

**CEETEPS - CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL BENTO QUIRINO
MECÂNICA**

**LUIZA NASCIMENTO MARIANO PIRES
MURILO GUIMARÃES CHINCHIO
MATHEUS TEIXEIRA DE SOUZA PEREIRA**

BIOMARK POTENCIOSTATO PORTÁTIL

Campinas

2024

**LUIZA NASCIMENTO MARIANO PIRES
MURILO GUIMARÃES CHINCHIO
MATHEUS TEIXEIRA DE SOUZA PEREIRA**

BIOMARK

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado em cumprimento às
exigências do curso de Técnico de
Mecânica, orientado pelos professores
Antonio Carlos e Marcelus Guirardello.

Campinas

2024

**CEETEPS - CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL BENTO QUIRINO**

BIOMARK

Aprovado em __ / __ / 2024

Prof. Marcelus Guirardello
Orientador

Prof. Agnes Nascimento Simões
Coorientador

Prof. Antonio Carlos da Silva
Convidado

RESUMO

O cenário de saúde no Brasil envolve uma mistura de doenças infecciosas, crônicas não transmissíveis e condições relacionadas ao estilo de vida. Entre as doenças infecciosas, a dengue, Zika e chikungunya são destacadas, com o Brasil registrando o maior número de casos de dengue em 2023. O Sistema Único de Saúde (SUS) implementa várias iniciativas para enfrentar esses desafios, mas a complexidade do cenário exige uma abordagem integrada e contínua. Os biossensores, especialmente os eletroquímicos, surgem como uma tecnologia promissora devido à sua capacidade de fornecer resultados rápidos e precisos, utilizando potenciostatos para quantificação dos sinais. O mercado de potenciostatos no Brasil está em crescimento, impulsionado por suas aplicações em pesquisa, desenvolvimento e diversas indústrias. No entanto, esses instrumentos são caros e principalmente importados, o que adiciona custos e tempo de espera, além de exigir conhecimento técnico para operação. Apesar dos desafios, o mercado é promissor, com demanda crescente. Este trabalho objetiva desenvolver um potenciostato portátil, de baixo custo e amigável ao usuário, utilizando um microcontrolador ESP32, uma estrutura em impressora 3D e um display interativo. Como prova de conceito, será desenvolvido um biossensor para detecção de dengue, visando superar desafios de testes rápidos e acessíveis em áreas remotas.

Palavras Chaves: Potenciostato, Biossensor, eletroquímico.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	6
2. PROBLEMA	7
3. HIPÓTESE	8
4. OBJETIVOS	9
4.1. Objetivo geral:	9
4.2. Objetivos específicos:	9
5. JUSTIFICATIVA	10
6. METODOLOGIA	11
7. CRONOGRAMA	12
8. ORÇAMENTO	13
9. FLUXOGRAMA	14
10. RESULTADOS ESPERADOS	15
11. REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o cenário das doenças mais comuns é composto por uma mistura de doenças infecciosas, doenças crônicas não transmissíveis e condições de saúde relacionadas ao estilo de vida e fatores ambientais. Com relação às doenças infecciosas, podemos destacar a Dengue, Zika e Chikungunya como mais incidência no país, sendo que em 2023, segundo a OMS, o Brasil foi o país que apresentou o maior número de casos de Dengue, com mais de cem mil casos registrados. O governo brasileiro, através do Sistema Único de Saúde (SUS), tem implementado várias iniciativas para enfrentar esses desafios, como campanhas de vacinação, programas de controle de vetores, políticas de prevenção e promoção da saúde, e melhorias no acesso a serviços de saúde. Porém, o cenário de saúde no Brasil é complexo e multifacetado, exigindo uma abordagem integrada e contínua para melhorar os resultados de saúde da população uma vez que a realização de testes diagnósticos laboratoriais em um país de dimensões continentais apresenta desafios significativos, como dificuldades de acesso, tempo prolongado para obtenção dos resultados além do custo operacional.

Nesse contexto, os biossensores surgem como tecnologia promissora devido à sua capacidade de proporcionar resultados rápidos e precisos. Esses dispositivos podem ser divididos em quatro grandes classes: 1) Eletroquímicos, 2) Ópticos, 3) Baseados em massa e 4) Calorimétricos. Em particular, os biossensores eletroquímicos são destacados pela sensibilidade e eficiência na detecção por meio da variação de um sinal de corrente gerado, pela interação de um elemento de bioreconhecimento e o analito de interesse. Para que esse sinal seja quantificado, é necessário que ele passe por uma unidade de processamento de sinal, um potenciostato.

O potenciostato é um instrumento essencial na área da eletroquímica, utilizado para controlar o potencial de um eletrodo e medir a corrente gerada a partir de uma interação. Eles são amplamente utilizados em pesquisas científicas, desenvolvimento de novos materiais, e em diversas indústrias, incluindo a de baterias, corrosão, sensores e biotecnologia. O mercado de potenciostatos no Brasil é crescente, devido às diversas formas de utilização, sendo na área da pesquisa e desenvolvimento ou em áreas tecnológicas e industriais. Nesse sentido, os principais fornecedores desse equipamento são grandes empresas internacionais, como Metrohm, Gamry Instruments, Autolab, e Bio-Logic Science Instruments, que oferecem uma ampla gama de produtos, desde dispositivos portáteis até sistemas avançados para aplicações específicas. Porém, apesar da diversidade de utilizações, esses equipamentos apresentam algumas desvantagens. Potenciostatos são instrumentos caros, o que pode ser um desafio para laboratórios e pequenas empresas, uma vez que o custo inclui não apenas o equipamento, mas também manutenção e calibração, chegando a valores de até €5000,0. Além disso, a maioria dos potenciostatos é importada, o que pode adicionar custos e tempo de espera devido a impostos e logística. Ainda, pode-se falar sobre a operação e interpretação de dados de potenciostatos que requerem conhecimento técnico especializado, demandando treinamento adequado dos usuários.

Com isso, vemos que o mercado de potenciostatos no Brasil é um campo promissor, com demanda crescente impulsionada por avanços em áreas de pesquisa e desenvolvimento, bem como no setor industrial, apesar dos desafios econômicos e técnicos. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo desenvolver um potenciostato, com o intuito de superar os principais desafios com relação à sua comercialização, construindo um dispositivo portátil, de baixo custo e com uma interface amigável ao usuário. Para isso, será utilizado um microcontrolador ESP32 que será projetado para conectar-se a notebooks e computadores via USB, permitindo armazenamento e análise de dados para fácil monitoramento e controle. O dispositivo será incorporado a uma estrutura desenvolvida em uma impressora 3D, que contará com um display onde ocorrerá a interação com o usuário. Como prova de conceito desse equipamento, será desenvolvido também um biossensor para detecção específica de dengue, devido à sua prevalência e aos desafios enfrentados na realização de testes rápidos e acessíveis, especialmente em áreas remotas e de difícil acesso. Além disso, o projeto investigará a viabilidade técnica e econômica de potenciostatos portáteis já disponíveis no mercado, analisando custos, disponibilidade e facilidade de aquisição.

2. PROBLEMA

Visto que a taxa de dengue está cada vez mais alta, não só em nosso país como em países vizinhos também, o projeto visa oferecer um modo alternativo de exame mais rápido para otimizar a área de atendimento nos centros de saúde. Isso permitirá que os pacientes recebam o resultado no mesmo dia, possibilitando um tratamento precoce da doença e reduzindo as chances de complicações de saúde. Atualmente, os testes de dengue podem levar minutos, dias ou até semanas para serem concluídos.

3. HIPÓTESE

Considerando o cenário atual da dengue no Brasil, onde o número de casos prováveis supera 1,3 milhão em 2024, e a busca por testes rápidos tem aumentado significativamente devido à complexidade e à demanda por diagnósticos rápidos, a hipótese deste projeto é que o desenvolvimento de um potenciostato portátil usando o microcontrolador ESP32, integrado com biossensores eletroquímicos, proporcionará uma solução eficaz e acessível para o diagnóstico rápido da dengue. Espera-se que o potenciostato portátil, permita a detecção de biomarcadores específicos da dengue em apenas alguns segundos, facilitando a identificação rápida de pacientes em diversos ambientes. A utilização de biossensores eletroquímicos oferece vantagens significativas em termos de sensibilidade, rapidez e custo.

Além disso, espera-se que este projeto contribua para a melhoria da saúde pública ao fornecer um produto eficiente para o controle e monitoramento da dengue.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral:

Desenvolver um potenciostato portátil, de baixo custo e com interface amigável, utilizando tecnologia de microcontrolador ESP32, visando superar os principais desafios de comercialização e acessibilidade desses dispositivos no Brasil.

4.2. Objetivos específicos:

- Desenvolver um potenciostato portátil que utilize uma entrada USB para conexão com notebooks ou computadores.
- Integrar um microcontrolador ESP32 para controlar as operações do potenciostato.
- Utilizar uma impressora 3D para construir a base do potenciostato, que funcionará como caixa de proteção do projeto.
- Implementar técnicas de voltametria cíclica e/ou voltametria de pulso diferencial para gerar um sinal elétrico que será convertido em um sinal visual indicativo.
- Instalar LEDs externos que emitirão cores vermelha e verde para indicar de maneira simplificada os resultados de sinal de corrente.

5. JUSTIFICATIVA

Este exoesqueleto eletromiográfico foca em seu potencial para auxiliar na reabilitação de acidentados, tanto trabalhadores quanto pessoas fora do ambiente de trabalho. No futuro, o exoesqueleto também poderá ser adaptado para ajudar na elevação e transporte de cargas pesadas. O dispositivo será uma ferramenta eficaz na recuperação de lesões e na prevenção de riscos ergonômicos. Dessa forma,

contribuirá significativamente para a saúde ocupacional e para a inovação no campo da reabilitação.

6. METODOLOGIA

1. Pesquisa Inicial sobre Potenciostato e Técnicas Eletroquímicas

- Realizamos uma pesquisa detalhada sobre o potenciostato, um equipamento utilizado para controlar reações eletroquímicas.
- Investigamos as técnicas de voltametria cíclica e pulso diferencial, essenciais para o funcionamento do potenciostato. Estas técnicas são fundamentais para análise dos fenômenos na interface entre o eletrodo de trabalho e a solução adjacente.

2. Desenvolvimento do Potenciostato Portátil

- Definimos os requisitos para o potenciostato portátil, incluindo a necessidade de ser econômico, eficiente e de fácil transporte.
- Optamos por utilizar a impressão 3D para fabricação da base do potenciostato, que incluirá um painel de exibição de resultados, entrada USB, local para biomarcador e amostra. Internamente, o dispositivo será equipado com sistemas e um microcontrolador ESP32 para controle das funções.

3. Comparação com Projetos Similares

- Realizamos uma revisão de projetos semelhantes existentes para analisar resultados esperados, identificar melhorias potenciais e validar a abordagem escolhida para o desenvolvimento do potenciostato.

4. Seleção do Potenciostato para Diagnóstico de Dengue

- Consideramos diversas doenças para diagnóstico rápido por meio da eletroquímica, optando por focar na dengue, devido à sua alta incidência na população.
- Pesquisamos informações detalhadas sobre a dengue, incluindo formas de transmissão, sintomas, testes existentes e métodos de diagnóstico utilizados em áreas com alta incidência.

5. Análise Crítica e Discussão

- Avaliamos as limitações e desafios enfrentados durante o desenvolvimento, incluindo a viabilidade técnica e econômica do projeto.
- Discutimos as implicações dos resultados esperados e como o potenciostato portátil pode contribuir para diagnósticos mais rápidos e acessíveis de doenças como a dengue.

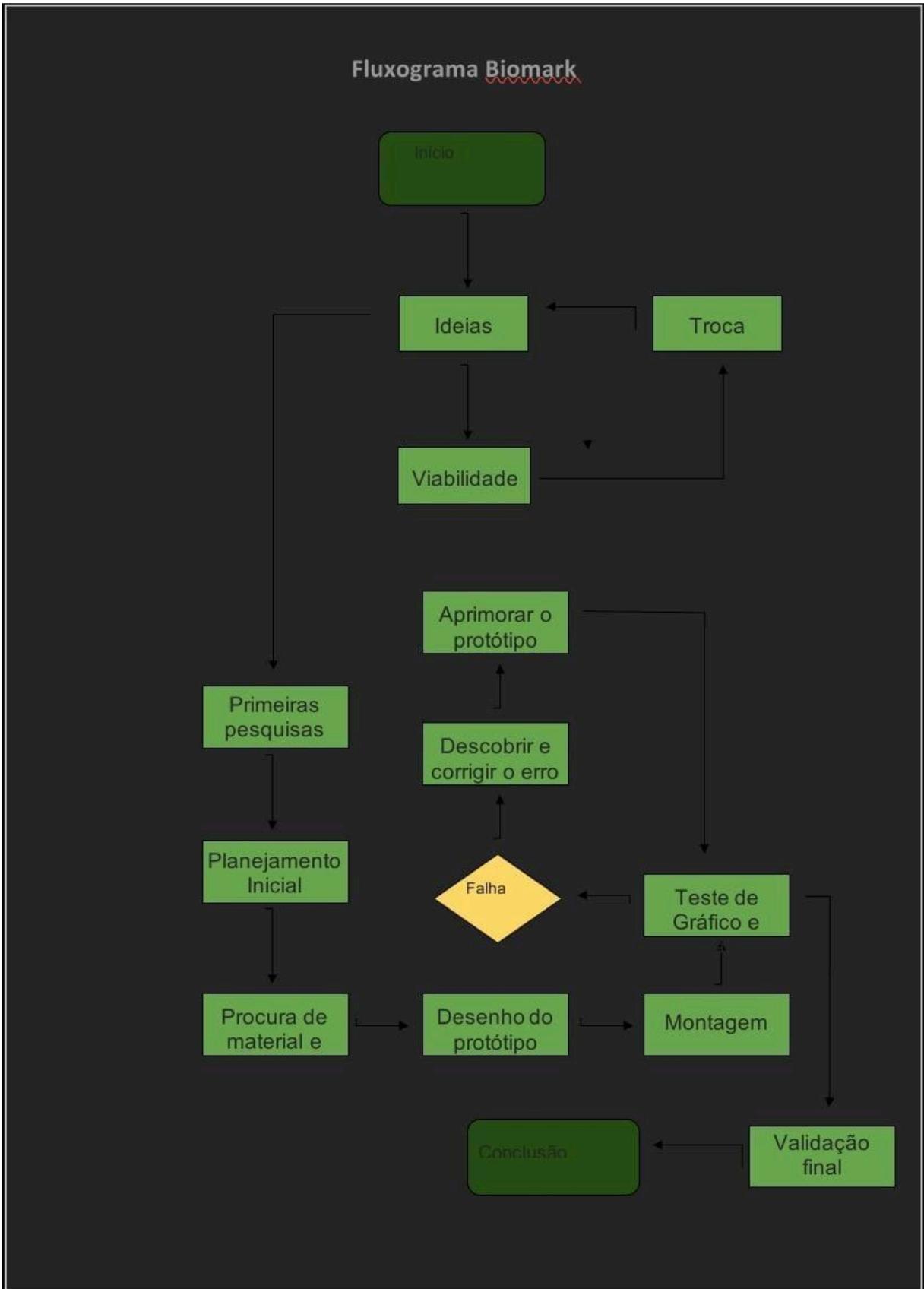
7. CRONOGRAMA

Cronograma de Execução/Gestão do PDTCC - BIOMARK																																																			
ITEM	Etapas/Atividades/Subprojetos	Responsáveis / Recursos	PLANEJADO REALIZADO	JAN				FEV				MAR				ABR				MAI				JUN				JUL				AGO				SET				OUT				NOV				DEZ			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
0	Diário de Bordo Físico	Murilo, Luiza, Matheus	P	█																																															
			R	█																																															
1	Canal Youtube	Murilo, Luiza, Matheus	P	█																																															
			R	█																																															
2	Tema Problema	Murilo	P	█																																															
			R	█																																															
3	Objetivos Gerais e Específicos	Luiza	P	█																																															
			R	█																																															
4	Hipóteses	Luiza	P	█																																															
			R	█																																															
5	Justificativas	Murilo	P	█																																															
			R	█																																															
6	Metodologia	Matheus	P	█																																															
			R	█																																															
7	Cronograma do TCC	Murilo	P	█																																															
			R	█																																															
8	Orçamento		P	█																																															
			R	█																																															
9	Fluxograma		P	█																																															
			R	█																																															
10	Plano de Pesquisa	Murilo, Luiza, Matheus	P	█																																															
			R	█																																															
11	Desenvolvimento do TCC		P	█																																															
			R	█																																															
12	Resultados Obtidos		P	█																																															
			R	█																																															
13	Conclusões		P	█																																															
			R	█																																															
14	Referências Bibliográficas		P	█																																															
			R	█																																															
15	Monografia		P	█																																															
			R	█																																															
16	Bunner		P	█																																															
			R	█																																															
17	Apresentação Banca		P	█																																															
			R	█																																															

8. ORÇAMENTO

Item	descrição	quantidade	Preço unitário(R\$)	Preço Total(R\$)
Microcontrolador ESP32	Controlador principal do potenciostato	1	50	
Sensores Eletroquímicos	Para detecção de biomarcadores	2	20	
LEDs Indicadores	Para exibir resultados visualmente	5	1,5	
Filamento PLA	Material para impressão da estrutura 3D			
PCBs	Placas de circuito impresso	3	15	
Cabos e Conectores	Para conexões elétricas	-	30	
Fonte de Alimentação	Para fornecer energia ao potenciostato	1	25	
Mão de Obra	Montagem e testes do potenciostato	-		
Despesas Gerais	Transporte e contingências	-		
Custo Total				

9. FLUXOGRAMA



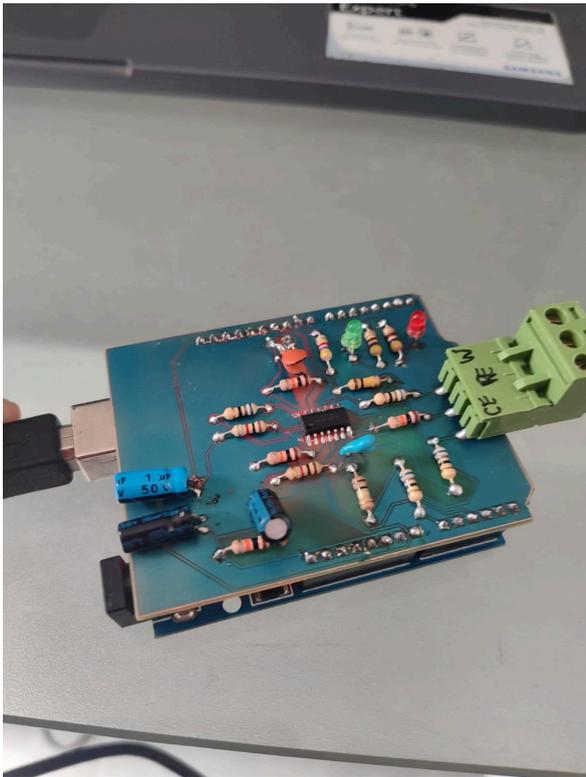
15.RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se a criação de um potenciostato funcional, portátil e de baixo custo, utilizando o microcontrolador ESP32, que se conecta a notebooks e computadores via USB, integrado a uma estrutura impressa em 3D com um display interativo para facilitar a interação do usuário. Além disso, como prova de conceito será produzido um biossensor eletroquímico eficaz para a detecção rápida e precisa do vírus da dengue. Uma análise comparativa detalhada dos custos e benefícios do novo potenciostato em relação aos modelos disponíveis no mercado demonstrará que o dispositivo desenvolvido é mais acessível economicamente e tecnicamente viável para produção em larga escala. O desenvolvimento de uma interface de usuário amigável facilitará a operação e interpretação dos dados gerados pelo potenciostato, com funcionalidades que permitam fácil monitoramento e controle das medições realizadas.

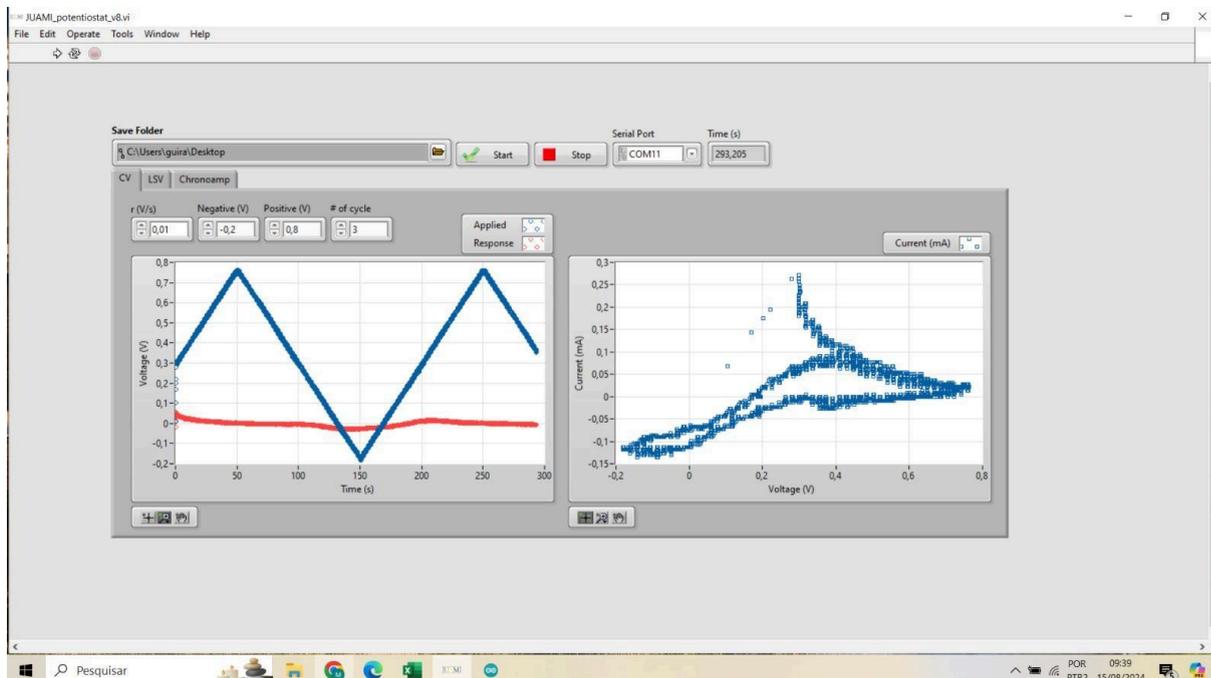
16. RESULTADOS OBTIDOS

Os marcos atingidos com o projeto foram divididos em duas partes principais, sendo elas:

Primeiramente a prototipagem, que consiste na criação do código base, totalmente escrito na plataforma disponibilizado pelo arduino, a confecção desde o início do shield, a soldagem dos terminais na placa de controle e por fim a impressão da case.



Logo após foram iniciados os testes práticos do potenciostato, através dos biomarcadores, utilizando uma solução laboratorial simples, assim, confirmando o funcionamento do protótipo através do processamento da informação recebida e da geração do gráfico de pulso.



17. REFERÊNCIAS

Ministério da Saúde (Brasil). Dengue. Disponível em: Acesso em:

<<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dengue.>> Acesso em: [25/03/2024].

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Dengue. Disponível em:

<<https://www.paho.org/pt/topicos/dengue#:~:text=%C3%89%20uma%20doen%C3%A7a%20febril%20que,nas%20articula%C3%A7%C3%B5es%20e%20erup%C3%A7%C3%B5es%20cut%C3%A2neas.>> Acesso em: [25/03/2024].

Governo do Estado de São Paulo. Conheça os sintomas da dengue, as fases da doença e os sinais de alerta. Disponível em:

<https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/conheca-ossintomas-da-dengue-as-fases-da-doenca-e-os-sinais-de-alerta/>. Acesso em: [25/03/2024]

Governo do Estado de São Paulo. Conheça os sintomas da dengue, as fases da doença e os sinais de alerta. Disponível em:

<<https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/conheca-ossintomas-da-dengue-as-fases-da-doenca-e-os-sinais-de-alerta/>>. Acesso em: [25/03/2024].

CS350M EIS Potentiostat /Galvanostat-Corrtest Instruments. Disponível em:

<https://www.corrtest.com.cn/en/service1/1181.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwX4O4BhAnEiwA42SbVOOEoA1cmraLcndSyZSUyDkXtdO9JUAJL6h6P5XayNYyqxuZ6Y9_IRoCVG0QAvD_BwE>. Acesso em: 5 out. 2024.

Dengue. Disponível em:

<<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dengue>>. Acesso em: 5 out. 2024.

Dengue: todos os estados brasileiros apresentam queda ou estabilidade nos casos. Disponível em:

<<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2024/maio/dengue-todos-os-estados-brasileiros-apresentam-queda-ou-estabilidade-nos-casos>>. Acesso em: 5 out. 2024.

Instituto de Química - Câmpus de Araraquara. Disponível em:

<<https://www.iq.unesp.br/#!/noticia/723/biossensores--eletroquimicos-para-diagnostico-clinico/>>. Acesso em: 5 out. 2024.

M. F. AMARAL, E. et al. Electrochemical sensors and biosensors: Their basic working principles and some applications. Revista Virtual de Química, v. 15, n. 3, p. 519–535, 2023.

Potenciostato AUTOLAB PGSTAT 302N. Disponível em:
<<https://tricorrmat.ufes.br/potenciostato-autolab-pgstat-302n>>. Acesso em: 5 out. 2024.

SANTOS, V. B. DOS. Desenvolvimento de um potenciostato/galvanostato portátil e eletrodos impressos para determinações in situ em análises em fluxo com transmissão de dados em tempo real. 2013.

SOARES, E. M.; GONÇALVES, T. A. P. O ensino de química: algumas constatações sobre o conhecimento científico adquirido por alunos ingressantes num curso tecnológico. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 10, p. 17472–17480, 2019.

ZANONI, M. et al. PANORAMA DA ELETROQUÍMICA E ELETROANALÍTICA NO BRASIL. *Quimica nova*, v. 40, n. 6, p. 663–669, 2017.

Disponível em:
<https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_14/2021-08-19-03-19-50Disserta%C3%A7%C3%A3o_Allan%20Barros%20Cantasini_reposit%C3%B3rio.pdf>. Acesso em: 5 out. 2024a.

Disponível em:
<<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c7848faa-73b3-4285-a1ed-5eefcb21f905/content>>. Acesso em: 5 out. 2024b.

Disponível em:
<<https://proceedings.science/unicamp-pibic/pibic-2017/trabalhos/potenciostato-de-baixo-custo-utilizando-um-microcontrolador?lang=pt-br>>. Acesso em: 5 out. 2024c.