

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE**

ALFEU LUZ LOSSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE
MONITORAMENTO AMBIENTAL COM ESTAÇÃO MARÍTIMA E
METEOROLÓGICA VIA TELEGESTÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA
PARA CIDADES INTELIGENTES EM ÁREAS COSTEIRAS**

FLORIANÓPOLIS, 2024.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE**

ALFEU LUZ LOSSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE
MONITORAMENTO AMBIENTAL COM ESTAÇÃO MARÍTIMA E
METEOROLÓGICA VIA TELEGESTÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA
PARA CIDADES INTELIGENTES EM ÁREAS COSTEIRAS**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Mestre em Clima e Ambiente.

Orientador: Mário Francisco L. Quadro, Dr.

Coorientador: Adriano Vitor, Dr.

Coorientador: Rogério de Souza Versage, Dr.

FLORIANÓPOLIS, 2024.

CDD 307
L881d

Losso, Alfeu Luz

Desenvolvimento de um sistema integrado de monitoramento ambiental com estação marítima e meteorológica via telegestão de iluminação pública para cidades inteligentes em áreas costeiras - [DIS] / Alfeu Luz Losso ; orientação de Mário Francisco L. Quadro ; coorientação de Adriano Vitor e Rogério de Souza Versage – Florianópolis, 2024.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Cidades inteligentes. 2. Monitoramento ambiental. 3. Telegestão de iluminação pública. 4. Estação marítima. 5. Estação meteorológica I. Quadro, Mário Francisco L. II. Vitor, Adriano. III. Versage, Rogério de Souza. IV. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Karla Viviane Garcia Moraes - CRB 14/1002



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE

Aluno (a): **ALFEU LUZ LOSSO**

Título:	MONITORAMENTO AMBIENTAL COM ESTAÇÃO MARÍTIMA E METEOROLÓGICA VIA TELEGESTÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA PARA CIDADES INTELIGENTES EM ÁREAS COSTEIRAS
----------------	--

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora em
cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente**

Documento assinado digitalmente



ROGERIO DE SOUZA VERSAGE
Data: 11/09/2024 21:43:00-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr(a). ROGERIO DE SOUZA VERSAGE

Coordenador(a) / Presidente / IFSC / Florianópolis – SC

Participação: (☐) Presencial (☐) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**

Documento assinado digitalmente



CASSIO AURELIO SUSKI
Data: 18/09/2024 10:06:43-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr(a). CÁSSIO AURÉLIO SUSKI

Avaliador(a) Interno / IFSC / Itajaí - SC

Participação: (☐) Presencial (☒) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**

Documento assinado digitalmente



THIAGO PEREIRA ALVES
Data: 30/09/2024 14:41:59-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr(a). THIAGO PEREIRA ALVES

Avaliador(a) Interno / IFSC / Itajaí - SC

Participação: (☐) Presencial (☒) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**

Documento assinado digitalmente



RAFAEL NILSON RODRIGUES
Data: 16/09/2024 20:26:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr(a). RAFAEL NILSON RODRIGUES

Avaliador(a) Externo / IFSC / Florianópolis - SC

Participação: (☒) Presencial (☐) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**

Este trabalho foi aprovado por:

(☐) maioria simples

(☒) *unanimidade*

Florianópolis, 6 de setembro de 2024.

Dedico este trabalho aos meus pais Alfeu Losso (*in memoriam*) e Eliane Luz Losso, por me mostrarem a importância da educação e persistência; a minha esposa, Marí Cecília, e aos filhos Thiago, Arthur e Hugo, por me incentivarem e apoiarem nessa jornada, e ao meu neto, Ian, por me alegrar todos os dias de nossa convivência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e bênçãos nessa caminhada.

Ao INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA, pela oportunidade de frequentar este curso de mestrado.

A meus orientadores, Dr. Mário Francisco Leal Quadro, Dr. Adriano Vitor e Dr. Rogério de Souza Versage, por me guiarem neste projeto, com muitas horas de dedicação e incentivo.

Ao corpo docente do mestrado, pelo desprendimento e dedicação do conteúdo de suas disciplinas.

A minha família, que entendeu a importância dessa nova busca na minha vida e sempre esteve ao meu lado, fortalecendo-me nos momentos mais difíceis.

As minhas noras Elisa e Amanda, por estarem presentes nas nossas vidas.

Aos meus colegas discentes do mestrado, por momentos de compartilhamentos e aprendizado em cada aula e em cada encontro que tivemos.

Aos amigos do IFSC, em especial Zízimo Moreira Filho, Humberto Francisco Beirão Júnior e João Geraldo Fidélis, que sempre me incentivaram e ajudaram nessa etapa da vida, na busca de nova formação.

Aos parceiros de muitas horas, o oceanógrafo Arthur Pires Losso e o engenheiro eletricitista Alex Novais, incansáveis no suporte do desenvolvimento das soluções.

Ao amigo Dr. Márcio Silveira Ortmann, pela importante ajuda nas soluções.

Ao Sr. Íris Deoclécio Martins, maricultor, que entendeu o projeto e teve importância fundamental na sua instalação no local de operação, sempre disponível para ajudar.

À Smartgreen, Prefeitura da Palhoça e QLUZ, nas pessoas de seus diretores, pela parceria e confiança na solução de Telegestão.

Por fim, a todos os que, de uma forma ou outra, estiveram presentes em todos os momentos dessa caminhada do conhecimento.

A todos vocês, a minha eterna gratidão!

*O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano. Mas
o que seria o oceano se não infinitas gotas?
(Isaac Newton, 1643/1727)*

RESUMO

Este trabalho investiga o desenvolvimento e a avaliação de um sistema integrado de monitoramento ambiental, utilizando estações marítima e meteorológica com transmissão via Telegestão da iluminação pública e visando à aplicação em cidades inteligentes em áreas costeiras. Como componente tecnológica do projeto, foi abordada a conceituação de cidades inteligentes, assim como a utilização de tecnologias de informação e comunicação para gerenciamento urbano, por meio da obtenção e transferência de dados meteorológicos. A metodologia detalha o planejamento, construção e implementação de uma estação marítima, a utilização de uma estação meteorológica de baixo custo e sua implementação para comprovar o sistema de transmissão via Telegestão da iluminação pública e a análise dos dados coletados. As estações foram instaladas na cidade de Palhoça/SC e os dados transmitidos foram comparados com os de estações existentes próximas. Foi projetada e construída uma estação marítima para operar próximo à costa, gerando dados marítimos que atualmente não estão disponíveis para os órgãos de controle, complementando as informações fornecidas por entidades como a Marinha do Brasil. Esta estação pode ser utilizada em áreas de maricultura, controle ambiental em áreas lacustres e análise de condições em barragens e represas. Os resultados indicam que o sistema desenvolvido é capaz de transmitir dados ambientais precisos e confiáveis, contribuindo para análises climatológicas em micro e mesoescala. Como conclusão, ressalta-se a importância de dados locais para uma análise climatológica mais assertiva e o potencial do sistema em fornecer informações úteis para gestões públicas e privadas, bem como para o monitoramento ambiental costeiro.

Palavras-Chave: Cidades inteligentes. Monitoramento Ambiental. Telegestão de Iluminação Pública. Estação Marítima. Estação Meteorológica.

ABSTRACT

This work investigates the development and evaluation of an integrated environmental monitoring system, using maritime and meteorological stations with transmission via remote management of public lighting, with a view to application in smart cities in coastal areas. As a technological component of the project, the concept of smart cities was addressed, as well as the use of information and communication technologies for urban management, by obtaining and transferring meteorological data. The methodology details the planning, construction and implementation of a maritime station, the use of a low-cost weather station and its implementation to prove the transmission system via remote management of public lighting and the analysis of the data collected. The stations were installed in Palhoça/SC and the data transmitted was compared with that from nearby existing stations. A maritime station was designed and built to operate close to the coast, generating maritime data that is currently not available to control bodies, complementing the information provided by entities such as the Brazilian Navy. This station can be used in mariculture, environmental control in lake areas and analysis of conditions in dams and reservoirs. The results indicate that the system developed is capable of transmitting accurate and reliable environmental data, contributing to micro- and meso-scale climatological analysis. In conclusion, the importance of local data for a more assertive climatological analysis and the system's potential to provide useful information for public and private management, as well as for coastal environmental monitoring, are highlighted.

Keywords: SmartCities. Environmental Monitoring. Public Lighting Telemangement. Maritime station. Meteorological Station.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Programa Nacional de Boia - PNBOIA, onde se encontra todo o detalhamento do programa para pesquisa das boias meteoceanográficas no litoral brasileiro.....	21
Figura 2 - Posicionamento de boias de fundeio da Marinha, destacando-se as regiões pelos círculos vermelhos, indicados pela Marinha nas regiões (a) Norte e Nordeste e (b) Sudeste e Sul.	23
Figura 3 - Detalhamento funcional do sistema de Telegestão.....	25
Figura 4 - Topologia da rede <i>Mesh</i> ou Malha, onde os dispositivos inteligentes das luminárias trabalham em grupo para um concentrador, criando várias redes por região.....	26
Figura 5 - Estruturas da Base da Estação Marítima (a) vista superior e (b) vista lateral.....	27
Figura 6 - Estrutura de suporte dos equipamentos da Estação Marítima: (a) vista superior da estrutura de equipamentos; (b) vista superior do fechamento; (c) vista lateral e (d) vista superior da placa solar.....	29
Figura 7 - Estrutura com equipamentos e sensores da Estação Marítima.....	30
Figura 8 - Imagens do protótipo da Estação Meteorológica instalada em campo (a) caixa protetora e (b) local de instalação dos testes (parede voltada para o sul)	35
Figura 9 - Diagrama de ligação da Estação Meteorológica.	38
Figura 10 - Plataforma da rede de comunicação desde a geração de dados de uma estação até a central de recepção, mostrando a sua configuração.	40
Figura 11 - Séries temporais de (a) Temperatura (°C) do ar e (b) Pressão Atmosférica (hPa) na superfície registrados nas estações meteorológicas do projeto (linha azul) e do INMET (linha vermelha), entre os meses de março e abril de 2023.....	45
Figura 12 - Histogramas das diferenças, entre as estações meteorológicas do projeto e do INMET, das variáveis (a) Temperatura (°C) do ar a 2m e (b) Pressão Atmosférica (hPa) e box plot de cada estação para as variáveis (c) Temperatura (°C) do ar a 2m e (d) Pressão Atmosférica (hPa).	47
Figura 13 - Imagem do canal infravermelho (canal 13) de 18 UTC do satélite geoestacionário GOES-16 (a) quadro resumando a condição meteorológica do dia 18/03/2023 e (b) análise dos campos de espessura da camada (mgp) entre os níveis de 1000 e 500 hPa (shaded), isolinhas de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento horizontal (m/s) a 10m.	51
Figura 14 - Imagem do canal infravermelho (canal 13) de 18 UTC do satélite geoestacionário GOES-16 (a) quadro resumando a condição meteorológica do dia 02/04/2023 e (b) análise dos campos de espessura da camada (mgp) entre os níveis de 1000 e 500 hPa (shaded), isolinhas de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento horizontal (m/s) a 10m.	52
Figura 15 - Imagem do canal infravermelho (canal 13) de 18 UTC do satélite geoestacionário GOES-16 (a) quadro resumando a condição meteorológica do dia 06/04/2023 e (b) análise dos campos de espessura da camada (mgp) entre os níveis de 1000 e 500 hPa (shaded), isolinhas de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento horizontal (m/s) a 10m.	53
Figura 16 - Estrutura inicial da Estação Marítima (a) estrutura da base e (b) estrutura superior.	55
Figura 17 - Fechamento da estrutura da Estação Marítima: (a) lado direito; (b) lado esquerdo; (c) vista frontal; (d) vista posterior; (e) abertura porta de acesso; (f) porta de acesso; (g) detalhe	

da porta de acesso; (h) ângulo de abertura da porta de acesso.	56
Figura 18 - Finalização da montagem e fechamento da estrutura da Estação Marítima.	59
Figura 19 - Placas solares para alimentação da Estação Marítima: (a) instalação lado direito; (b) instalação lado esquerdo; (c) perfuração para entrada dos cabos; (d) cabos das placas para conexão.	60
Figura 20 – (a) Detalhe de fechamento do tubo de proteção e (b) Sensores instalados dentro de um tubo para proteção mecânica, tendo contato direto com o meio externo através de furos por onde passa a água.	61
Figura 21 - (a) Abraçadeira de inox para fixação dos sensores e (b) Sensores fixados no interior do tubo (c) Sensores revestidos de borracha para fixação e cabos por mangueira (d) Saída dos cabos dos sensores do tubo.	62
Figura 22 - (a) Fixação do tubo com sensores e cabos na parte inferior da estrutura da Estação; (b) Tubo de saída dos cabos dos sensores para o <i>Data Logger</i> ; (c) Tubo de proteção dos cabos	63
Figura 23 - (a) Bateria colocada em caixa protetora plástica a prova de corrosão e adversidades do ambiente marinho e (b) Caixa fixada a estrutura da Estação (c) Fixação dos cabos na Estação.	65
Figura 24 - (a) Ligação interna do sistema, mostrando o Data Logger, caixa de conexão dos sensores e controlador do sistema solar; (b) Visor do Data Logger com os valores apresentados pelos sensores; (c) Valores das grandezas dos sensores acompanhadas remotamente.	66
Figura 25 – (a) e (b) Fixação da antena externa do modem.....	67
Figura 26 - Sistema de sinalização noturna da Estação (a) Luminária LED e (b) Relé fotoelétrico de comando.....	68
Figura 27 - (a) Transporte terrestre da Estação até o local de instalação; (b) Transporte marítimo até a boia de amarração; (c) Estação amarrada a poita com boia; (d) Estação em operação.....	69
Figura 28 - Local de instalação da Estação Marítima.....	70
Figura 29 - Flutuabilidade da Estação.....	71
Figura 30 - (a) Medição da salinidade com refratômetro digital e (b) Valor da salinidade medida pelo sistema via aplicativo.	72
Figura 31 - Séries temporais de: (a) Temperatura; (b) Turbidez e (c) PH da Estação Marítima	73
Figura 32 - (a) Séries de TSM geradas nas Estações Marítima (linha azul) e Estação Florianópolis da Epagri (linha laranja) e (b) Histograma das diferenças de TSM entre as Estações.....	75
Figura 33 - Carta Sinótica da Marinha do Brasil: (a) Dia 03/06 00HMG; (b) Dia 03/06 12HMG; (c) Dia 04/06 00HMG; (d) Dia 04/06 12HMG	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de boias de fundeio criadas pelo PNBOIA para atuação no litoral brasileiro.....	21
Tabela 2 - Relação das boias meteoceanográficas em operação do PNBOIA, concentradas somente no litoral da região sudeste do Brasil	22
Tabela 3 - Especificações técnicas dos sensores acoplados à Estação Marítima.	32
Tabela 4 - Especificação técnica do <i>Data Logger</i> da Estação Marítima	33
Tabela 5 - Especificação técnica do kit da geração de energia solar da Estação Marítima.	34
Tabela 6 - Coeficientes de assimetrias das estações para a temperatura e pressão atmosférica	48
Tabela 7 - Análise de dados entre as Estações Meteorológicas do Projeto e do INMET (A806).	49
Tabela 8 - Demonstrativo do comportamento das condições meteorológicas analisadas.	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Forma de dados recebidos da Estação Meteorológica pelo sistema	41
Quadro 2 - Dados das Estações do Projeto e INMET A806 para o dia 18/03/2023 às 15h	51
Quadro 3 - Dados das Estações do Projeto e INMET A806 para o dia 02/04/2023 às 15h	52
Quadro 4 - Dados das Estações do Projeto e INMET A806 para o dia 06/04/2023 às 15h	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCIP	Associação Brasileira de Concessionárias de Iluminação Pública
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
A806	Estação Automática do INMET localizada em Santa Catarina
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
EV	Veículo Elétrico
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IP	Iluminação Pública
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
NBR	Norma Brasileira
NCEP	<i>National Centers for Environmental Prediction</i>
PEAD	Polietileno Alta Densidade
PNBOIA	Programa Nacional de Bóias
PRFC	Plástico Reforçado Fibra Carbono
PROANTAR	Programa Antártico Brasileiro
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
TSM	Temperatura Superfície Mar
UV	Radiação Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo geral	15
1.2 Objetivos específicos	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Dados meteorológicos no contexto de cidades inteligentes	17
2.2 Dados oceanográficos	19
2.3 Rede de Telegestão	24
3 METODOLOGIA	27
3.1 Desenvolvimento da Estação Marítima	27
3.2 Estação Meteorológica	34
3.3 Transmissão de dados da Estação - Telegestão	38
3.4 Tratamento de dados e estudo de caso	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Análise comparativa entre as estações meteorológicas	44
4.2 Análise de condições meteorológicas distintas	49
4.2.1 Condição Meteorológica 1 (CM1) - céu claro com elevada amplitude térmica..	50
4.2.2 Condição Meteorológica 2 (CM2) - céu claro com ingresso de massa de ar frio	51
4.2.3 Condição Meteorológica 3 (CM3) - céu encoberto	53
4.3 Construção e operação da Estação Marítima.	54
4.3.1 Construção da Estação Marítima	55
4.3.2 Operação da Estação Marítima	70
4.4 Discussão de diretrizes para elaboração de uma rede de dados climáticos e ambientais	78
4.4.1 Objetivo da Rede	78
4.4.2 Dados meteorológicos obtidos	79
4.4.3 Forma como serão utilizados os dados	79
5 PRODUTOS DESENVOLVIDOS	81
5.1 Artigos	81
5.1.1 Submetidos e publicados	81
5.1.2 Submetidos	81
5.2 Desenvolvimento e construção Estação Marítima	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
6.1 Recomendações para trabalhos futuros	83
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICES	89
APÊNDICE A – Estação Marítima: dimensões gerais	90
APÊNDICE B – Estação Marítima: vista explodida	91

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as cidades têm passado por um processo de mudança tecnológica, no qual as constantes inovações influenciam diretamente o comportamento das pessoas, contribuindo de forma efetiva para a melhoria de vida e, consequentemente, em processos de sustentabilidade das cidades (Tarsis, 2014).

Nesse sentido, os conceitos de cidades inteligentes e cidades sustentáveis convergiram ao longo do tempo: cidades inteligentes devem ser sustentáveis e oferecer qualidade de vida, e cidades sustentáveis devem usar tecnologias de informação e comunicação para monitorar o fluxo de recursos (Kobayashi *et al.*, 2017).

A NBR ISO 37.122 estabelece os indicadores para identificar uma cidade inteligente (ABNT, 2020). Este conceito é destacado como prioridade de pesquisa pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, conforme Portaria nº 1.122/2020/MCTI em dois tópicos de sustentabilidade: Cidades Inteligentes e Controle de Meio Ambiente (Brasil, 2020).

A cidade inteligente, gerida por dados, é caracterizada pela capacidade de utilização de tecnologias próprias para a geração, captação, processamento e análise de dados, visando, entre outros fins, ao desenvolvimento de áreas sociais, educacionais, econômicas e ecológicas em relação ao ambiente urbano (Remédio; Silva, 2017).

A baixa presença da iniciativa pública para resolver a questão de gestão de dados desencadeará uma busca de soluções tecnológicas. Nesse sentido, para a solução do meio de comunicação desses dados, pode-se destacar o sistema de Telegestão distribuído na iluminação pública (Losso *et al.*, 2021).

Estudo recente de Fonteles (2019) mostra que o desenvolvimento urbano deve estar diretamente associado a fatores climatológicos. Para a realização desses estudos, existem dois tipos de tecnologia para as quais o investimento é necessário. Um ponto central é a coleta de dados, essencial para dimensionar problemas e para desenvolver ações preventivas, e o outro são ações para reverter situações já agravadas de impacto ambiental. Desde a virada do milênio, conjuntos de indicadores têm sido acompanhados por numerosos projetos de *benchmarking* que comparam e classificam o desempenho relativo entre cidades.

Dessa forma, a análise de dados mesoclimáticos torna-se uma necessidade para a depuração das condições climáticas de uma localidade, beneficiando o cidadão em seu entorno geográfico. Os dados microclimáticos informam as modificações climáticas das escalas global e sinótica através de fatores da topografia local, como vales e montanhas, grandes massas de água, vegetação ou tipo de coberturas de terreno, ou ainda, a partir dos efeitos da ação humana sobre o meio (Luz, 2013).

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um sistema integrado de monitoramento ambiental, utilizando Estação Marítima e Meteorológica por transmissão via Telegestão.

1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, esta dissertação se propõe a:

- a) avaliar o desenvolvimento de uma estação marítima;
- b) integrar uma estação meteorológica a um sistema de transmissão por Telegestão da iluminação pública;
- c) avaliar as informações meteorológicas coletadas pela Estação em uma área definida dentro de município costeiro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são desenvolvidos conceitos dos pilares para os estudos apresentados na metodologia e relevantes para a conclusão dos resultados. Nele se propõe uma discussão quanto à importância das redes de dados meteorológicos, dos dados oceanográficos e do sistema de comunicação via Telegestão da iluminação pública.

Galati (2018) propõe a seguinte reflexão:

Imagine uma cidade do futuro em que os cidadãos tenham acesso a todos os tipos de informações e tecnologias 'na ponta dos dedos', desde horários de ônibus em tempo real e dados de redirecionamento de tráfego até luzes de rua inteligentes e sistemas de energia elétrica (Galati, 2018, p. 17).

Segundo esse mesmo autor, nos dias de hoje, já existe tecnologia para criar cidades inteligentes, porém, os grandes centros urbanos estão repletos de problemas, incluindo o aumento da urbanização e da poluição que afetam o ambiente e o clima.

Para mensurar esses problemas, foi publicada a NBR ISO 37.120 (ABNT, 2017), que apresenta indicadores para garantir o desenvolvimento sustentável, como o item 8.3 - Emissão de gases de efeito estufa, medido em toneladas per capita. Contudo, com a publicação da NBR ISO 37.122 (ABNT, 2020) foram criados indicadores específicos para cidades inteligentes, destacando-se o item 8.2 - Número de estações remotas de monitoramento da qualidade do ar em tempo real por quilômetro quadrado (km²). Esse item descreve um sistema remoto que utiliza qualquer forma de tecnologia para fornecer informações instantâneas, como aplicativos móveis, incluindo *hardware*, *software*, dados e os usuários. Além disso, abrange tecnologias de comunicação, como a internet.

Para Kitchin e McArdle (2016), o uso de indicadores urbanos têm crescido desde o início da década de 1990, proporcionando novas formas de desenvolvimento de cidades inteligentes baseadas em dados.

A definição de cidades inteligentes pode ter diferentes enfoques; todavia, é consenso entre os estudiosos do tema que uma cidade inteligente é aquela que usa estrategicamente tecnologias de informação, comunicação (TIC), *big data* e análise de dados associados (Kitchin; Maalsen; Mcardle, 2016).

Buscar dados de forma constante e através de tecnologias, favorecem aos gestores a análise e o processamento de informações, objetivando o desenvolvimento de áreas sociais, educacionais, econômicas e ecológicas em relação ao meio ambiente, constituindo uma cidade inteligente (Remédio; Silva, 2017).

Em estudos, como o realizado por Guedes *et al.* (2018), os resultados mostram a importância do planejamento e desenvolvimento de políticas públicas para atender às prerrogativas de cidade inteligente, respeitando as políticas para as necessidades da sociedade local.

Cortese (2023) sustenta que a modernização da Administração Pública, na busca por soluções inovadoras para desafios cotidianos, deve ser vista como uma prioridade fundamental, pois a inserção de dados rotineiros nos processos de controle e gestão implicará em rápidas soluções. A implantação de tecnologia é fundamental para tornar uma cidade conceitualmente inteligente, mas precisa de uma infraestrutura que possa lidar com uma variedade de dados e conseguir conectar diferentes sistemas juntos (Wiechroek, 2022).

2.1 Dados meteorológicos no contexto de cidades inteligentes

Em análise climática regional, fatores como latitude, altitude, continentalidade (distância do mar), tipo de superfície e outros fatores dinâmicos, são preponderantes e influenciam massas de ar que cobrem uma região (Back, 2020). O autor cita, ainda, que esses fatores e elementos sofrem influências das massas de ar que se deslocam na região, proporcionados pela circulação geral da atmosfera.

Sobre o estado de Santa Catarina, segundo Back (2020), atuam as seguintes massas de ar: Tropical Atlântica (mTa), Polar Atlântica (mPa), Tropical Continental (mTc) e Equatorial Continental (mEc).

O litoral catarinense possui características diferenciadas, de acordo com Oliveira (2023), e tem períodos de chuvas e secas ao norte e ao sul, bem distribuídas ao longo do ano, com predominância das chuvas de verão. O litoral destaca-se, ainda, pela variação térmica, com influência da brisa marítima, que ameniza ao final do dia.

Com os avanços tecnológicos, o homem moderno não quer viver à mercê do tempo meteorológico (Ayoade, 1996); ele procura estudar os fenômenos para poder entender como antecipar-se aos acontecimentos climáticos.

Para a análise climática de uma região, é necessário um período de análise de mesoescala. Nesse sentido, Bitencourt (2016) apresenta um estudo sobre a região da Ilha de Santa Catarina, contando com a medição em quatro estações, sendo três na ilha e uma insular. Após 30 dias de observação, entre julho e agosto de 2013, os resultados mostraram que a temperatura sofreu influência do comportamento dos ventos, e estes tiveram seu comportamento alterado pela influência da variação do relevo, em detrimento das distâncias em que estavam as estações entre si.

De acordo com Bitencourt, Fuentes e Calearo (2016), é possível visualizar fenômenos meteorológicos de uma mesoescala através de redes meteorológicas, constituídas por estações automáticas, denominadas de “mesonet”. Em consequência, consegue-se identificar as ocorrências em uma região menor e por um determinado tempo.

Através do uso do *benchmarking*, pode-se criar indicadores para análise do comportamento de cidades, e assim classificá-las dentro de padrões elegíveis para cidades inteligentes, capturados predominantemente por meio de sensores, câmeras e mídias sociais e locativas, frequentemente denominadas “*big datas*” (Kitchin; Lauriault; Mcardle, 2015).

Um indicador climático mostra o estado do clima em um determinado momento e espaço (Freitas, 2019), traduzindo uma informação para interpretar uma situação meteorológica ocorrida.

O principal facilitador para a rede inteligente é sua comunicação robusta; portanto, escolher a melhor tecnologia de comunicação é crucial (Suhaimy *et al.*, 2022). Esse ativo, também, pode fornecer a conectividade extra e os fluxos de dados necessários para permitir que algoritmos implementados atuem em informações relevantes e forneçam um grau de automação da operação (Bhagavathy; Melone, 2022).

Além disso, recursos adicionais, como carregamento de EV (veículo elétrico), monitoramento da qualidade do ar e detecção do clima, podem fornecer economia e benefícios sociais para munícipes e autoridades da cidade (Akindipe, 2022). Conforme esse mesmo autor (Akindipe, 2022), em seu estudo sobre a integração de recursos adicionais ao sistema de iluminação pública inteligente, os participantes destacaram a coleta de dados meteorológicos e o monitoramento da qualidade do ar por meio de sensores como o segundo acessório mais relevante.

Mendes (2020) realizou uma análise comparativa à luz da literatura e das normas ISO 37120:2018 e 37122:2019. Em suas discussões, o autor enfatizou a importância da gestão ambiental dos recursos naturais, abrangendo tanto os processos realizados pelo ser humano, que possuem impacto direto ou indireto no meio ambiente, quanto a administração adequada desses recursos. Esses elementos são fundamentais para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. Além disso, Mendes (2020) ressaltou que a capacidade de prever e compreender os processos atmosféricos urbanos desempenha um papel crucial na proteção das pessoas contra eventos meteorológicos e nos impactos de curto e longo prazo, tais como chuvas intensas e a formação de ilhas de calor.

Conforme Feldhaus (2020), nas últimas duas décadas, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) modernizou sua rede de observação de superfície instalando estações automáticas que reportam as variáveis atmosféricas a cada uma hora.

Para Brunini (2006), a obtenção e transferência de dados meteorológicos em tempo real tem crescido em todas as partes do globo com o objetivo de dar suporte às diversas atividades, tal como o monitoramento ambiental. As informações colhidas permitem identificar e avaliar as condições dos recursos em um determinado período, e compreender melhor a relação do homem com o meio ambiente (Ramos; Luchiari Junior, 2022), aumentando os estudos e as análises das adversidades meteorológicas.

Continua Brunini (2006), os avanços tecnológicos proporcionaram o desenvolvimento de sensores e sistemas para o monitoramento de dados de forma mais eficiente, criando as condições para instalação de redes de estações meteorológicas e consequente aumento dos conhecimentos científicos.

Diante desse contexto, Oliveira (2022) reforça a necessidade da compreensão e conhecimento dos fenômenos meteorológicos que modificam o ambiente, pela importância dos impactos socioeconômicos.

2.2 Dados oceanográficos

A busca por informações do mar, mais constantes e acuradas, implicou o desenvolvimento ao longo do tempo de equipamentos cada vez mais completos,

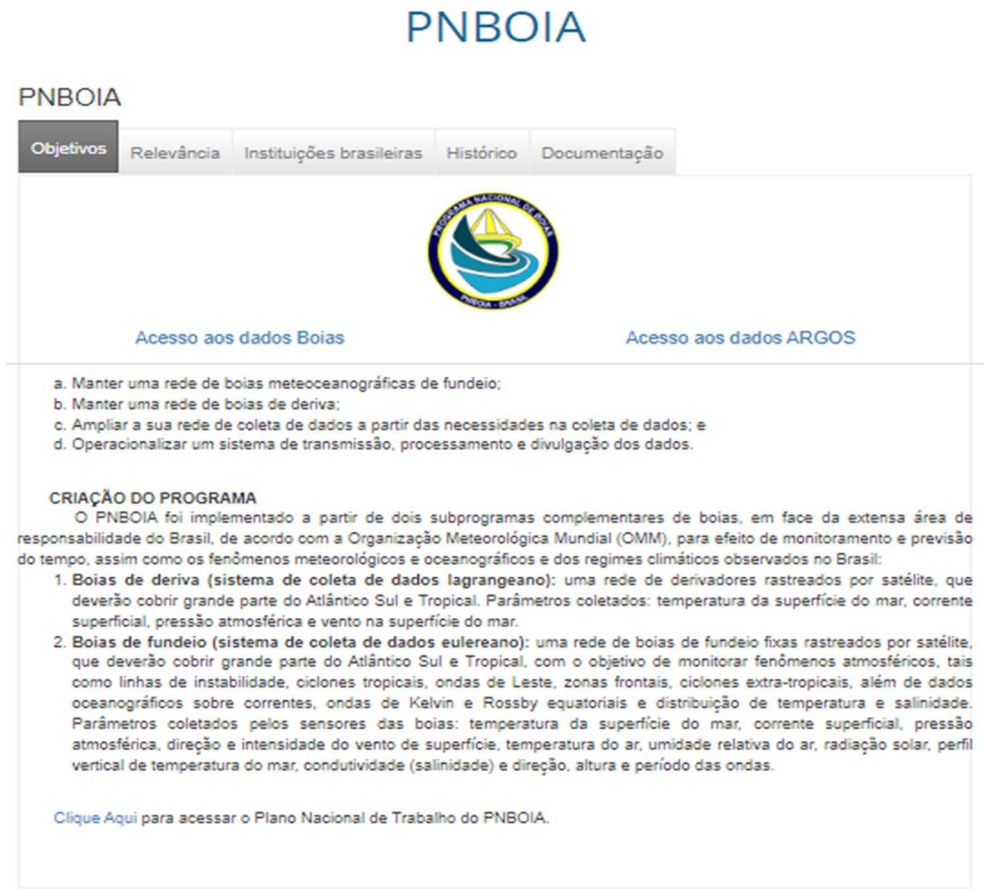
possibilitando a obtenção de dados contínuos do meio ambiente (Calazans; Griep, 2017).

Para Mello (2013), a aquisição de dados oceanográficos diretamente nos locais de interesse é essencial para a previsão de eventos climáticos extremos e operações afastadas da costa.

Segundo Stevenson e Kampel (1997), diversos estudos internacionais relacionados à circulação oceânica e a programas climáticos têm utilizado satélites para monitoramento de boias de deriva, levantando dados importantes para diversos trabalhos. Ainda, de acordo com esses autores, em função dessas evoluções, o Brasil aderiu a essa modalidade a partir de 1980, com o Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR).

Na sequência, a Marinha criou o Programa Nacional de Boias (PNBOIA, 1997), que desenvolveu um programa de monitoramento com boias meteoceanográficas de deriva e fundeio para ampliar sua rede de coleta de dados e operacionalizá-la via sistema de transmissão (Figura 1), espalhado pela costa brasileira.

Figura 1 - Programa Nacional de Boia - PNBOIA, onde se encontra todo o detalhamento do programa para pesquisa das boias meteoceanográficas no litoral brasileiro



Fonte: Marinha do Brasil (2024).

Segundo o PNBOIA, foram criadas, inicialmente, as seguintes boias de fundo para atuar no litoral brasileiro (Tabela 1):

Tabela 1 - Relação de boias de fundo criadas pelo PNBOIA para atuação no litoral brasileiro		
REGIÃO	LOCALIDADE	PROFUNDIDADE (m)
Norte	Barra Norte - AM	200
Nordeste	Fortaleza - CE	200
Nordeste	Porto Seguro - BA	200
Nordeste	Platô de Pernambuco - PE	200
Sudeste	Vitória - ES	200
Sudeste	Cabo Frio - RJ	200
Sudeste	Platô de Santos - SP	200
Sudeste	Rio de Janeiro - RJ	50
Sul	Santa Catarina - SC	200
Sul	Rio Grande do Sul - RS	200

Fonte: Marinha do Brasil (2024).

Considerando que a plataforma continental brasileira pode chegar a 330 km da costa, a disponibilidade de transmitir os dados em tempo real e em quantidades diárias de grandezas que monitoram as condições marítimas próximas da costa, torna-se relevante.

Das boias meteoceanográficas do Programa, somente estão em operação as boias apresentadas na Tabela 2.

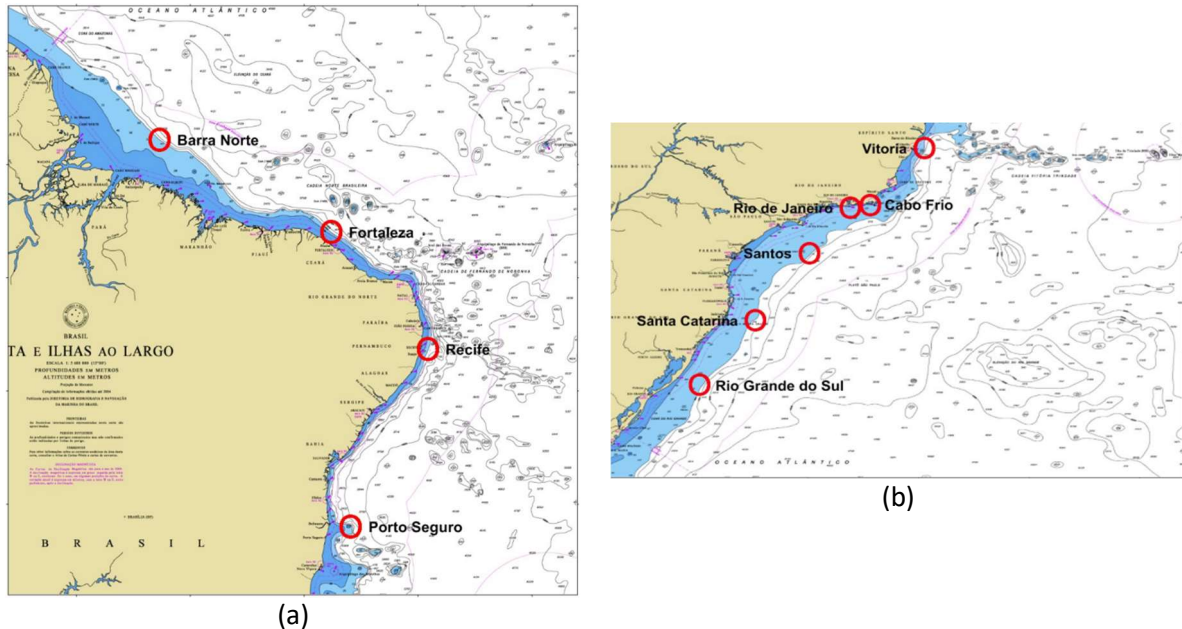
Tabela 2 - Relação das boias meteoceanográficas em operação do PNBOIA, concentradas somente no litoral da região sudeste do Brasil

Título	Dados Históricos	Situação
BOIA SPOTTER ALCATRAZES	 spotter_alcatrazes_qualificados_publicos.zip 333.1 Kb [0 download(s)]	OPERATIV A
BOIA BACIA DE CAMPOS (AX23)	 metocean_bacia-de-campos-ax23_qualificados_publicos.zip 51.4 Kb [0 download(s)]	OPERATIV A
BOIA BACIA DE CAMPOS (BMO-BR-02)	 metocean_bacia-de-campos-bm02_qualificados_publicos.zip 249.8 Kb [0 download(s)]	OPERATIV A
BOIA BACIA DE SANTOS (BMO-BR-01)	 metocean_bacia-de-santos-bm01_qualificados_publicos.zip 1.3 Mb [0 download(s)]	OPERATIV A

Fonte: Marinha do Brasil (2023).

A partir de pesquisas na Marinha do Brasil (2023), obteve-se um exemplo da posição de boias de fundeio instaladas na costa brasileira, onde é possível constatar a localização de várias boias no limite da plataforma continental, evidenciando, assim, a distância da costa (Figura 2).

Figura 2 - Posicionamento de boias de fundo da Marinha, conforme criadas pelo PNBOIA, destacando-se as regiões pelos círculos vermelhos, indicados pela Marinha nas regiões (a) Norte e Nordeste e (b) Sudeste e Sul



Fonte: Marinha do Brasil (2023).

A Marinha do Brasil disponibiliza em seu site o Banco Nacional de Dados Oceanográficos (Marinha do Brasil, 1994), que tem cadastro de informações obtidas tanto de entidades nacionais como estrangeiras, que estejam sob jurisdição brasileira.

Com boias mais próximas da costa, baías e estuários, pode-se monitorar as condições locais e entender melhor o comportamento dos ecossistemas nos ambientes marinhos.

Conforme Kampel (2002), na área costeira, encontra-se uma grande quantidade de ecossistemas importantes, cuja interação dos ambientes terrestres e marinhos criam uma diversidade relevante.

A disponibilidade de dados marinhos, para diversas atividades, proporciona uma melhoria no processo e com reflexos diretos na economia das atividades envolvidas, exemplo disso é a maricultura nas regiões costeiras.

Alguns fatores ambientais são importantes para determinar o local e a produtividade na maricultura, que refletem na qualidade da água, como a temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido (Cavalli, 2017).

A ABNT /CEE 192 (2013) regulamenta para a aquicultura, na produção de bivalves, que a salinidade da água para ostras, mexilhões e vieiras deve ter

monitoramento em diversas épocas do ano, como forma de garantir a vida dos moluscos. Como exemplo, pode-se citar a produção de mexilhões, que tem sua sobrevivência entre 19‰ e 49‰ de salinidade (Suplicy, 2017), enquanto a temperatura fica entre 5°C e 30°C (Ferreira; Magalhães, 2004).

2.3 Rede de Telegestão

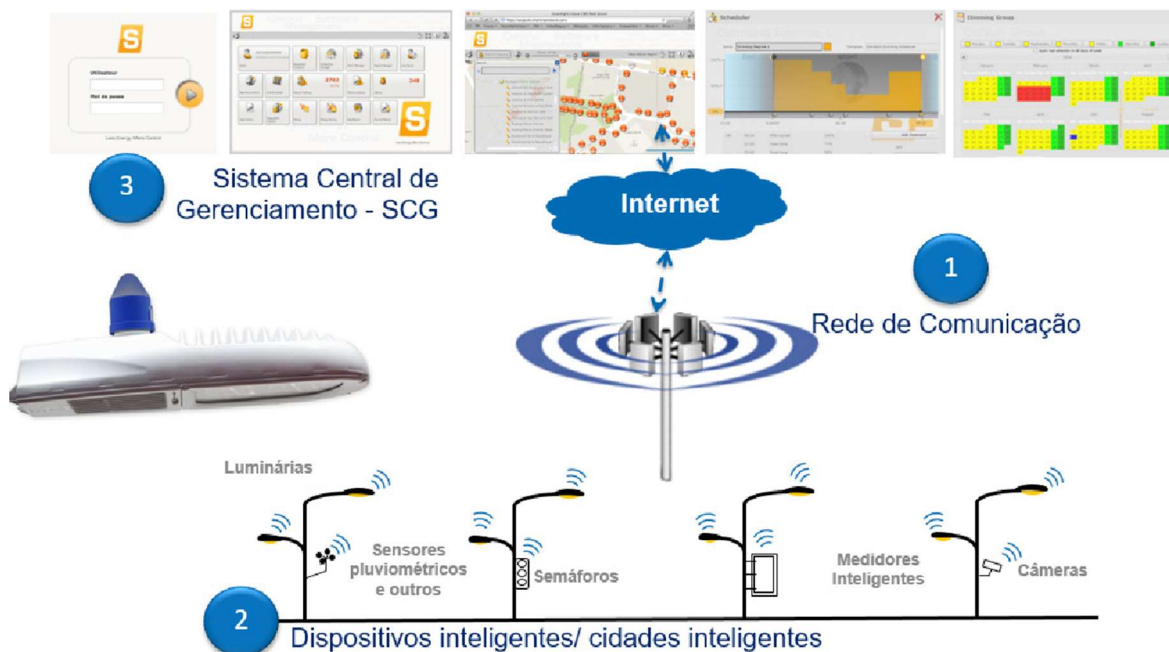
O sistema de Telegestão da iluminação pública consiste em uma solução para gerenciar remotamente, e de forma proativa, parques de iluminação pública, trazendo aumento de eficiência na gestão do serviço, racionalizando custos e aumentando a segurança da população, por meio de uma iluminação mais eficiente (Smartgreen, 2022).

Esse sistema já está implantado em várias cidades pelo mundo, como por exemplo, Bruxelas/Bélgica (com 85.000 pontos de IP), Washington DC/USA (75.000 pontos de IP) e Santiago/Chile (70.000 pontos de IP); todos com controle individual e/ou por áreas, via Telegestão (Intelilight, 2024).

O sistema de Telegestão é composto por um dispositivo remoto com capacidade de conexão em rede de comunicação sem fio; um gerenciador de rede, capaz de administrar automaticamente todos os dispositivos conectados em rede; um dispositivo móvel de operação direta na rede; e *softwares* de gestão e operação, bem como, integrações com outros sistemas (Smartgreen, 2022).

O sistema apresentado na Figura 3 possui a funcionalidade de ligar e desligar um ponto de iluminação, permitindo o controle automático da iluminação de praças, parques, vias, pontes, viadutos etc., além de medir o consumo de energia elétrica e detectar em tempo real a atividade das lâmpadas e periféricos, dinamizando a correção de falhas; isso possibilita o acionamento imediato de equipes de manutenção, além de permitir o georreferenciamento com precisão do seu ponto de instalação (Smartgreen, 2022).

Figura 3 - Detalhamento funcional do sistema de Telegestão

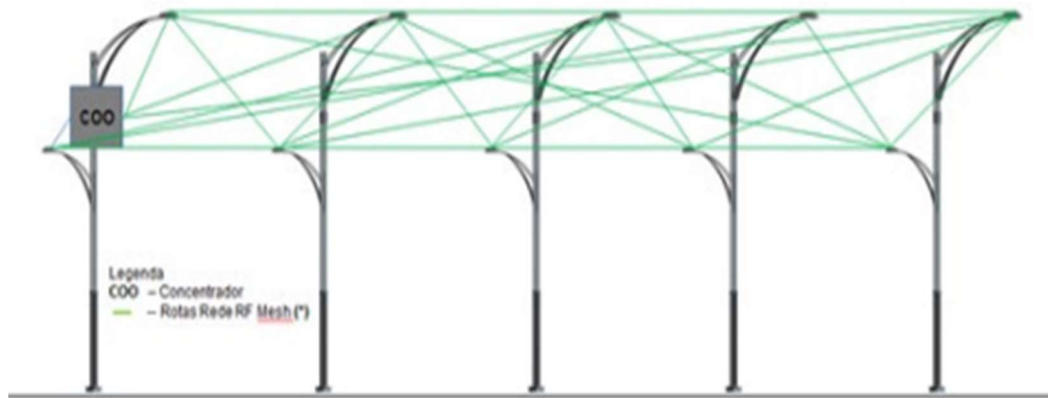


Fonte: ABCIP (2023).

A partir da análise da Figura 3, percebe-se que a rede de comunicação (1) utiliza diversas tecnologias e topologias, sendo a forma que o sistema coleta os dados para transmitir pela internet as informações, as quais são geradas junto aos postes de iluminação, que, por sua vez, recebem e transmitem os dados por dispositivos inteligentes (2) instalados nas luminárias, reportando a um concentrador que os remetem, via internet, a uma central. Na central de comando, tem-se um sistema central de gerenciamento (3), que recebe as informações e permite sua análise, proporcionando ao gestor uma ferramenta para tomada de decisão.

Com sua alta conectividade, o sistema permite o incremento de várias tecnologias de comunicação (*RF Mesh /Estrela, Zigbee, LoraWan, Bluetooth* entre outras) para transmissão dos dados dos dispositivos inteligentes até os concentradores e, posteriormente, transmitidos para uma central de gestão com *software* de Telegestão. A topologia da rede é a forma com que se conectam os dispositivos inteligentes, podendo ser em grupos para um concentrador (Mesh) ou todos a um único concentrador (Estrela), como apresentado na Figura 4 (ABCIP, 2023).

Figura 4 - Topologia da rede *Mesh* ou Malha, onde os dispositivos inteligentes das luminárias trabalham em grupo para um concentrador, criando várias redes por região



Fonte: ABCIP (2023).

Além das funcionalidades associadas à iluminação pública, a Telegestão permite integrar outras tecnologias como medição da qualidade do ar, sensores de ruído urbano, estações pluviométricas e estações meteorológicas (ABCIP, 2023), com amplos benefícios e sustentando um caminho para cidades inteligentes (Freitas Junior, 2023).

3 METODOLOGIA

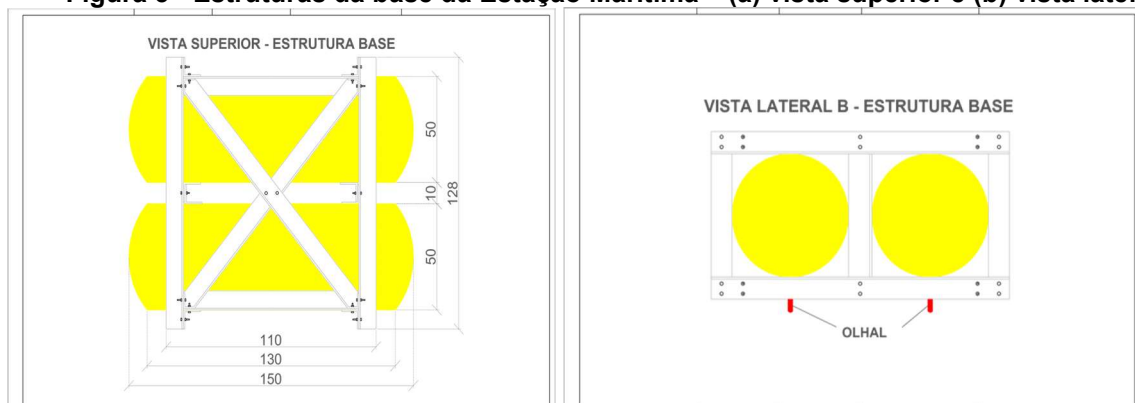
Este capítulo apresenta a abordagem do projeto em duas vertentes: primeiramente, detalha-se todo o processo de planejamento da Estação Marítima, incluindo sua concepção e composição; em seguida, mostra-se a utilização da estação meteorológica de baixo custo e sua implementação para comprovar o sistema de transmissão via Telegestão da iluminação pública. Ainda é apresentada a forma de tratamento e transmissão dos dados das estações.

3.1 Desenvolvimento da Estação Marítima

Atendendo ao objetivo específico de desenvolver e construir uma Estação Marítima com comunicação *on line*, foi elaborado e executado um projeto de estação na forma de boia para realizar o monitoramento de grandezas que pudessem fornecer dados que permitissem uma análise do comportamento do ambiente marítimo ou lacustre de uma região.

Sua constituição é baseada em duas boias de polietileno de alta densidade (PEAD) moldadas na forma cilíndrica e com poliuretano (PU) injetado para manter sua consistência com diâmetro de 0,60m e comprimento de 1,40m (Figura 5 (a), (b)). Envolvendo as duas boias, há uma estrutura em perfil metálico galvanizado em “L”, formando uma base para suportar a pirâmide dos instrumentos. Na parte inferior das boias, existem ferragens na forma de olhal para fixação dos cabos, os quais serão amarrados a âncoras para manter a estação em um ponto fixo junto a uma boia fundeada, conforme mostrado na figura 28.

Figura 5 - Estruturas da base da Estação Marítima – (a) vista superior e (b) vista lateral



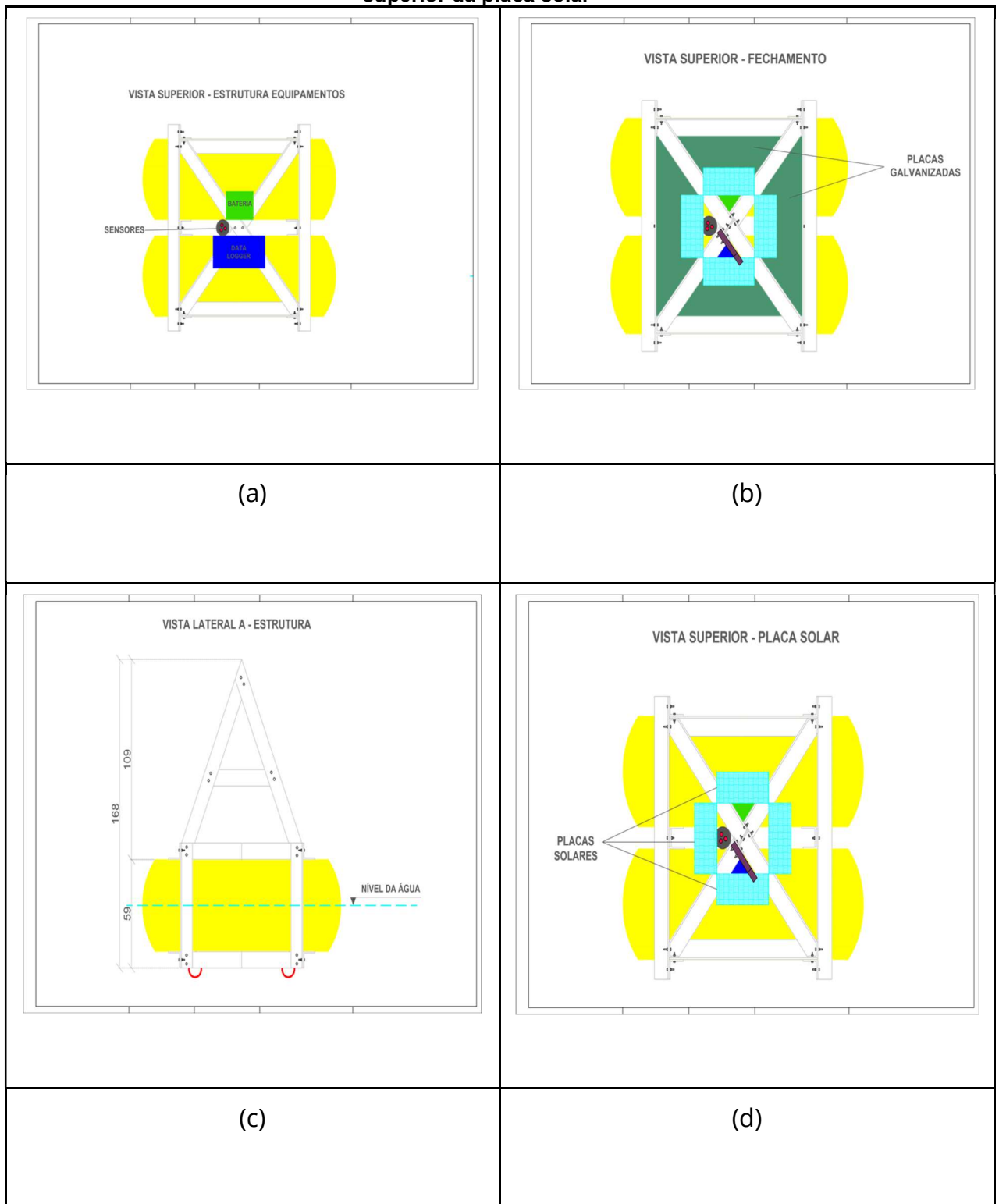
Fonte: Autor (2023).

Para a instalação dos equipamentos, foi usada uma estrutura na forma de pirâmide (Figuras 6), onde foi instalada uma caixa hermética para acomodar o *Data Logger* e a bateria do sistema de energia solar fotovoltaica. Nas laterais, foi afixado o painel de captação de energia solar e, no topo da estrutura, a antena de transmissão para comunicação. Toda essa parte da estrutura foi fechada por placas metálicas galvanizadas perfuradas para proteção e segurança dos equipamentos.

Os sensores de medição estão localizados abaixo da estação (Figura 7 (a), (b)), envoltos por um tubo de PVC para segurança e proteção contra os agentes externos, evitando formação de fungos e demais parasitas do meio ambiente.

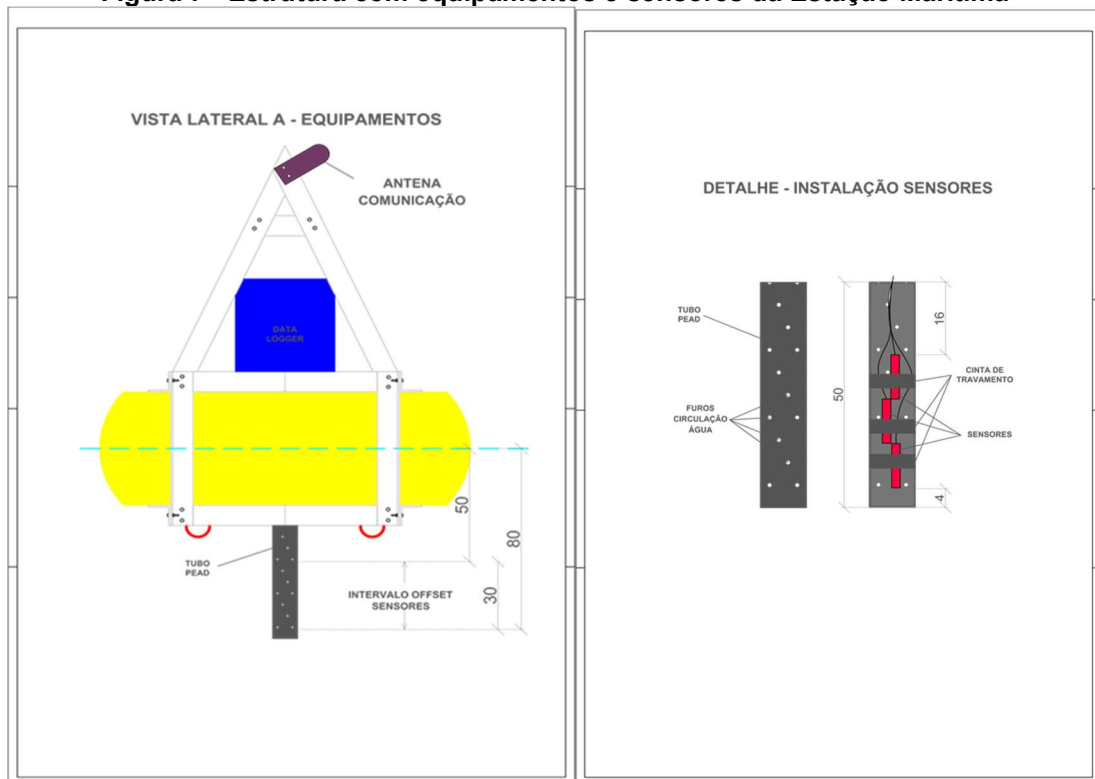
Para o perfeito funcionamento dos sensores, será necessária manutenção periódica com limpeza dos sensores e de toda parte submersa da estação, além dos dispositivos que estão na pirâmide dela.

Figura 6 - Estrutura de suporte dos equipamentos da Estação Marítima: (a) vista superior da estrutura de equipamentos; (b) vista superior do fechamento; (c) vista lateral e (d) vista superior da placa solar



Fonte: Autor (2023).

Figura 7 - Estrutura com equipamentos e sensores da Estação Marítima



Fonte: Autor (2023).

As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam a descrição dos equipamentos e sensores que compõem a estação:

- a) **sensor de temperatura da água:** o Sensor de Temperatura Líquido RK500-11 é usado para medir a temperatura do meio líquido, aplicado em estações meteorológicas automáticas, detecção de temperatura da água da lagoa ou reservatório; tem como características alta precisão de medição e boa estabilidade (Rika, 2023);
- b) **sensor de salinidade e condutividade:** a sonda do sensor de salinidade e condutividade RK500-13 é feita de eletrodo de titânio, que possui as características de desempenho estável, alta sensibilidade e amplo escopo de aplicação. O sensor tem estrutura simples e facilidade de operar, sendo usado no monitoramento de campo da dinâmica da água e do sal. Além disso, pode ser usado no monitoramento anticorrosivo de oleodutos subterrâneos, gasodutos e outros oleodutos. O sensor, também, pode ser diretamente submerso em líquido (Rika, 2023);
- c) **sensor de PH:** o sensor RK500-12 mede o valor de PH em uma boa solução sem instrumentos de calibração profissionais, operação complexa,

cara e difícil de transportar; pode ser usado para medição contínua de solo e verificação do valor de pH de águas residuais; é adequado para agricultura, estação de tratamento de esgoto, indústria química, impressão e tingimento, fabricação de papel, farmácia, galvanoplastia e proteção ambiental e outros campos (Rika, 2023);

d) **sensor de turbidez:** o sensor RK500-07 utiliza princípios ópticos para medir a turbidez da água, que é causada por partículas suspensas na água, e refletem a luz incidente. Segue as normas EN27027 e ISO7027, sendo amplamente utilizado para tratamento de água, poço, agricultura, biodegradação, entre outros (Rika, 2023);

e) **Data Logger:** o *Data Logger* RK600-07, com aquisição de dados, armazenamento, transmissão, gerenciamento e outras funções, é o componente central da estação automática, que pode conectar 32 parâmetros ao mesmo tempo; possui as configurações e *display* LCD colorido, pode se comunicar com o PC via cabo ou conexão sem fio, e fornece protocolo de comunicação para várias alternativas como RS-485, Ethernet, GPRS/2G/3G/4G e WIFI, com antenas incorporadas (Rika, 2023);

f) **kit solar:** o kit solar é o conjunto de captação e armazenamento de energia solar, constituído por um painel com duas placas solares, controlador de carga e bateria, onde é possível acompanhar a energia gerada dos painéis até os equipamentos a serem utilizados (Neosolar, 2023).

Tabela 3 - Especificações técnicas dos sensores acoplados à Estação Marítima

ITEM	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS SENSORES				
	Temperatura da Água	PH	Salinidade	Condutividade	Turbidez
Range	-40 +- 80°C	0-14PH	0~100000ppm (mg/L)	0~500 / 5000 / 10000 / 20000 us/cm	0 – 4000NTU
Tensão de Operação	12 – 24 VDC	12 – 24 VDC	12 – 24 VDC	12 – 24 VDC	12 – 24 VDC
Precisão	+ - 0,5°C	±0.05PH	+ - 1%	+ - 1%	+ - 1%
Tempo de Resposta	< 1s	< 1s	1s	1s	1s
Sinal de Saída	4-20 mA, 0-5 V, RS485	4-20 mA, 0-5 V, 0-2V, RS485	4-20 mA, 0-5 V, RS485	4-20 mA, 0-5 V, RS485	4-20 mA, 0-5 V, RS485
Temperatura de Operação	-40°C +- 80°C	0°C +- 80°C	-20°C +- 80°C	-20°C +- 80°C	0°C +- 80°C
Peso	145g	-	-	-	-
Grau de Proteção	IP68	IP68	IP68	IP68	IP68
Eletrodo	-	-	-	Titânio	-

Fonte: Rika (2023).

Tabela 4 - Especificação técnica do *Data Logger* da Estação Marítima

ITEM	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Display	3.5" TFT true color LCD display, 320 * 240 resolution, high-definition LED back-light, three side close to zero point of view
Canais de Entrada	1-18
Sinal de Entrada	Current:4-20mA,0-10mA,0-20mA Voltage:0-5V,0-10V,1-5V
Capacidade de Armazenamento Interno	64M (6 anos para dados medidos e cada hora, 1 ano para medição a cada 10 minutos e 3 meses quando medir a cada minuto)
Tensão de Operação	AC220V,DC24V
Precisão	0.2%FS
Tempo de Resposta	1s
Sinal de Saída	4-20 mA, 0-5 V, 0-2V, RS485
Temperatura de Operação	-10-+55°C@10-85%RH
Modo de Comunicação	RS485(MODBUS-RTU),RS232(add external module)

Fonte: Rika (2023).

Tabela 5 - Especificação técnica do kit da geração de energia solar da Estação Marítima

ITEM	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Energia disponível por dia	390 Wh/dia
Energia disponível por mês	11,7 kWh/mês
Potência do Kit	120Wp
Tensão Nominal do Sistema	12/24 Vcc
Potência de cada Painei	60Wp
Grau de Proteção	IP 67
Controlador de Carga	10A / PWM
Bateria	Selada, Gel, Ventilada

Fonte: Neosolar (2023).

3.2 Estação Meteorológica

A Estação Meteorológica usada foi adaptada com melhorias em relação à desenvolvida por Sanches (2020); fez-se um protótipo com sensores de baixo custo acoplados em uma plataforma Arduino, o que possibilitou a reprodução em escala.

O uso da estação, conforme proposto por Sanches (2020) não foi possível; assim, houve a necessidade de aperfeiçoamento para que ela pudesse resistir às intempéries, visto que sua proposta de baixo custo não levou em consideração a resistência ao tempo. Foram necessárias algumas modificações na versão inicial; uma delas foi a criação de uma caixa protetora (Figura 8) para o conjunto e para os sensores, integrando todos os elementos da estação em um único conjunto.

Figura 8 - Imagens do protótipo da Estação Meteorológica instalada em campo (a) caixa protetora e (b) local de instalação dos testes (parede voltada para o sul)



(a)

(b)

Fonte: Autor (2023).

A constituição mecânica da base do anemômetro e anemoscópio foi fabricada em perfil estrutural de alumínio com seção retangular, permitindo o alinhamento com os pontos cardeais. Seus componentes móveis foram fabricados em Plástico Reforçado com Fibra Carbono (PRFC).

As conchas do anemômetro são semiesféricas, com diâmetro externo de 80mm, fixadas por um flange com rolamento central, tendo dois ímãs de neodímio, instalados diametralmente opostos, com a finalidade de associar o sensor de efeito hall (US1881, tipo CMOS) com o seu campo magnético (a cada volta completa do flange é enviado um sinal à placa eletrônica).

No anemoscópio, também laminado em PRFC, foi inserido um ímã de neodímio para alinhamento com o sensor magnetômetro (HMC5883L), de onde saem as informações para definir o ângulo da direção do vento, enviando os valores medidos para a placa eletrônica por comunicação I2C.

Para a medição da pressão atmosférica e temperatura do ar, foi utilizado o sensor BME280, colocado em uma caixa com entrada frontal, a qual permite a circulação do ar - sua comunicação com a placa eletrônica se dá via I2C. Essa caixa foi acoplada na parte externa da caixa onde se encontra a placa eletrônica e o sistema de transmissão, a fim de evitar que eventual variação da temperatura do sistema influencie o sensor.

O conjunto central da estação é composto de uma placa com circuito impresso alimentado através de um transformador/retificador 220Vca/12Vcc, com saída para várias funções.

O microcontrolador é um ESP8266 alimentado em 5Vcc, programável, com desenvolvimento em IoT de baixo consumo de energia e custo. Sua funcionalidade permite que ele seja usado como um módulo WI-FI para o Arduino, possibilitando que ele se conecte à internet, além de permitir o processamento e armazenamento *on-board* dos sensores da estação – é lícito dizer que seu alto grau de integração implica uma área mínima de ocupação da placa.

Compõem, ainda, o sistema, um módulo relógio de tempo real com gravador tipo micro SD e um display de cristal líquido com comunicação I2C.

A programação foi desenvolvida por *Integrated Development Environment* (IDE) em Arduino, considerando as normas elaboradas pela WMO; já a temperatura e a pressão atmosférica são medidas a cada minuto; porém, a velocidade e direção do vento, por sofrerem mais variações em função do tempo, são medidas a cada volta do anemômetro.

A estação de baixo custo, analisada por Sanches (2020), foi comparada, neste estudo, com a estação do Curso de Meteorologia do IFSC - Câmpus Florianópolis. A estação do protótipo, nas medições de alta da temperatura, registrou valores divergentes em relação à estação do IFSC; entretanto, manteve-se mais próxima nos valores de baixa temperatura. A temperatura, a pressão atmosférica e a umidade relativa foram medidas por um único sensor (BME280), em detrimento da estação do IFSC, que utiliza sensores separados. A temperatura foi usada para

calcular a compensação dos sensores das demais grandezas e, por conseguinte, gerou diferenças entre as estações comparadas.

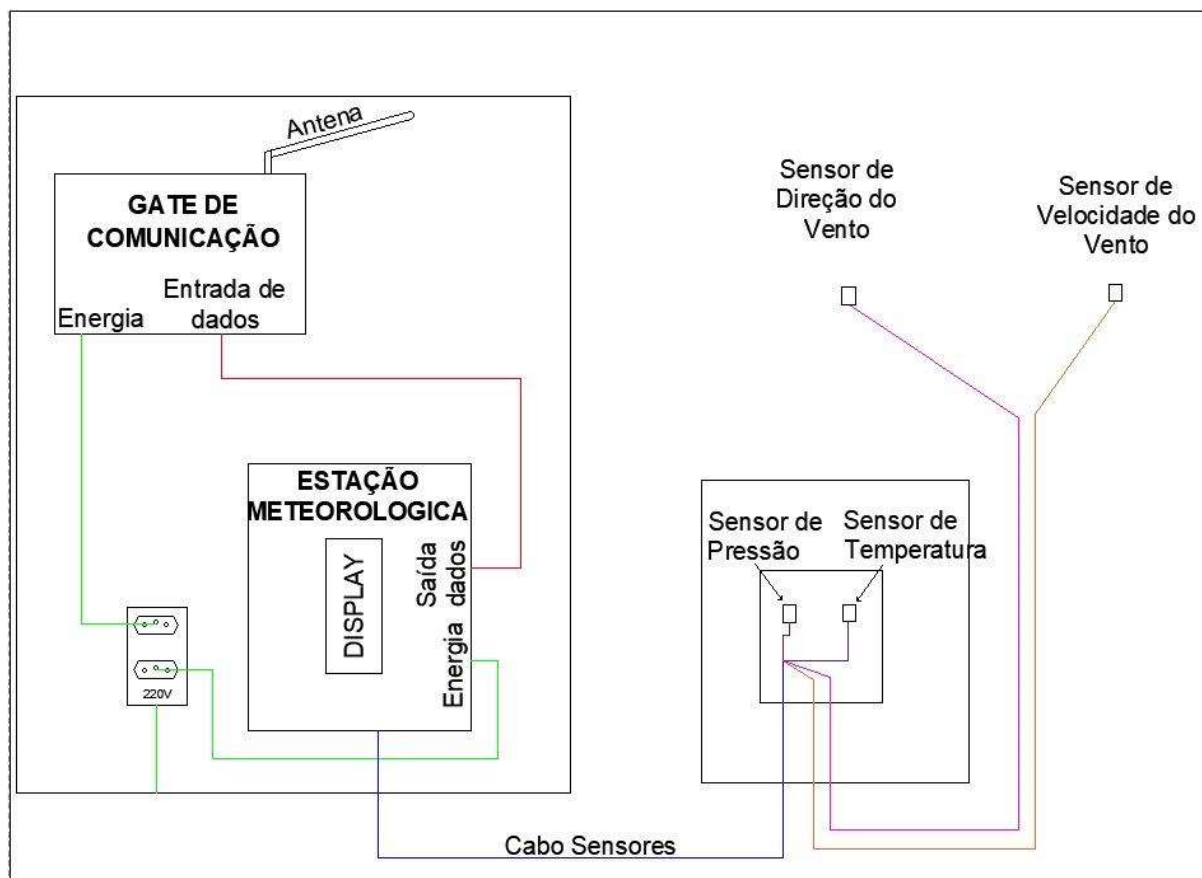
Nas conclusões de Sanches (2020), o protótipo comparando as grandezas meteorológicas, tais como, temperatura, pressão, umidade relativa, velocidade e direção do vento, apresentaram valores muito próximos aos medidos na estação do IFSC, indicando sua eficácia na medição e transmissão.

Para este mesmo modelo de baixo custo, têm-se a solução apresentada por Torres *et al.* (2015), que utilizaram um protótipo com semelhanças de *hardware* e *software*, no qual, após um período de testes, foi demonstrada correlação da estação com uma estação meteorológica automática convencional localizada próximo do local de desenvolvimento.

Torres *et al.* (2015) destacam, ainda, a importância de um abrigo meteorológico para a estação, protegendo os sensores, minimizando as interferências sobre eles, e consequentemente, obtendo dados mais confiáveis. Essa questão também foi aperfeiçoada na estação de Sanches (2020).

Durante a montagem, conforme ilustrado na Figura 9, foi incorporado um sistema de comunicação (*gateway*), visando a proporcionar um acesso conveniente e centralizado ao conjunto.

Figura 9 - Diagrama de ligação da Estação Meteorológica



Fonte: Autor (2023).

3.3 Transmissão de dados da Estação – Telegestão

A Estação Meteorológica deste projeto foi instalada na localidade de Aririú, no município de Palhoça/SC (27°41 '06 "S / 48°40' 09"W), com o propósito de analisar o comportamento do sistema e a transmissão de dados na região.

A solução de Telegestão utilizada pela Concessionária da Iluminação Pública - QLUZ é de fornecimento da empresa *Smartgreen*, e está implantada em todo o Município, alcançando a localidade de instalação e conexão da estação meteorológica de baixo custo.

Destaca-se que, de acordo com a proposta do projeto, o sistema será capaz de transmitir os dados em qualquer local do município onde houver iluminação pública com LED e Telegestão; para tanto, basta que a estação esteja em um raio cujo dispositivo de comunicação da luminária tenha alcance de sinal. Em testes já

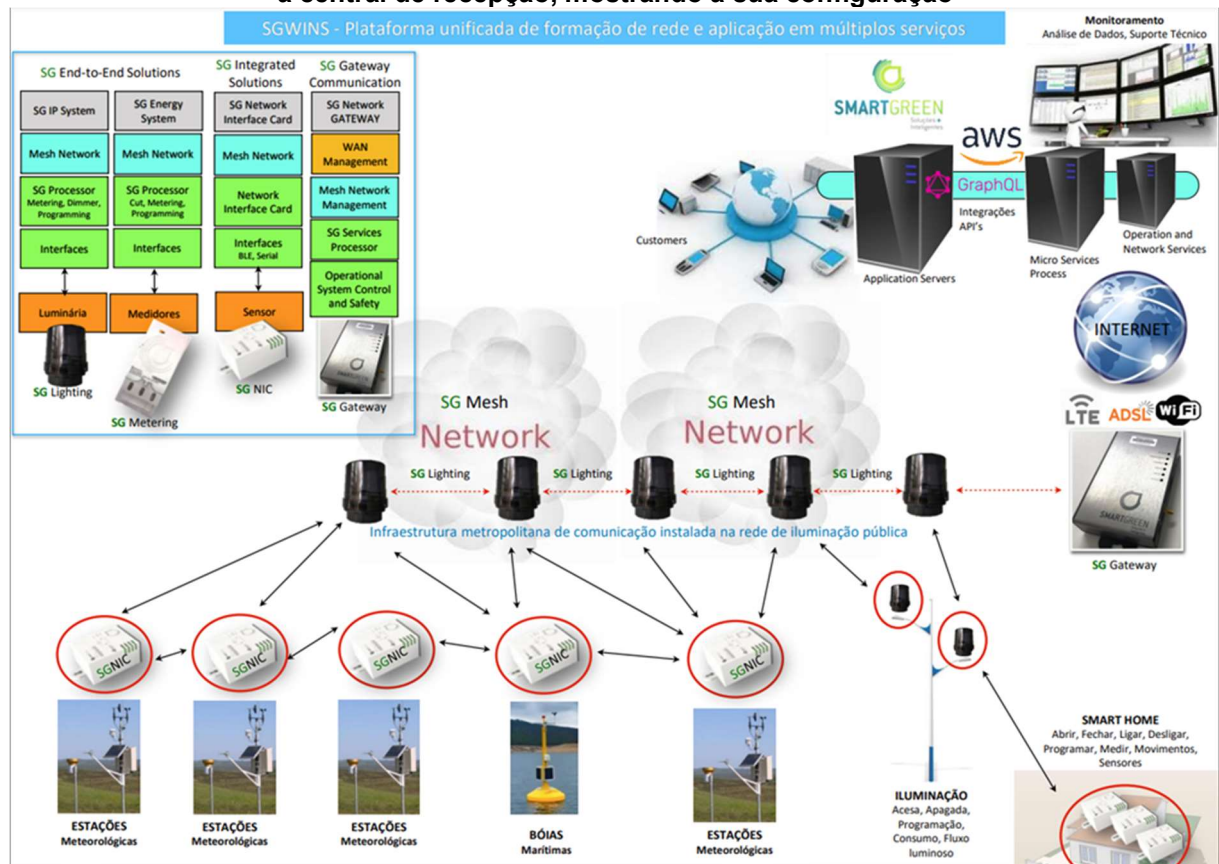
realizados em campo, sem ocorrência de interferência, atingiu-se uma distância de 50 metros entre a luminária e a estação; dessa forma, a estação pode ficar instalada em um lugar com maior segurança, afastada do poste onde se encontra a iluminação pública.

A solução de comunicação da *Smartgreen* envolve a transmissão dos dados da estação por meio de Radiofrequência (RF). Nesse processo, os sinais, analógicos ou digitais, são convertidos em ondas eletromagnéticas e transmitidos através de uma antena até um receptor de rádio. Essa receptora está localizada no poste onde uma luminária controlada por Telegestão está instalada. Através desse comando individual, transmitido por meio de uma porta de entrada para comunicação com o rádio receptor, as informações serão gerenciadas por um *software* com aplicativo específico para essa solução.

Dessa forma, cada equipamento instalado possui uma função genérica, que é a formação de rede, e uma função específica, que depende de sua destinação. Esse sistema foi desenvolvido para monitorar uma luminária pública, podendo ainda medir o consumo de energia elétrica, água ou gás, monitorar um ambiente, controlar um equipamento, rastrear um veículo, ou mesmo monitoramento de imagem de uma pessoa ou animal.

No esquema da formação da plataforma de rede da *Smartgreen*, apresentado na Figura 10, observa-se como cada estação pode se conectar ao sistema de Telegestão implantado em cada luminária telecomandada, proporcionando uma grande rede de informação de dados meteorológicos. Nesta Figura, está ilustrado o procedimento de atuação por três camadas distintas, descritas a seguir.

Figura 10 - Plataforma da rede de comunicação desde a geração de dados de uma estação até a central de recepção, mostrando a sua configuração



Fonte: Adaptado de Smartgreen (2022).

A partir da análise da Figura 10, pode-se inferir que a primeira camada consiste no dispositivo remoto denominado controlador, projetado incorporando *softwares* embarcados. Esses *softwares* possuem a capacidade de executar automaticamente, e de forma autônoma, as funções correspondentes a cada equipamento conectado a ele, seja um aparelho, veículo, estação meteorológica ou pessoa. A partir dos dispositivos instalados nas luminárias da iluminação pública, tem-se a comunicação com a estação, em forma binária no formato ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) através do protocolo RS232, conhecido como comunicação assíncrona, onde cada palavra recebe uma identificação. Dessa forma, tanto o emissor como o receptor têm o sinal do que está sendo transmitido, com a identificação da comunicação dos dados estabelecida. O formato dos dados obtidos e transmitidos pela estação está demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Forma de dados recebidos da Estação Meteorológica pelo sistema

Data-hora	Velocidade de Vento (m/s)	Temperatura (°C)	Pressão Atmosférica (hPa)	Direção do Vento (graus)
05/05/2023 09:52	1,6392	25,27	1020,43	83

Fonte: Autor (2023).

A segunda camada (Figura 10) corresponde à rede de transmissão (*Mesh*) por onde se tem a conectividade da malha e por onde as informações trafegam, depois de geradas na estação, passando por um concentrador que retransmite a uma central de gerenciamento. Essa última transmissão pode ser por várias tecnologias, como satélite, 4G ou fibra óptica, por exemplo. Sua comunicação utiliza um protocolo de aplicação que inclui o envio de comandos para os controladores em cada luminária, da mesma forma que recebe as informações desses controladores, incluindo as informações geradas pelas soluções interligadas ao sistema, como a estação meteorológica.

Por fim, a terceira camada do sistema é constituída por *softwares* de gerenciamento da rede e pelo banco de dados onde são armazenadas as informações. Os dados gerados pela estação são recebidos através de um protocolo e disponibilizados na forma de relatório, de acordo com o modelo definido pelos gestores. Esses sistemas são disponibilizados por meio de plataformas de acesso via internet, com autenticação de segurança desenvolvida para monitoramento em tempo real e acesso a históricos de dados.

3.4 Tratamento de dados e estudo de caso

A consistência dos dados coletados pela estação meteorológica e pela estação marítima, foram avaliadas por meio de ferramentas estatísticas presentes em bibliotecas do *software Python*.

Para análise dos dados da estação meteorológica foram usadas como referência a estação INMET – São José/Campinas (Código INMET: A806), com medições horárias realizadas durante 38 dias, no período de 18 de março a 24 de abril de 2023, enquanto para a estação marítima, foi usado como referência o marégrafo

Florianópolis da Epagri, com sensor de TSM, no período de 28 de maio a 09 de junho de 2024.

Para análise, os dados gerados pelos sensores das estações meteorológicas foram enviados em tempo real para uma central e disponibilizados no formato ascii (.txt), requerendo um protocolo de tratamento para sua análise. Após tratamento, as informações foram apresentadas por meio de estatísticas básicas e inferenciais, utilizando os seguintes métodos:

- a) gráficos de séries temporais para inspecionar o comportamento das variáveis mensuradas localmente e em comparação às variáveis mensuradas em estações de referência;
- b) gráficos de séries temporais das médias móveis das variáveis mensuradas localmente e suas equivalentes em estações de referência para avaliar a tendência de comportamento das séries;
- c) histogramas e testes de normalidade sobre as séries medidas e suas equivalentes nas estações de referência para fins de escolha por métodos estatísticos paramétricos ou não paramétricos de comparação entre as séries;
- d) estatística inferencial para elaborar análises respaldadas em testes de hipóteses. Para tanto, foram usados os seguintes métodos:
 - teste de comparação entre séries históricas equivalentes, tanto para avaliar a compatibilidade quanto para levantar as diferenças estatisticamente, quando for o caso;
 - cálculo de intervalos de confiança para diferença entre variáveis correspondentes mensuradas nas estações de referência e localmente;
 - cálculo do coeficiente de correlação pelo método de Spearman.

De acordo com Wilks (2006) e Camparotto *et al.* (2013) o erro médio (EM), o erro médio absoluto (EMA) e o erro quadrado médio (EMQ) são métodos bastante apropriados para verificação da acurácia ou exatidão escalar de diferentes fontes de dados.

Para verificar a influência de fatores climatológicos para a diferença entre os dados das estações, foi analisado o comportamento dos dados de temperatura em três dias com condições meteorológicas distintas. A análise foi feita com base nas

imagens de satélite do INPE, cartas sinóticas da Marinha do Brasil e análises do modelo *Global Forecast System do National Center for Environmental Prediction* (GFS/NCEP) (INPE, 2023; Marinha do Brasil, 2023; NCEP, 2023).

As variáveis derivadas da temperatura, turbidez e PH da Estação Marítima foram criadas para eliminar possíveis ruídos na série temporal, gerando a média aritmética na última hora, como referência para a tendência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados de comparação entre os dados coletados pela estação meteorológica instalada para este trabalho e pela estação meteorológica do INMET A806, localizada no município de São José/SC, assim como a avaliação de três condições meteorológicas diferentes em períodos distintos da série temporal analisada.

Ressalta-se que os relatórios dos dados transmitidos permitem uma análise comportamental das grandezas avaliadas durante o período de estudo, de 18 de março a 24 de abril de 2023. Além disso, durante o período de levantamento de dados, houve dois episódios em que a estação meteorológica do projeto não gerou dados, resultando em ausência de informações meteorológicas nas séries.

Na estação marítima, os dados coletados entre os dias 28 de maio a 09 de junho, foram comparados com os dados gerados pela Epagri, através do marégrafo de Florianópolis, localizado no sul da Ilha de Santa Catarina, contando, inclusive, com a temperatura de superfície do mar (TSM).

Apesar do curto período, os dados da estação marítima foram colhidos a cada minuto, gerando mais de 17.000 dados.

4.1 Análise comparativa entre as estações meteorológicas

A Figura 11a apresenta as séries temporais de temperatura de duas estações, a Estação Projeto e a Estação INMET A806, e revela uma semelhança durante os horários próximos das temperaturas mínimas diárias (vales). As curvas das séries preservam a tendência de queda e aumento simultâneos ao longo do tempo, indicando performance aderente entre as estações para as variáveis de interesse.

A Estação do Projeto mediu a variação das grandezas a cada 5 minutos, no entanto, foram utilizados os dados medidos a cada hora, para comparar com os dados da Estação INMET A806, que apresenta medição somente com esta frequência.

Ao observar os dados, percebe-se que as temperaturas registradas em ambas as estações descrevem séries temporais semelhantes ao longo do tempo, com um comportamento coerente. No entanto, observa-se nessa mesma Figura (11a)

discrepâncias nos momentos de maior aquecimento diurno, onde as diferenças se acentuam nos horários das temperaturas máximas diárias (picos). A diferença entre as séries nos extremos sugere a influência de fatores regionais, mas não afetam significativamente a evolução geral das temperaturas registradas nas duas estações.

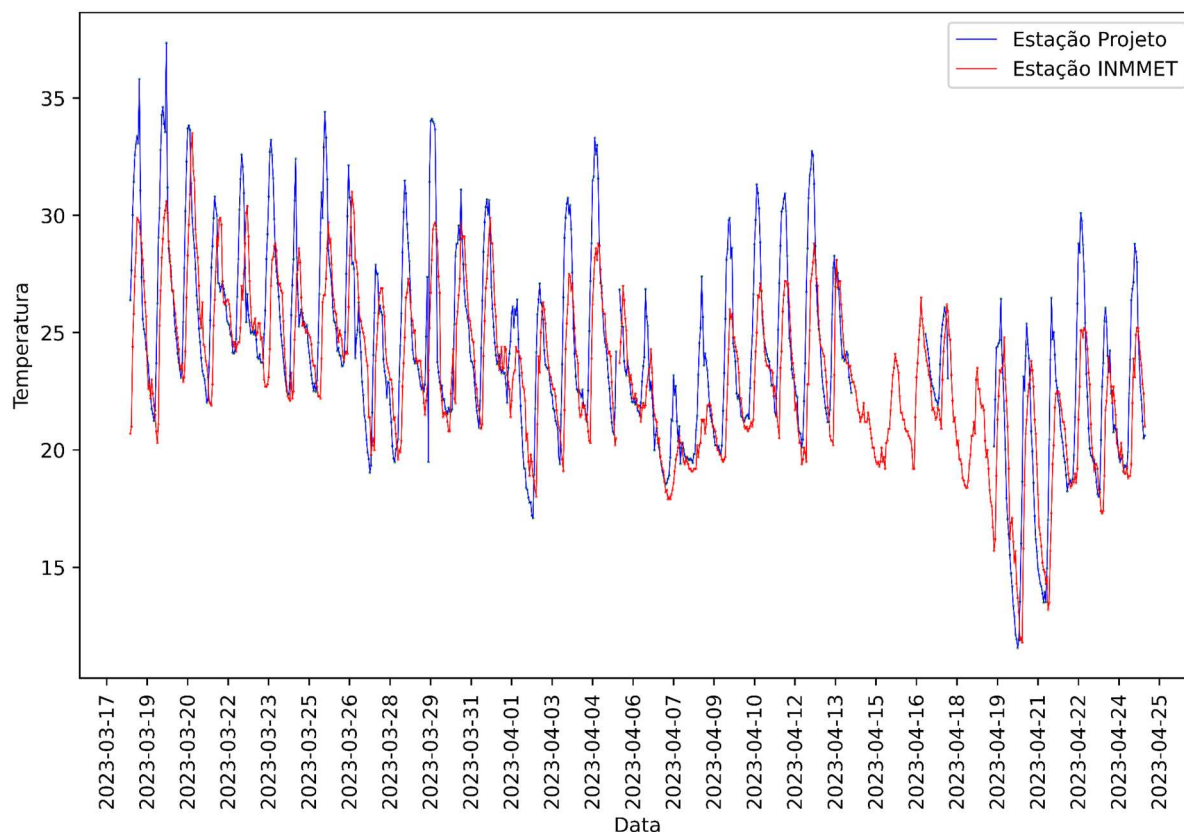
Nos estudos de Torres et al. (2015), os dados da temperatura também mostraram maior diferença nos picos da temperatura, concluindo o autor que essa ocorrência coincide com momentos de maior luminosidade no dia, por estar o sensor mais exposto em detrimento das estações automatizadas.

Outro fator relevante na Figura 11a é o indicativo da migração sazonal, verificado a partir da tendência de redução da temperatura, desde o início até o final da série, observado em ambas as estações.

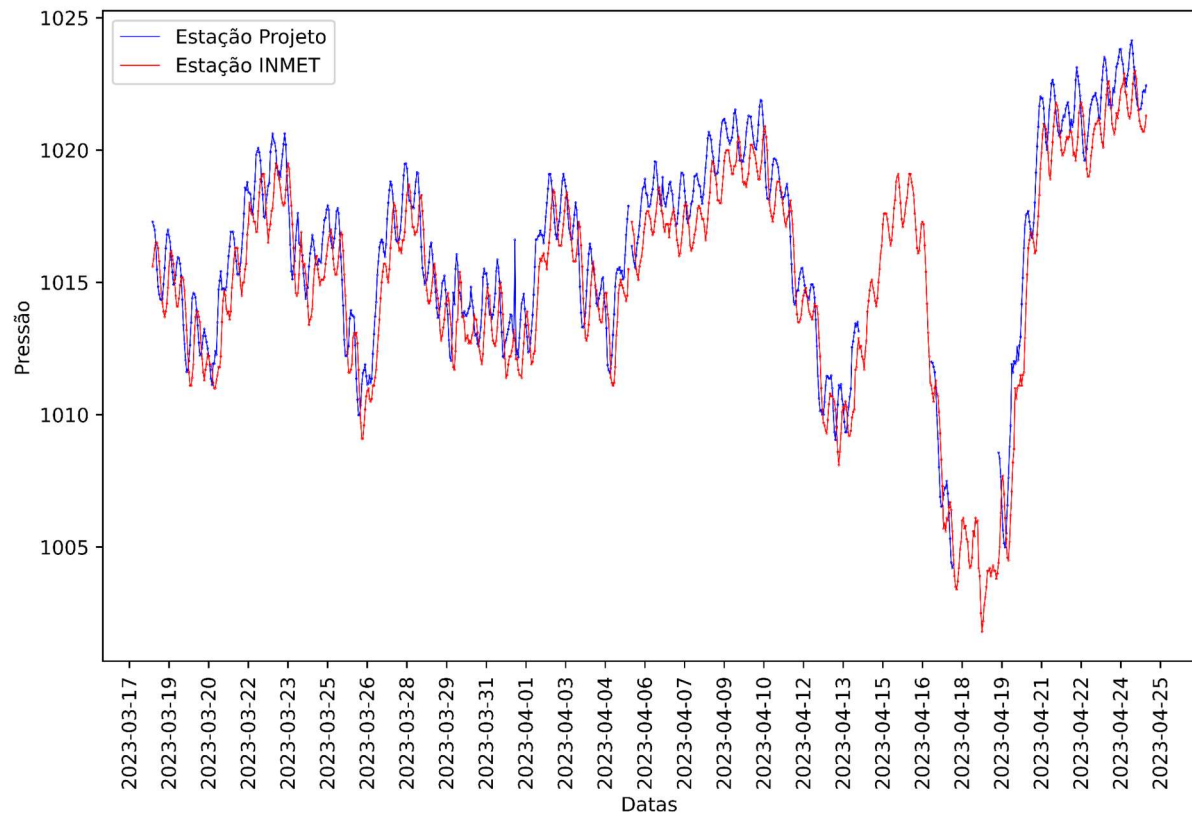
A análise das séries temporais de pressão atmosférica (Fig. 11b) mostra uma maior concordância entre elas, porém a estação do projeto ainda apresenta valores divergentes, com tendência de aumento nas pressões mais altas.

Figura 11 - Séries temporais de (a) Temperatura (°C) do ar e (b) Pressão Atmosférica (hPa) na superfície registrados nas estações meteorológicas do projeto (linha azul) e do INMET (linha vermelha), entre os meses de março e abril de 2023

(a) Temperatura



Pressão Atmosférica



Fonte: Autor (2023).

A Figura 12 apresenta os gráficos de *box plots* para os dados de temperatura (Fig. 12a) e pressão atmosférica (Fig.12b), assim como os histogramas da distribuição das diferenças entre as estações são apresentados nas Figuras 12a e 12b, onde se pode observar que a distribuição das diferenças não apresenta o mesmo comportamento em ambas as grandezas.

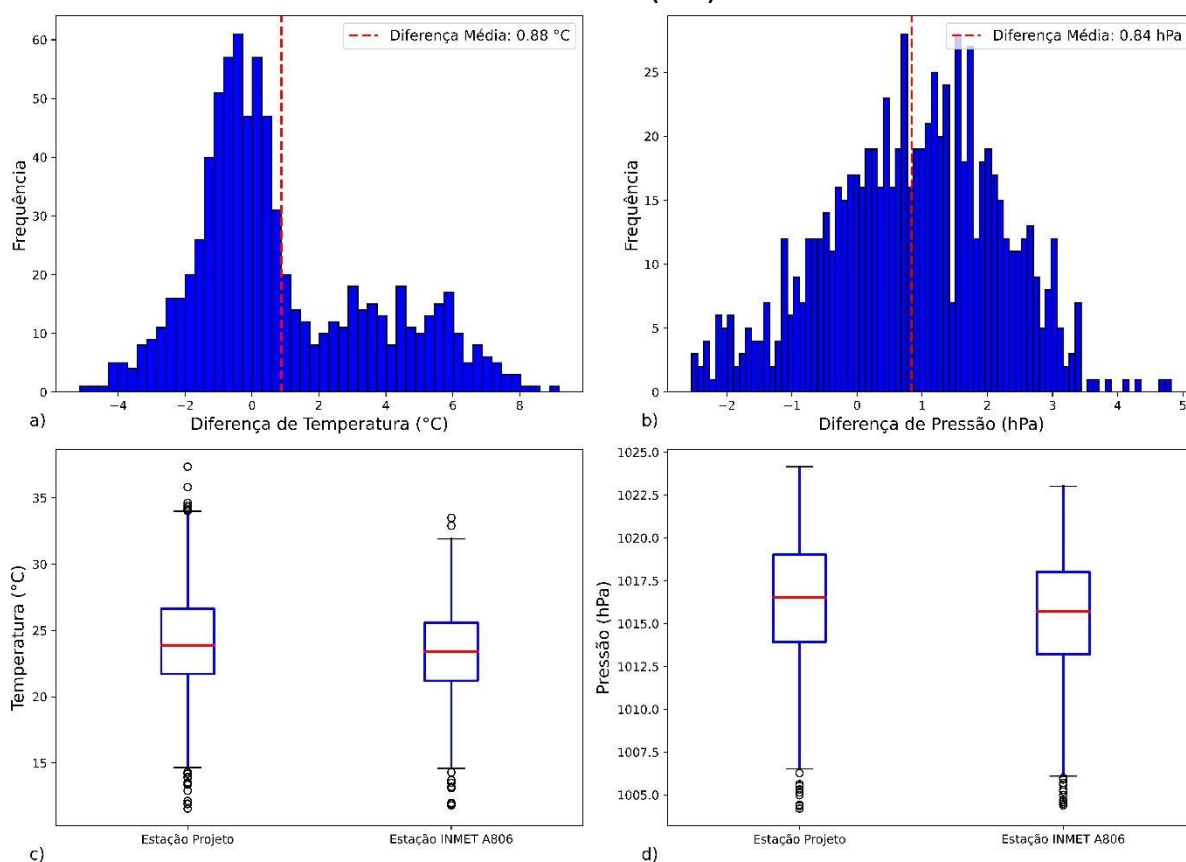
Para os dados de temperatura (Fig. 12a), observam-se duas concentrações de distribuição, sugerindo duas curvas na forma de sino justapostas (uma correspondendo às temperaturas mínimas e outra correspondendo às temperaturas máximas).

Complementando a Figura 12a com a Figura 11a, interpreta-se que, no caso geral, tanto nas mínimas quanto nas máximas, a estação do projeto se afasta da estação do INMET não mais do que 4 ou 5 graus, com menos diferenças para as mínimas e mais para as máximas.

Para as diferenças entre os dados de pressão atmosférica (Fig. 12b) observa-se uma distribuição bem definida, sugerindo que as diferenças se assemelham a uma distribuição probabilidade gaussiana. Essa variação das diferenças entre as grandezas medidas pelas estações sugerem uma diferença microclimática entre as regiões ou, então, podem ser tendências impostas pela classe de precisão dos componentes da estação do projeto que, por serem de baixo custo, podem apresentar menor acurácia que os sensores da estação referência do INMET.

É importante considerar que estações meteorológicas profissionais, como a estação do INMET, com equipamentos mais sofisticados e calibrados, fornecem medições mais precisas e confiáveis. Essas estações profissionais, geralmente, seguem rigorosos padrões de qualidade e passam por processos de verificação e calibração regularmente, garantindo uma maior acurácia nos dados coletados.

Figura 12 - Histogramas das diferenças, entre as estações meteorológicas do projeto e do INMET, das variáveis (a) Temperatura (°C) do ar a 2m e (b) Pressão Atmosférica (hPa) e box plot de cada estação para as variáveis (c) Temperatura (°C) do ar a 2m e (d) Pressão Atmosférica (hPa)



Fonte: Autor (2023).

Ao analisar os gráficos de *box plot* apresentados nas Figuras 12c e 12d, constata-se uma maior ocorrência de valores discrepantes na série local em comparação com a do INMET. Isso pode ser atribuído ao distanciamento entre as séries durante as máximas diárias. No entanto, essa constatação é mais evidente para a temperatura (Fig. 12c). Já para a pressão (Fig. 12d), os dados discrepantes aparecem de forma igualitária nas duas estações.

Verifica-se, ainda, que a dispersão de dados é semelhante para as duas estações comparadas, com distribuição levemente assimétrica para a esquerda para as duas grandezas, conforme mostram os gráficos e validados pelos coeficientes de assimetria presentes na Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficientes de assimetrias das estações para a temperatura e pressão atmosférica

	Estação Projeto		Estação INMET A806	
	Temperatura	Pressão Atmosférica	Temperatura	Pressão Atmosférica
Coeficiente de Assimetria	-2,39	-2,39	-0,04	-0,78

Fonte: Autor (2023).

Complementarmente aos histogramas, compararam-se as estações protótipo e estação automática do INMET (A806), por meio da técnica de regressão linear simples, conforme resultados presentes na Tabela 6. Nessa tabela, observa-se que há significância estatística no modelo de regressão para ambos os casos (valores $p = 0,000$). Para a pressão atmosférica, os valores medidos estão mais próximos (valor do $R^2 = 84,83$), enquanto, para a temperatura, os valores medidos revelaram-se menos próximos ($R^2 = 52,35$), mas mostrando assertividade nos valores.

A análise por regressão linear superestima a diferença entre os parâmetros monitorados em relação aos histogramas da Figura 13, porque pressupõe linearidade na relação entre eles, o que pode não refletir a realidade. Ainda assim, as duas

estratégias sugerem proximidade entre os dados observados nos dois cenários, ratificando a capacidade de transmissão deles, via Telegestão.

A Tabela 7 também apresenta o resultado da correlação de Spearman para as grandezas das estações em análise. A correlação de Spearman é uma medida estatística que avalia a relação entre duas variáveis, quantificando a força e a direção dessa relação, permitindo identificar se as duas variáveis tendem a variar de maneira similar ou inversa.

Tabela 7 - Análise de dados entre as Estações Meteorológicas do Projeto e do INMET (A806)

Análise de dados entre Estações do Projeto e INMET	Temperatura	Pressão Atmosférica
Rô de Spearman	0,737	0,931
valor p	0,000	0,000
R ² (%)	52,35	84,83

Fonte: Autor (2023).

Analisando a Tabela 7, constata-se que os dados retirados das estações do projeto e do INMET mostram correlação entre si, sendo maiores na pressão atmosférica. Dessa forma, é possível afirmar que a variação da pressão atmosférica das duas estações são bastantes próximas, seguindo a mesma tendência. A temperatura, no entanto, apresenta alguns picos de alta que divergem entre as estações, ainda que em grande parte demonstra uma variação bastante congruente.

4.2 Análise de condições meteorológicas distintas

A fim de observar se havia diferença entre os dados das estações, a partir da influência de fatores climatológicos, fez-se a observação, durante três dias com condições meteorológicas distintas: a primeira data foi caracterizada por uma grande amplitude térmica e sem nuvens (CM1); a segunda, foi marcada por baixa amplitude térmica e ausência de nebulosidade (CM2); por fim, na terceira, observou-se baixa amplitude térmica e presença de nuvens (CM3).

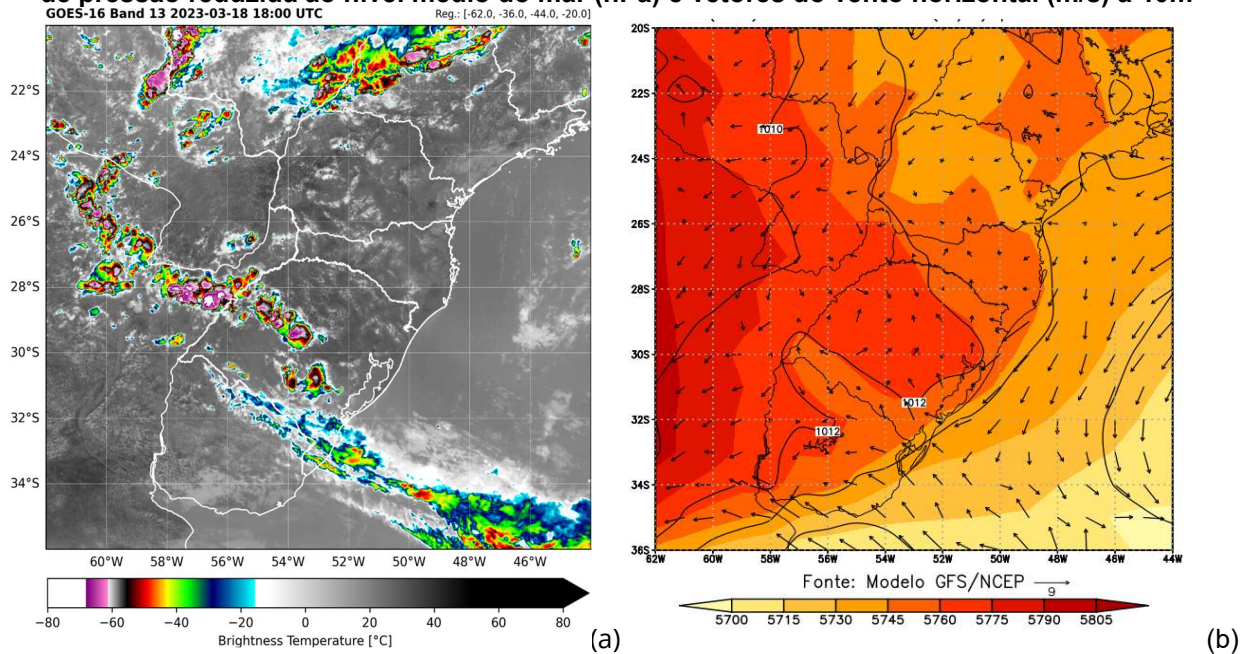
4.2.1 Condição Meteorológica 1 (CM1) - céu claro com elevada amplitude térmica

Essa condição meteorológica é caracterizada por uma amplitude térmica (diferença entre a temperatura mínima e máxima diária) elevada e ausência de nuvens. Durante dias assim, devido ao movimento de rotação da Terra, é esperado que as temperaturas subam gradualmente ao longo da manhã, atingindo seu pico durante a tarde, e diminuam novamente ao entardecer. Essa variação térmica ocorre em virtude da interação entre a radiação solar e a atmosfera, resultando em um ciclo diário de aquecimento e resfriamento. A ausência de nuvens mostrada na Figura 13a permite a incidência máxima de radiação solar direta.

Na CM1, a análise da carta sinótica da Marinha do Brasil de 12 UTC indica a atuação do vento próximo à superfície do quadrante norte associado a uma condição pré-frontal. Essa análise é corroborada pelas Figuras 13a e 13b que indicam a presença de nebulosidade associada à atuação de uma frente fria na divisa entre o Uruguai e o Estado do Rio Grande do Sul (RS), que se estende em direção ao oceano Atlântico.

Na faixa leste do Estado de Santa Catarina, verifica-se a presença de uma massa de ar quente (vento do quadrante norte, na Fig. 13b, e no Quadro 2) e pouca nebulosidade (Fig. 13a). Associados a essa condição meteorológica, os dados de temperatura da estação do projeto (33,4°C) apresentam a maior diferença em relação aos dados da estação do INMET (29,9°C), comprovando a elevada amplitude dos valores entre as temperaturas máximas das duas estações. Nessa condição, foram observados, durante vários dias do monitoramento, o vento do quadrante norte persistente associado a uma condição pré-frontal (aproximação da frente fria) (Fig. 13b).

Figura 13 - Imagem do canal infravermelho (canal 13) de 18 UTC do satélite geoestacionário GOES-16 (a) quadro sumarizando a condição meteorológica do dia 18/03/2023 e (b) análise dos campos de espessura da camada (mgp) entre os níveis de 1000 e 500 hPa (shaded), isolinhas de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento horizontal (m/s) a 10m



Fonte: (a) INPE (b) Modelo GFS/NCEP (2023).

Quadro 2 - Dados das Estações do Projeto e INMET A806 para o dia 18/03/2023 às 15h

Data-hora (Local)	Direção do Vento (graus)		Temperatura (°C)		Radiação Global (W/m ²) da estação INMET A806
	Estação Projeto	INMET A806	Estação Projeto	INMET A806	
18/03/2023 15:00	3	36	33,4	29,9	2823,8

Fonte: Autor (2023).

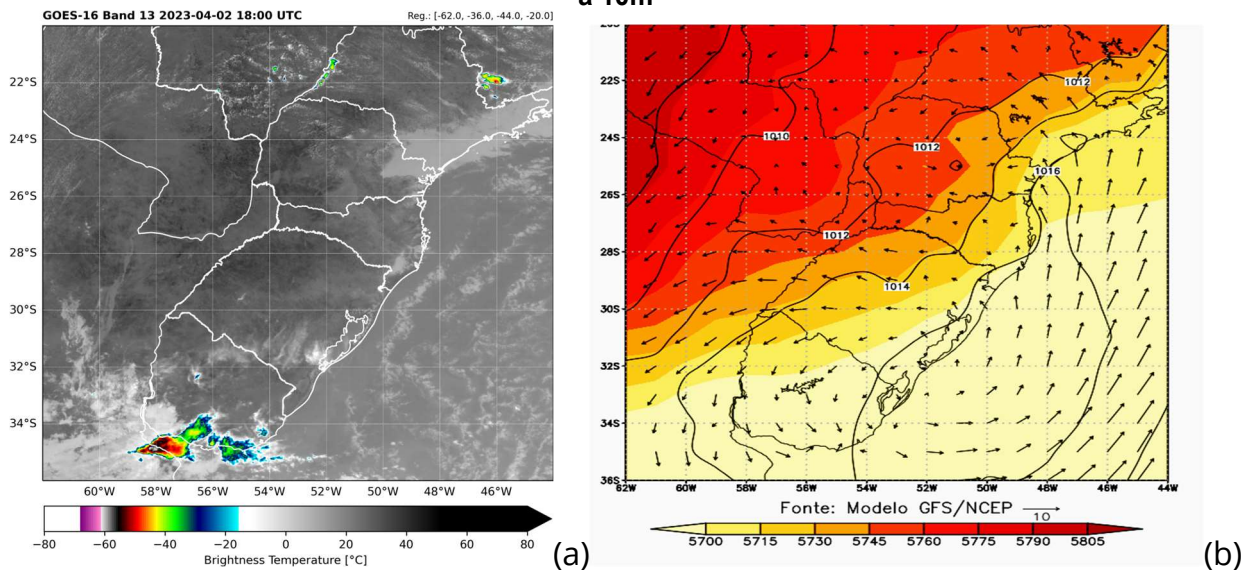
4.2.2 Condição Meteorológica 2 (CM2) - céu claro com ingresso de massa de ar frio

A condição meteorológica 2 (CM2) foi caracterizada pela baixa amplitude térmica e ausência de cobertura de nuvens. Esse padrão ocorre quando, mesmo com um céu limpo, as temperaturas não se elevam em função da atuação de uma massa de ar frio. Nessa condição, mesmo com a ausência de nuvens (Fig. 14a) no período vespertino, não se verifica um aumento significativo da temperatura ao longo do dia. A imagem de satélite GOES-16 apresentada na Figura 14a mostra a ausência de

nebulosidade, corroborada pelo elevado valor de radiação global, sobre praticamente toda a região Sul do Brasil, associada à presença de um sistema de alta pressão com centro sobre o extremo sul do Rio Grande do Sul. No litoral de Santa Catarina, predominam ventos do quadrante sul (Fig. 14b). Ressalta-se que, nesse horário, a estação de baixo custo indica vento do quadrante norte.

Associada a esse padrão troposférico, na CM2, a temperatura máxima da estação do projeto (26,2°C) aproxima-se bastante dos dados da estação a do INMET (25,9°C), indicando uma diferença de 0,3°C entre os valores para temperaturas máximas da estação (Quadro 3). Essa condição foi observada, em geral, após a passagem da frente fria (Fig. 14b) pelo Estado de Santa Catarina. Na CM2, o vento predomina do quadrante sul persistente associado à referida condição pós-frontal.

Figura 14 - Imagem do canal infravermelho (canal 13) de 18 UTC do satélite geoestacionário GOES – 16 (a) quadro sumarizando a condição meteorológica do dia 02/04/2023 e (b) análise dos campos de espessura da camada (mgp) entre os níveis de 1000 e 500 hPa (shaded), isolinhas de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento horizontal (m/s) a 10m



Fonte: (a) INPE – (b) Modelo GFS/NCEP (2023).

Quadro 3 - Dados das Estações do Projeto e INMET A806 para o dia 02/04/2023 às 15h

Data-hora (Local)	Direção do Vento (graus)		Temperatura (°C)		Radiação Global (W/m ²) da estação INMET A806
	Estação Projeto	INMET A806	Estação Projeto	INMET A806	
02/04/2023 15:00	58	152	26,2	25,9	2533,6

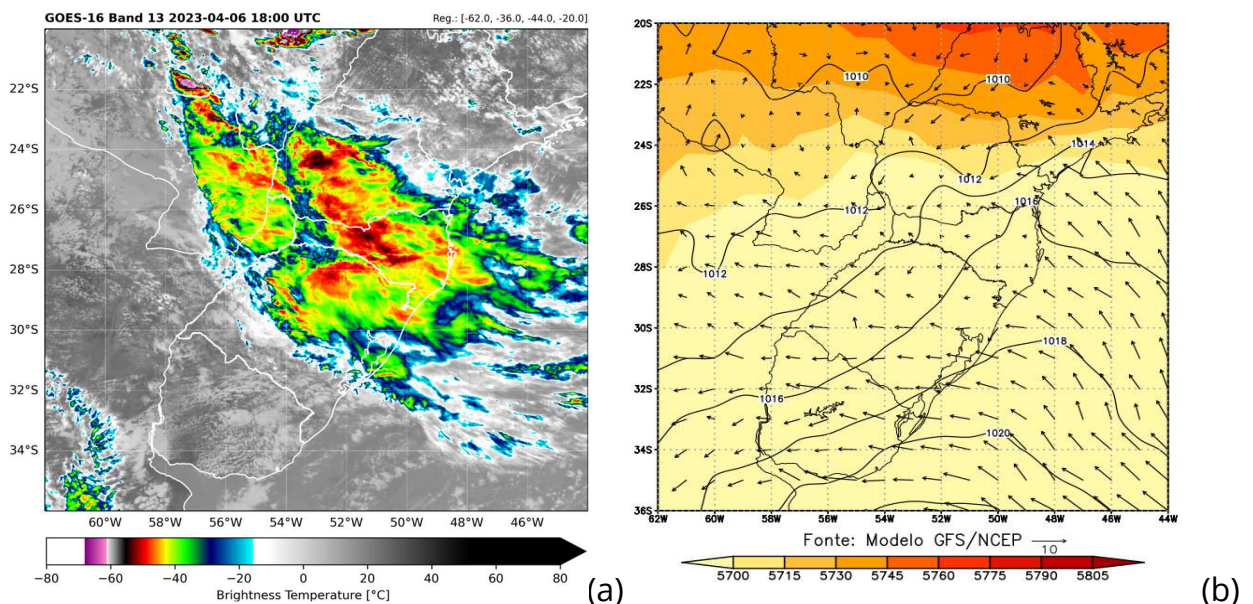
Fonte: Autor (2023).

4.2.3 Condição Meteorológica 3 (CM3) - céu encoberto

A condição meteorológica 3 (CM3) difere das CMs anteriores. Essa condição também foi caracterizada pela baixa amplitude térmica, porém com presença de céu encoberto na cidade de Palhoça/SC durante o período vespertino (Fig. 15a). A análise do modelo GFS/NCEP (Fig. 15b) indica vento de direção sudeste, associado à incursão de ar úmido marítimo. Na CM3, as temperaturas não se elevam em função da atuação de cavado em superfície.

A carta sinótica da Marinha do Brasil indica a atuação de um cavado sobre o estado de Santa Catarina, associado à atuação de um sistema frontal sobre o Oceano Atlântico adjacente. Associado a esse padrão, os ventos de ambas as estações são de quadrante sul; a radiação global da estação do INMET mostra baixos valores, e as temperaturas marcaram 22,6°C (23,5°C) na estação do projeto (INMET) (Quadro 4).

Figura 15 - Imagem do canal infravermelho (canal 13) de 18 UTC do satélite geoestacionário GOES-16 (a) quadro sumarizando a condição meteorológica do dia 06/04/2023 e (b) análise dos campos de espessura da camada (mvp) entre os níveis de 1000 e 500 hPa (shaded), isolinhas de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e vetores do vento horizontal (m/s) a 10m



Fonte: (a) INPE – (b) Modelo GFS/NCEP (2023).

Quadro 4 - Dados das Estações do Projeto e INMET A806 para o dia 06/04/2023 às 15h

Data-hora (Local)	Direção do Vento (graus)		Temperatura (°C)		Radiação Global (W/m ²) da estação INMET A806
	Estação Projeto	INMET A806	Estação Projeto	INMET A806	
06/04/2023 15:00	95	157	22,6	23,5	394,2

Fonte: Autor (2023).

Em resumo, a atuação de um cavado, em superfície, sobre o Estado de Santa Catarina e a presença de nuvens configura a baixa amplitude térmica, em função da redução da incidência de radiação de onda curta. Na CM3, a temperatura máxima da estação do projeto (22,6°C), também, aproxima-se bastante da temperatura máxima da estação do INMET (23,5°C), indicando uma diferença de 1,1°C entre os valores para temperaturas máximas das estações.

Assim, conforme a Tabela 8, tem-se um comparativo das condições analisadas anteriormente.

Tabela 8 - Demonstrativo do comportamento das condições meteorológicas analisadas

TIPOS DE OCORRÊNCIAS	CM1	CM2	CM3
Percentual de Ocorrências	32,26%	41,94%	25,81%
Diferença Temperatura Máx.	6,02°C	2,62°C	1,59°C
Diferença Pressão Máx.	2,48 hPa	2,29 hPa	1,40 hPa

Fonte: Autor (2023).

4.3 Construção e operação da Estação Marítima

Esta seção apresenta todo o desenvolvimento e a operação da Estação Marítima proposta nesta pesquisa.

4.3.1 Construção da Estação Marítima

Os desenhos básicos da Estação Marítima foram criados em função de uma ideia e dos materiais que estavam à disposição do pesquisador. Assim iniciou o processo produtivo.

Após idealização e certeza da sua construção, a primeira etapa foi buscar a solução do sistema de medição e quais grandezas poderiam ser úteis para o projeto, o que implicou uma longa negociação e processo de compra com o fornecedor na China, pois as demais soluções, tanto nacionais como de outros países europeus, tornaram-se extremamente caras.

Vencida essa etapa, iniciou-se a construção da estação, com a montagem das boias na estrutura de sustentação, resultando na forma que a estação ganharia (Figura 16). Toda estrutura foi executada em perfil cantoneira (45 x 45 x 2,2 mm), com galvanização a fogo em média de 100 micrômetros, fixados por parafusos galvanizados com porca, arruela lisa e arruela de pressão.

Toda a furação foi realizada com furadeira de bancada profissional, utilizando brocas de aço de vários diâmetros.

Figura 16 - Estrutura inicial da Estação Marítima (a) estrutura da base e (b) estrutura superior



(a)

(b)

Fonte: Autor (2022).

Na sequência, foi feito o fechamento da estrutura com chapa de aço perfurada galvanizada de espessura de 0,80mm, com furos de 2,50mm (Figura 17), recortada de acordo com as dimensões e ângulos da estrutura.

Cada parte da chapa foi fixada à estrutura, em cantoneira, através de rebites, que não tinham fixação por parafusos da estrutura, reforçando os pontos.

Na frente da Estação, foi feita uma porta estruturada e fixada por meio de dobradiças, abrindo para a frente, no sentido vertical; também, neste ponto, a chapa foi fixada por rebites.

Para a segurança, foram desenvolvidas duas alças na parte superior da porta e inseridos, a partir delas, cadeados de aço inoxidável, em função de não sofrerem corrosão do ambiente marinho.

Figura 17 - Fechamento da estrutura da Estação Marítima: (a) lado direito; (b) lado esquerdo; (c) vista frontal; (d) vista posterior; (e) abertura porta de acesso; (f) porta de acesso; (g) detalhe da porta de acesso; (h) ângulo de abertura da porta de acesso



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Fonte: Autor (2023).

Todos os pontos onde houve corte da cantoneira e pontos de soldagem, como na porta de acesso, foram protegidos por galvanização a frio à base de alumínio, criando uma camada de aproximadamente 70 microns, para evitar pontos de ferrugem, ainda que o ambiente de uso seja muito agressivo.

Para os demais equipamentos, foi aplicada uma camada de inibidor de corrosão, à base de óleos minerais, inclusive nos eletrônicos, para evitar ou ao menos retardar o processo de corrosão.

Finalizando a montagem e fechamento da estrutura (Figura 18), cada ponto de fechamento por parafuso passou por uma revisão e reaperto definitivo e, em toda a parte submersível, foram aplicadas duas camadas de tinta *intershield* 300 alumínio (componentes A e B) da Internacional Tintas para ação antiferrugem, própria para ambiente naval.

Figura 18 - Finalização da montagem e fechamento da estrutura da Estação Marítima



Fonte: Autor (2024).

Concluída a montagem da estrutura, o passo seguinte foi a instalação dos equipamentos (Figura 19); iniciou-se pelas placas solares, que dariam autonomia à Estação, alimentando uma bateria estacionária de 12V/70Ah ou diretamente ao sistema de monitoramento do *Data Logger*.

Todo o processo de geração *off grid* passou por um controlador para acompanhar e medir os níveis de energia da bateria e consumo de carga, possuindo corrente nominal de 20A e operando nas tensões de 12 a 24 volts, sendo o de 12V para o sistema atual. Para a visualização, dispôs-se de um *display*, onde foram mostrados os principais parâmetros, possibilitando configurar e programar os processos de liga e desliga de geração. O controlador foi fixado na caixa dos equipamentos, junto ao *Data Logger*.

Figura 19 - Placas solares para alimentação da Estação Marítima: (a) instalação lado direito; (b) instalação lado esquerdo; (c) perfuração para entrada dos cabos; (d) cabos das placas para conexão



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autor (2023).

Cada placa foi fixada à estrutura, por meio de cantoneiras em aço inox, por parafusos e rebites, dificultando sua retirada, bem como oferecendo a maior área possível de absorção solar.

Para a instalação dos sensores, foi projetada uma proteção mecânica evitando que houvesse contato direto do meio externo com eles; para isso, foi utilizado um tubo de PEAD de oito polegadas furado, permitindo somente a entrada de água para os sensores. Nas suas extremidades, foi colocada uma tela de aço inoxidável, fixada com braçadeira, também de aço inoxidável, que permitiu somente a passagem de água para os sensores (Figura 20).

Figura 20 – (a) Detalhe de fechamento do tubo de proteção e (b) Sensores instalados dentro de um tubo para proteção mecânica, tendo contato direto com o meio externo através de furos por onde passa a água



(a)
Fonte: Autor (2024).

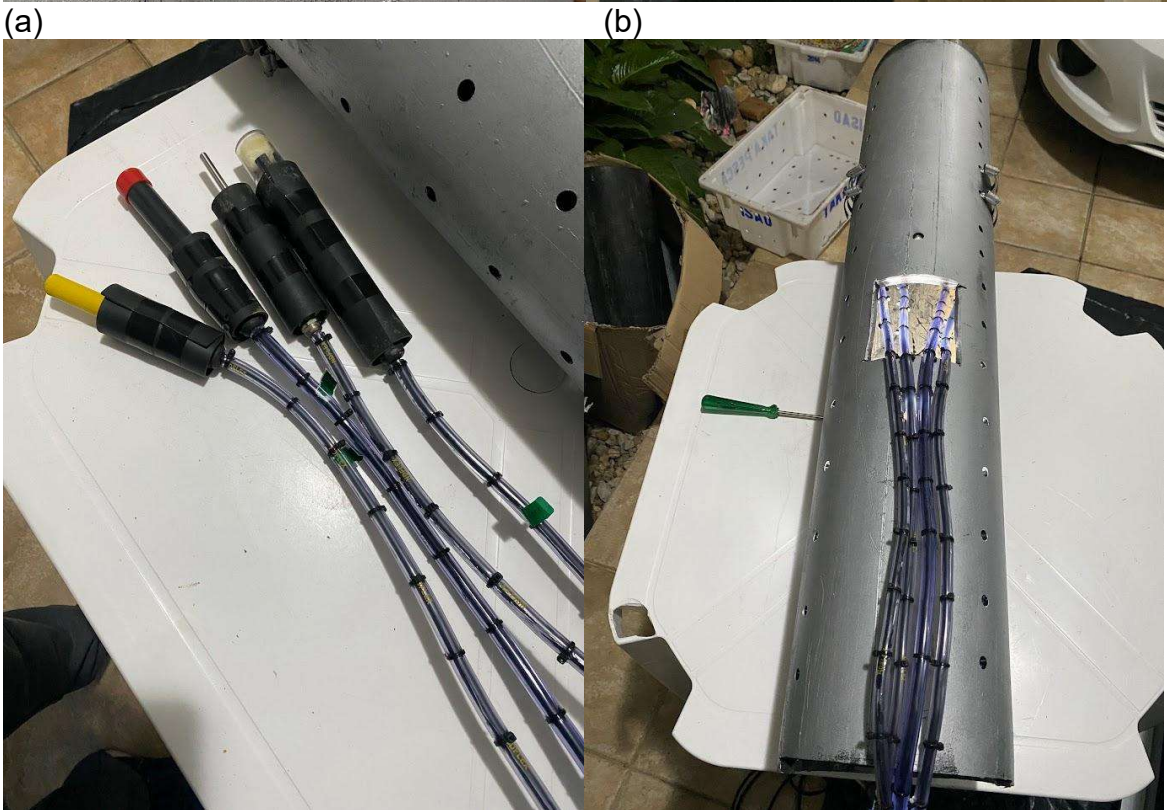


(b)

Os sensores (Figura 21) foram fixados no interior do tubo por meio de braçadeiras de aço inoxidável, ajustado para cada tipo, tendo ao seu redor uma borracha com espessura de 3mm, para não danificar o sensor, passando por uma abertura para saída dos cabos. Além disso, os cabos dos sensores foram revestidos

com uma mangueira siliconada, no trecho que ficou submerso, evitando, com isso, a formação de parasitas que possam danificar seu isolamento.

Figura 21 - (a) Abraçadeira de inox para fixação dos sensores e (b) Sensores fixados no interior do tubo (c) Sensores revestidos de borracha para fixação e cabos por mangueira (d) Saída dos cabos dos sensores do tubo)



(c)

(d)

Fonte: Autor (2024).

Na sequência, foi fixado o tubo na parte inferior da Estação (Figura 22); para isso, colocou-se a Estação de lado, a fim de facilitar o trabalho. A fixação se deu em dois pontos, por meio de cantoneiras atravessadas junto à estrutura inferior. Para a saída dos cabos do tubo, inseriu-se um tubo de menor diâmetro até a parte superior da estrutura.

Figura 22 – (a) Fixação do tubo com sensores e cabos na parte inferior da estrutura da Estação; (b) Tubo de saída dos cabos dos sensores para o *Data Logger*; (c) Tubo de proteção dos cabos



(a)



(b)

Fonte: Autor (2024).



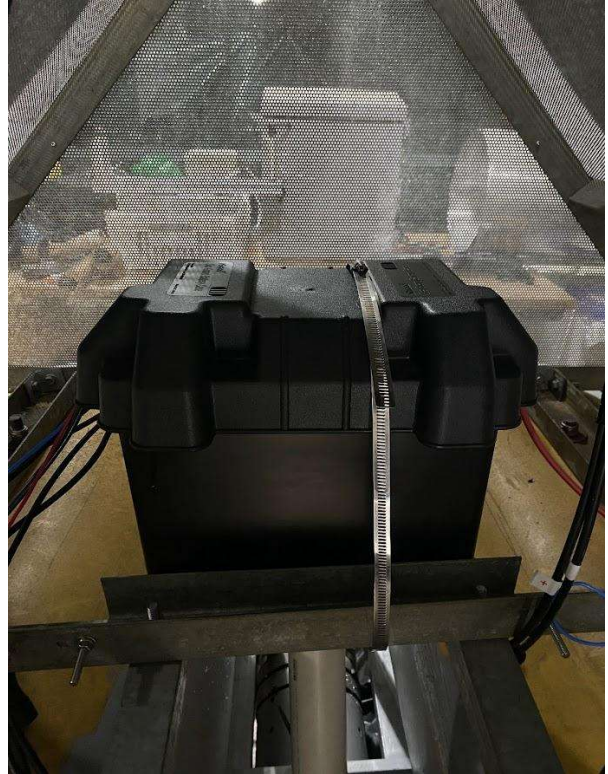
(c)

A chegada dos cabos (Figura 23) junto à caixa do sistema foi feita pela lateral da Estação, fixados por um chicote. Da mesma forma, os cabos da bateria, fixados atrás da caixa do sistema, para conexão junto ao controlador, também entraram pela parte de baixo da caixa.

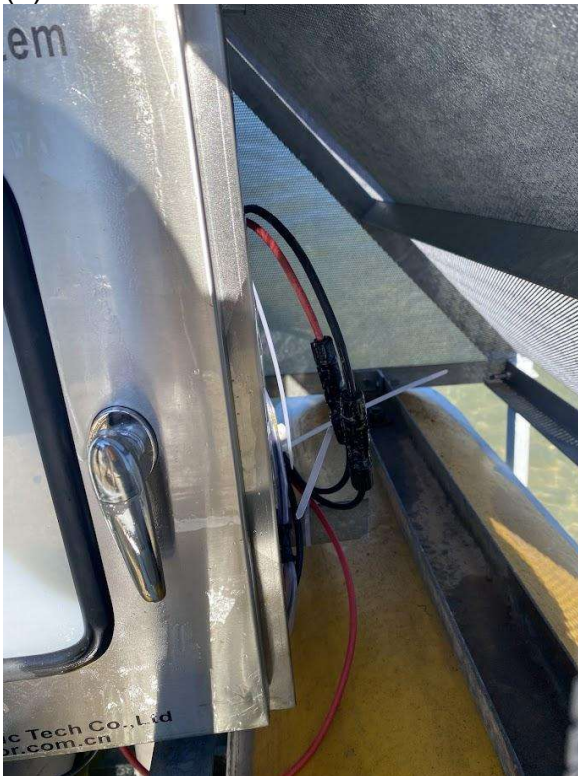
Figura 23 - (a) Bateria colocada em caixa protetora plástica a prova de corrosão e adversidades do ambiente marinho e (b) Caixa fixada a estrutura da Estação (c) Fixação dos cabos na Estação



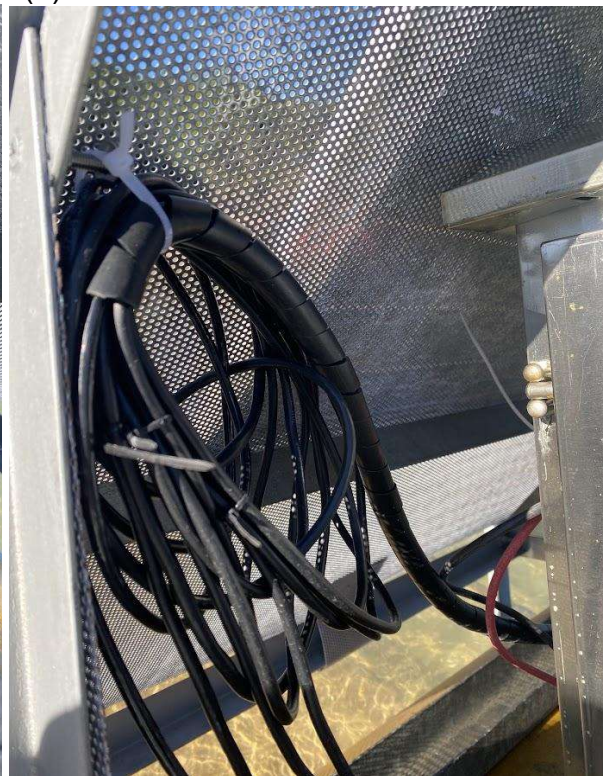
(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autor (2024).

Implantado, instalado e configurado o sistema para medição das grandezas de temperatura da água, turbidez, PH, salinidade e condutividade (Figura 24), o valor das grandezas aparece no visor do *Data Logger*, sendo seu valor atualizado a cada minuto. Esse tempo pode ser configurado conforme estabelecido no projeto. A caixa de guarnição dos equipamentos foi fixada na parte interna superior da Estação, a frente da bateria, sobre as mesmas cantoneiras.

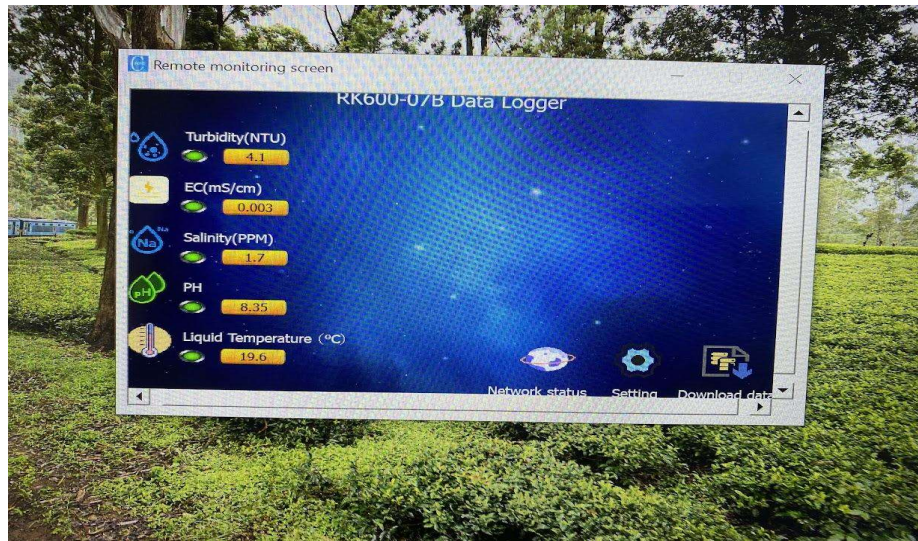
Figura 24 – (a) Ligação interna do sistema, mostrando o *Data Logger*, caixa de conexão dos sensores e controlador do sistema solar; (b) Visor do *Data Logger* com os valores apresentados pelos sensores; (c) Valores das grandezas dos sensores acompanhadas remotamente



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autor (2024).

A transmissão dos dados é feita via internet por dois meios, via chip 4G diretamente no *Data Logger* ou por WIFI. Na presente versão, optou-se pelo WIFI com um *modem* interno de maior potência, tendo uma antena externa (Figura 25) fixada na estrutura da Estação.

Figura 25 - (a) e (b) Fixação da antena externa do *modem*



(a)

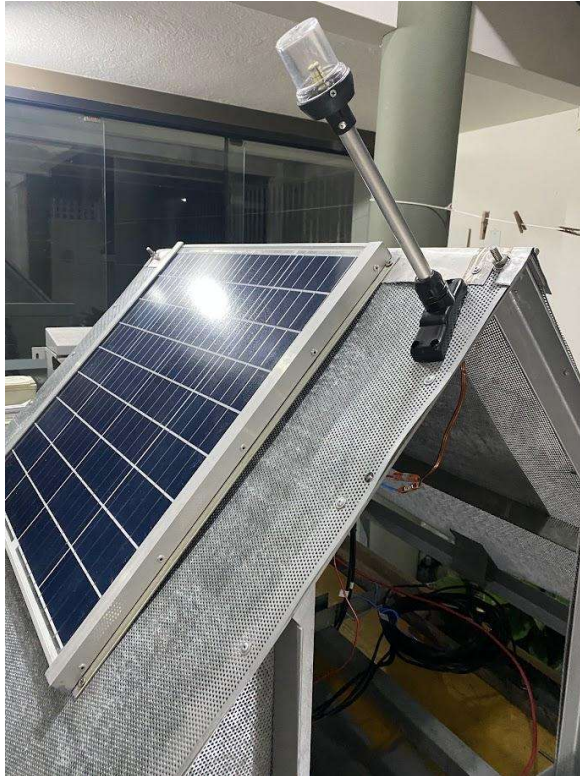
Fonte: Autor (2024).



(b)

Finalizada a montagem da Estação, foi implantado um sistema de sinalização noturna próprio para navegação (Figura 26), com mastro fixado na parte externa superior, lâmpada LED com efeito estroboscópico, comandada por relé fotoelétrico instalado no interior da Estação. Todo o sistema está operando em 12V.

Figura 26 - Sistema de sinalização noturna da Estação (a) Luminária LED e (b) Relé fotoelétrico de comando



(a)
Fonte: Autor (2024).



(b)

Com esse comando por relé, a sinalização noturna terá seu acionamento somente quando não houver luz natural e poupará a energia da bateria.

Concluída a etapa de montagem da Estação, foi feito o seu transporte e ela foi colocada na água (Figura 27).

Figura 27 – (a) Transporte terrestre da Estação até o local de instalação; (b) Transporte marítimo até a boia de amarração; (c) Estação amarrada a poita com boia; (d) Estação em operação



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autor (2024).

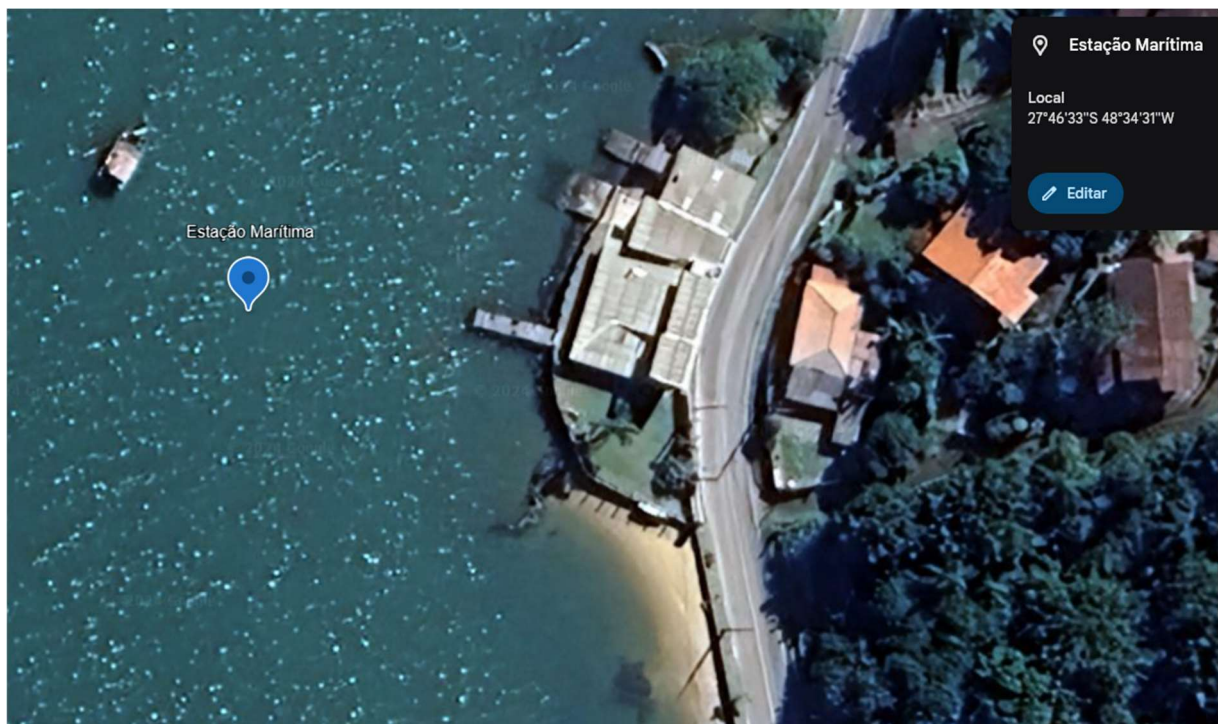
Considerando que toda a montagem da Estação foi realizada na garagem da casa do pesquisador, após dois anos de trabalho, o projeto ficou de grande proporção e pesado. Assim, foi necessário preparar um transporte adequado e uma equipe para levar a Estação até o local de instalação da operação. Entretanto, convém dizer que, apesar de todo o cuidado tomado no transporte do equipamento, está-se sujeito a avarias, em virtude do balanço e das condições das ruas até o ponto de descarga, como será relatado mais à frente.

No local, utilizou-se do mesmo cuidado, primeiramente retirando a Estação do transporte e depois levando-a até a praia, onde foi colocada ao mar para ser levada até o ponto de ancoragem por um barco.

4.3.2 Operação da Estação Marítima

A Estação Marítima foi instalada no Distrito do Ribeirão da Ilha (Figura 28), região com forte economia na maricultura, banhada pela Baía Sul da Ilha de Santa Catarina, ancorada a uma poita por boia próximo ao litoral. Na região, caracterizada ainda por colônia de pescadores, está a denominada Ilha das Pombas.

Figura 28 - Local de instalação da Estação Marítima



Fonte: Adaptado de Google Earth (2024).

Após a instalação no local de operação, no dia 23/05/2024, foi diagnosticado um problema de entrada dos dados no *Data Logger*, apesar de a Estação estar *on line*, provavelmente em função do transporte terrestre sobre o caminhão. Como a ação ocorreu em um período de mar com muito vento, só foi possível fazer a manutenção da Estação cinco dias depois, no dia 28/05; nesse momento, iniciaram-se as medições das grandezas e registro dos dados, gerando as informações a cada minuto.

Ao analisar o comportamento da Estação no seu local de operação, constatou-se que a flutuabilidade se mostrou bastante eficiente, superando as expectativas, visto não ter sido possível realizar nenhum teste antes.

A estrutura de aço não comprometeu no peso e as boias de PEAD utilizadas apresentaram um grande empuxo, mantendo a Estação Marítima bem acima da linha da água (Figura 29), durante as variações de vento e maré na região.

Figura 29 - Flutuabilidade da Estação



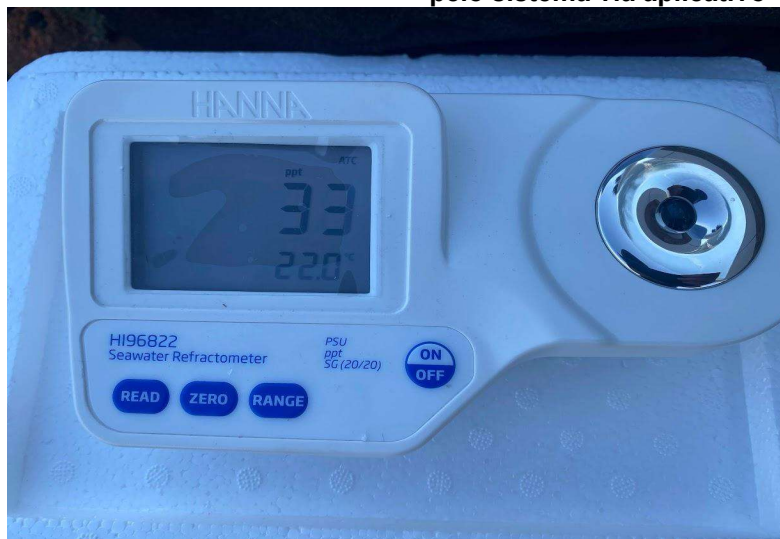
Fonte: Autor (2024).

Visto ser o diâmetro das boias de PEAD de 60 cm, percebe-se, na Figura 29, que o nível da lâmina da água não chega ao seu centro, demonstrando e garantindo a flutuabilidade da estação.

Após um período de coleta, constatou-se que o sensor de condutividade e salinidade não estava marcando dados consistentes, corroborado por estudos já realizados nas baías que circundam a Ilha de Santa Catarina - conforme Souza *et al.* (2016), a salinidade média nas baías que circundam a Ilha de Santa Catarina registra valores entre 25 a 35 g/L, muito diferente dos valores medidos pelo sensor.

Em teste realizado no dia 08/06, nas proximidades da Estação, o valor da salinidade utilizando um refratômetro digital modelo HI96822, mostrava variação entre 32 a 33 ppt (Figura 30), enquanto os dados na Estação marcava um valor de 2377,5 ppm, com condutividade de $-18,236 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ressalta-se que a condutividade do mar normalmente é de $53.000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 30 – (a) Medição da salinidade com refratômetro digital e (b) Valor da salinidade medida pelo sistema via aplicativo



(a)



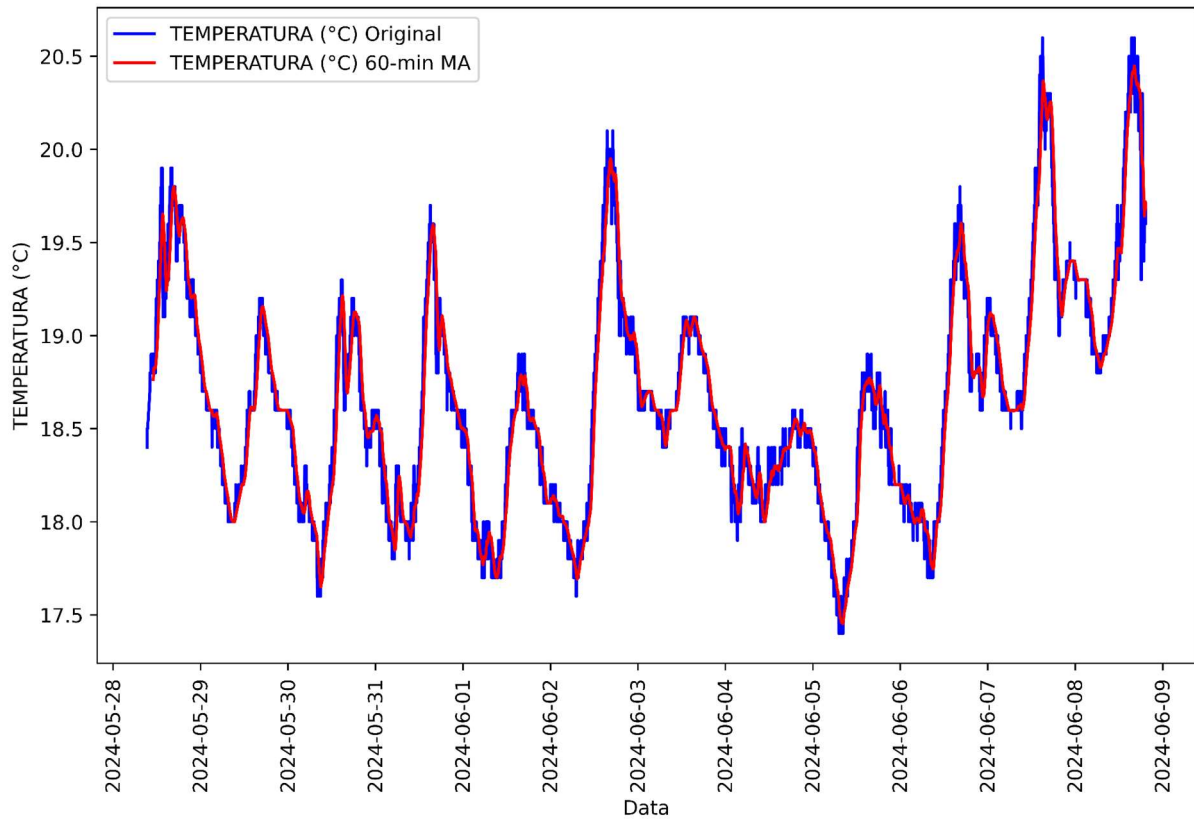
(b)

Fonte: Autor (2024).

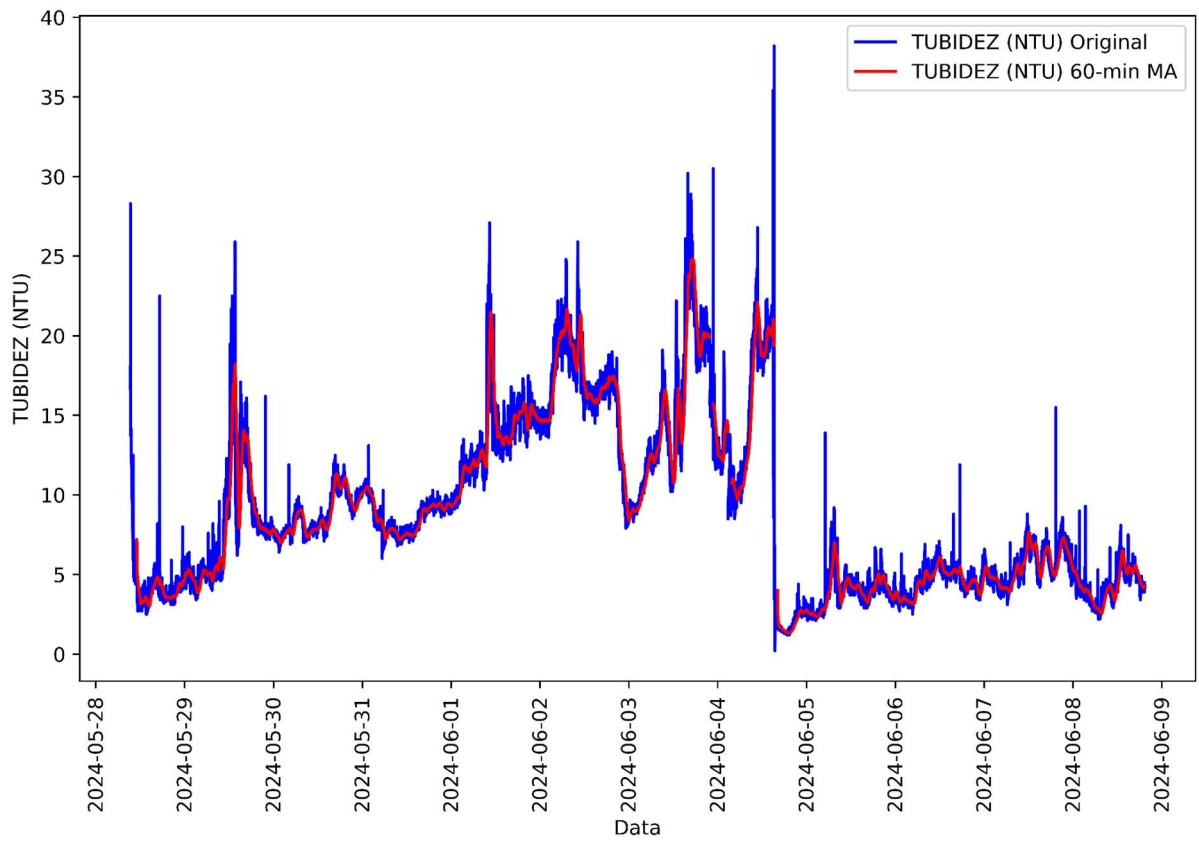
Cabe esclarecer que, o horário do aplicativo na nuvem é o da sede da empresa na China, portanto, tem-se um fuso de 11 horas a mais. Assim, optou-se por não usar os dados de salinidade e condutividade para o presente estudo, ficando a sua troca para um futuro breve, visto ser um equipamento importado que requer uma série de providências, comprometendo o período de conclusão de análise.

Definidas as grandezas, apresenta-se, na Figura 31, o comportamento da temperatura, turbidez e PH entre os dias 28/05 e 09/06, com valores medidos a cada minuto.

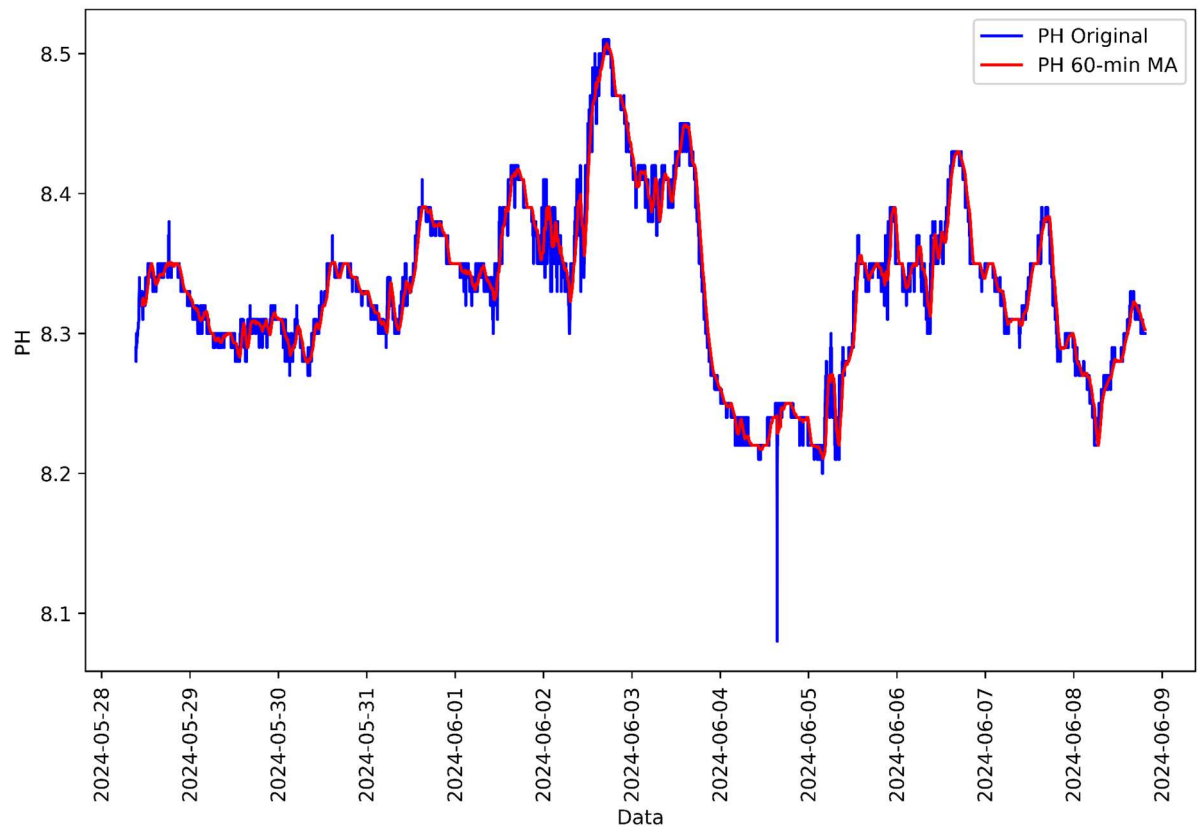
Figura 31 - Séries temporais de: (a) Temperatura; (b) Turbidez e (c) PH da Estação Marítima



(a)



(b)



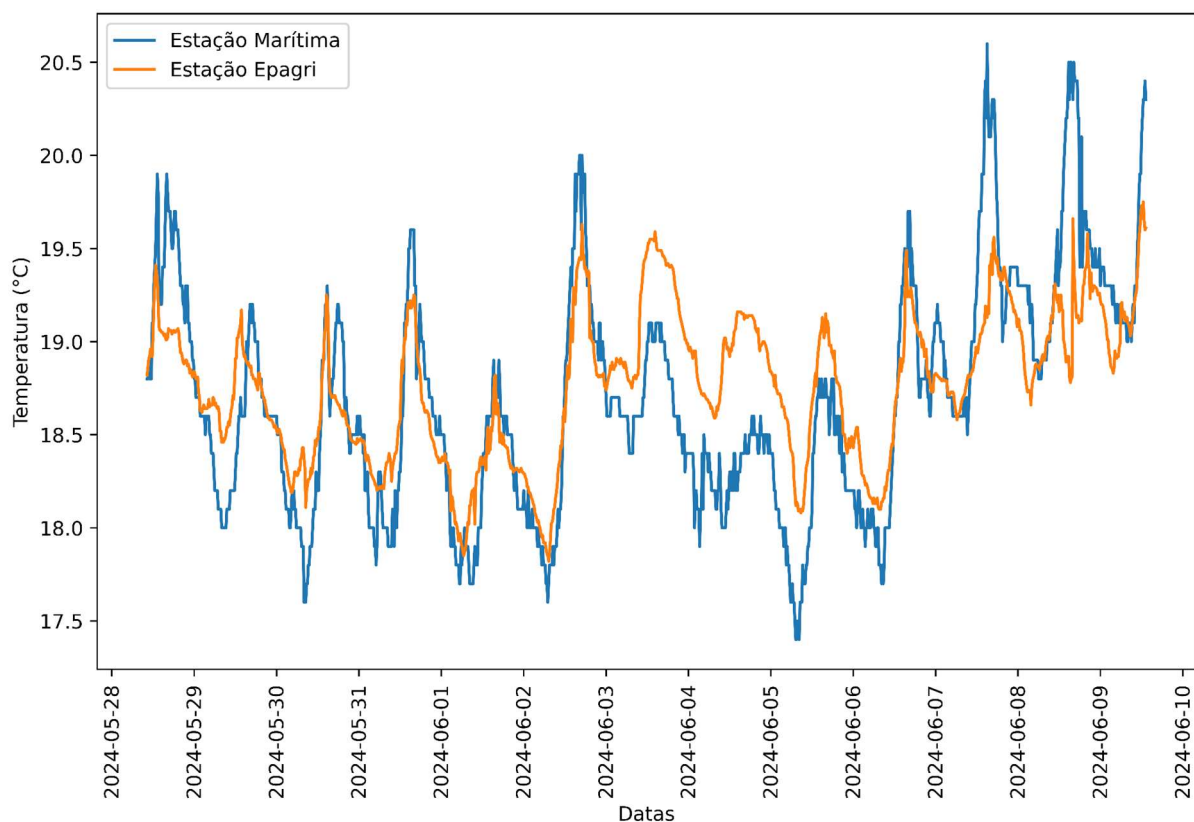
(c)

Fonte: Autor (2024)

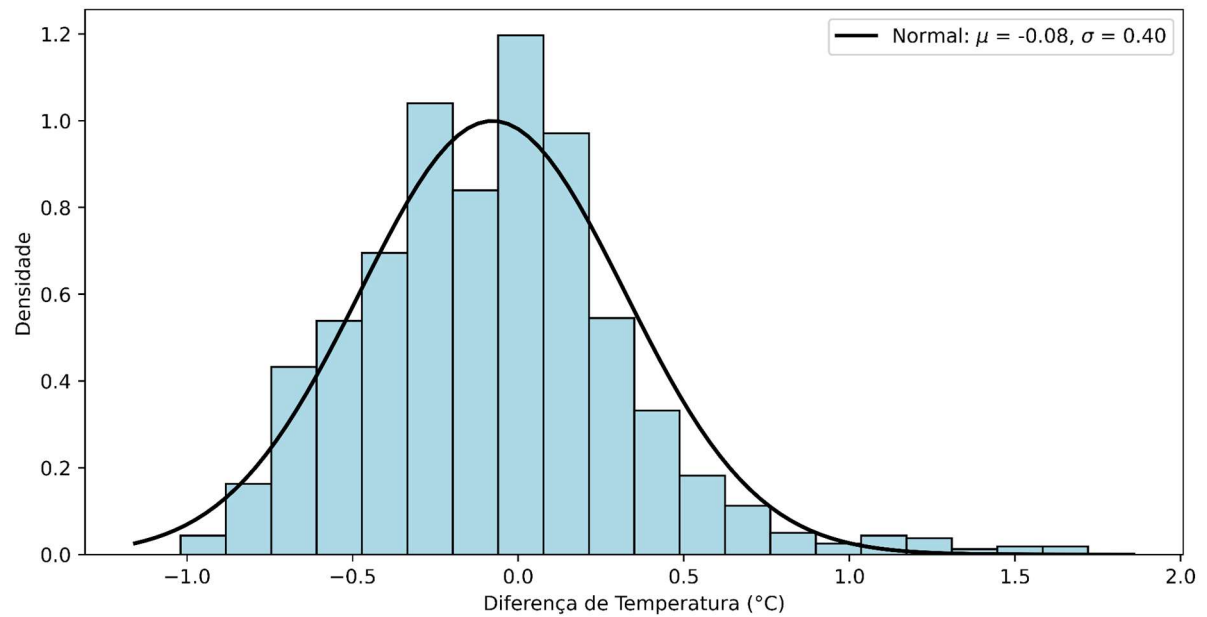
A partir dos gráficos da Figura 31, pode-se perceber que no tocante às séries da turbidez e do PH, constata-se uma anomalia no dia 04/06; essa variação das grandezas ocorreu em virtude do deslocamento da Estação do seu local de operação para manutenção e verificação do sensor de salinidade e condutividade, quando constatado que ele não gerava os dados de forma correta. Porém no gráfico da temperatura essa anomalia não aparece, pois o sensor continuou medindo.

Na Figura 32, mostra-se um comparativo de grandezas com outras fontes externas, demonstrando que a Estação tem gerado dados confiáveis e com sistema de transmissão adequado.

Figura 32 - (a) Séries de TSM geradas nas Estações Marítima (linha azul) e Estação Florianópolis da Epagri (linha laranja) e (b) Histograma das diferenças de TSM entre as Estações)



(a)



(b)

Fonte: Autor (2024)

Visto que a Estação da Epagri com o marégrafo e o medidor da TSM estão localizados no extremo da baía Sul, próximo a sua barra, na localidade da Caieira da Barra do Sul, ocorre uma pequena diferença na temperatura influenciada pelas variações de maré e ventos.

Pelo histograma, observa-se uma concordância (com variação de 1 °C para mais e para menos) entre as duas estações, com alta concentração de dados na mesma região, sendo a média de distribuição dos pontos de quase zero ($\mu = -0,08$) e o desvio padrão muito baixo ($\sigma = 0,40$).

Verifica-se, ainda, que as estações medem as grandezas com as mesmas tendências, ainda que com pequena variação.

Para contextualizar, nesse período, ocorreu a passagem de uma frente fria entre os dias 03 e 04/06 na região onde estavam instaladas as estações (Figura 33).

Para maiores conclusões, faz-se necessário levantar outras grandezas, para o mesmo período, como volume de chuvas se houve, direção e velocidade do vento e períodos de preia-mar e baixa-mar, para justificar a diferença entre as temperaturas, não ocorrendo nesse estudo por não dispor das mesmas no local da instalação da Estação.

Corrobora nesse sentido, Fragoso (2018), quando conclui que a avaliação de uma série temporal do ponto de vista metrológico não está errada, mas é necessário conhecer o comportamento da grandeza que está em análise. Para o autor, é importante analisar todas as influências que possam gerar incertezas na avaliação.

Os custos despendidos nesse projeto da Estação Marítima, até o momento, importam em R\$ 92.500,00, sendo os valores mais relevantes na aquisição/importação do data logger e sensores (55%), estrutura de aço e fechamento (20%), boias PEAD (09%) e demais (16%).

4.4 Discussão de diretrizes para elaboração de uma rede de dados climáticos e ambientais

Para a elaboração de diretrizes, foram definidos três tópicos: objetivo da rede, dados meteorológicos obtidos e a forma como serão utilizados os dados.

4.4.1 Objetivo da rede

Sabemos que cada ponto da iluminação pública é comandado por um equipamento que dispõe de um dispositivo GPS incorporado, ao conectar uma estação meteorológica à rede de Telegestão, automaticamente, ter-se-á a posição da estação georreferenciada.

Esse conjunto de estações conectadas ao sistema de transmissão de dados via Telegestão proporciona a criação de uma rede de estações com posição definida e localizada. Dessa forma, é possível criar um conjunto de informações meteorológicas diárias de várias localidades de um Município, de maneira a proporcionar aos gestores e seus cidadãos, dados consistentes do comportamento do clima e ambiente.

Importante ressaltar que as estações meteorológicas das redes dos governos Federal e Estadual continuarão a ser fontes para análises climáticas para o Município; o que a nova rede proporcionará será uma fonte para análises meso e microclimáticas a partir de medições locais dentro do Município.

4.4.2 Dados meteorológicos obtidos

Os dados a serem obtidos dependem muito do tipo de estação meteorológica que for instalada no Município, variando em função da sua complexidade. Dessa forma, as grandezas a serem medidas resultarão da escolha de modelos de estação e dos dados mais importantes para determinada região do Município. Assim, será possível diversificar os dados necessários aos objetivos relacionados às diretrizes de uma região (o regime de chuvas, a direção e a intensidade do vento, a radiação ultravioleta, a temperatura, a pressão atmosférica, entre outros).

No presente estudo, foram medidas as grandezas de temperatura, pressão atmosférica, direção e intensidade do vento, bem como foi realizada a comparação com uma estação do INMET para medir a temperatura e pressão atmosférica.

4.4.3 Forma como serão utilizados os dados

Os dados levantados poderão ser utilizados de diversas formas, criando-se, assim, um banco de informações ao longo do tempo que permitirá a análise de eventos rastreados em dados assertivos por região no Município. Dessa forma, os órgãos ambientais, bem como a gestão do Município, poderão elaborar métodos e formas de acompanhamento para criar uma política climática de governança para benefício do munícipe. Além disso, proporciona ao cidadão conhecer melhor o clima na região de interesse do Município, trazendo benefícios sociais e maior segurança de seu investimento, melhores condições de lazer e sustentabilidade ambiental.

Nesse cenário, pode-se destacar os benefícios das informações disponibilizadas pela rede, entre outros:

- a) definição e medição das ilhas de calor, além da variação climática, proporcionando a criação de programas de saúde para a população pela gestão municipal;
- b) históricos da variação da temperatura permitirão aos cidadãos definir qual o melhor tipo de investimento em moradias e infraestrutura;
- c) medição da Radiação Ultravioleta (UV), proporcionando conforto e segurança para o cidadão na prevenção de problemas de saúde;
- d) medição de chuvas em áreas de alagamento, fazendo a prevenção para os moradores pela ação direta da defesa civil;
- e) medição das chuvas e temperatura para as áreas de cultivo, criando um banco de dados para favorecer ao agricultor com históricos do clima e ajudando na definição do plantio;
- f) medição da direção e intensidade do vento e variação climática de áreas que possam ser viáveis para estudos de geração de energia eólica e solar, favorecendo o interesse de investidores;
- g) variação climática nas áreas de lazer do município, proporcionando aos cidadãos e turistas conforto no seu desfrute, e incrementando a economia do local.

5 PRODUTOS DESENVOLVIDOS

Esta pesquisa proporcionou a criação de uma Estação Marítima, conforme apresentado, e encontra-se, atualmente, na fase de finalização dos desenhos industriais para registro no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Também foi realizada a produção acadêmica descrita abaixo.

5.1 Artigos

5.1.1 Submetidos e publicados

CIDADES INTELIGENTES: análise de um mesoclima utilizando a Telegestão da iluminação pública no Município de Palhoça

Losso, A. L., Quadro, F. L., Vitor, A., Versage, R. S.

Revista Estrabão. <https://doi.org/10.53455/re.v2i.37>

5.1.2 Submetidos

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO MUNICÍPIO DE PALHOÇA/SC POR UMA ESTAÇÃO DE BAIXO CUSTO COM DADOS TRANSMITIDOS VIA TELEGESTÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.

Losso, A. L., Quadro, F. L., Vitor, A., Versage, R. S.

Revista Ciência e Natura (após análise dos revisores da revista, aguardando a publicação)

ANÁLISE DA MATRIZ DE RISCO EM CONCESSÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO CONTEXTO DE CIDADES INTELIGENTES NO MUNICÍPIO DE PALHOÇA/SC.

Losso, A. L., Suski, C. A.

Revista Igapó (em análise pelos revisores da revista)

5.2 Desenvolvimento e construção da Estação Marítima

O desenvolvimento e a construção da estação Marítima estão apresentados no Apêndices A e B.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou desenvolver um sistema integrado de monitoramento ambiental, utilizando Estação Marítima e Meteorológica por transmissão via Telegestão. Para isso, alguns objetivos específicos foram traçados, como, realizar a avaliação da estação Marítima; integrar uma Estação Meteorológica a um sistema de transmissão por Telegestão da iluminação pública; e avaliar as informações meteorológicas coletadas pela Estação em uma área definida dentro de Município costeiro. Reitera-se que todos os objetivos foram devidamente cumpridos.

Outrossim, faz-se importante inferir que, a partir das pesquisas realizadas, pode-se concluir que a utilização de pequenas estações para medição de grandezas que proporcionam levantamento de dados em microrregiões apresenta-se como uma solução viável, e a utilização das estações em conjunto cria a possibilidade de uma análise mesoclimática de uma localidade. Portanto, torna-se imperioso que a análise climatológica de uma região leve em consideração os dados locais para uma maior assertividade, em detrimento de dados regionalizados que geram informações macroclimáticas.

A disponibilidade de dados, através de uma rede de comunicação implantada em um Município, a partir de estações de pequeno porte, localizadas nos mais variados ambientes urbanos e rurais, proporciona informações micro e mesoclimáticas, contribuindo, assim, para uma Cidade Sustentável.

Os resultados dos sistemas de comunicação das estações, mostraram-se eficientes para as propostas do projeto. A Telegestão comprovou que a rede da iluminação pública é uma alternativa para a criação de uma rede meteorológica, pois os dados gerados foram transmitidos para uma central e disponibilizado para análise com fácil acesso.

Na Estação Marítima, ainda que a transmissão tenha sido realizado por 4G, mostrou-se confiável e segura, não tendo sido detectada nenhuma falha, favorecido por estar próximo de terra, portando com fácil acesso a rede da operadora. Importante ressaltar, que o propósito é termos estações ao largo da costa, o que facilita o uso desta solução.

O desenvolvimento do microcontrolador Arduino foi para uso acadêmico, como forma de impulsionar soluções de projeto de baixo custo, no entanto seu uso de

forma prolongada e em condições adversas como as desse projeto, mostraram deficiências em relação as estações automatizadas.

Assim, a estação do projeto necessita ser aprimorada, sem perdermos o foco em buscar uma solução de baixo custo.

Da mesma forma, os dados coletados em um curto período de tempo, comprovam que a região de instalação da estação meteorológica tem diagnóstico próprio do local, ainda que mantenha a tendência da estação comparada.

Informações meteorológicas, como as coletadas neste estudo, poderão ser utilizadas tanto pelo Poder Público para beneficiar a sociedade, como por entidades privadas para melhorias de controle e processos produtivos, criando uma rede de informações. Dentre os beneficiários desses dados, tem-se a Defesa Civil, que poderá tomar ações preventivas e de atuação mais rápidas.

Da mesma forma, o desenvolvimento da Estação Marítima proporciona uma nova maneira de monitorar o ambiente costeiro, com diversas finalidades.

Para a maricultura, o controle de temperatura da água, salinidade, PH e outras grandezas, monitoradas por sensores, alocadas em boias junto às áreas produtivas, informa ao produtor suas variações e cria um histórico ao longo dos anos. Esse histórico proporciona ao produtor criar rastreabilidade do seu produto, demonstrando ao mercado todo o processo produtivo, garantindo a qualidade do produto e, conseqüentemente, o aumento do ganho na sua rentabilidade.

Os dados coletados comprovaram a eficiência da Estação, mostrando que soluções como a apresentada podem mudar todo um cenário econômico de uma região, principalmente com a implantação de uma rede de estações pela região de produção. Em áreas lacustres, ela pode ser usada para controle ambiental, principalmente da poluição causada pela urbanização ao seu redor, fator importante nos dias atuais, pois a degradação do meio ambiente necessita de controles por parte do poder público, não só para amenizar os efeitos já constatados como evitar danos maiores.

Associando marégrafos, pode-se, ainda, medir a variação das águas tanto no mar como em reservatórios e barragens, e, associando outros sensores, é possível atender às normativas das Agências Reguladoras como ANA, ANEEL e ANM.

Na Estação Marítima, ainda pode ser acoplado um sistema meteorológico, criando uma estação meteoceanográfica, que muito ajudaria na análise climática ao longo do tempo de regiões costeiras, favorecendo a pesca, lazer e outras atividades marítimas.

6.1 Recomendações para trabalhos futuros

A partir dos resultados obtidos, seguem algumas sugestões para futuras pesquisas:

- a) **integração de novos sensores:** desenvolver e integrar novos tipos de sensores na Estação Marítima para medir outros parâmetros ambientais, como qualidade da água, níveis de poluentes e presença de microplásticos;
- b) **expansão da rede de estações:** ampliar a rede de estações meteorológicas e marítimas para cobrir uma área maior, possibilitando análises mais detalhadas e abrangentes das condições ambientais;
- c) **integração com outras tecnologias:** explorar a integração do sistema de monitoramento com outras tecnologias de cidades inteligentes, como redes de sensores urbanos, veículos autônomos e sistemas de gestão de resíduos;
- d) **análise de dados históricos:** utilizar os dados coletados ao longo do tempo para realizar análises históricas, identificando tendências e mudanças climáticas que possam impactar as comunidades costeiras;
- e) **desenvolvimento de algoritmos de previsão:** criar e testar algoritmos de previsão meteorológica e oceanográfica baseados nos dados coletados pelas estações, melhorando a precisão das previsões locais;
- f) **avaliação de impacto ambiental:** realizar estudos de impacto ambiental utilizando os dados das estações para avaliar os efeitos de atividades humanas, como a maricultura, na qualidade da água e nos ecossistemas costeiros;
- g) **plataforma de visualização de dados:** desenvolver uma plataforma online para visualização e análise dos dados coletados em tempo real, facilitando o acesso a informações para gestores públicos e cidadãos.

- h) **transmissão de dados via rádio amador:** realizar estudos de transmissão da estação marítima via rádio amador, por ter maior alcance.
- i) **sensor de salinidade e condutividade:** buscar alternativa de sensor da salinidade com especificação mais adequada para áreas marítimas, atendendo a maiores concentrações de sais e demais elementos presentes na água do mar.
- j) **tempo de análise da estação marítima:** considerando o pouco tempo de levantamento de dados, importante realizar novas análises, se possível, levando em consideração as quatro estações do ano.
- k) **reação galvânica:** sendo a estrutura da estação marítima em aço tipo cantoneira galvanizada, ainda que protegida por tinta especial, com o passar do tempo ocorrerá uma reação com os sais da água do mar, importante analisar como se comporta esta estrutura ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ABCIP. **Telegestão em Iluminação Pública**. Guia para especificação técnica. Edição 02 – 2023. Disponível em: https://www.associacaoabcip.com.br/_files/ugd/9d5550_df8c50a3c433453783b0c7d730b162a5.pdf. Acesso em: 22 out. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT/CEE 192: Aquicultura** – Boas práticas de manejo para o cultivo – Parte 4: Requisitos específicos para moluscos bivalves (osyras, mexilhões e vieiras). Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 37.120:Desenvolvimento sustentável de comunidades** — Indicadores para serviços urbanos e qualidade. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 37122: Cidades e comunidades sustentáveis** — Indicadores para cidades inteligentes. Rio de Janeiro, 2020.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de Suely Bastos. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1996. 4 ed. 332p.
- BACK, Á. J. **Informações climáticas e hidrológicas dos municípios catarinenses** (com programa Hidro Clima SC). Florianópolis: Epagri, 2020. 157p.
- BHAGAVATHY, S. M.; MELONE, J. **Smart streetlights for smart cities**. IEEE Smart Grid Bulletin (May). Disponível em: <https://smartgrid.ieee.org/bulletins/may-2022/smart-streetlights-for-smart-cities>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- BITENCOURT, D. P; FUENTES, M. V.; CALEARO, D. S. Análise de variáveis atmosféricas observadas em alta resolução espaço-temporal durante um experimento de 30 dias na mesorregião da Ilha de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 31 (2). 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-778631220140138>. Acesso em: 15 maio 2023.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Portaria nº 1.122/2020. **Define as prioridades, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), no que se refere a projetos de pesquisa, de desenvolvimento de tecnologias e inovações, para o período 2020 a 2023**. Brasília, DF, 2020.
- CALAZANS, D.; GRIEP, G. H. **Instrumentação Oceânica**. Introdução as Ciências do Mar, capítulo 18. Editora Textos. Pelotas, 2017. 602 p.; il.; color; 17,2 x 25 cm.
- CAMPAROTTO, L. B.; BLAIN, G. C.; GIAROLLA, A.; ADAMI, M.; CAMARGO, M. B. P. de. Validação de dados termopluviométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p 665-671, 2013.

FERREIRA, J. F.; MAGALHÃES, A. R. M. **Mexilhões, Biologia e Cultivo**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 58p.

FONTELES, J. **Tecnologia é a melhor aliada do clima**. Poder 360, julho 20. Disponível em: [https://www.poder360.com.br/opiniaop/internacional/tecnologia-e-a-maior-aliada-do-clima-observa-julia-fonteles/Google Earth website](https://www.poder360.com.br/opiniaop/internacional/tecnologia-e-a-maior-aliada-do-clima-observa-julia-fonteles/Google%20Earth%20website). 2019. Acesso em: 30 ago. 2023.

FRAGOSO, A. I. **Avaliação e expressão da incerteza de medições oceanográficas em boias**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. XVI, 97 p.: il. 2018. Disponível em <http://hdl.handle.net/11422/12565>. Acesso em: 20 out. 2023.

FREITAS, G. J.N. **Indicadores climáticos para previsão da safra de arroz irrigado no município de Uruguaiana no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – IFSC, 2019. 1v.: il.

FREITAS JÚNIOR, L. L. F. **Os benefícios da aplicação da Telegestão da iluminação pública na REDE ATC LoRaWAN**. Fórum de Iluminação Urbana e Eficiência Energética no Estado do Rio de Janeiro. ABCIP, agosto 2023. Disponível em: https://www.associacaoabcip.com.br/_files/ugd/9d5550_3aa5368f5fbf48779a3a5bb086293ef8.pdf. Acesso em: 13 set. 2023.

GALATI, S.R. **Funding a Smart City: from Concept to Actuality**. Springer International Publishing AG 2018, Smart Cities, DOI 10.1007/978-3-319-59381-4_2.

GOOGLE. **Google Earth website**. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/>. Acesso em: 22 mar. 2024.

GUEDES, A.L.A.; ALVARENGA, J.C.; GOULART, M.S.S.; RODRIGUEZ, M.V.; SOARES, C.A.P. Smart Cities: The Main Drivers for Increasing the Intelligence of Cities. **Journal MDPI**, United States, DOI 10.3390, Aug. 2018.

INTELILIGHT. **Intelligent Street Lighting**. Disponível em: https://intelilight.eu/?ppc_keyword=intelligent%20street%20lights&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyo60BhBiEiwAHmVLJQKHgfgVPnxb38FmHmv13Z2kKO0SSXTL8pc32WGgt5iu18Ym6fgRDhoCEEsQAvD_BwE. Acesso em: 15 mar. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Centro de previsão de tempo e estudos climáticos**. 2023. Disponível em: <https://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>. Acesso em: 15 out. 2023.

KAMPEL, M. **Sensoriamento remoto aplicado à oceanografia**. INPE-8984-PUD/62. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002. São José dos Campos. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/ibi/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.03>. Acesso em: 17 out. 2023.

KITCHIN, R.; McARDLE, G. Urban data and city dashboards: Six key issues. **The Programmable City Working Paper** 21. 2016. Published as an open access pre-print on SocArXiv. Disponível em: <https://osf.io/k2epn/>. Acesso em: 20 out. 2023.

KITCHIN, R.; MAALSEN, S.; McARDLE, G. The praxis and politics of Building urban dashboards. Contents lists available at ScienceDirect. Geoforum. 2016. **Journal** homepage. Disponível em: www.elsevier.com/locate/geoforum. Acesso em: 11 nov. 2023.

KITCHIN, R.; LAURIAULT, T. P.; McARDLE, G. Knowing and governing cities through urban indicators, city benchmarking and real-time dashboards. **Estudos Regionais, Ciência Regional**, 2015. Vol. 2, nº 1, 6–28. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/21681376.2014.983149>. Acesso em: 26 nov. 2023.

LOSSO, A. L.; QUADRO, M. F. L.; VITOR, A.; VERSAGE, R. S. (2021). Cidades inteligentes: análise de um mesoclima utilizando a Telegestão da iluminação pública no município da Palhoça. **Revista Estrabão**, 2(1), 180-187. Disponível em: <https://doi.org/10.53455/re.v2i.37>. Acesso em: 23 maio 2022.

LUZ, V. S. **Estudo da interação das variáveis microclimáticas com a cobertura do solo urbano**. Dissertação (mestrado) – Instituto de Física, Programa de Pós Graduação em Física. Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá. 2013.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. **Banco Nacional de Dados Oceanográficos** - BNDO. 1994. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/bndo>. Acesso em: 25 abr. 2023.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. **Cartas Sinóticas**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. 2023. Acesso em: 25 fev. 2023.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. **Oceanografia Operacional**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/banner/oceanografia-operacional#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20de%20Boias,tempo%20quase%20real%2C%20via%20sat%C3%A9lite>. 2024. Acesso em: 25 fev. 2024.

MELLO, M. C. **Desenvolvimento de software para controle, aquisição de dados e telemetria em uma boia meteo-oceanográfica**. Trabalho de conclusão de graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/11478>. Acesso em: 26 abr. 2023.

MENDES, F. M. C. **Cidades Inteligentes e cidades sustentáveis: uma análise comparativa à luz da literatura e das ISOS: 37120:2018 e 37122:2019**. Dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2020.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL PREDICTION (NCEP). **Global Forecast System (GFS)**. 2023. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global->

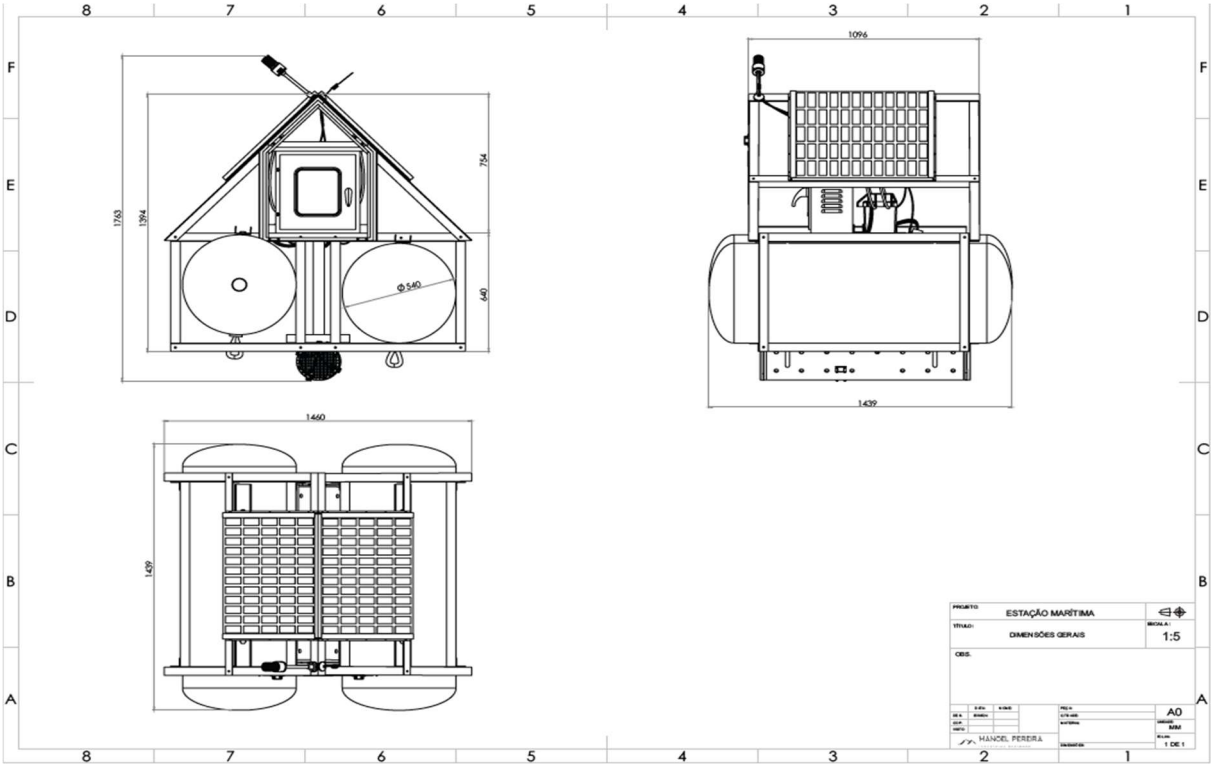
TARSIS, A. Global Director IoT at Cisco. **Iluminação Pública e Cidades Inteligentes. Fórum PPP 2014**, Hiria – A Nürnbergmesse Brasil Business Congressos e Eventos. Mar. 2024.

TORRES, J. D.; MONTEIRO, I. O.; SANTOS, J., R.; ORTIZ, M.S. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados. **Scientia Plena** vol. 11, num. 2. Brasil, 2015.

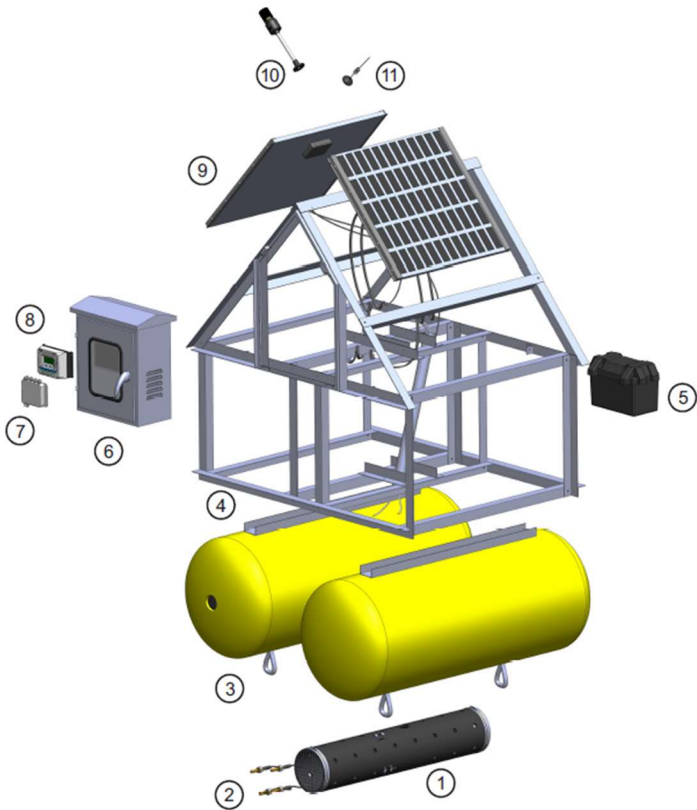
WILKS, D. S. Theoretical probability distributions. *In*: **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego: Academic Press, 2006. p.102-104.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Estação Marítima: dimensões gerais



APÊNDICE B - Estação Marítima: vista explodida



ITEM	DESCRIÇÃO
1	TUBO PEAD DE 8" PARA INSTALAÇÃO DOS SENSORES
2	SENSORES DAS GRANDEZAS MEDIDAS PELA ESTAÇÃO: TEMPERATURA DA ÁGUA, TURBIDEZ, PH, CONDUTIVIDADE E SALINIDADE
3	BOIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) COM POLIURETANO INJETADO PARA FLUTABILIDADE DA ESTAÇÃO
4	ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO DA ESTAÇÃO FEITA DE CANTONEIRA DE AÇO GALVANIZADO A FOGO (45X45X2,2MM)
5	CAIXA PLÁSTICA PARA PROTEÇÃO DA BATERIA EM AMBIENTE MARINHO
6	CAIXA EM ALUMÍNIO PARA ACOMODAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS, SENDO O PRINCIPAL O DATA LOGGER DA ESTAÇÃO
7	CAIXA BOX PARA CONECTAR OS SENSORES COM O DATA LOGGER
8	CONTROLADOR DO SISTEMA SOLAR DE ENERGIA, INTELIGANDO AS PLACAS SOLARES, BATERIA E DATA LOGGER
9	PLACA SOLAR DO SISTEMA DE ENERGIA
10	SINALIZAÇÃO NOTURNA NAUTICA EM LED ESTROBOSCÓPICO
11	ANTENA DE COMUNICAÇÃO DO MODEM PARA CHIP 4G