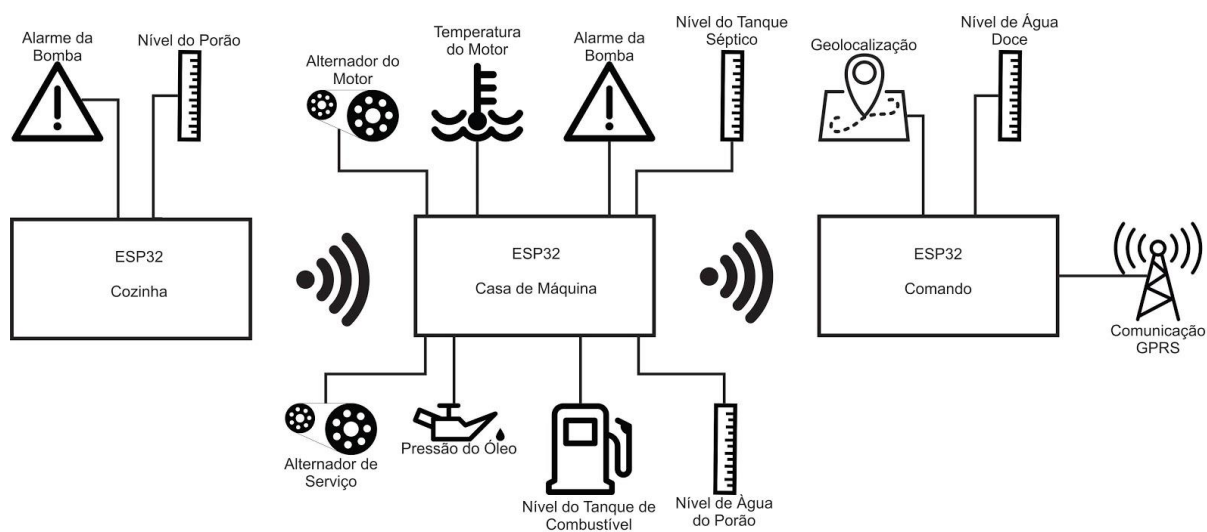
Também há de se observar a importância do nível dos três principais tanques da embarcação: o tanque de combustível, o tanque de água potável e o tanque séptico, a fim de mantê-los sempre em bom estado de funcionamento.

Ainda existem parâmetros que podem sinalizar uma emergência, que são os níveis de alagamento dos porões e o estado das bombas de esgotamento. Esses sinalizam possíveis alagamentos que podem levar uma embarcação a naufragar.

Assim é elaborado um diagrama mais completo, já levando em consideração os elementos presentes nos compartimentos e quais funções podem ser desempenhadas pelos sistemas de maneira independente.

Como vemos na Figura 15, existem três microcontroladores que desempenham as leituras dos sensores instalados em áreas distintas: a cozinha, a casa de máquinas e o comando. Cada um desses módulos fica responsável pela leitura dos parâmetros em sua área e transmissão dos mesmos ao próximo ponto.



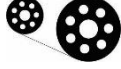






Figura 15 - Diagrama do sistema



Fonte: Elaboração própria.

A partir dessa figura, passa-se a representar os elementos de acordo com a legenda apresentada na Tabela 4 a seguir. Então, foi planejada a disposição dos sensores e CPUs no arranjo da embarcação.

Tabela 4 - Legenda das imagens

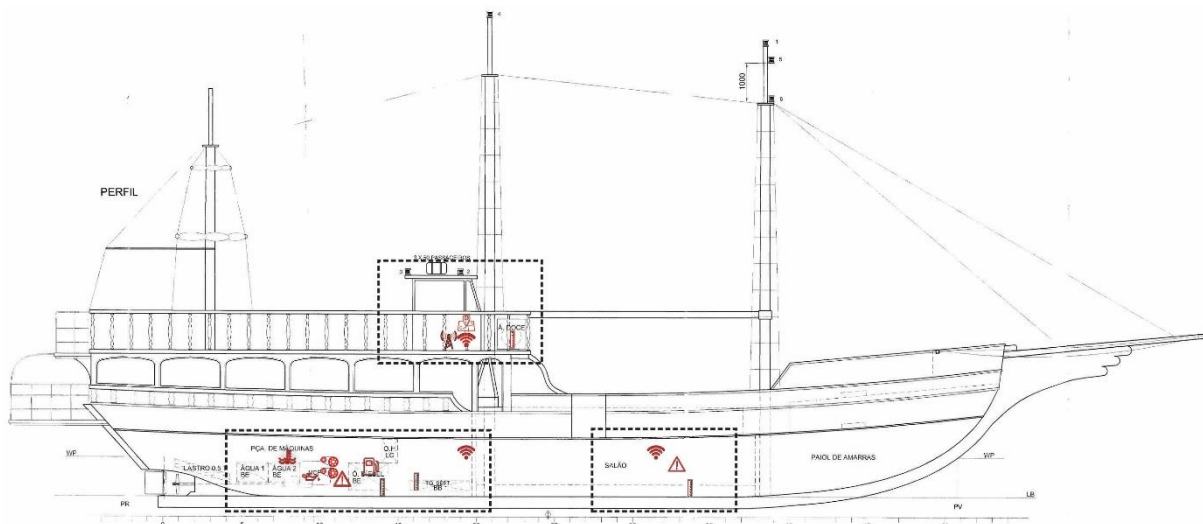
Símbolo	Identificação	Descrição
	Microcontrolador	Ponto com microcontrolador conectado à rede Wi-Fi interna
	Automático de bomba de porão	Informação sobre estado da bomba de porão
	Alternador	Informação sobre funcionamento do alternador
	Combustível	Informação sobre a quantidade de combustível no tanque
	Geolocalização	Informação quanto a posição, rumo, e velocidade da embarcação,
	Comunicação GPRS	Ponto de comunicação com a rede GPRS
	Nível	Altura de líquido em ponto
	Pressão	Pressão do óleo lubrificante do motor
	Temperatura	Temperatura do líquido de arrefecimento do motor

Fonte: Elaboração própria.

4.1 Posicionamento dos sensores e microcontroladores

Levando-se em consideração o desenho da planta da embarcação, os transdutores foram posicionados e divididos em três áreas de trabalho, como mostrado na Figura 16 (a imagem original encontra-se ampliada no Anexo A):

Figura 16 - Vista de perfil da embarcação



Fonte: Elaboração própria sobre o acervo da empresa

Considerando que a embarcação é inteiramente feita em madeira, é esperado que a qualidade do sinal de celular seja deteriorada dentro dos compartimentos inferiores, logo o melhor posicionamento para o módulo que efetua a comunicação GPRS é junto ao comando da embarcação, possibilitando também a leitura do nível de água doce nos reservatórios. Também é o local mais oportuno para o posicionamento do módulo GPS, uma vez que terá uma maior qualidade de sinal, representado pela Figura 17.

Figura 17 - Posição dos componentes no comando



Fonte: Elaboração própria.

O segundo ponto de medição é o compartimento da cozinha. Devido à localização do circuito de acionamento da bomba de esgotamento já instalada no local, se faz mais apropriado que o microcontrolador seja instalado junto a mesma, a fim de reduzir a quantidade e tamanho dos fios utilizados. Também nessa posição é instalada uma das boias que mede o nível de água do compartimento, como se observa na Figura 18.

Figura 18 - Posição dos componentes na cozinha



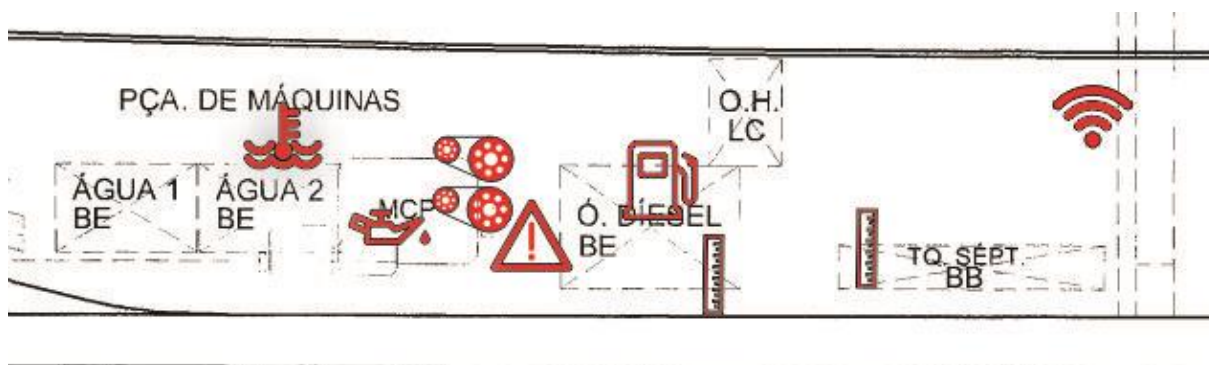
Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que há um ponto junto à antepara que separa os compartimentos da praça de máquina e salão onde também existe uma ligação ao comando. Esse ponto fica a cerca de 3,5 metros de distância do módulo posicionado no comando e à cerca de quatro metros de distância do módulo posicionado na cozinha.

Nesse local será instalado o módulo que será responsável por gerir a rede interna do sistema, bem como realizar as leituras dos alternadores, pressão do óleo, temperatura da água e níveis do porão, de combustível e do tanque séptico. Sendo esse conjunto detalhado na Figura 19.

Temos os transdutores de temperatura da água e óleo fixados no motor, os sensores dos alternadores ligados ao borne de excitação D+, o sensor de funcionamento da bomba de porão ligado ao automático da bomba, o transdutor de água do porão fixado ao casco do barco, o transdutor de nível do combustível no tanque e o transdutor de nível do tanque séptico afixado ao mesmo.

Figura 19 - Posição dos componentes na casa de máquinas

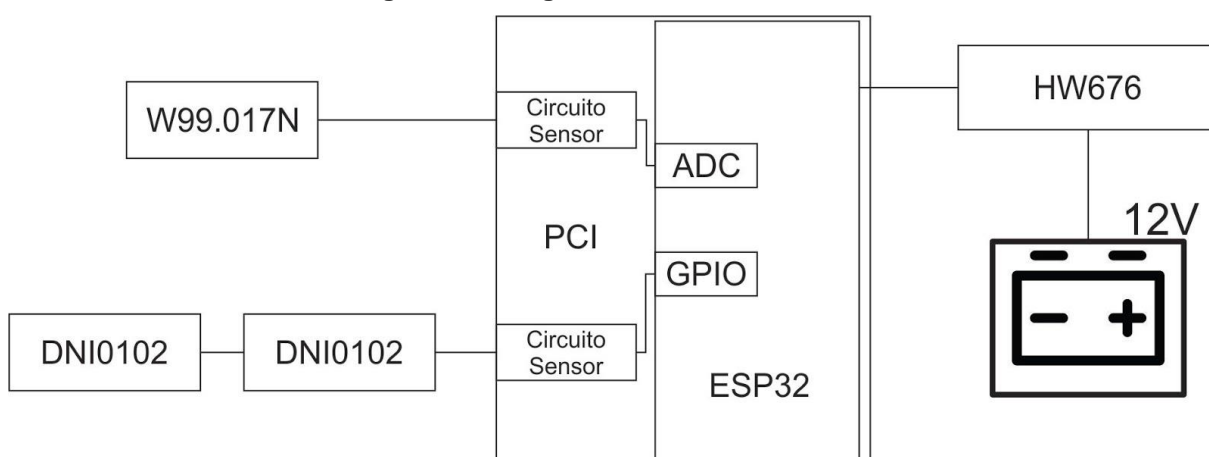


Fonte: Elaboração própria.

4.2 Placas de circuito impresso

Com a identificação dos componentes e separação dos microcontroladores, é possível então aprofundar os diagramas anteriormente elaborados para uma representação mais detalhada de cada um dos módulos do sistema. Na Figura 20 observa-se o diagrama do módulo da cozinha.

Figura 20 - Diagrama módulo da cozinha

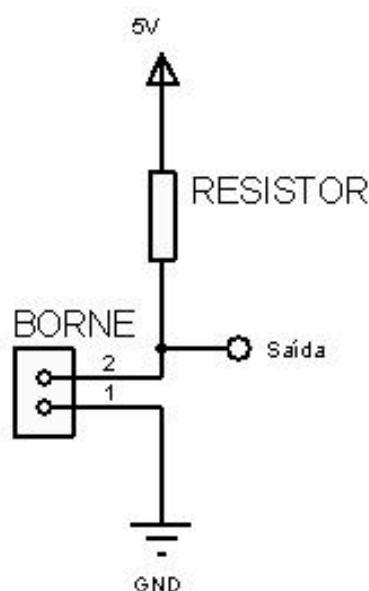


Fonte: Elaboração própria.

É a partir desse diagrama que elabora os circuitos a fim de transformar os sinais dos transdutores adaptados para a leitura pelo ESP32. Todos os diagramas podem ser encontrados nos apêndices A, B e C.

Os circuitos para os transdutores resistivos são sempre um divisor de tensão, representados pela Figura 21, onde o valor do resistor varia de acordo com o tipo de transdutor.

Figura 21 - Circuito sensor para transdutores resistivos



Fonte: Elaboração própria.

Uma vez que o conversor analógico digital interno do ESP32 tem sua referência interna configurada para 1,1V, faz-se um divisor resistivo de acordo com a equação (1) para determinar o valor da resistência necessária, para que a saída do sensor seja um pouco abaixo do valor máximo da escala quando o transdutor atinja sua resistência máxima.

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{R_{sensor}}{R_{sensor} + R_{fixo}} \times 5V \quad (1)$$

Assim, para uma saída máxima de 1V temos que a resistência fixa deverá ser de 280Ω. Entretanto, uma vez que os valores dos resistores seguem um padrão,

procura-se um valor adequado, próximo ao calculado. Para cada sensor, chegam-se aos valores da Tabela 5.

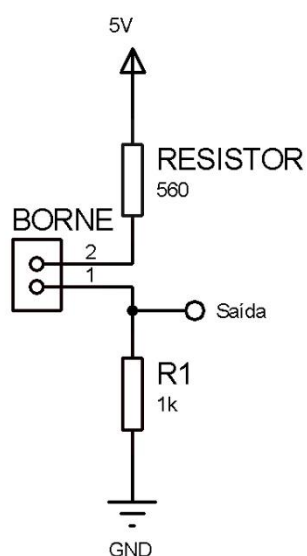
Tabela 5 - Resistências utilizadas nos circuitos sensor

Sensor	Resistência Máxima	Resistência Calculada	Resistência Padrão	Tensão Máxima
Bóias	70 Ω	280 Ω	270 Ω	1,029V
D3602001	124 Ω	496 Ω	510 Ω (330 Ω + 180 Ω)	0,978V
MTE 3030	380 Ω	1520 Ω	1500 Ω	1,011V

Fonte: Elaboração própria.

Já os circuitos para os relés sofrem algumas alterações. Apesar do fato que os pinos do ESP32 são tolerantes a 5V, optou-se por utilizar um divisor de tensão para que a entrada fosse submetida a cerca de 3,3V quando ativa e um resistor de *pull-down* garante que a tensão seja 0V quando a entrada está inativa, como visto na Figura 22. Os valores escolhidos para as resistências foram de 1k Ω e 560 Ω , o que gera uma saída de 3,2V.

Figura 22 - Circuito para relé



Fonte: Elaboração própria

Todavia, ainda se fazia necessária a definição dos pinos do ESP32 que seriam utilizados em cada placa. Levou-se em consideração o fato de que a utilização da funcionalidade Wi-Fi desabilitar o ADC2, e também se optou por realizar o encaminhamento de pinos disponível para alterar as portas seriais, chegando à Tabela 6.

Tabela 6 - Pinos ESP32

Módulo	Função	Pino
Cozinha	Nível do Porão	34
Cozinha	Estado da Bomba	32
Máquina	Nível do Combustível	36
Máquina	Nível do Tanque Sêptico	39
Máquina	Nível do Porão	32
Máquina	Pressão do Óleo	33
Máquina	Temperatura da Água	34
Máquina	Alternador do Motor	35
Máquina	Alternador de Serviço	25
Máquina	Estado da Bomba	26
Comando	Nível de Água Doce	34
Comando	Serial 1 RX	13
Comando	Serial 1 TX	12
Comando	Serial 2 RX	16
Comando	Serial 2 TX	17

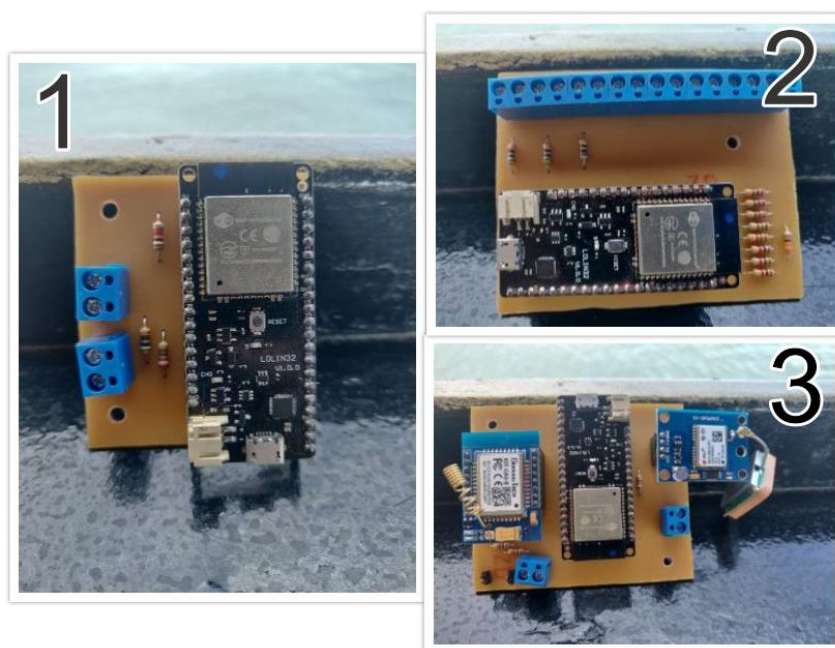
Fonte: Elaboração própria

Utilizando os circuitos apresentados e as definições dos pinos, foram projetados os esquemáticos das placas de circuito impresso no software Proteus disponíveis no APENDICES D, E e F. A partir dos esquemáticos, foram projetados os leiautes disponíveis no APENDICES G, H e I.

A confecção das placas de circuito impresso se deu nas dependências do IFSC, utilizando materiais disponíveis no Laboratório de Projeto Integrador. Primeiramente foram impressos os leiautes das placas em impressora com toner em papel *glossy*. Então cortou-se uma placa de fenolite em partes ligeiramente maiores que o tamanho das PCIs.

Utilizando uma unidade fusora foi feita a transferência do toner para as placas que então foram submetidas à um banho de cloreto férrico para a corrosão. Ao fim desse processo, o toner foi retirado com o uso de material abrasivo e a placa de circuito impresso perfurada. Assim, foram desbastadas até o tamanho final e os componentes foram soldados, estando assim finalizada a confecção das placas observadas na Figura 23.

Figura 23 - PCI's confeccionadas - (1) PCI da Cozinha, (2) PCI da casa de máquina, (3) PCI do comando

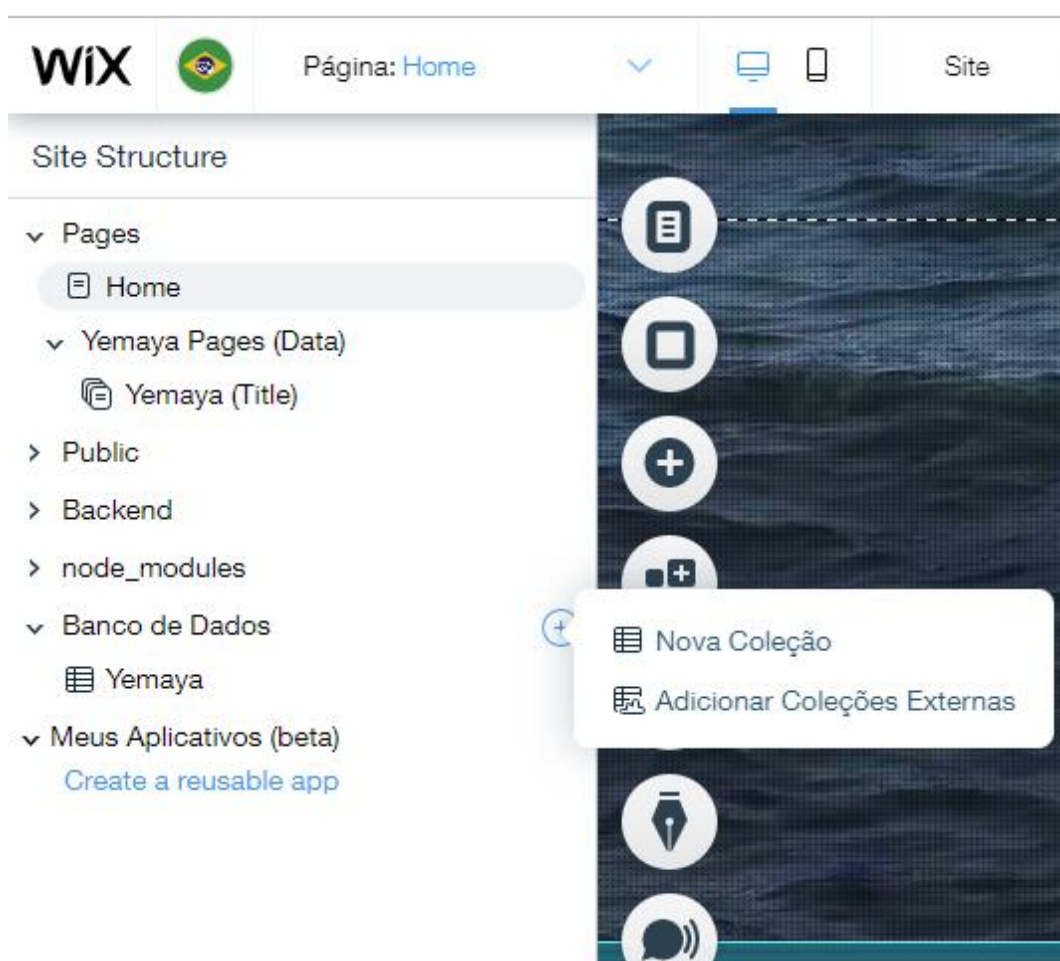


Fonte: Elaboração própria

4.3 Página WEB e banco de dados

O banco de dados utilizado foi o disponível no gerenciador do website da empresa, desenvolvido pelo Wix.com. A plataforma de criação de sites dá acesso a várias funcionalidades de forma prática, fazendo com que a criação de um banco de dados se dê facilmente pelo menu lateral, como visto na Figura 24.

Figura 24 - Banco de dados pela plataforma Wix.com

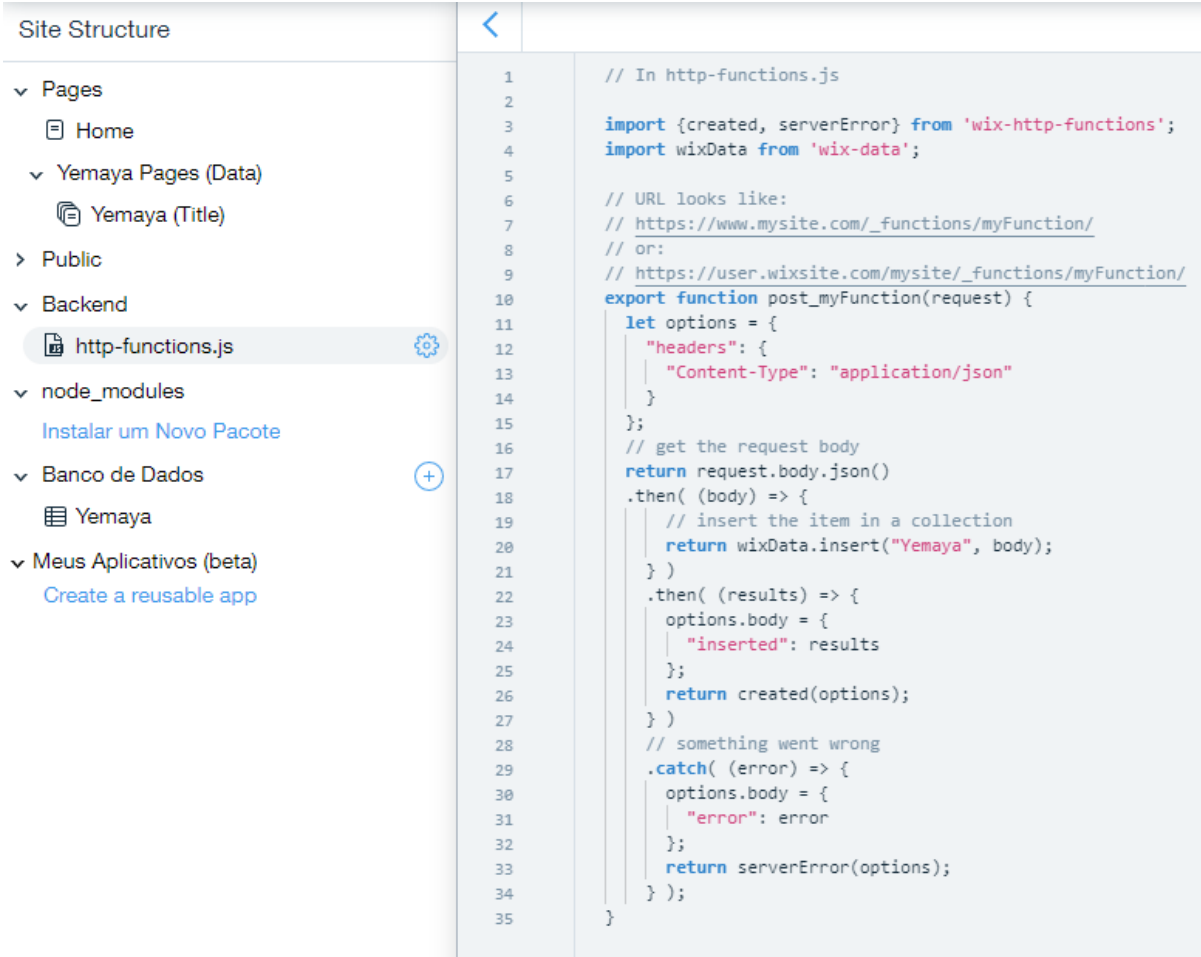


Fonte: Elaboração própria

Assim, a plataforma cria o banco de dados com uma interface interativa, possibilitando total customização da tabela. Ainda assim, é necessária a criação de

uma função em *javascript* no *Backend*, a fim de inserir a funcionalidade POST para inserção de informações no banco de dados, com visto na Figura 25. O algoritmo utilizado estava disponibilizado na referência do Corvid, linguagem de programação utilizada pelo editor de sites. “Back-end é a camada de programação que fica nos bastidores, no banco de dados. Por exemplo, MySQL, Oracle e SAP são parte do Back-End, que recebe os dados da interface do usuário, o front-end.” (ZANCHETA, 2018).

Figura 25 - Inserção de informações no banco de dados da plataforma Wix.com



```
1 // In http-functions.js
2
3 import {created, serverError} from 'wix-http-functions';
4 import wixData from 'wix-data';
5
6 // URL looks like:
7 // https://www.mysite.com/_functions/myFunction/
8 // or:
9 // https://user.wixsite.com/mysite/_functions/myFunction/
10 export function post_myFunction(request) {
11   let options = {
12     "headers": {
13       | "Content-Type": "application/json"
14     }
15   };
16   // get the request body
17   return request.body.json()
18   .then( (body) => {
19     // insert the item in a collection
20     return wixData.insert("Yemaya", body);
21   } )
22   .then( (results) => {
23     options.body = {
24       | "inserted": results
25     };
26     return created(options);
27   } )
28   // something went wrong
29   .catch( (error) => {
30     options.body = {
31       | "error": error
32     };
33     return serverError(options);
34   } );
35 }
```

Fonte: Elaboração própria

O acesso ao Banco de dados pode ser feito pela interface de gerenciamento de websites, mostrando os dados da planilha em tempo real, e também possibilita a edição dos dados, importação e exportação em formato .CSV.

Ainda, utilizando a ferramenta de criação de sites, foi criada uma página vinculada ao banco de dados para o acompanhamento dos parâmetros lidos pelo sistema. Optou-se por utilizar uma interface mais descritiva e apenas utilizar a representação da geolocalização de forma visual por meio da ferramenta de mapas do Google. Assim como observado na Figura 26.

Figura 26 - Página web do banco de dados

Home	Sobre	Roteiro	O Barco	Galeria	Contato
Hora da entrada:	31 de outubro de 2019 12:12:48	Nível do Porão:	5		
Hora do GPS:	2019-06-13 13:45	Nível da Cozinha:	5		
Latitude:	-27.42486	Nível da Fossa:	15		
Longitude:	-48.45164	Combustível:	40		
Altitude:	0	Água Doce:	40		
Velocidade:	0	Temperatura do Motor:	60		
Rumo:	180	Pressão do Óleo:	5		
Satélites:	4	Alarme do Óleo:	false		
Bomba do Porão:	false	Alternador do Motor:	true		
Bomba da Cozinha:	false	Alternador de Serviço:	true		

Fonte: Elaboração própria

4.4 Programação

A última e mais importante etapa foi a programação, onde o planejamento foi crucial para o desenvolvimento do programa de forma organizada e ágil, onde foi possível realizar testes em bancada e verificar o funcionamento do sistema antes da instalação.

Para a familiarização com os recursos utilizados, se estabeleceram algumas etapas de desenvolvimento de forma independente, criando-se diferentes funções, sendo elas:

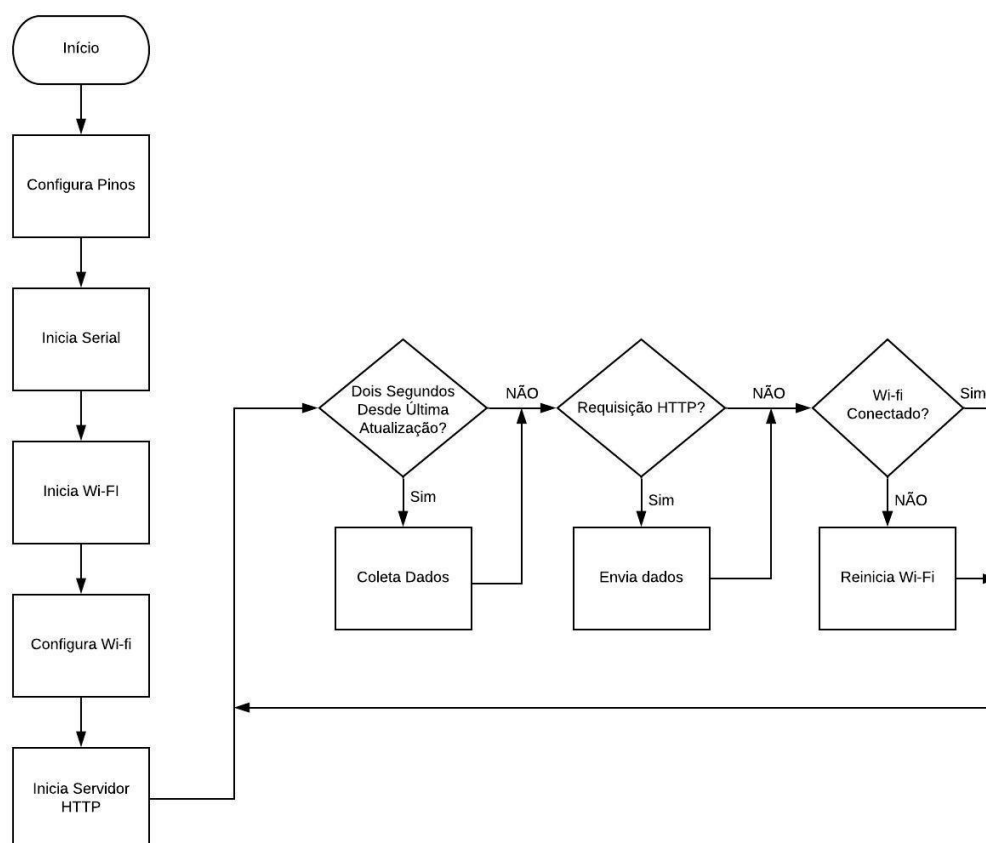
- a) Utilização da Serial de um ESP32;
- b) Conexão de um ESP32 à rede Wi-Fi já existente;
- c) Envio de requisição HTTP de um ESP32 para o servidor da página por rede Wi-Fi;
- d) Envio de mensagem JSON de um ESP32 para inserção de informação fictícia no banco de dados por rede Wi-Fi;
- e) Envio de requisição HTTP entre dois ESP32;
- f) Envio de requisição HTTP entre dois ESP32 com resposta em mensagem JSON;
- g) Criação de ponto de acesso Wi-Fi por um ESP32;
- h) Conexão de um ESP32 em um ponto de acesso criado por outro ESP32;
- i) Utilização de duas seriais de um ESP32;
- j) Conexão de ESP32 à rede GPRS;
- k) Envio de requisição HTTP de um ESP32 para o servidor da página por rede GPRS;
- l) Envio de mensagem JSON de um ESP32 para inserção de informação fictícia no banco de dados por rede GPRS;
- m) Leitura de porta digital no ESP32;
- n) Leitura de porta analógica no ESP32;
- o) Utilização de três seriais de um ESP32;
- p) Leitura do módulo GPS por um ESP32;

q) Utilização de dois núcleos de processamento de um ESP32.

Assim foi possível testar as bibliotecas e as funções a serem utilizadas pelo sistema, sendo então possível o desenvolvimento dos fluxogramas de funcionamento de cada um dos três módulos do sistema, começando do mais simples como visto na Figura 27.

O módulo da cozinha inicialmente realiza a configuração das funções a serem utilizadas e então passa a operar em um laço de repetição onde atualiza a leitura do sensor de nível da água do porão e verifica o estado da bomba de esgotamento a cada dois segundos, verifica se existem requisições HTTP e as atende e por fim verifica se há a necessidade de reiniciar a conexão Wi-Fi.

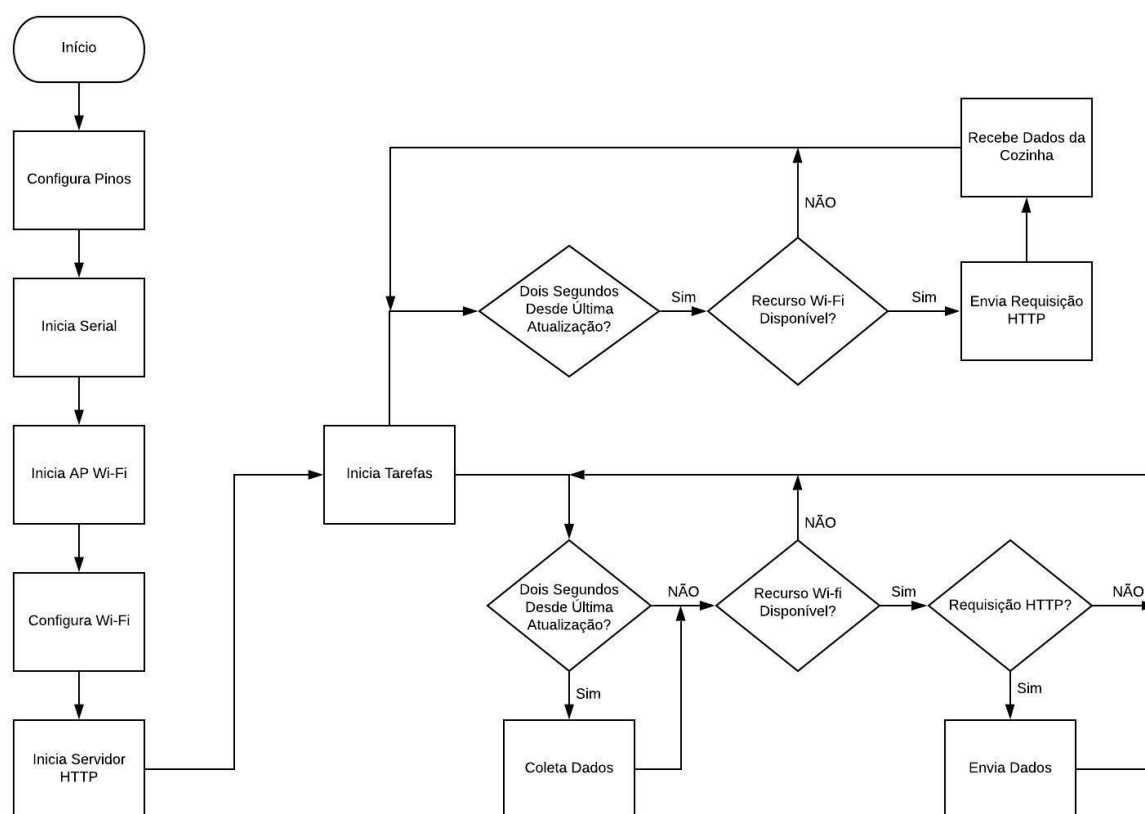
Figura 27 - Fluxograma do módulo da cozinha



Fonte: Elaboração própria

O próximo fluxograma elaborado foi o do módulo da casa de máquinas, na Figura 28. Assim como o da cozinha, as configurações iniciais são realizadas, e então passa a executar duas tarefas distintas em laços de repetição separados. Um dos laços fica responsável por atualizar os dados vindos da cozinha a cada dois segundos, já o segundo laço realiza a leitura dos sensores a cada dois segundos e responde requisições HTTP.

Figura 28 - Fluxograma do módulo da casa de máquinas



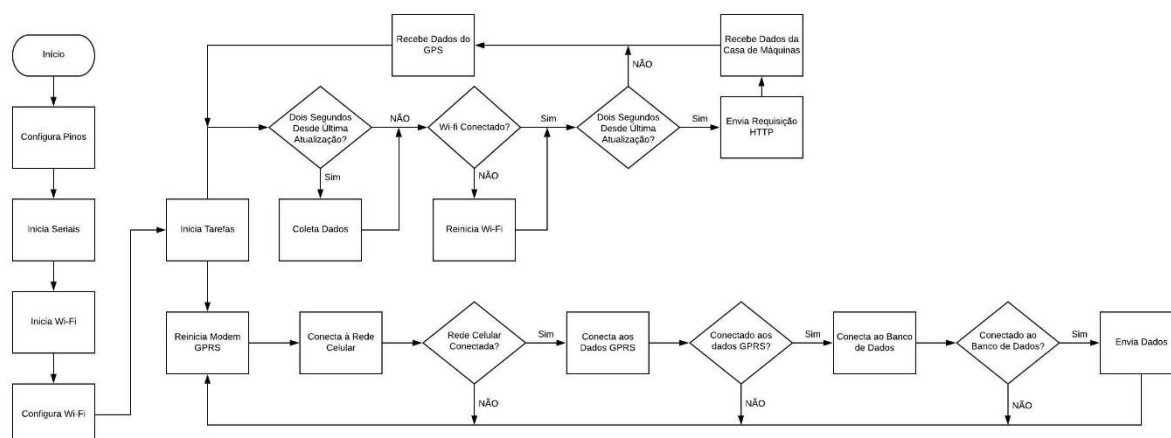
Fonte: Elaboração própria

Por fim, o código mais complexo é o do módulo localizado no comando, mostrado na Figura 29. Assim como o módulo da casa de máquinas, o programa realiza as configurações iniciais e então é dividido em duas tarefas. A primeira é

responsável em atualizar a leitura do nível de água doce a cada dois segundos, verificar a necessidade de reiniciar a conexão Wi-fi, coletar os dados armazenados no módulo da casa de máquinas e receber informações da geolocalização pelo GPS.

Já a segunda tarefa executada é exclusiva ao funcionamento do módulo GPRS, realizando o sequenciamento de operações de modo que os dados sejam enviados para o banco de dados sempre que possível. Os módulos enviam e recebem as informações de forma independente, sendo que a informação sempre será repassada ao banco de dados e trará indicações de erro nas leituras dos módulos da cozinha e casa de máquinas.

Figura 29 - Fluxograma do módulo do comando



Fonte: Elaboração própria

4.5 Instalação do Sistema

Para a conclusão do projeto, após todos os testes realizados em bancada e validado o funcionamento do sistema, foi feita a instalação dos módulos e ligações aos sensores dentro da embarcação. Foram considerados o número de sensores e compradas sete cores de fio para que não houvesse ambiguidades na hora da realização das conexões.

Todos os circuitos foram acondicionados dentro de gabinetes plásticos com vedação a fim de minimizar a possibilidade da entrada de água, assim como todas as passagens de fio se deram pela parte inferior pelo mesmo motivo como visto na Figura 30. No gabinete da cozinha, foi afixada a placa de tratamento de dados e uma fonte de tensão. Na casa de máquinas, foi colocado um gabinete para acomodar a placa de tratamento de dados e uma fonte de tensão, bem como um segundo gabinete para acomodar os reles dos alternadores e da bomba de porão. Já o gabinete do comando, possuía uma placa para tratamento de dados, onde se encontravam o microcontrolador e os módulos GPRS e GPS, e também duas fontes de tensão separadas, sendo uma exclusiva para alimentação do módulo GPRS.

Figura 30 - Gabinetes dos módulos instalados - (1) PCI da Cozinha, (2) PCI da casa de máquina, (3) PCI do comando



Fonte: Elaboração própria

Para os sinais, foram utilizados cabos de cobre com seção de 0,5 mm², com capacidade para até sete amperes de corrente, 750 volts de tensão e resistência de

39 ohm por quilômetro. Essa escolha foi feita com base no fato de que as fontes de tensão fornecem um máximo de três amperes, e que a resistência do cabo do sensor mais distante de um dos módulos seria cerca de 0,546 ohm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo do projeto, utilizaram-se situações para avaliar o progresso do desenvolvimento, como: projeto e confecção das placas de circuito impresso, instalação dos sensores, criação da página do banco de dados, a programação dos microcontroladores, instalação do sistema, bem como a análise de custos. É importante pontuar que a instalação dos sensores deveria acontecer no mês de agosto, durante a manutenção anual da embarcação na cidade de Navegantes/SC. No entanto uma série de fatores relacionados ao reparo da estrutura e instalação de novo sistema de escapamento do motor restringiu o andamento do projeto.

5.1 Placas de circuito impresso

Os primeiros resultados a serem pontuados foram as placas de circuito impresso confeccionadas. O processo utilizado para prototipagem, apesar de sua característica um tanto artesanal, produziu placas de boa qualidade. A utilização do software Ares, em conjunto com o CorelDRAW permitiu que fosse gerado um arquivo com trezentos pontos por polegada de resolução e com alta fidelidade de dimensões.

A transferência do toner para as placas de fenolite também ocorreu de forma muito adequada, o uso do equipamento disponível para a realização dessa tarefa foi imprescindível para a execução do projeto. Ainda, pontua-se que o processo de corrosão teve de ser realizado em um laboratório de outro departamento.

Seria importante para o curso que houvesse uma estrutura dedicada a corrosão das placas por cloreto férrico, dotada de vasilhame de vidro para o banho de solução, bancada de material cerâmico para o apoio dos materiais, ventilação forçada, luvas nitrílicas descartáveis, e estação para tratamento e descarte da solução.

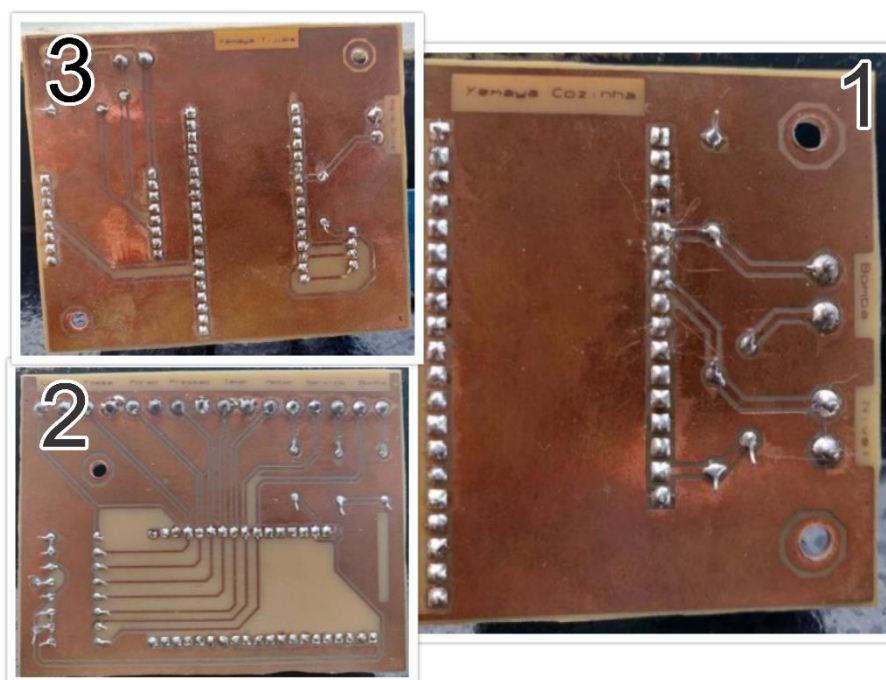
É importante pontuar que a solução de cloreto férrico rica em cobre não deve ser descartada sem antes ser neutralizada, para isso é necessária a adição de hidróxido de sódio (soda cáustica) até que se atinja um PH entre 7,0 e 8,0

(MGCHEMICALS, 2019). O cobre presente na solução irá decantar e então o líquido poderá ser separado e descartado no sistema de tratamento de esgoto, enquanto o cobre decantado deverá ser enviado para o destino apropriado.

O processo de furação das placas foi um ponto onde houve certa dificuldade, uma vez que não existem brocas disponíveis nos laboratórios do curso.

Após a conclusão, pode-se dizer que em todos os aspectos a fabricação das placas de circuito impresso se deu com êxito, produzindo placas sem quaisquer defeitos, como observadas na Figura 31.

Figura 31 - Placas de circuito impresso realizadas - (1) PCI da Cozinha, (2) PCI da casa de máquina, (3) PCI do comando



Fonte: Elaboração própria

5.2 Instalação dos sensores

A instalação dos transdutores foi feita de forma rápida e fácil, onde as poucas modificações realizadas não trouxeram quaisquer alterações do funcionamento da

embarcação. Antes da instalação foi verificado o funcionamento de todos os componentes para assegurar que não haveriam falhas nas medições.

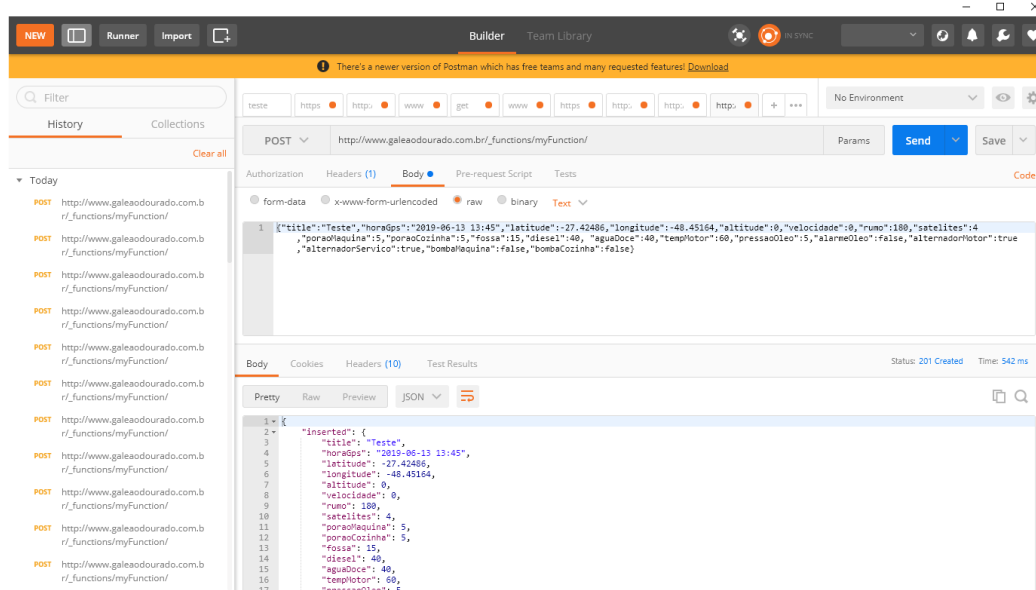
Realizou-se medições a fim de determinar as curvas de resposta dos transdutores, porém optou-se pela recalibração quando finalizada a instalação completa do sistema.

Por serem transdutores automotivos, verificou-se a alta repetibilidade e confiabilidade dos materiais, no entanto foi verificado que um dos transdutores do tipo boia deixou de variar sua resistência após algumas semanas sem motivo aparente. O transdutor será enviado para a garantia e substituído.

5.3 Página e banco de dados

Por utilizar uma plataforma já consolidada e bastante difundida, a página e banco de dados podem ser considerados os resultados mais rápidos a serem obtidos. Foram realizados testes quanto a inserção de dados utilizando o software Postman, como visto na Figura 32.

Figura 32 - Captura de tela do software Postman



Fonte: Elaboração própria

A inserção repetida de dados não foi reconhecida pelos sistemas de segurança do domínio como um ataque externo, e processou todas as entradas enviadas, desde o momento de testes do funcionamento da página, os testes em bancada com redes Wi-Fi e GPRS, e também nos testes onde o sistema esteve funcional.

5.4 Programação

Esta foi a parte do desenvolvimento do projeto onde surgiram a maior parte dos problemas e imprevistos. Ainda que disponível farta documentação, tutoriais, e fóruns de discussão, alguns erros das aplicações ainda não estavam documentados, e haviam muitos conflitos entre bibliotecas.

As fases iniciais de desenvolvimento onde as funcionalidades do ESP32 foram exploradas não apresentaram desafios: a comunicação serial funcionou exatamente como já utilizada anteriormente com o Arduino, a conexão entre o módulo e um Wi-Fi já existente foi estabelecida, as requisições HTTP enviadas por Wi-Fi eram feitas de maneira descomplicada, o uso da biblioteca JSON permitiu a fácil inserção de entradas no banco de dados. A funcionalidade de servidor HTTP permitiu que fosse realizada a troca de parâmetros entre os ESP32, e a criação de um ponto de acesso permitiu conexões de computadores e celulares para a leitura de dados de um ESP32.

Entretanto, por vários momentos a partir desse ponto surgiram fatores que dificultaram o desenvolvimento. A conexão de um segundo ESP32 ao ponto de acesso Wi-Fi criado não tinha êxito, e buscas na documentação e fóruns não traziam nenhuma solução. Após discussão com alguns colegas conectou-se o módulo roteador a um carregador de celular para teste e verificou-se que a conexão agora funcionava, sinalizando que havia uma maior necessidade de corrente para que outros módulos pudessem se conectar ao roteador.

Já outro ponto onde houve certa restrição no andamento do projeto foi a conexão de um ESP32 à rede GPRS. A biblioteca disponível para uso na plataforma Arduino possuía muitos erros de fluxo para o módulo utilizado, durante o curso de

quatro dias as funções utilizadas foram reescritas a fim de que a biblioteca estivesse funcional.

As demais funções também tiveram seu funcionamento validado sem a apresentação de quaisquer problemas, salvo a utilização de dois núcleos de processamento em paralelo. Após algumas execuções, o programa apresentava erro e reiniciava o sistema, a solução encontrada em um fórum de discussão mencionava que a fim de evitar um falso positivo de erro para o processador, era necessário que o laço de repetição da tarefa não excedesse a frequência de 1 kHz.

Após a realização do cronograma de etapas independentes, os programas individuais dos módulos foram então escritos e validados em bancada. É importante pontuar que o funcionamento do sistema nesse momento foi analisado já utilizando as placas de circuito impresso produzidas.

Para a simulação dos sensores, foram utilizadas matrizes de contato, resistores e potenciômetros. Observa-se segundo os dados apresentados na Figura 33 um teste em bancada realizado no laboratório de projeto integrador do IFSC, onde o sistema está funcional, ainda que falte a realização da calibração dos sensores e apresentação das unidades de medida na página web.

Figura 33 – Dados do Sistema em testes em página web

Hora da entrada:	17 de outubro de 2019 16:37:15	Nível do Porão:	5.8
Hora do GPS:	2012-04-23T18:25:43Z	Nível da Cozinha:	15.3
Latitude:	-27.59444	Nível da Fossa:	12.4
Longitude:	-48.54266	Combustível:	223.7
Altitude:	16.2	Água Doce:	372.8
Velocidade:	0.07	Temperatura do Motor:	60.2
Rumo:	0	Pressão do Óleo:	4.2
Satélites:	6	Alarme do Óleo:	false
Bomba do Porão:	false	Alternador do Motor:	false
Bomba da Cozinha:	false	Alternador de Serviço:	false

Fonte: Elaboração própria

5.5 Instalação

A instalação dos módulos na embarcação se deu de forma rápida e sem imprevistos, todos os gabinetes foram afixados e as ligações realizadas sem qualquer tipo de dificuldade, a programação dos módulos foi alterada para que os dados fossem transmitidos na forma bruta, a fim de realizar a calibração dos sensores.

Entretanto, durante o processo de testes dos módulos, foi verificado que o sistema posicionado na cozinha não conseguia estabelecer a conexão Wi-Fi do módulo roteador, verificou-se com um aparelho celular que o sinal chegava àquele ponto com baixa intensidade. Já no módulo do comando, o sinal apresentava média intensidade, entretanto a conexão se mostrava instável. Como solução, foi adquirido um roteador Intelbras IWR 3000N, como o da Figura 34, que possui função de extensão de rede Wi-Fi de fácil configuração.

Figura 34 - Roteador IWR 3000N



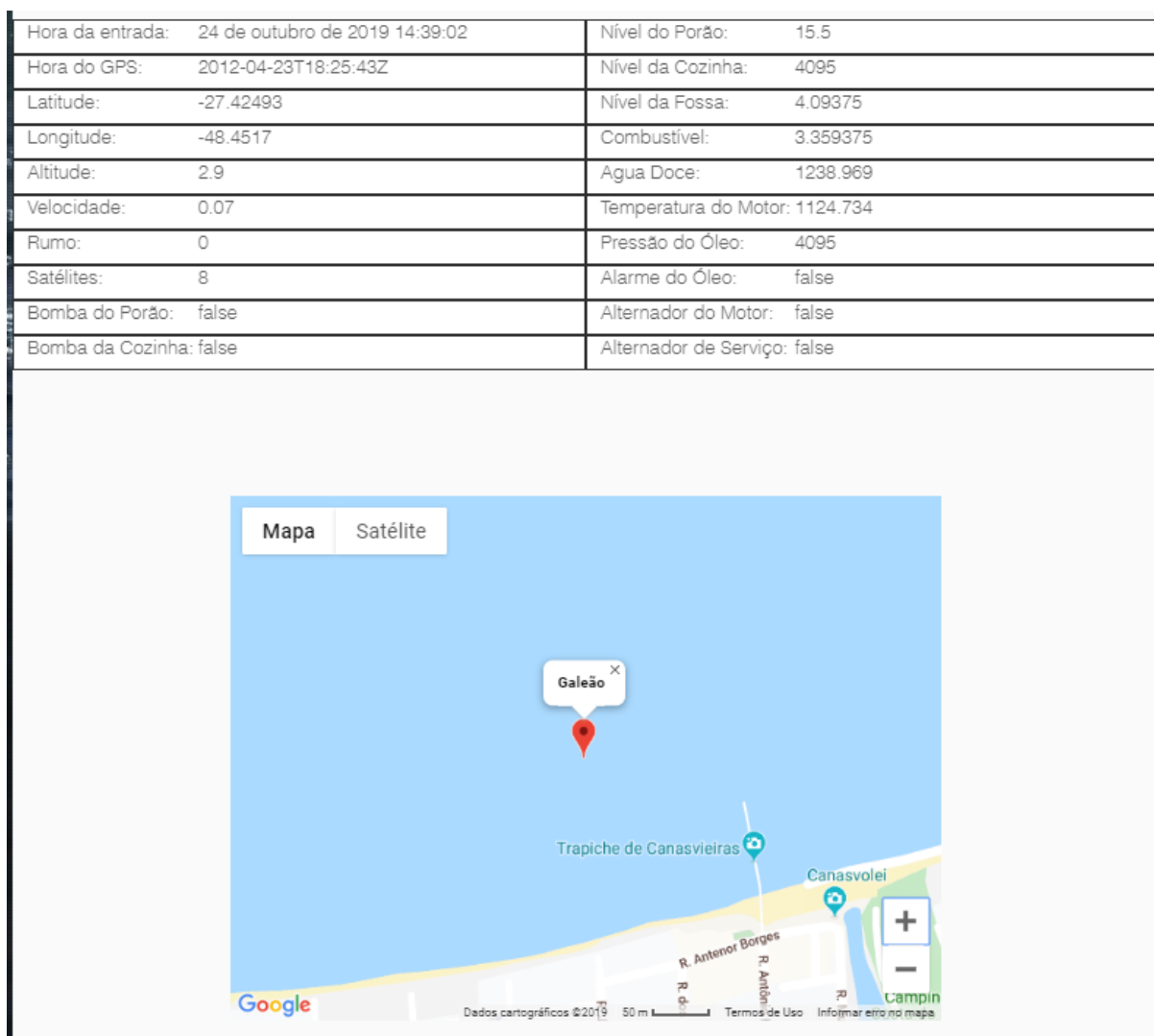
Fonte: Intelbras

Identificou-se também um problema quanto ao funcionamento do envio de informações via GPRS, pois enviava apenas uma vez após a inicialização. A programação foi verificada e o funcionamento enquanto conectado ao notebook no local não apresentou quaisquer erros. Entretanto, o erro persistiu ao conectar o sistema novamente.

Durante o seu tempo de funcionamento, o sistema foi capaz de coletar dados corretos quanto a geolocalização e leitura dos sensores, como visto na Figura 35. Também é possível observar nesse momento que o sensor de nível da cozinha retorna

um número que caracteriza que não está conectado corretamente, fato já abordado anteriormente, o campo pressão do óleo também retorna um valor incorreto, isso se deve ao fato do transdutor ter sido desconectado acidentalmente durante a colocação da proteção do motor.

Figura 35 - Sistema em funcionamento



Fonte: Elaboração própria

5.6 Análise de Custos

Ao fim, é possível fazer uma análise de custos de implementação levando em consideração os valores de referência apresentados no Apêndice J, elaborada utilizando os preços de componentes eletrônicos importados da China e transdutores com preço de distribuidores nacionais. Ressalta-se que o preço dos componentes comprados durante o projeto foi um pouco maior do que os apresentados devido a disponibilidade.

Ainda deve ser levado em consideração o custo de recursos humanos envolvido com o desenvolvimento e instalação do projeto, utilizando valores com referência nas tabelas do Conselho Regional de Engenharia, apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Custos de Recursos Humanos

Atribuição	Horas	Preço por Hora	Total
Programação do microcontrolador	15	R\$ 150,00	R\$ 2.250,00
Montagem dos gabinetes	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00
Instalação dos fios e transdutores	4	R\$ 120,00	R\$ 480,00
instalação dos módulos	1,5	R\$ 120,00	R\$ 180,00
		Total	R\$ 2.990,00

Fonte: Elaboração própria

No entanto, o custo de programação do microcontrolador previsto nos recursos humanos faz parte do desenvolvimento do projeto, não sendo levado em conta como custo para cada implementação, sendo diluído em cada unidade vendida. Assim, o valor total para a implementação do sistema foi de R\$1.835,66.

Os sistemas presentes no mercado brasileiro utilizam plataformas como a IDP-800, com o custo inicial de US\$540,00 e custo mensal de R\$250,00.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho atuou no desenvolvimento de um sistema de monitoramento de parâmetros para uma embarcação de transporte de passageiros. Explorou aspectos como o desenvolvimento de circuitos e programas, montagem de gabinetes, fabricação de placas de circuito impresso, e desenvolvimento de produto.

Ainda que contemplados quase todos dos objetivos específicos, a implantação na embarcação não foi realizada, dados os imprevistos ao longo da montagem do sistema.

Salienta-se que a dificuldade de acesso ao local de instalação (o barco) fez com que o projeto passasse por um processo mais longo de testes e validação, a fim de se reduzir as chances de erro na implementação final.

O principal objetivo do trabalho que era desenvolver um produto com baixo custo foi atingido, já que possui um custo de produção na mesma faixa de preço dos sistemas comerciais de rastreamento. Adicionalmente foram integradas novas funcionalidades que trazem muito mais segurança à navegação do que apenas o sistema de geolocalização, comum em embarcações.

A integração da eletrônica do sistema foi bem-sucedida, as placas de circuito impresso não apresentaram defeitos, salvo o descolamento de uma trilha ao apertar o parafuso em um dos bornes. Entretanto, durante o processo de ajustes do sistema, uma das fontes de alimentação apresentou sobretensão e danificou um microcontrolador e o módulo GPS.

O software instalado nos microcontroladores apresentou-se funcional, realizando a leitura dos sensores e transmitindo os dados entre pontos com muita agilidade. Porém a integração do módulo responsável pela comunicação GPRS foi prejudicada pelo defeito apresentado pela fonte de alimentação, não sendo possível realizar um teste mais extenso nesse último módulo.

Ainda que os testes iniciais apontassem um defeito na execução da repetição do envio dos dados via rede GPRS, os dados sempre eram enviados com êxito a cada

reinicialização do microcontrolador. Com os danos causados pela fonte de alimentação, não foi possível a correção desse erro.

Ainda, não foi implementada IHM devido aos parâmetros serem de fácil visualização no painel do barco e nos visores instalados nos tanques. Entretanto é possível acessar os IPs fixos dos microcontroladores para leitura das informações em uma linha JSON no browser.

Ao fim, o sistema apresentou um custo menor que as variantes comerciais que possuem custo inicial de em média R\$2400,00 e mensalidade de R\$250, apresentando funcionalidades além do rastreamento. Isso faz com que o sistema passe a ser uma opção àquelas embarcações que não tenham por obrigação possuir um sistema de rastreamento homologado.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A principal sugestão para o futuro é a análise metrológica do sistema implementado, efetuando sua calibração e levantando parâmetros de precisão e repetibilidade, bem como eventuais readequações quanto aos sensores utilizados.

A aplicação dos conceitos de *smart sensors* traz a possibilidade do aumento do número de microcontroladores utilizados, transformando a rede Wi-Fi utilizada em uma rede *mesh*, que é uma rede onde cada ponto funciona como repetidor de sinal. Por isso sugere-se que este tema seja estudado em futuras implementações.

A implementação de vários pequenos sistemas onde um microcontrolador ESP32 acoplado a um transdutor se torna um nó de uma grande malha de rede responsável por ler os dados de um sensor e transmitir a um nó agregador de informações, que por sua vez transmitirá essas leituras a um banco de dados via rede celular.

Sugere-se, também, estudar o comportamento dos sensores em sistemas náuticos ao longo do tempo, para analisar a confiabilidade e a repetitividade dos

mesmos, e a instalação do sistema em um caso real, com uma interface local, além da interface de dados via WEB.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. **About Us**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>> Acesso em 08 out. 2019.
- AXELSON, Jan. **Serial Port Complete: The Developer's Guide**. 2. ed. Lakeview Research LLC, 2007.
- BERNERS-LEE, Tim; FIELDING T., Roy; FRYSTYK N., Henrik. **Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.0**. Internet Engineering Task Force. 19 fev. 1996. Disponível em: <<https://www.w3.org/Protocols/HTTP/1.0/spec.html>> Acesso em: 08 out. 2019.
- BERNERS-LEE, Tim. **The Original HTTP as defined in 1991**. Disponível em: <<https://www.w3.org/Protocols/HTTP/AsImplemented.html>> Acesso em 06 nov. 2019.
- CERF, Vinton; KAHN, Robert. **A protocol for packet network intercommunication**. IEEE Transactions on communications, v. 22, n. 5, p. 637-648, 1974.
- COMER, Douglas E. **Redes de Computadores e Internet**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2016.
- CROCKFORD, Douglas. **Introdução ao JSON**. Disponível em: <<http://json.org/json-pt.html>> Acesso em: 12 set. 2019.
- CROW, Brian P. et al. **IEEE 802.11 wireless local area networks**. IEEE Communications magazine, v. 35, n. 9, p. 116-126, 1997.
- DNI. **DNI0102 - Relé Auxiliar Universal 40A - 12V**. Disponível em: <<https://www.dni.com.br/pt/dni-0102-rele-auxiliar-universal-ar-condicionado.html>> Acesso em : 02 jan. 2020.
- DREPPER, Ulrich. **How to Write Shared Libraries**. Dezembro de 2011. Disponível em: <<https://akkadia.org/drepper/dsohowto.pdf>> Acesso em 12 set. 2019
- ECMA International. **Standard ECMA - 262: ECMAScript 2019 Language Specification**. ed. 10. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.ecma-international.org/ecma-262/10.0/index.html#Title>> Acesso em: 08 out. 2019.

ESCUNAS PIRATA. **Quem Somos**. Disponível em:

<<https://www.escunaspirata.com.br/quem-somos/>> Acesso em: 06 nov. 2019.

ESPRESSIF. **Espressif Announces the Launch of ESP32 Cloud on Chip and Funding by Fosun Group**. Shanghai, China. 07 set. 2016. Disponível em:

<https://www.espressif.com/en/media_overview/news/espressif-announces-launch-esp32-cloud-chip-and-funding-fosun-group> Acesso em: 09 out. 2019.

_____. **ESP32 Series: Datasheet**. Disponível em:

<https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf> Acesso em: 09 out. 2019.

_____. **Development Boards**. Disponível em:

<<https://www.espressif.com/en/products/hardware/development-boards>> Acesso em: 09 out. 2019.

ESP32net. **ESP32 in comercial products**. 07 novembro de 2017. Disponível em:

<<https://twitter.com/ESP32net/status/928100660285005827>> Acesso em: 28 out. 2019.

FIELDING T., Roy et al. **“RFC 2616: Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1**. Junho 1999.

FIELDING T., Roy.; RESCHKE F., Julian. **“RFC 7230: Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Message Syntax and Routing”**. Junho 2014.

_____. **“RFC 7231: Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Message Semantics and Content”**. Junho 2014.

FLANAGAN, David. **JavaScript: The Definitive Guide**. Sebastopol, CA - USA:

O'Reilly & Associates, Inc., 2002.

FUNSMS.NET. **Mobile Phone Generations**. Disponível em:

<https://web.archive.org/web/20100611210121/http://www.funsms.net/mobile_phone_generations.htm> Acesso em: 12 set. 2019.

GARMIN. What is GPS?. Disponível em:

<<https://www8.garmin.com/aboutGPS/index.html>> Acesso em: 12 set. 2019.

- GLOBAL-PURCHASE STORE. **Fine 6-24V 12V/24V to 5V 3A CAR USB Charger Module DC Buck step down Converter 12v 5v power supply module.** Disponível em: <<https://www.aliexpress.com/item/32879637091.html>> Acesso em 29 out. 2019.
- GREGERSEN, Erik, et al. **Protocol.** Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/protocol-computer-science>>. Acesso em: 08 out. 2019.
- LANGLEY, Richard B. **NMEA 0183: A GPS receiver interface standard.** GPS world, v. 6, n. 7, p. 54-57, 1995.
- LIN, Jimmy; EL GEBALY, Kareem. **The future of big data is... javascript?.** IEEE Internet Computing, v. 20, n. 5, p. 82-88, 2016.
- MGCHEMICALS. **415 – FERRIC CHLORIDE.** Disponível em: <<https://www.mgchemicals.com/products/prototyping-and-circuit-repair/prototyping/ferric-chloride-415>> Acesso em: 29 out. 2019.
- MTE-THOMPSON. **3030 – Interruptor-Sensor Duplex.** Disponível em: <<https://cate.mte-thomson.com.br/produto/detalhes/3030>> Acesso em: 02 jan 2020.
- NATIONAL MARINE ELECTRONICS ASSOCIATION. **The NMEA 0183 Protocol.** ago 2001.
- SARAVATI. **Regulador De Tensão Step-down LM2596 C/ Voltímetro.** Disponível em: <<https://www.saravati.com.br/regulador-de-tensao-step-down-lm2596-c-voltmetro>> Acesso em: 29 out. 2019.
- SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de Banco de Dados.** São Paulo: Makron Books, 1999.
- SRIVASTAVA, Ishan. **How Kargil spurred India to design own GPS.** Abril de 2014. Disponível em: <<https://timesofindia.indiatimes.com/home/science/How-Kargil-spurred-India-to-design-own-GPS/articleshow/33254691.cms>> Acesso em: 09 out. 2019.
- TAKAI, Osvaldo T.; ITALIANO, Isabel C.; FERREIRA, João E. **Introdução a Banco de Dados:** apostila do Departamento de Ciências da Computação - Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo, 2005.

- TORRES, Andrea. **Wi-Fi Alliance® celebrates 20 years of Wi-Fi®**. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-alliance-celebrates-20-years-of-wi-fi>> Acesso em: 08 out. 2019.
- VDO. **Catálogo: Peças de Reposição 2019/2020**. p. 65. Julho de 2019.
- WANTITALL. **Original GY-GPS6MV2 6M GPS Module + GPS Ceramic Antenna for Arduino Drone Flight Controller Geekstory**. Disponível em: <https://www.wantitall.co.za/electronics/original-gy-gps6mv2-6m-gps-module-gps-ceramic-antenna-for-arduino-drone-flight-controller-geekstory__b07bqv72wz> Acesso em: 29 out. 2019.
- WEMOS Eletronics. **LOLIN32 (Retired)**. 26 abr. 2018. Disponível em: <<https://wiki.wemos.cc/products:lolin32:lolin32>> Acesso em: 29 out. 2019.
- WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Universidade Estadual Paulista - Campus de Guaratinguetá, 2010.
- WILLTEC. **Boia Tubular**. Disponível em: <<https://www.willtec.com.br/boia-tubular>> Acesso em: 02 jan. 2020.
- ZANCHETA, Jaqueline. **O QUE É BACK-END E QUAIS SÃO AS OPORTUNIDADES PARA A CARREIRA DO DESENVOLVEDOR**. Revelo. 15 jun. 2018. Disponível em: <<https://blog.revelo.com.br/o-que-e-back-end-e-as-oportunidades-para-a-carreira-do-desenvolvedor/>> Acesso em: 09 nov. 2019.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

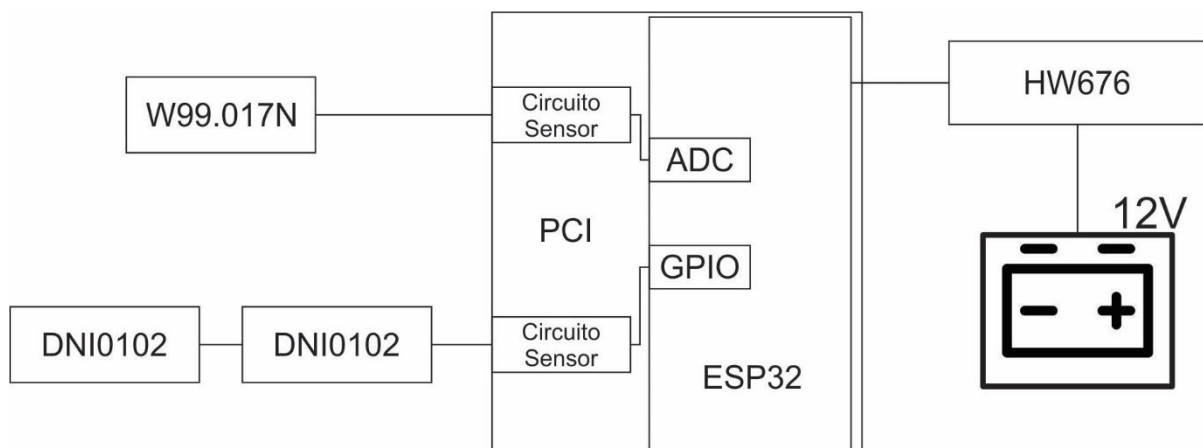
COMER, Douglas E. **Interligação de redes com TCP/IP**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

ECMA International. **Standard ECMA - 404: The JSON Data Interchange Syntax**. ed. 2. Dezembro de 2017. Disponível em: <<http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>> Acesso em: 08 out. 2019.

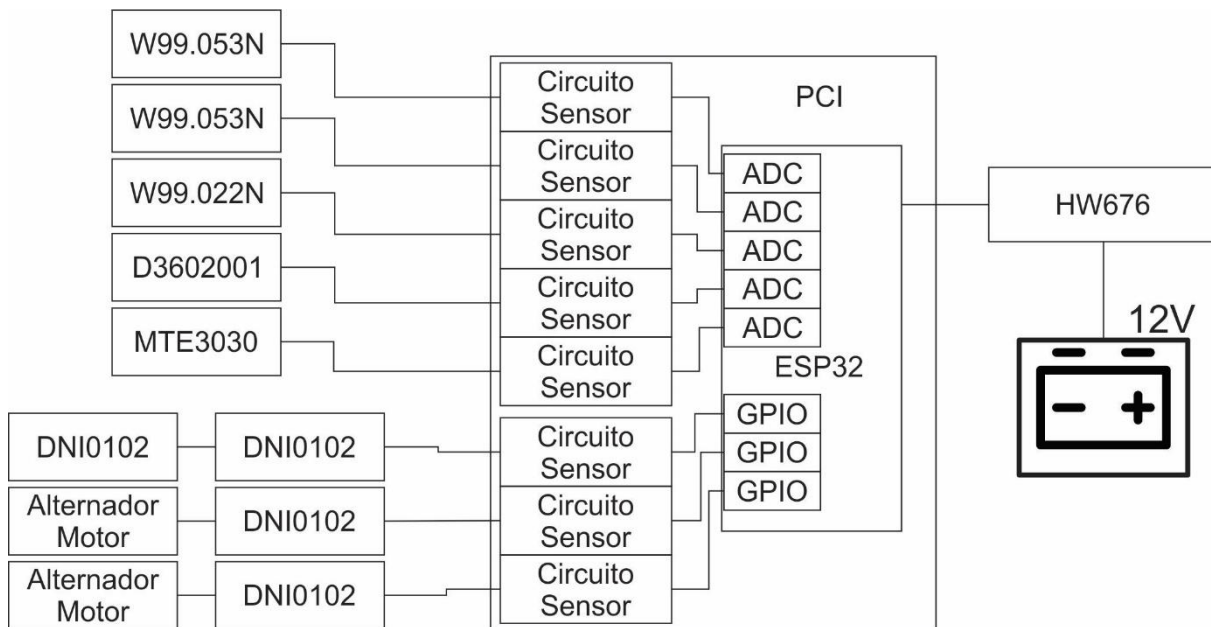
IEEE STANDARDS ASSOCIATION. **The IEEE 1451.4 Standard for Smart Transducers**. Disponível em: <<https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/tutorials/1451d4.pdf>> Acesso em: 09 out. 2019.

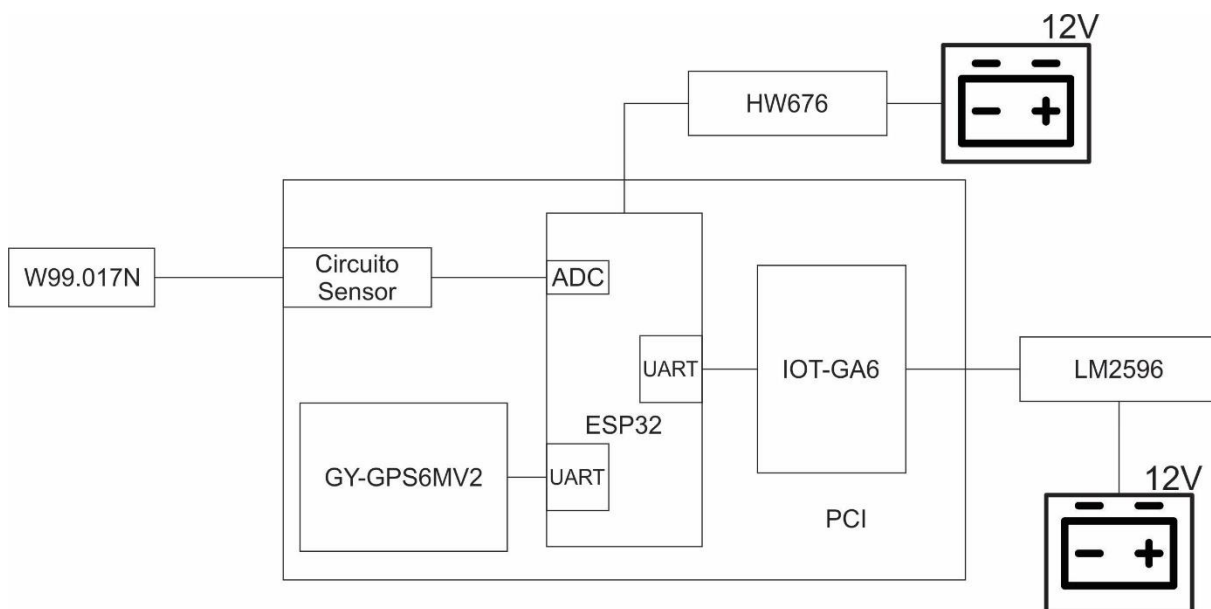
APÊNDICES

APÊNDICE A – Diagrama do módulo da cozinha

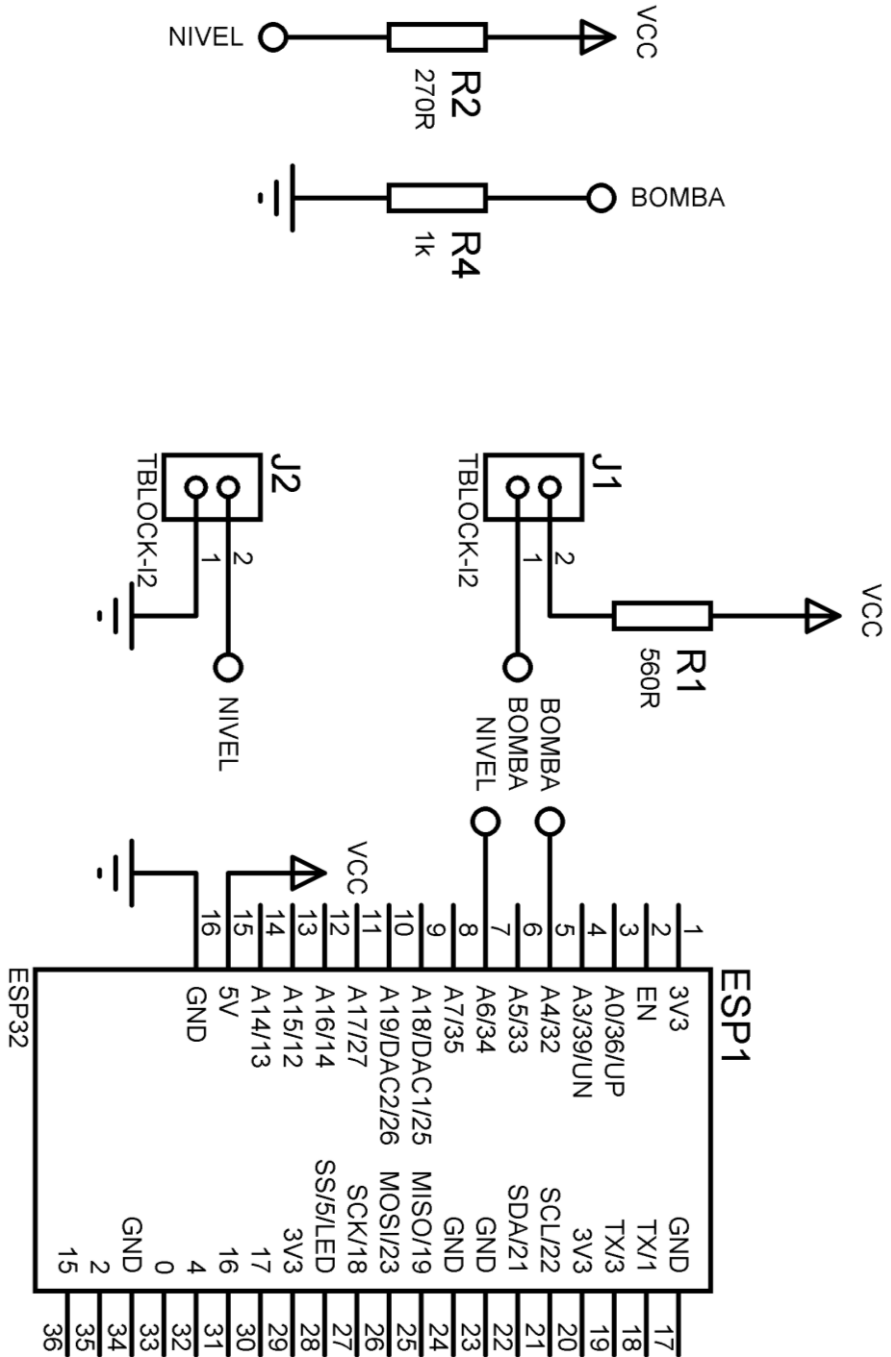


APÊNDICE B – Diagrama do módulo da casa de máquinas

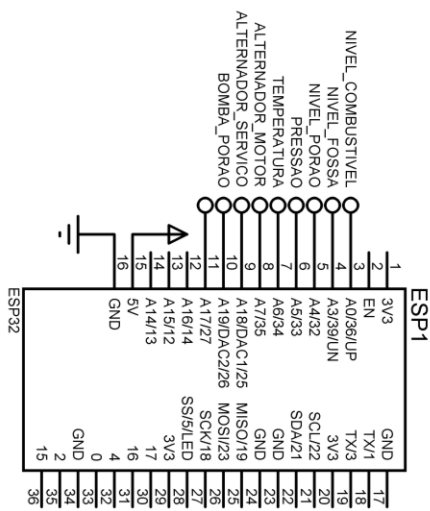
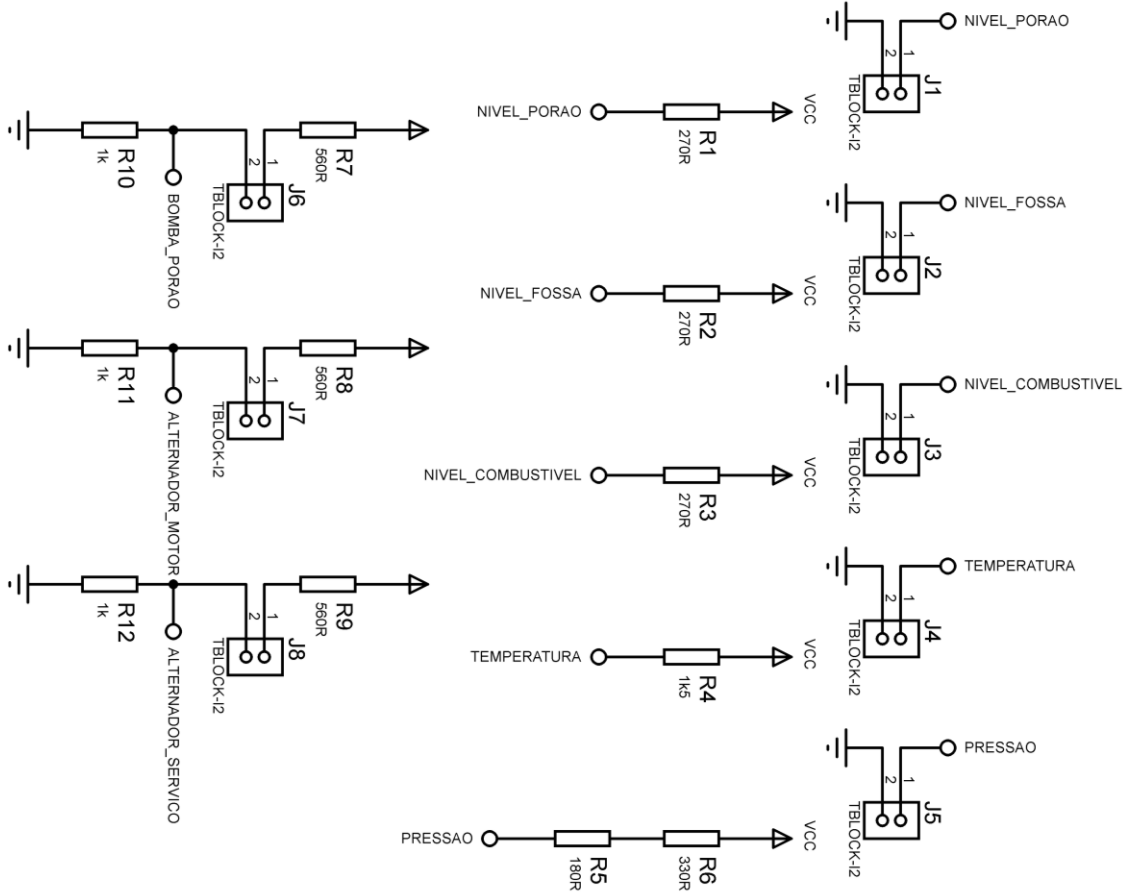


APÊNDICE C – Diagrama do módulo do comando

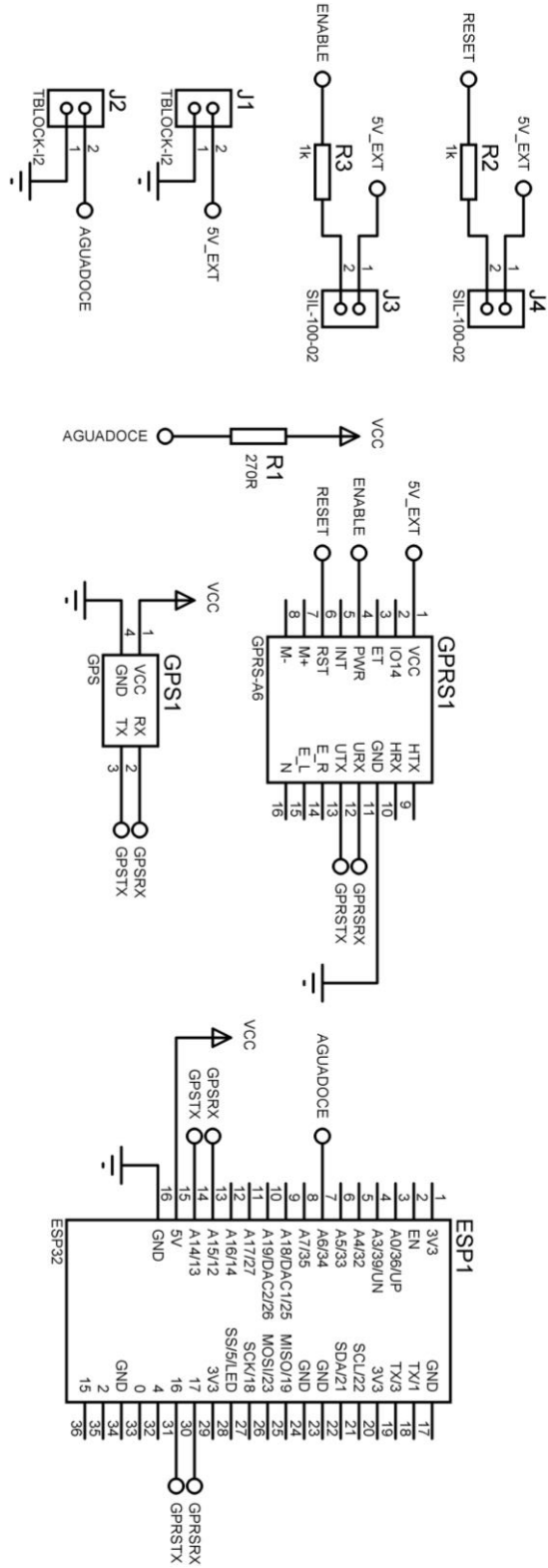
APÊNDICE D – Esquemático da PCI da cozinha



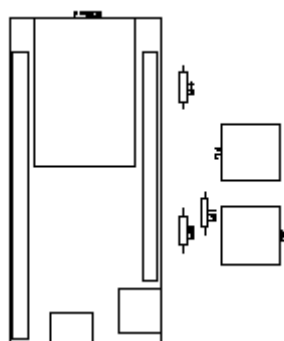
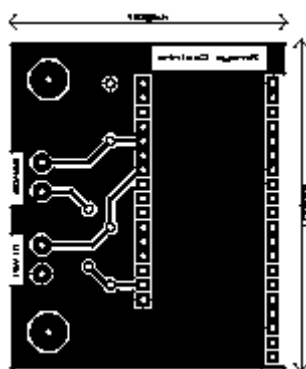
APÊNDICE E – Esquemático da PCI da casa de máquinas



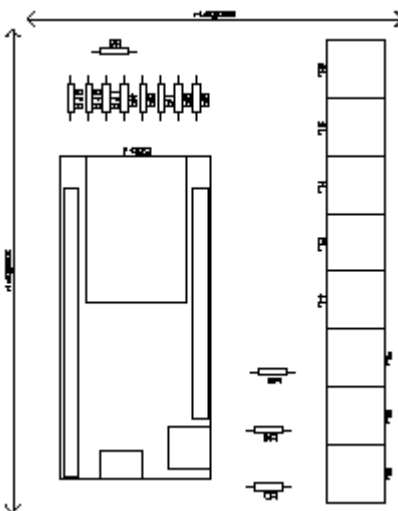
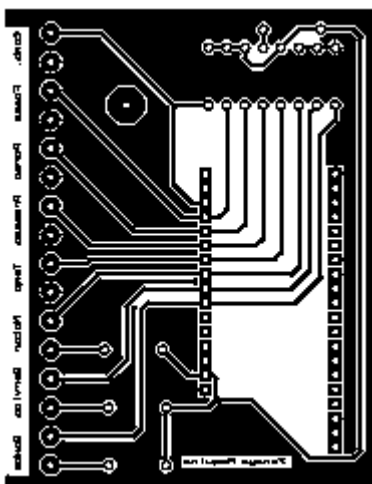
APÊNDICE F – Esquemático da PCI do comando



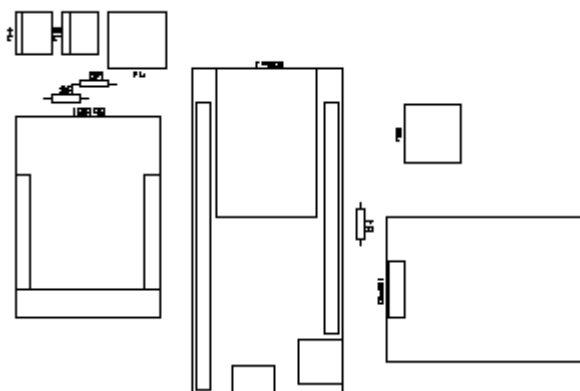
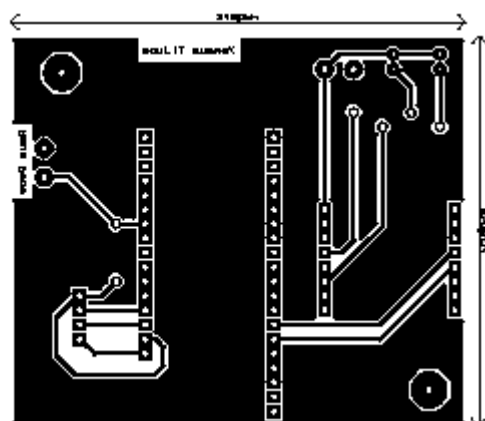
APÊNDICE G – Leiaute da PCI da cozinha



APÊNDICE H – Leiaute da PCI da casa de máquinas



APÊNDICE I – Leiaute da PCI do comando



APÊNDICE J – Tabela de custos

Item	Quantidade	Custo (USD)	Custo (BRL)	Total/Unidade	Unidades utilizadas	Total
PCI da Cozinha	100	\$ 19,80	R\$ 79,20	R\$ 0,79	1	R\$ 0,79
Frete PCI da Cozinha	100	\$ 26,73	R\$ 106,92	R\$ 1,07	1	R\$ 1,07
PCI da Casa de Máquina	100	\$ 29,80	R\$ 119,20	R\$ 1,19	1	R\$ 1,19
Frete PCI da Casa de Máquina	100	\$ 52,64	R\$ 210,56	R\$ 2,11	1	R\$ 2,11
PCI do Comando	100	\$ 29,50	R\$ 118,00	R\$ 1,18	1	R\$ 1,18
Frete PCI do Comando	100	\$ 52,12	R\$ 208,48	R\$ 2,08	1	R\$ 2,08
Montagem de PCB	80	\$ 20,92	R\$ 83,68	R\$ 1,05	3	R\$ 3,14
Resistores	100	\$ 0,52	R\$ 2,08	R\$ 0,02	18	R\$ 0,37
Frete Resistores	100	\$ 3,47	R\$ 13,88	R\$ 0,14	18	R\$ 2,50
Borne	20	\$ 1,96	R\$ 7,84	R\$ 0,39	12	R\$ 4,70
Frete Borne	20	\$ 3,47	R\$ 13,88	R\$ 0,69	12	R\$ 8,33
Soquete 16 Pinos	10	\$ 1,18	R\$ 4,72	R\$ 0,47	3	R\$ 1,42
Soquete 20 pinos	10	\$ 1,25	R\$ 5,00	R\$ 0,50	3	R\$ 1,50
Soquete 4 pinos	10	\$ 0,94	R\$ 3,76	R\$ 0,38	1	R\$ 0,38
Soquete 8 pinos	10	\$ 0,98	R\$ 3,92	R\$ 0,39	2	R\$ 0,78
Frete Soquetes	10	\$ 3,73	R\$ 14,92	R\$ 1,49	9	R\$ 13,43
ESP32	1	\$ 7,97	R\$ 31,88	R\$ 31,88	3	R\$ 95,64
Frete ESP32	3	\$ 2,15	R\$ 8,60	R\$ 2,87	3	R\$ 8,60
Shield GPRS	1	\$ 4,04	R\$ 16,16	R\$ 16,16	1	R\$ 16,16
Frete Shield GPRS	1	\$ 2,78	R\$ 11,12	R\$ 11,12	1	R\$ 11,12
Shield GPS	1	\$ 3,07	R\$ 12,28	R\$ 12,28	1	R\$ 12,28
Frete Shield GPS	1	\$ 2,75	R\$ 11,00	R\$ 11,00	1	R\$ 11,00
Caixa IP65 158x90x60	1	\$ 5,12	R\$ 20,48	R\$ 20,48	1	R\$ 20,48
Frete Caixa IP65 158x90x60	1	\$ 3,02	R\$ 12,08	R\$ 12,08	1	R\$ 12,08
Caixa IP65 100x100x60	1		R\$ 24,90	R\$ 24,90	1	R\$ 24,90
Fio 2,5 mm ²	100		R\$ 83,90	R\$ 0,84	20	R\$ 16,78
Fio 0,5 mm ²	100		R\$ 40,00	R\$ 0,40	113	R\$ 45,20
Bóia de combustível 20cm	1		R\$ 119,99	R\$ 119,99	1	R\$ 119,99
Bóia de combustível 28cm	1		R\$ 119,99	R\$ 119,99	1	R\$ 119,99
Bóia de combustível 40,5cm	1		R\$ 119,99	R\$ 119,99	1	R\$ 119,99
Bóia de combustível 45cm	1		R\$ 109,99	R\$ 109,99	1	R\$ 109,99
MTE 3030	1		R\$ 95,00	R\$ 95,00	1	R\$ 95,00
VDO D3602001	1		R\$ 150,00	R\$ 150,00	1	R\$ 150,00
Rele DNI 0102	1		R\$ 7,12	R\$ 7,12	4	R\$ 28,48
Porta rele	10		R\$ 82,53	R\$ 8,25	4	R\$ 33,01
						Total: R\$ 1.095,66

ANEXOS

ANEXO A - Perfil da embarcação

