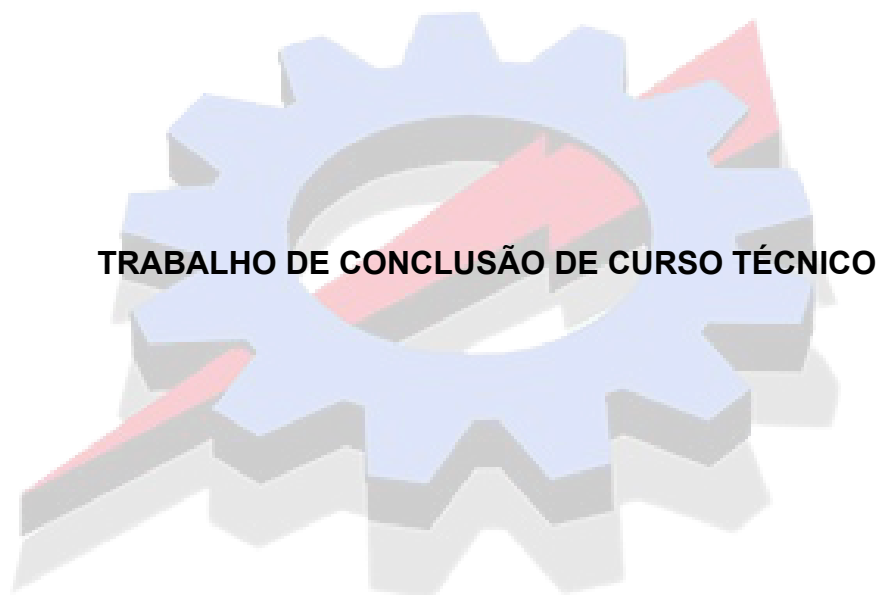


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO

BICICLETÁRIO ELETRÔNICO COM TRAVA BIOMÉTRICA

GUSTAVO DOS SANTOS DIOGO

IGOR SAMUEL LOUZADO

VÍTOR DE SOUZA DE OLIVEIRA

SÃO LEOPOLDO

2025

GUSTAVO DOS SANTOS DIOGO
IGOR SAMUEL LOUZADO
VÍTOR DE SOUZA DE OLIVEIRA

BICICLETÁRIO ELETRÔNICO COM TRAVA BIOMÉTRICA

Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do professor Adriano dos Santos e coorientação do professor André Vigano de Oliveira.

SÃO LEOPOLDO
2025

RESUMO

Este projeto tem como objetivo desenvolver e viabilizar a construção de uma trava biométrica digital acoplável a um paraciclo. A principal ambição do projeto é criar um dispositivo eficiente, prático e funcional, que aumente a acessibilidade na infraestrutura urbana ciclista ao facilitar a trava de bicicletas por meio deste sistema de segurança. Assim incentivando o uso de bicicletas e apoiando aqueles que já a usam como meio de transporte. A solução proposta de um dispositivo eletrônico biométrico simplifica o processo de armazenamento das bicicletas nos paraciclos, tornando-o mais rápido e evitando transtornos como a perda de chaves ou correntes, além de dispensar o transporte desses itens. Para o funcionamento do sistema é apenas exigida a digital biométrica do ciclista para o bloqueio no primeiro momento do uso e para desbloqueio posteriormente. Consequentemente, ao passo que o projeto contribui na melhoria estrutural para a prática ciclista, um futuro mais sustentável será incentivado. Durante o projeto, foram exploradas estatísticas e o contexto acadêmico acerca do ciclismo e da necessidade de um dispositivo como esse. Conclui-se que, apesar do desenvolvimento do protótipo, não foram atingidas todas as ambições iniciais e o projeto ainda tem potencial para desenvolvimento futuro.

Palavras-chave: bicicletário; eletrônico; biométrico; ciclismo; trava.

ABSTRACT

This project aims to develop and enable the construction of a digital biometric lock attachable to a bicycle rack. The main ambition of the project is to create an efficient, practical, and functional device that enhances accessibility within urban cycling infrastructure by simplifying the process of locking bicycles through this security system. In doing so, it encourages the use of bicycles and supports those who already rely on them as a means of transportation. The proposed solution—a biometric electronic device—streamlines the process of storing bicycles at racks, making it faster and preventing issues such as lost keys or chains, while also eliminating the need to carry these items. The system operates using only the cyclist's fingerprint, required once for locking and again for unlocking. Consequently, while the project contributes to structural improvements in cycling practices, it also promotes a more sustainable future. Throughout the project, statistics and academic context surrounding cycling and the need for such a device were explored. It is concluded that, despite the development of a prototype, not all initial ambitions were achieved, and the project still holds potential for future development.

Keywords: bike rack; electronic; biometric; cycling; lock.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bicicleta	17
Figura 2 – Arduino Uno R3	24
Figura 3 – Módulo Relé Arduino	24
Figura 4 – Módulo Biométrico Digital	25
Figura 5 – Cabos Jumpers Arduino	25
Figura 6 – Fechadura Solenóide	26
Figura 7 – Fonte Estabilizadora	26
Figura 8 – Protoboard	27
Figura 9 – Resistor	27
Figura 10 – LED	28
Figura 11 – Esquema	31
Figura 12 – Código do Protótipo I	33
Figura 13 – Código do Protótipo II	33
Figura 14 – Código do Protótipo III	34
Figura 15 – Código do Protótipo IV	35
Figura 16 – Código do Protótipo V	36
Figura 17 – Código do Protótipo VI	37
Figura 18 – Código do Protótipo VII	37
Figura 19 – Código do Protótipo VIII	38
Figura 20 – Código do Protótipo IX	39
Figura 21 – Código do Protótipo X	40
Figura 22 – Código do Protótipo XI	41
Figura 23 – Código do Protótipo XII	42
Figura 24 – Protótipo Aberto	43
Figura 25 – Protótipo Desligado	44
Figura 26 – Protótipo Ligado	44
Figura 27 – Protótipo em Modo Trancado	45

LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS E FLUXOGRAMAS

Gráfico 1 – Quais os destinos que utiliza a bicicleta	14
Tabela 1 – Estado da Arte	15
Gráfico 2 – Renda dos ciclistas	18
Gráfico 3 – Problemas enfrentados pelos ciclistas	21
Tabela 2 – Cronograma	46
Tabela 3 – Recursos	47
Tabela 4 – Amostras	48
Gráfico 4 – Amostragem do Leitor Biométrico	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abrev.	Abreviada
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
LEDs	Light Emitting Diodes
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
IDE	Integrated Development Environment
APP	Application
IPR	Instituto Paris Região
ES	Espírito Santo

LISTA DE SÍMBOLOS

V – Volts

A – Amperès

Hz – Hertz

km/h – Quilòmetros por hora

m – Metros

% – *Per cento*/Por cem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	13
1.2 PROBLEMA	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	13
2 ESTADO DA ARTE	15
2.1 BICICLETÁRIO MECÂNICO MODULAR	15
2.2 FECHADURA INTELIGENTE	15
2.3 USO DE BICICLETA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL	16
2.4 BICICLETÁRIO ELETRÔNICO COM TRAVA BIOMÉTRICA	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 BICICLETA	17
3.2 CICLISMO	19
3.2.1 Ciclismo no Brasil	19
3.3 INFRAESTRUTURA CICLISTA	19
3.4 PROJETO	21
3.5 FECHADURAS ELÉTRICAS	22
3.6 FECHADURAS ELETRÔNICAS	23
3.6.1 Fechaduras Eletrônicas por Cartão Magnético	23
3.6.2 Fechaduras Eletrônicas por Senha	23
3.6.3 Fechaduras Eletrônicas por Biometria	23
3.6.4 Fechaduras Eletrônicas por APP	23
3.7 COMPONENTES	24
3.7.1 Arduino Uno R3 ATmega328P	24
3.7.2 Módulo Relé Arduino	24
3.7.3 Módulo Biométrico Digital Arduino	25
3.7.4 Cabos Jumpers Arduino	25
3.7.5 Mini Fechadura Solenóide 12V	26
3.7.6 Fonte 12V	26
3.7.7 Protoboard 830 Pontos	27
3.7.8 Resistores	27
3.7.9 LEDs	28
4 METODOLOGIA	29
4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	29
4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	29
4.2.1 Arduino Uno R3 ATmega328P	29
4.2.2 Módulo Relé Arduino	29

4.2.3 Módulo Biométrico Digital Arduino	30
4.2.4 Cabos Jumpers Arduino	30
4.2.5 Mini Fechadura Solenóide 12V	30
4.2.6 Fonte 12V	30
4.2.7 Protoboard 830 Pontos	30
4.2.8 Resistores	30
4.2.9 LEDs	31
4.3 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DO LEITOR BIOMÉTRICO	31
4.4 ESQUEMA ELETRÔNICO	31
4.5 PROGRAMAÇÃO	33
4.6 IMAGENS DO PROTÓTIPO	43
5 CRONOGRAMA	46
6 RECURSOS	47
7 RESULTADOS	48
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

Segundo Frank J. Berto (2024), na Encyclopædia Britannica¹, a origem da bicicleta é incerta, mas os primeiros registros de uma máquina com duas rodas e objetivo de transporte datam da primeira metade do século XIX, quando o Barão alemão, Karl von Drais de Sauerbrunn, inventou a “*Laufmaschine*”², como ele a chamava, mas *draisine* e velocípede se tornaram nomes mais populares. O dispositivo de madeira era capaz de impulsionar um indivíduo ao bater os pés no chão.

Desde então, a tecnologia foi aprimorada e pedais foram desenvolvidos e adicionados nesse arcaico modelo de bicicleta em diferentes partes do mundo. Porém foi só em meados de 1860 que a comercialização e popularização desse novo modelo com pedais começou e não parou mais de crescer (BERTO, 2024).

A partir do início do século XX, inúmeros refinamentos foram feitos no que tange materiais, design de quadro e componentes, mas o design básico da bicicleta permaneceu quase inalterado. A melhoria técnica mais significativa foi a de múltiplas velocidades de marcha. Após isso, pouco mudou de lá para cá, apenas novos modelos surgiram seguindo o mesmo princípio e mudando muito pouco (BERTO, 2024).

Embora o uso da bicicleta tenha decaído em relação a década de 1980, elas ainda são muito populares atualmente e se mostram um meio de transporte promissor que irá voltar a crescer nos próximos anos por causa das questões ambientais e climáticas (BERTO, 2024). Inclusive, tratando desse tema, muitos países da Europa há anos já aderiram às bicicletas como meio de transporte incentivado para substituir os carros, como confirma a matéria: “*Aumentar ciclovias e quilômetros pedalados: Europa quer impulsionar uso da bicicleta.*” de Camilo Soldado (2023) no renomado jornal português “Público”:

A maioria dos países da União Europeia já tem uma estratégia para impulsionar este modo de transporte, sendo que Portugal é um deles. De acordo com um levantamento recente da Federação Europeia de Ciclistas (ECF, na sigla em inglês), Bulgária, Croácia, Grécia, Malta, Roménia e Eslovénia ainda estão a desenvolver os seus documentos estratégicos.
(SOLDADO, 2023)

No Brasil, o uso de bicicletas é algo fácil de ser percebido, podendo ser avistado quotidianamente. Dentre os diversos motivos que levam pessoas a

¹ A enciclopédia mais antiga e renomada do mundo.

² “*Laufmaschine*” significa “máquina de corrida” em alemão.

utilizá-las, temos questões envolvendo seu baixo custo e maior praticidade quando comparada ao deslocamento a pé e automotivo.

Em uma pesquisa realizada em 2015 na cidade de Porto Alegre, com cerca de quinhentos ciclistas, presente no livro *“Mobilidade por Bicicleta no Brasil”*. Quase 60% dos ciclistas entrevistados afirmaram optar pela bicicleta devido ao seu baixo custo ou praticidade. Este dado, associado com a informação de que, na mesma pesquisa, mais de 70% das pessoas recebiam menos de três salários mínimos, com mais de 85% afirmando usá-las para ir ao trabalho (ANDRADE, et. al, 2016).

Desse modo, a segurança da bicicleta demonstra-se muito relevante, em vista das condições financeiras dos ciclistas, motivações e destinos. Para isso existem bicicletários, onde normalmente se prende a bicicleta pela roda em um paraciclo fixo no chão. Nesses casos, o ciclista é responsável por levar uma trava consigo, junto da chave para destrancá-la.

Prender a bicicleta passa a ser um inconveniente, seja por causa de ter que andar sempre com uma trava e chave, ou pelo desconforto de ter que agachar-se para soltá-la, muitas vezes em meio a outras bicicletas. Em dois levantamentos de dados, um no já citado livro *“Mobilidade por Bicicleta no Brasil”* e outro em um estudo dissertativo chamado *“Análise e Comparação da Percepção Sobre Barreiras e Impacto de Políticas Públicas no Uso da Bicicleta Entre Ciclistas e Potenciais Ciclistas no Brasil”*, feito em 2023 com 3.744 entrevistados, destacou-se a falta de infraestrutura como dificuldade para o ciclismo, sendo um empecilho para mais de 27% na primeira pesquisa, bem como para mais de 30% dos questionados na segunda pesquisa, de 2023 (ANDRADE, et. al, 2016; RIZZON, 2023;).

Esse projeto visa justamente facilitar a situação dos ciclistas no âmbito da infraestrutura, atendendo as necessidades de praticidade e custos. Por se tratar de um dispositivo fixo no paraciclo, dispensa a compra e transporte de travas próprias. Devido ao seu funcionamento por digital, torna-se seguro e prático, pois trata-se de um “código” único por pessoa que depende apenas de um toque para ser acionado.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Dispositivo eletrônico de trava para bicicletas, fixo em paraciclos, que são a estrutura fixa individual onde se encaixa uma bicicleta, com acionamento biométrico.

1.2 PROBLEMA

É possível desenvolver um dispositivo que trave bicicletas em paraciclos de modo prático com funcionamento por biometria?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo fixo que tranque bicicletas em paraciclos de forma prática com acionamento através de leitor biométrico.

1.3.2 Objetivos Específicos

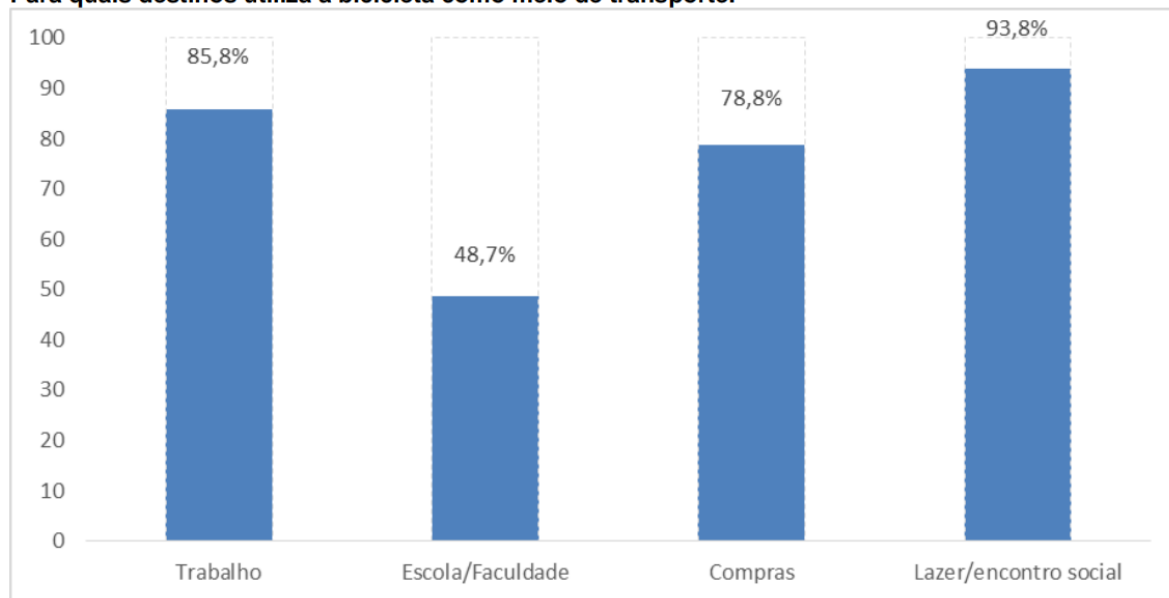
- Utilizar leitor biométrico com programação arduino;
- Assegurar que o dispositivo opere em condições normais;
- Garantir a resposta rápida do sistema;
- Aplicar protótipo em paraciclo.

1.4 JUSTIFICATIVA

Considerando que a quantidade de ciclistas no Brasil tem aumentado nos últimos anos e que muitas pessoas utilizam a bicicleta para lazer, exercícios, trabalho e estudo, o projeto visa atender a este público crescente. De acordo com Andrade et al. (2016), mais de 93,8% dos ciclistas entrevistados em Porto Alegre utilizam a bicicleta para fins de lazer, 85,8% para locomoção ao trabalho e 78,8% para compras.

Gráfico 1 – Quais os destinos que utiliza a bicicleta

Para quais destinos utiliza a bicicleta como meio de transporte.



O percentual geral é maior que 100% devido a diferentes viagens de um mesmo indivíduo.

Fonte: Transporte Ativo (2015)

Portanto, o objetivo do projeto é aumentar a praticidade e segurança da infraestrutura dos paraciclos por meio de uma trava eletrônica biométrica digital. Esta solução facilitará o armazenamento das bicicletas nos paraciclos, tornando esse processo mais rápido, e evitará transtornos relacionados à perda de chaves, cadeados ou correntes, além de eliminar a necessidade de transportar esses itens.

Consequentemente, ao passo que o projeto contribui com a melhoria estrutural para a prática ciclista, um futuro mais sustentável será incentivado.

2 ESTADO DA ARTE

Neste trecho do projeto, serão apresentadas algumas pesquisas que contribuíram para o embasamento do trabalho. Por último, será abordado o que difere este projeto das seguintes referências.

Tabela 1 - Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Bicicletário Mecânico Modular	José Giovani dos Santos	2018
Fechadura Inteligente	Ricardo Bruno Napoleão José Ronaldo da Silva	2023
Uso da Bicicleta Como Alternativa Sustentável	Mário Sérgio Mendonça dos Santos	2020

Fonte: Os autores (2025)

2.1 BICICLETÁRIO MECÂNICO MODULAR

Esse projeto pesquisou e analisou as principais estruturas de bicicletários existentes usados na infraestrutura urbana atualmente em prol do melhoramento dessa infraestrutura. O projeto buscou desenvolver um bicicletário que seja seguro, funcional, esteticamente agradável e que ocupe pouco espaço, proporcionando uma solução prática para o estacionamento de bicicletas. Nele incluiu um levantamento de dados sobre o público-alvo e a infraestrutura existente, analisando comparativamente elas. O projeto resultou em um bicicletário modular que atende aos requisitos de segurança, funcionalidade e estética, com potencial para ser implementado em centros comerciais e contribuir para a mobilidade urbana sustentável.

2.2 FECHADURA INTELIGENTE

O projeto tem por finalidade compreender o funcionamento de um sistema automatizado utilizando um dispositivo de tranca via Arduino controlado por sistema biométrico. Como fase inicial foi montado um protótipo de uma tranca com implementação de software e um sistema de trava biométrica. Esta aplicação tem

por objetivo fazer a segurança em alto nível com uso de um dispositivo biométrico acoplado, de forma que somente o dono ou a pessoa cadastrada e autenticada pelo sistema poderá abrir as trancas da residência ou local em que o projeto for instalado. Objetiva desenvolver um sistema bem simples, porém muito seguro assim como de fácil entendimento para o usuário.

2.3 USO DE BICICLETA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise da viabilidade do uso da bicicleta como transporte alternativo no trajeto entre os municípios de Irupi-ES e Ibatiba-ES. Após a pesquisa de campo, os dados foram coletados, armazenados e salvos para análise e comparação entre os meios de transporte. Foi verificado que o tempo gasto com o carro e a bicicleta apresentaram pouca diferença, sendo possível perceber que um percurso de até 50 km é possível utilizá-la como meio de transporte. Concluindo que a substituição do automóvel pela bicicleta apresenta diversos pontos positivos como redução de gastos, melhora no desempenho e traz benefícios à saúde, sendo que podem contribuir para reduzir a emissão de poluentes e melhorar a qualidade de vida.

2.4 BICICLETÁRIO ELETRÔNICO COM TRAVA BIOMÉTRICA

Este projeto tem como objetivo desenvolver e viabilizar o desenvolvimento de uma trava biométrica digital acoplável a um paraciclo. A principal ambição do projeto é criar um dispositivo eficiente, prático e funcional, que aumente a acessibilidade na infraestrutura urbana ciclista ao facilitar a trava de bicicletas por meio deste sistema de segurança. Assim, consequentemente, incentivando o uso de bicicletas e apoiando aqueles que já a usam como meio de transporte. Nosso projeto, diferente de outros bicicletários eletrônicos, permite o travamento de qualquer bicicleta, não apenas de uma bicicleta modelo alugada, e não é necessário qualquer cartão móvel como chave ou algum cadastramento prévio externo para o bloqueio ou desbloqueio da bicicleta, apenas é necessário a digital biométrica para o cadastramento no momento do uso e para desbloqueio.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo estarão sendo apresentados os fundamentos que embasaram os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento do projeto. Por isso serão tratados desde o princípio do desenvolvimento das bicicletas até sua situação atual, bem como suas relações com o tema da pesquisa e os componentes utilizados no protótipo.

3.1 BICICLETA

A bicicleta é um meio de transporte constituído por duas rodas, um guidão, um banco e pedais, podendo-se encontrar variações de tais estruturas, como a inclusão de marchas de velocidades, bancos e cestos. O seu princípio de locomoção funciona com a transferência de força das pernas do indivíduo para um pedal, fazendo girar uma engrenagem central. Esta por sua vez irá “puxar” uma correia de elos de pinos, sendo que a correia é responsável pela movimentação da roda traseira, através da rotação de outra engrenagem. Normalmente, entre a engrenagem central e a engrenagem traseira, existe um sistema de multiplicação de força, no qual a engrenagem central é maior que a traseira, com a energia sendo transmitida através da correia de elos. Deste modo, a força aplicada na engrenagem central acaba se refletindo em uma aceleração maior.

Figura 1 - Bicicleta



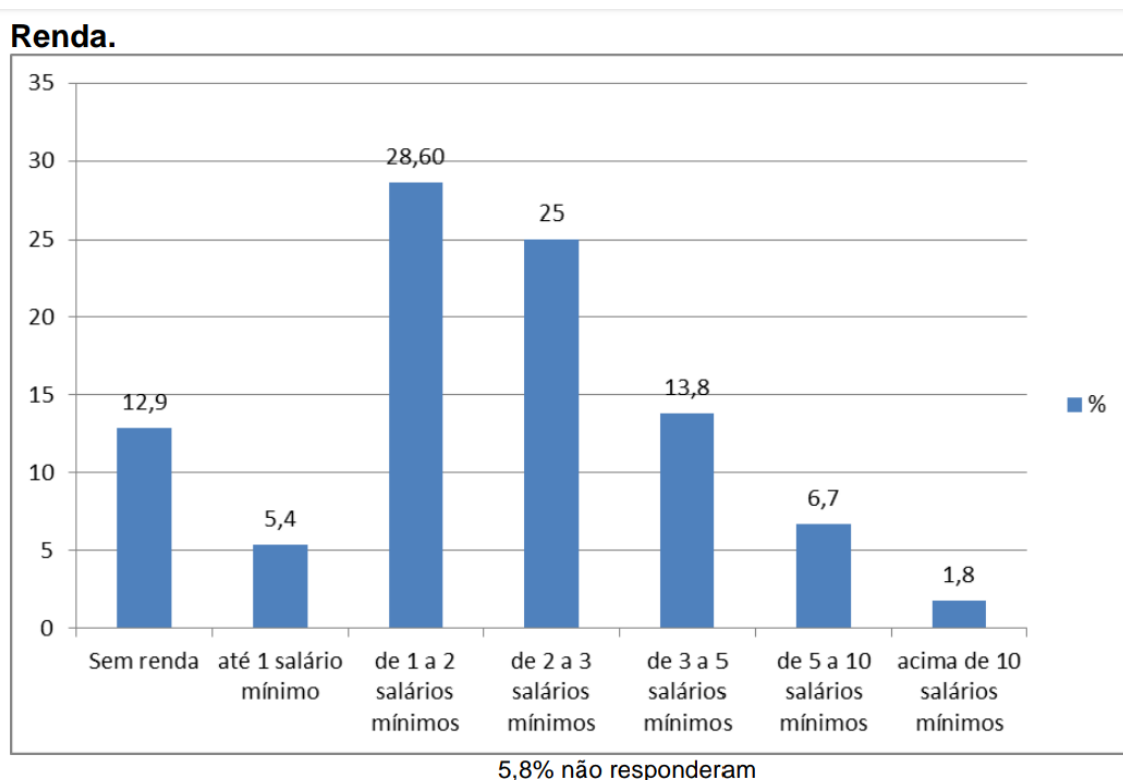
Fonte: CENTAURO (2024)

De acordo com Frank Berto (2024), a bicicleta tem sido algo comum de ver-se desde 1868, limitando-se à França na época. Por mais que ela tenha ganho mais expressão com o tempo, ela seguiu sendo uma figura de pouca relevância. Nos

Estados Unidos do começo do século XX, a bicicleta era tida como algo voltado aos pobres demais para conseguirem ter um carro, ou para os jovens demais para terem um carro.

A ideia de que a bicicleta era algo para pobres ou jovens também se faz presente no cenário atual. No caso do Brasil, ela acaba sendo um reflexo da realidade apontada no censo de 2015 da *“Mobilidade por Bicicleta no Brasil”*, de Andrade, et. al., onde quase 70% dos entrevistados de Porto Alegre recebiam menos de três salários mínimos, como dito anteriormente. Além disso, na mesma pesquisa a maioria dos ciclistas (58,9%) eram jovens de 15 a 34 anos.

Gráfico 2 – Renda dos ciclistas



Fonte: Transporte Ativo (2015)

Apesar disso, devido às questões climáticas e urbanas, têm havido grandes incentivos para uma maior adoção de bicicletas, como no caso da cidade de Paris, apontado pelo site jornalístico *“O Antagonista”*. Segundo sua matéria de abril de 2024, havia mais pessoas de Paris usando bicicletas do que pessoas usando carros, informação apontada também na matéria *“Enquête régionale sur la mobilité des*

Franciliens”³, do IPR ou “*L’Institut Paris Region*”⁴. Isso seria reflexo direto das políticas de melhoria da infraestrutura da cidade, visando uma diminuição da poluição.

3.2 CICLISMO

Surgindo em meados do século XIX com o aperfeiçoamento das bicicletas, o ciclismo traz consigo uma atividade rítmica e cíclica, sendo muito eficaz para o desenvolvimento de sistemas de energia aeróbica e anaeróbica. Conduz uma boa intensificação do sistema cardiovascular, indicado por médicos especialistas como ótimo exercício para queima de gordura corporal e aumento da resistência física e da força muscular das pernas.

3.2.1 Ciclismo no Brasil

Segundo o Year of Sports 2023, relatório produzido pelo aplicativo Strava, com cerca de 120 milhões de usuários, o ciclismo foi o esporte mais praticado no Brasil no ano de 2023. Os principais motivos para isso foram a busca por uma vida mais saudável, a consciência ambiental e a busca por novas atividades físicas.

Com 36% das atividades computadas no aplicativo, 17% pertenciam a Geração Z⁵, um acréscimo de 5% nos últimos 5 anos, mantendo-se alinhada com o índice global. A pesquisa também aponta que outro motivo relevante é a procura aumento de interação social, estimando-se que 77% dos usuários se sentem mais conectados uns aos outros ao ver atividades de amigos e familiares dentro do aplicativo (STRAVA, 2023).

3.3 INFRAESTRUTURA CICLISTA

A infraestrutura é um grande expoente no uso de bicicletas, algo que pode ser facilmente observado no caso de Paris. Assim como a melhora da infraestrutura ciclista é um grande incentivo para o uso de bicicletas, o descaso com ela resulta em um desincentivo, como percebido na pesquisa de 2023 da dissertação “*Análise e Comparação da Percepção Sobre Barreiras e Impacto de Políticas Públicas no Uso da Bicicleta Entre Ciclistas e Potenciais Ciclistas no Brasil*”, na qual quase 30% dos

³ Em português: “*Inquérito regional sobre a mobilidade dos residentes da Ile-de-France*”

⁴ Uma grande agência regional de planejamento urbano e ambiental da região onde está situada Paris.

⁵ Pessoas nascidas entre 1995 e 2010.

ciclistas e potenciais ciclistas declararam que a falta de infraestrutura é um problema (RIZZON, 2023).

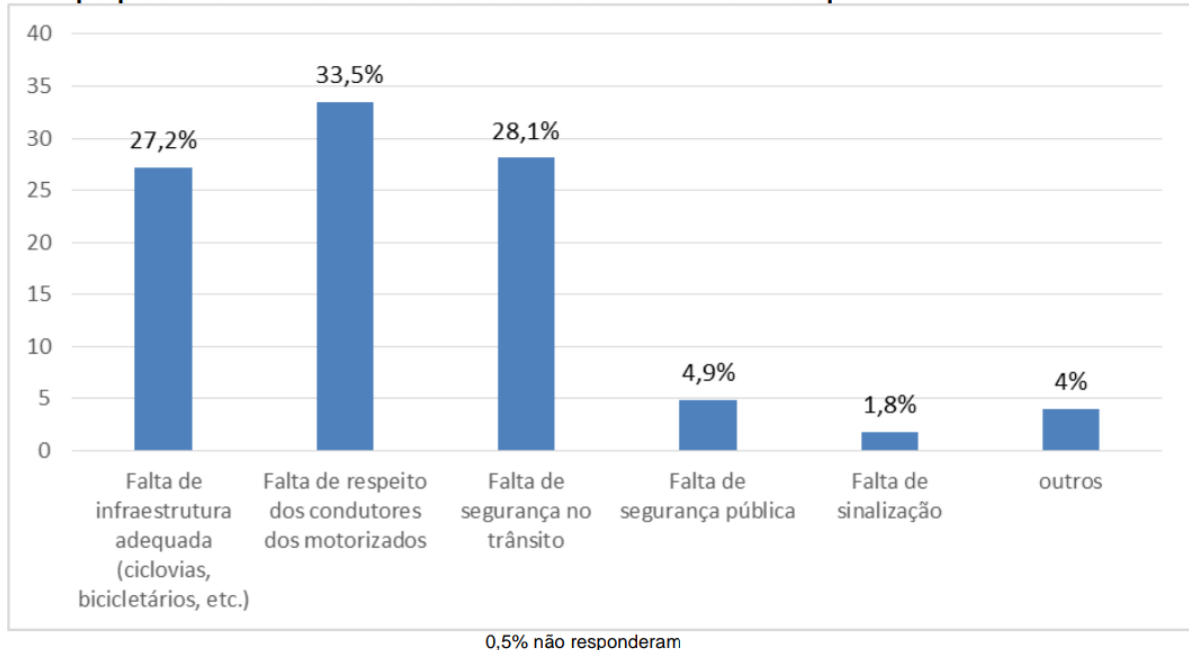
Deste modo, torna-se evidente que um melhor desenvolvimento da estrutura urbana voltada ao ciclismo iria resultar em um considerável aumento de sua prática. Segundo matéria de 2022 da divisão de mobilidade urbana do jornal Estadão, todas as capitais de estados brasileiros somariam cerca de 4.146 km de ciclovias e ciclofaixas. Deste valor total, quase 700 km estão em São Paulo. Outras cidades que possuem uma considerável extensão de ciclovias são Brasília (475 km), Rio de Janeiro (450 km) e Fortaleza (411 km). No total, apenas essas quatro cidades somam quase metade de todo o sistema cicloviário existente nas 27 capitais estaduais brasileiras. Assim, pode-se dizer que há certo grau de descaso com a infraestrutura cicloviária no Brasil, exceto em alguns casos de maior destaque.

Considerando-se a situação da malha cicloviária brasileira, torna-se reluzente um problema. As pessoas consideram a falta de infraestrutura um problema e desincentivo ao ciclismo, enquanto que muitas cidades parecem nem tentar resolver esse problema. Tendo em vista que a situação cicloviária é algo que cabe ao poder público solucionar, pode-se focar no desenvolvimento de incentivos alternativos.

Sendo parte da infraestrutura ciclista, os bicicletários possuem vital importância, já que é onde as bicicletas deverão estar estacionadas e seguras durante o tempo que o ciclista afastar-se. Na já citada pesquisa feita pela Transporte Ativo em 2015, presente no livro *“Mobilidade por Bicicleta no Brasil”*, aproximadamente 27% dos cerca de quinhentos entrevistados de Porto Alegre afirmaram sofrer com dificuldades relacionadas aos bicicletários. Tal problema já havia sido percebido e recebeu uma proposta de solução, como no TCC de José Giovani dos Santos, feito em 2018. Nele, o autor projeta um modelo de paraciclo que seria aplicado em bicicletários, de modo a deixar os veículos seguros. No entanto, o autor desenvolve um modelo completo de paraciclo, o que desestimula a sua aplicação, visto que acaba forçando a substituição de bicicletários já existentes.

Gráfico 3 – Problemas enfrentados pelos ciclistas

Principal problema enfrentado no uso da bicicleta como meio de transporte.



Fonte: Transporte Ativo (2015)

3.4 PROJETO

Sabendo que o acesso à uma boa infraestrutura é algo de grande relevância para boa parte dos ciclistas, decidiu-se que seria desenvolvido um projeto que atuasse nessa área. Sendo os bicicletários e paraciclos parte integrante da infraestrutura necessária para a prática do ciclismo, observou-se que havia certa dificuldade quanto ao seu uso. Na maioria dos casos, os paraciclos são apenas estruturas de suporte para a bicicleta, deixando sob responsabilidade do ciclista a sua segurança. Nesses casos o ciclista deve transportar consigo um modo de travar a bicicleta. Em muitas ocasiões, o paraciclo é um suporte que possui uma altura menor que 1m, forçando o indivíduo a abaixar-se para conseguir prender a bicicleta.

A digital humana é uma característica interessante presente no ser humano, pois cada pessoa possui um desenho específico, composto pelas elevações da pele. A formação da digital é resultado da influência genética e também dos movimentos do feto na barriga da mãe” (SILVA, 2021). Isso faz com que cada pessoa tenha uma espécie de “código” próprio que mais ninguém possui. Isso abre margem para que a digital humana possa ser utilizada como “chave”, podendo proteger seus pertences.

Visando uma maior praticidade, decidiu-se desenvolver uma trava fixa ao paraciclo que será acionada através da biometria do ciclista. Assim se solucionam os inconvenientes de ter que transportar uma trava própria, bem como de prender a bicicleta. Considerando-se que a digital é algo único de cada pessoa e que praticamente todos possuem essa marca, a trava poderá ser utilizada por quase qualquer um. Como cada digital é diferente da outra, caso uma pessoa utilize a trava para trancar sua bicicleta, apenas ela poderá soltá-la, já que é apenas ela quem possui a “chave” para abri-lá. Desse modo o ciclista pode ir ao local desejado sem se preocupar em como garantir a segurança de sua bicicleta, visto que tudo o que ele precisará para protegê-la é o seu dedo.

3.5 FECHADURAS ELÉTRICAS

Adquirindo espaços na automação residencial, as fechaduras elétricas vem sendo cada vez mais utilizadas, para realizar o desejo do aumento da segurança pessoal, este objeto muito comum em empresas, comércios e apartamentos, está entrando no mundo das residências (SOPRANO, 2024).

O uso de chaves se mostra cada vez menos seguro, portanto, se criou tal modelo para substituir o antigo, projeto o qual é declarado como sucesso desde a sua criação (*ibidem*).

Com o seu crescimento sendo notável, o produto já recebeu aprimoramento buscando renovação, surgindo assim, as fechaduras elétricas inteligentes, capazes de permitirem a entrada e saída de pessoas, dependendo de suas lógicas programadas (*ibidem*).

Após o passar dos anos, encontraram-se nelas dois problemas, sendo um a necessidade de energia a todo momento e o outro que as fechaduras ainda dependiam de alguém que a comandasse, como um porteiro. Para o primeiro problema, se entendeu que geradores de emergência já seriam o suficiente para solucioná-lo, mas para resolver o segundo problema, foram criadas as fechaduras eletrônicas (*ibidem*).

3.6 FECHADURAS ELETRÔNICAS

Movidas a pilhas, sem se preocupar com falta de energia, as fechaduras eletrônicas também possuem inteligência própria, onde por meio de digitais, códigos de acesso, cartões específicos, entre outros, usufruem de sua inteligência própria para permitir a passagem de cidadãos sem precisar de porteiros ou responsáveis por cuidá-las.

Resumidamente, as fechaduras eletrônicas são adaptações melhoradas das fechaduras elétricas, possuindo todas as vantagens que já existiam, como alta segurança, desnecessidade de chaves e assim por diante. Mas esta evolução não parou por aí, pois se estendeu a mais 4 classes de fechaduras eletrônicas.

3.6.1 Fechaduras Eletrônicas por Cartão Magnético

Fechaduras que liberam acesso com cartões magnéticos que possuem uma banda magnética. Permitem acesso a Múltiplos cartões, o que as tornam muito utilizadas por sua praticidade.

3.6.2 Fechaduras Eletrônicas por Senha

São fechaduras nas quais basta colocar uma senha e pronto, a passagem já está liberada, permitindo também a liberação por múltiplas senhas diferentes, porém, acaba por ser mais demorada em função de digitar o código por completo.

3.6.3 Fechaduras Eletrônicas por Biometria

Conhecida por ser o modelo mais seguro, depende da digital do usuário para abrir a passagem, a fraude de digitais é algo ainda muito complicado, favorecendo assim, o dono desta fechadura. Se usa no processo a identificação da íris do olho e do polegar do usuário.

3.6.4 Fechaduras Eletrônicas por APP

Com acesso pelo celular, o indivíduo consegue liberar a trava deste tipo de fechadura independente do lugar que esteja, desde que possua uma conexão com Internet e tenha o APP baixado em seu celular.

3.7 COMPONENTES

3.7.1 Arduino Uno R3 ATmega328P

O Arduino Uno R3 ATmega328P é um dos diversos modelos de microcontroladores proto eletrônicos, eles são plataformas de código aberto baseada em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. Consiste em uma placa com um microcontrolador programável(ATmega328P) e um ambiente de desenvolvimento integrado(IDE) que permite escrever, compilar e carregar código para a placa. Essa placa é muito aplicada em projetos de automação e robótica.

Figura 2 - Arduino Uno R3

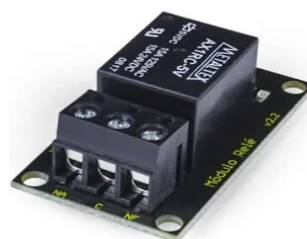


Fonte: Mercado Livre (2024)

3.7.2 Módulo Relé Arduino

Um módulo relé para Arduino é um dispositivo eletromecânico que permite controlar circuitos de alta potência com o sinal de baixa potência fornecido pelo Arduino. Ele atua como um interruptor controlado eletronicamente. Quando o Arduino envia um sinal elétrico ao módulo relé, ele fecha ou abre seus contatos, permitindo interromper o fluxo de corrente em um circuito externo.

Figura 3 - Módulo Relé Arduino



Fonte: Mercado Livre (2024)

3.7.3 Módulo Biométrico Digital Arduino

Um módulo biométrico digital para Arduino é um dispositivo que permite a autenticação de usuários através da digitalização de impressões digitais. Ele captura, armazena e compara impressões digitais para verificar a identidade. Quando um dedo é colocado no sensor, o módulo digitaliza a impressão e envia os dados ao Arduino, que pode então realizar ações específicas com base na autenticação bem-sucedida.

Figura 4 - Módulo Biométrico Digital



Fonte: Mercado Livre (2024)

3.7.4 Cabos Jumpers Arduino

Cabos jumpers são fios utilizados para conectar componentes em uma protoboard ou diretamente aos pinos do Arduino, facilitando a criação de circuitos sem solda.

Figura 5 - Cabos Jumpers Arduino



Fonte: Eletrogate (2024)

3.7.5 Mini Fechadura Solenóide 12V

Uma mini fechadura solenóide é um componente eletromagnético que, quando energizado, cria um campo magnético para mover um núcleo metálico. É usado em projetos que necessitam de movimento linear, como travas e válvulas.

Figura 6 - Fechadura Solenóide



Fonte: Mercado Livre (2024)

3.7.6 Fonte 12V

Uma fonte de 12V converte a tensão da rede elétrica para 12 volts de corrente contínua (CC), fornecendo energia estável e adequada para dispositivos e circuitos eletrônicos, como LEDs, motores universais e circuitos Arduino.

Figura 7 - Fonte Estabilizadora



Fonte: Mercado Livre (2024)

3.7.7 Protoboard 830 Pontos

Um protoboard (ou breadboard) é uma placa usada para montar circuitos eletrônicos temporários sem a necessidade de solda. Ele possui uma matriz de furos conectados internamente por tiras de metal, permitindo que componentes eletrônicos sejam facilmente conectados.

Figura 8 - Protoboard



Fonte: Eletrogate (2024)

3.7.8 Resistores

Um componente eletrônico responsável por diminuir a tensão, transformando parte da energia em calor.

Figura 9 - Resistor



Fonte: Eletrogate (2025)

3.7.9 LEDs

Um diodo emissor de luz, utilizado para iluminação e sinalização. Deve ser utilizado conforme sua polaridade e, muitas vezes, acompanhado por um resistor. Suas cores variam de acordo com fatores, como a tensão aplicada à ele.

Figura 10 - LED



Fonte: MakerHero (2025)

4 METODOLOGIA

4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa realizada possui viés exploratório, tendo em vista a necessidade de investigação das dificuldades percebidas por ciclistas e de como resolvê-las. Avaliou-se as informações obtidas através de dados já disponíveis em pesquisas científicas e estatísticas, conforme o método qualitativo. A reunião de material para a pesquisa deu-se primeiramente a partir de documentos gerais que de algum modo ligavam-se ao tema desta pesquisa. Em seguida, analisou-se o conteúdo que havia sido compilado, levando ao descarte daqueles que tinham pouca relevância para este projeto. Foram priorizados dados ligados diretamente ao problema de pesquisa, com foco no cenário do ciclismo brasileiro. Também, uma coleta de amostras para teste de eficiência do leitor biométrico foi feita.

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.2.1 Arduino Uno R3 ATmega328P

O Arduino UNO atua como o controlador central no circuito do protótipo. Ele processa os dados recebidos do sensor biométrico, armazena as impressões digitais capturadas e verifica a presença dessas digitais na memória do sensor. Com base nessa verificação, o Arduino decide se a tranca deve ser aberta ou mantida fechada, enviando um sinal ao relé, que controla o acionamento da solenóide, responsável pelo funcionamento da tranca.

4.2.2 Módulo Relé Arduino

No circuito, o módulo relé desempenha a função de interruptor elétrico, permitindo que o Arduino controle a alimentação da solenóide (tranca), que opera a 12V, sem sobrecarregar o microcontrolador, que trabalha com 5V. O relé atua de forma isolada, protegendo o Arduino das altas correntes necessárias para operar a solenóide. Quando o Arduino envia um sinal de 5V para o relé, este fecha ou abre o circuito que alimenta a solenóide com 12V da fonte estabilizadora, permitindo que a tranca seja aberta ou mantida fechada.

4.2.3 Módulo Biométrico Digital Arduino

No circuito, o módulo biométrico digital é responsável por capturar e processar impressões digitais. Ele se comunica diretamente com o Arduino, enviando os dados da digital biométrica para que o microcontrolador possa armazená-los ou verificar sua correspondência com os registros já existentes na memória do sensor. Quando o sensor biométrico detecta uma impressão digital, ele converte a imagem em um código digital e envia informação para o arduino ou guarda na memória interna do sensor. O Arduino, então, processa essa entrada para decidir se a digital corresponde a um usuário autorizado, e a partir disso, aciona o relé para abrir ou fechar a tranca. Modelo utilizado: As608

4.2.4 Cabos Jumpers Arduino

Os cabos Jumpers têm a função de conectar os diferentes componentes do circuito no Protoboard e Arduino, assim evitando a necessidade de solda na maior parte do protótipo. Foram utilizados cabos macho-macho e macho-fêmea.

4.2.5 Mini Fechadura Solenóide 12V

Uma bobina solenóide em formato de tranca que fechará ao ser energizada pelo relé(essa representará a tranca do dispositivo)

4.2.6 Fonte 12V

Um transformador que descerá a tensão elétrica de 220/127V de corrente alternada para 12V de corrente contínua, adequado para os componentes eletrônicos e para a placa Arduino do projeto.

4.2.7 Protoboard 830 Pontos

Usado para facilitar a união e desunião dos componentes, juntamente com os cabos Jumpers.

4.2.8 Resistores

Utilizado neste circuito em série com os LEDs para reduzir a tensão que chegará ao LED, evitando danos a ele. Utilizou-se resistores de 300Ω.

4.2.9 LEDs

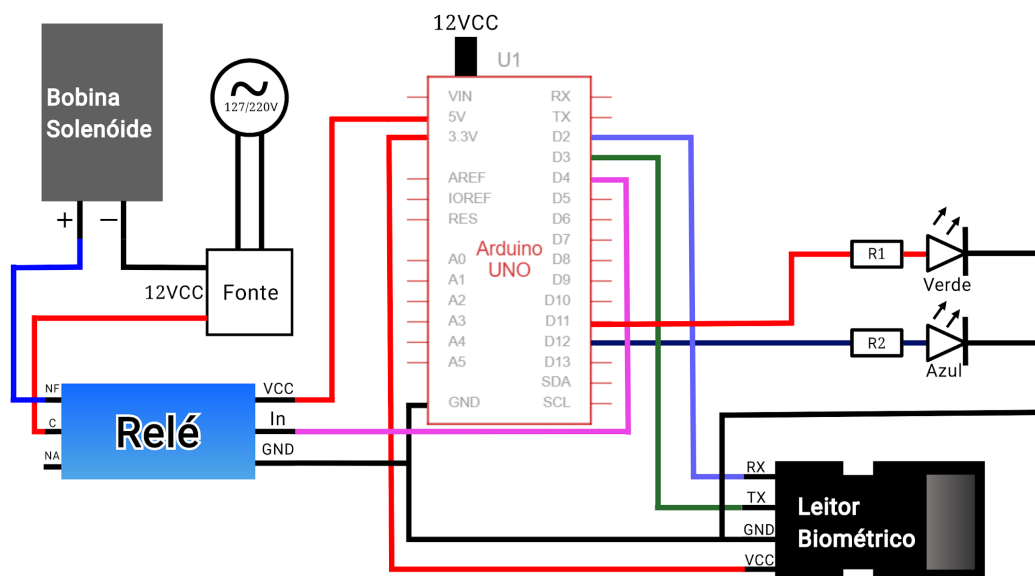
São aplicados no circuito para sinalizar o estado de funcionamento do sistema através da comunicação com o Arduino. O LED verde indica quando deve ser posto o dedo sobre o sensor, enquanto a solenóide está aberta. O LED azul indica quando a solenóide estará fechada e aguardando para ser desbloqueada.

4.3 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DO LEITOR BIOMÉTRICO

Para analisar a capacidade de eficiência do leitor biométrico, modelo As608, utilizado, foram coletados dados de forma prática. O leitor biométrico, posto em funcionamento, foi repetidas vezes bloqueado e desbloqueado até chegar em uma amostra de 10 desbloqueios. Foram contados os números de vezes que eram necessários colocar o polegar da mão esquerda e direita no sensor para identificação e desbloqueio. As informações coletadas foram analisadas e dispostas em uma tabela e gráfico.

4.4 ESQUEMA ELETRÔNICO

Figura 11 - Esquema



Fonte: Os autores (2025)

A fonte estabilizadora é responsável por receber a energia da rede em 127V/220V-CA e transformá-la em 12V-CC, o que será utilizado para a alimentação da placa Arduino UNO e da bobina solenóide pelo relé. Na placa serão armazenados os códigos de programação, além de ser ela quem irá comandar o circuito, comunicando-se diretamente com outros componentes, como o relé, a sinalização e o leitor biométrico. O leitor é o responsável por detectar uma digital biométrica, armazená-la e transformá-la em um código que será processado e enviado para a placa Arduino UNO.

O leitor biométrico e a placa Arduino estarão ligados entre si para alimentação do sensor e para que a transferência de dados possa ocorrer. O Arduino estará ligado ao relé, e o controlará, sendo este responsável por permitir a passagem da carga de 12V da fonte diretamente à bobina solenoide, tornando possível o seu acionamento, sendo que ela servirá como uma trava simbólica no protótipo.

Há duas lâmpadas LED (azul e verde) e dois resistores que estarão conectados à placa Arduino e ao leitor biométrico, servindo como sinalização de funcionamento. O LED azul terá a função de indicar quando a tranca está fechada e o LED verde indicará tranca aberta. Enquanto a memória do leitor estiver vazia, ou seja, tranca aberta, o leitor aguardará alguma digital ser posta sobre ele, e o LED verde irá indicar as duas vezes que a digital deve ser posta, desligando quando o dedo deva ser afastado. O LED azul só liga quando a digital é armazenada e a tranca fechada. O sistema ficará aguardando a mesma digital para desbloqueio, e apagará da memória quando desbloqueado. O sistema reiniciará após isso. Em caso de falha na captura ou armazenamento da digital, o LED azul piscará duas vezes e o sistema vai reiniciar.

4.5 PROGRAMAÇÃO

O código inicia importando as bibliotecas necessárias e declarando as variáveis.

Figura 12 - Código do Protótipo I

```
1  #include <Adafruit_Fingerprint.h>
2  #include <SoftwareSerial.h>
3
4  uint8_t id = 1;
5  uint8_t getFingerprintEnroll();
6  int getFingerprintIDez();
7  int correto = 0;
8  int vazio = 0;
9  int erro = 0;
10
11  SoftwareSerial mySerial(3, 2);
12
13  Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);
14
```

Fonte: Os autores (2025)

Em seguida, são definidas as portas dos componentes, a taxa de comunicação e uma verificação.

Figura 13 - Código do Protótipo II

```
14
15  void setup() {
16    Serial.begin(9600);
17    finger.begin(57600);
18    pinMode(11, OUTPUT);
19    pinMode(12, OUTPUT);
20    pinMode(4, OUTPUT);
21    digitalWrite(4, HIGH);
22    if (finger.verifyPassword()) {
23      Serial.println("Leitor Biometrico encontrado");
24    }
25    else {
26      Serial.println("Leitor Biometrico nao encontrado");
27      while (1);
28    }
29  }
30
```

Fonte: Os autores (2025)

Loop principal que chama as funções “getFingerprintIDez()”, que faz a captura e comparação da digital, e a função “getFingerprintEnroll()”, que faz a captura e armazenamento da digital. Ele manterá o sistema funcionando.

Figura 14 - Código do Protótipo III

```
30
31 void loop() {
32     delay(100);
33     if (getFingerprintIDez() != -1 and vazio == 1){
34         correto = 1;
35         Serial.print(getFingerprintIDez());
36     }
37     if (correto == 1){
38         correto = 0;
39         vazio = 0;
40         digitalWrite(12, LOW);
41         digitalWrite(4, HIGH);
42     }
43     if (vazio == 0 and correto == 0){
44         vazio = 1;
45         id = 1;
46         getFingerprintEnroll();
47     }
48 }
49
50
```

Fonte: Os autores (2025)

Função “getFingerprintIDez()” que captura a digital e a compara com a presente na memória quando chamada. Ela retorna a confirmação de compatibilidade(1) ou a negação de compatibilidade(-1) entre as digitais armazenada e capturada para análise.

Figura 15 - Código do Protótipo IV

```
50
51 int getFingerprintIDez() {
52     uint8_t p = finger.getImage();
53     if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
54
55     p = finger.image2Tz();
56     if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
57
58     p = finger.fingerFastSearch();
59     if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
60
61     Serial.print("ID # Encontrado ");
62     Serial.print(finger.fingerID);
63     Serial.print(" com precisao de ");
64     Serial.println(finger.confidence);
65     if (finger.confidence < 140){
66         return -1;
67     }
68     else{
69         return finger.fingerID;
70     }
71 }
72
```

Fonte: Os autores (2025)

Função “getFingerprintEnroll()”, quando chamada, vai aguardar digital ser posta no sensor para capturar, converter e armazenar. A lâmpada(LED) verde irá ligar duas vezes para indicar as duas vezes que o dedo deve ser posto no sensor.

Figura 16 - Código do Protótipo V

```
72
73 uint8_t getFingerprintEnroll() {
74     int p = -1;
75     Serial.print("Esperando digital para inscrever #");
76     Serial.println(id);
77     digitalWrite(11, HIGH);
78     while (p != FINGERPRINT_OK) {
79         p = finger.getImage();
80         switch (p) {
81             case FINGERPRINT_OK:
82                 Serial.println("Imagem Capturada");
83                 break;
84             case FINGERPRINT_NOFINGER:
85                 Serial.print(".");
86                 break;
87             case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
88                 Serial.println("Erro ao se Comunicar");
89                 break;
90             case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
91                 Serial.println("Erro ao Capturar Imagem");
92                 break;
93             default:
94                 Serial.println("Erro Desconhecido");
95                 break;
96         }
97     }
98 }
```

Fonte: Os autores (2025)

O LED é desligado, pois a primeira imagem da digital foi capturada, e, em seguida, a imagem é convertida.

Figura 17 - Código do Protótipo VI

```
99     digitalWrite(11, LOW);
100    p = finger.image2Tz(1);
101    switch (p) {
102        case FINGERPRINT_OK:
103            Serial.println("Imagem convertida");
104            break;
105        case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
106            Serial.println("Imagem muito Confusa");
107            break;
108        case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
109            Serial.println("Erro ao se Comunicar");
110            break;
111        case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
112            Serial.println("Impossível encontrar características da digital");
113            break;
114        case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
115            Serial.println("Impossível encontrar características da digital");
116            break;
117        default:
118            Serial.println("Erro Desconhecido");
119            break;
120    }
```

Fonte: Os autores (2025)

O sistema aguarda a remoção do dedo e o LED é ligado em seguida para indicar que a digital deve ser posta sobre o sensor novamente.

Figura 18 - Código do Protótipo VII

```
121
122    delay(2000);
123    p = 0;
124    while (p != FINGERPRINT_NOFINGER) {
125        p = finger.getImage();
126    }
127    Serial.print("ID "); Serial.println(id);
128    p = -1;
129    digitalWrite(11, HIGH);
```

Fonte: Os autores (2025)

A digital é capturada, se não passar por nenhum problema no processo.

Figura 19 - Código do Protótipo VIII

```
132
133 while (p != FINGERPRINT_OK) {
134     p = finger.getImage();
135     switch (p) {
136     case FINGERPRINT_OK:
137         Serial.println("Imagem capturada");
138         break;
139     case FINGERPRINT_NOFINGER:
140         Serial.print(".");
141         break;
142     case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
143         Serial.println("Erro de comunicação");
144         break;
145     case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
146         Serial.println("Falha na captura");
147         break;
148     default:
149         Serial.println("Erro desconhecido");
150         break;
151     }
152 }
```

Fonte: Os autores (2025)

O LED é desligado, indicando a captura da digital, e a digital é convertida, caso não haja nenhum problema no processo.

Figura 20 - Código do Protótipo IX

```
153
154     digitalWrite(11, LOW);
155     p = finger.image2Tz(2);
156     switch (p) {
157         case FINGERPRINT_OK:
158             Serial.println("Imagem convertida");
159             break;
160         case FINGERPRINT_IMAGEESS:
161             Serial.println("Imagem muito confusa");
162             erro = 1;
163         case FINGERPRINT_PACKETRECIIEVEERR:
164             Serial.println("Erro de comunicação");
165             erro = 1;
166         case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
167             Serial.println("Falha na captura");
168             erro = 1;
169         case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
170             Serial.println("Não conseguiu capturar imagem corretamente");
171             erro = 1;
172         default:
173             Serial.println("Erro desconhecido");
174             erro = 1;
175     }
176
```

Fonte: Os autores (2025)

Um modelo é criado, juntando as duas imagens da digital capturada. Caso as duas imagens sejam compatíveis, o modelo é formado com sucesso, caso haja alguma falha, a variável “erro” recebe o valor 1 para indicar falha no processo.

Figura 21 - Código do Protótipo X

```
177 Serial.print("Criando modelo de #"); Serial.println(id);
178
179 p = finger.createModel();
180 if (p == FINGERPRINT_OK) {
181     Serial.println("Imagens compatíveis!");
182 } else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
183     Serial.println("Erro de comunicação");
184     erro = 1;
185 } else if (p == FINGERPRINT_ENROLLMISMATCH) {
186     Serial.println("Imagens não compatíveis");
187     erro = 1;
188 } else {
189     Serial.println("Erro desconhecido");
190     erro = 1;
191 }
192
193
```

Fonte: Os autores (2025)

Caso não haja erro no processo, ou seja, a variável “erro” permanece com o valor 0, a digital é armazenada na memória. Se houver erro no processo, a variável “erro” recebe o valor 1. O LED azul liga, indicando bobina solenóide fechada e o relé(NF) é aberto, assim fechando a tranca da bobina solenóide.

Figura 22 - Código do Protótipo XI

```
194     if (erro == 0) {
195         Serial.print("ID ");
196         Serial.println(id);
197         id = 1;
198         p = finger.storeModel(id);
199         if (p == FINGERPRINT_OK) {
200             Serial.println("Armazenado!");
201             digitalWrite(12, HIGH);
202             digitalWrite(4, LOW);
203         }
204         else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
205             Serial.println("Erro de comunicação");
206             erro = 1;
207         }
208         else if (p == FINGERPRINT_BADLOCATION) {
209             Serial.println("Impossível de armazenar");
210             erro = 1;
211         }
212         else if (p == FINGERPRINT_FLASHERR) {
213             Serial.println("Erro ao salvar na memória");
214             erro = 1;
215         }
216         else {
217             Serial.println("Erro desconhecido");
218             erro = 1;
219         }
220     }
```

Fonte: Os autores (2025)

Se houver algum erro na captura ou armazenamento da digital, o problema é tratado aqui. Variável “vazio” como 0 indica memória vazia. O LED azul pisca apenas para sinalizar ocorrência de erro. O sistema recomeça e aguarda digital ser posta sobre o sensor novamente.

Figura 23 - Código do Protótipo XII

```
221     if (erro == 1){
222         vazio = 0;
223         erro = 0;
224         digitalWrite(12, HIGH);
225         delay(200);
226         digitalWrite(12, LOW);
227         delay(200);
228         digitalWrite(12, HIGH);
229         delay(200);
230         digitalWrite(12, LOW);
231         delay(200);
232     }
233 }
```

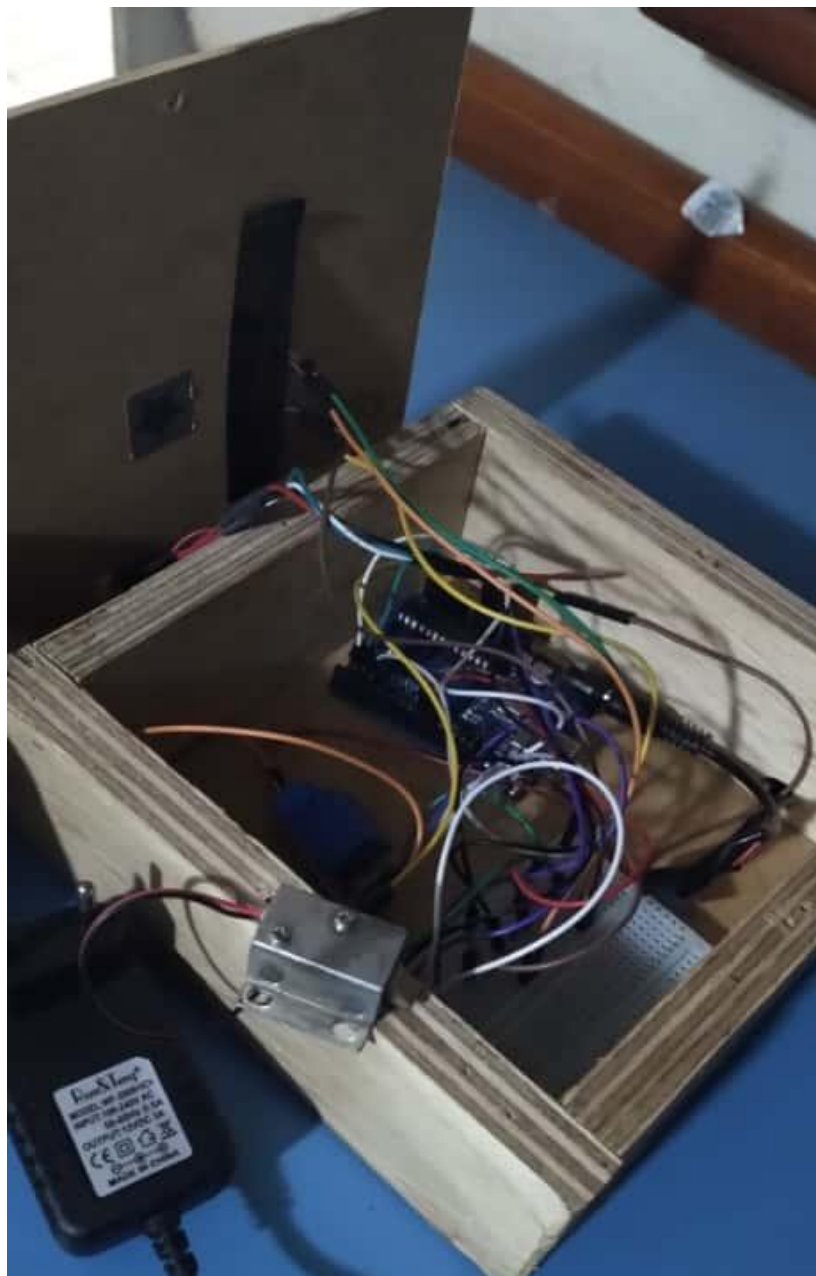
Fonte: Os autores (2025)

4.6 IMAGENS DO PROTÓTIPO

Nesta seção estão dispostas as imagens do protótipo em estado avançado de desenvolvimento, já em estado funcional.

Na primeira imagem, Figura 24, temos o protótipo com sua carcaça aberta, permitindo-nos uma visão interna dele.

Figura 24 - Protótipo Aberto



Fonte: Os autores (2025)

Em seguida, na Figura 25, temos demonstrado o protótipo com sua tampa fechada e desligado.

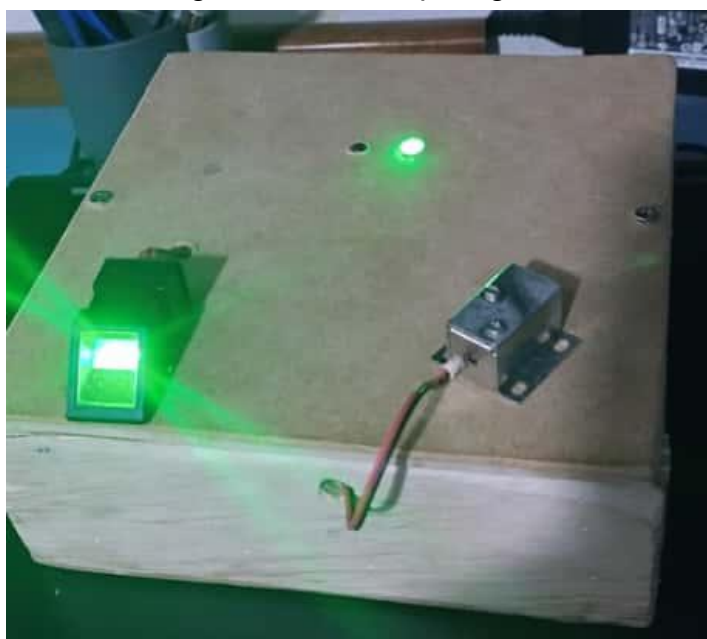
Figura 25 - Protótipo Desligado



Fonte: Os autores (2025)

A Figura 26 demonstra o protótipo já energizado enquanto aguarda por um sinal de digital, com a tranca recolhida e o LED verde ligado.

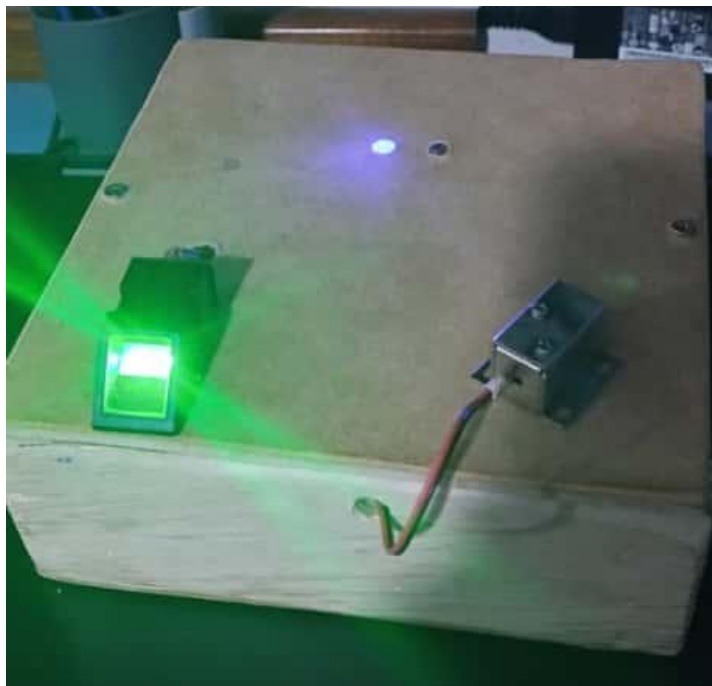
Figura 26 - Protótipo Ligado



Fonte: Os autores (2025)

A última figura, Figura 27, dispõe do protótipo já acionado, após receber os sinais de digital, com a tranca “estendida” e o LED azul ligado.

Figura 27 - Protótipo em Modo Trancado



Fonte: Os autores (2025)

5 CRONOGRAMA

Tabela 3 - Cronograma

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

Fonte: Os autores (2025)

6 RECURSOS

Tabela 4 - Recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Módulo Biométrico Digital Arduino	R\$95,95	1	R\$95,95	Mercado Livre	23/07/2024
Arduino Uno R3 Atmega328P	R\$78,90	1	R\$78,90	Mercado Livre	23/07/2024
Mini Fechadura Solenóide Arduino 12V	R\$39,90	1	R\$39,90	Mercado Livre	23/07/2024
Módulo Relé Arduino	R\$13,15	1	R\$13,15	Mercado Livre	23/07/2024
Fonte 12V/3A	R\$18	1	R\$18	Mercado Livre	23/07/2024
Cabo Jumper Mxm + Mxf + Fxf 20 cm	R\$0,25	120	R\$30,40	Mercado Livre	23/07/2024
Protoboard 830 pontos	R\$34,39	1	R\$34,39	Mercado Livre	23/07/2024
Resistor	Doado	2	Doado	Orientador	15/03/2025
LEDs	Doado	2	Doado	Orientador	15/03/2025
Caixa de Madeira	Doado	1	Doado	Autores	13/10/2024
Valor final: R\$310,69					

Fonte: Os autores (2025)

7 RESULTADOS

Sabendo-se da grande importância que os ciclistas quotidianos dão à praticidade e de suas preocupações com a infraestrutura, desenvolveu-se o projeto de trava biométrica visando atender às demandas desse público. Vide a tendência de aumento no uso de bicicletas, acredita-se que temas relacionados terão cada vez mais relevância, o que reforça a importância deste projeto.

No decorrer desta pesquisa, percebeu-se que um dispositivo que funcione através da leitura biométrica e possa proporcionar segurança e praticidade aos ciclistas é algo possível de ser feito. Por meio de sua construção, seriam atendidas as demandas por infraestrutura, bem como tornaria o dia-a-dia do ciclista mais prático e simples, assim incentivando o ciclismo.

Conforme ocorreu o processo de construção do protótipo, foram realizados testes, visando avaliar sua capacidade de leitura de digitais e sua taxa de erros. Percebeu-se a existência de diversas limitações relacionadas aos equipamentos disponíveis, principalmente com a baixa precisão do leitor de biometria e o tamanho reduzido da fechadura disponível. Em seguida, estão tabelados os dados dos testes:

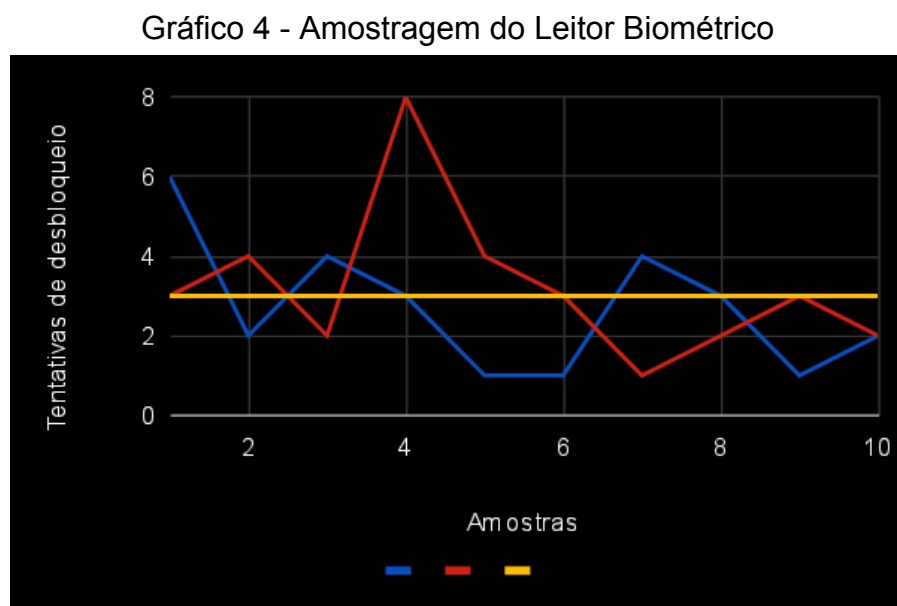
Tabela 4 - Amostras

Amostras	Polegar da Mão Direita (tentativas de desbloqueio)	Polegar da Mão Esquerda (tentativas de desbloqueio)
1	6	3
2	2	4
3	4	2
4	3	8
5	1	4
6	1	3
7	4	1
8	3	2
9	1	3
10	2	2

Fonte: Os autores (2025)

Em 10 tentativas, o sensor reconheceu corretamente a digital em média após 3,1 tentativas, assim apresentando baixa taxa de precisão.

No gráfico a seguir, a linha vermelha indica as tentativas de desbloqueio com o polegar da mão esquerda, a linha azul indica as tentativas de desbloqueio com o polegar da mão direita e a linha amarela indica a média total dos dois.



Fonte: Os autores (2025)

Devido à leitura pouco precisa do módulo leitor biométrico, foi necessário implantar um processo de duplo posicionamento do dedo com a biometria, para que esta pudesse ser registrada com o mínimo de precisão. Além disso, caso alguém persistentemente tente destravar o dispositivo colocando uma digital não reconhecida, é possível que o leitor falhe no teste de compatibilidade, determinando que as biometrias são semelhantes o suficiente.

A trava utilizada é prejudicada pelo seu tamanho, não sendo grande o suficiente para ser utilizada em uma situação real. O seu modo de operação, através de uma bobina solenóide, é perfeitamente aplicável ao projeto, consequentemente a trava usada no projeto serve como um dispositivo simbólico.

A limitação relacionada à trava resultou no principal impedimento quanto à aplicação do protótipo em um paraciclo. Tanto seu tamanho, quanto alguns formatos disponíveis no mercado, aliados ao alto custo, tornaram inviável o maior desenvolvimento do projeto. Tais limitações presentes no projeto devem-se principalmente ao elevado custo de componentes de maior qualidade.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste projeto foram descritas as razões que motivam a existência deste, bem como o seu processo de construção. Com o objetivo geral de desenvolver um dispositivo fixo, capaz de trancar bicicletas em paraciclos de forma prática, foi feito um modelo capaz de ser realizado, limitado principalmente por questões financeiras. Concluiu-se o projeto com um dispositivo apto para ler digitais biométricas, compreendê-las e responder aos sinais do modo desejado, havendo problemas apenas com a qualidade e o tamanho dos componentes utilizados.

Apesar de não conseguir implementar o protótipo, é notável a possibilidade de seu desenvolvimento e consequente aplicação. Como descrito anteriormente, tal projeto apresenta grande potencial de utilização, podendo ser muito atrativo para trabalhos futuros.

É aconselhável, caso haja um posterior desenvolvimento deste projeto, a utilização de leitores biométricos de qualidade superior, um modelo diferente de trava, seja ela por bobina solenóide ou não, e a criação de uma forma de armazenamento de dados, capaz de conservar as informações detectadas pela trava em caso de desligamento repentino.

Para além disto, a elaboração deste trabalho de conclusão de curso técnico permitiu uma maior compreensão de questões relacionadas ao funcionamento e à operação de dispositivos eletroeletrônicos, bem como questões sociais e ambientais relacionadas ao desenvolvimento das atividades ciclistas, sendo estas o ponto central da criação deste trabalho.

Conclui-se que, sendo feitas as devidas correções e melhorias no projeto, sua execução seria de real serventia, não somente em um momento presente, mas também em um cenário futuro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Victor; et al. **Mobilidade por Bicicleta no Brasil**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: PROURB/UFRJ, 2016. ISBN: 978-85-88027-32-9

BERTO, Frank J.. **Bicycle**. Encyclopædia Britannica, Inc, Chicago, 29 de maio de 2024. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/bicycle>> (em inglês). Acesso em: 25 de jul. de 2024.

DOS SANTOS, José Giovani. **Bicicletário Mecânico Modular**. 2018. TCC (Bacharel em Design) – Unidade Acadêmica de Design, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 156. 2018.

ESTADÃO. **Brasil tem mais de 4 mil km de ciclovias**. Estadão, São Paulo, [2022]. Mobilidade. Disponível em: <<https://mobilidade.estadao.com.br/meios-de-transporte/brasil-tem-mais-de-4-mil-km-de-ciclovias>> Acesso em: 5 de ago. de 2024.

NGUYEN-LUONG, Dany. **Enquête régionale sur la mobilité des Franciliens**. L'Institut Paris Region, 04 de abr. de 2024. Disponível em: <<https://www.institutparisregion.fr/mobilite-et-transport/deplacements/enquete-regionale-sur-la-mobilite-des-franciliens/>> (em francês). Acesso em: 01 de set. de 2024.

O ANTAGONISTA. **Uso de bicicletas em Paris ultrapassa uso de carros**. O Antagonista, São Paulo, 16 de abr. de 2024. Mundo. Disponível em: <<https://oantagonista.com.br/mundo/uso-de-bicicletas-em-paris-ultrapassa-uso-de-carros>>. Acesso em: 4 de ago. de 2024.

RIZZON, Bruno Miotto. **Análise e Comparação da Percepção sobre Barreiras e Impacto de Políticas Públicas no Uso da Bicicleta entre Ciclistas e Potenciais Ciclistas no Brasil**. 2023. Tese (Engenharia de Produção e Transportes) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Porto Alegre, p. 106. 2023.

STRAVA. **Strava publica o Ano Esportivo 2023: um relatório de tendências que revela o que motiva e o que desanima as diferentes gerações**. Strava, Inc., São Francisco, 3 de jan. de 2024. Disponível em: <<https://press.strava.com/pb/articles/strava-releases-year-in-sport-trend-report>> Acesso em: 5 de set. de 2024.

SILVA, Fernando. **Impressões digitais: por quê somos únicos?**. UFMG, Belo Horizonte, 4 de maio de 2021. Espaço do Conhecimento. Disponível em <<https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/impressoes-digitais-por-que-somos-unicos>>. Acesso em: 06 de ago. de 2024.

SOLDADO, Camilo. **Aumentar ciclovias e quilômetros pedalados: Europa quer impulsionar uso da bicicleta**. Público, Maia, 15 de fev. de 2023. Disponível em: <<https://www.publico.pt/2023/02/15/local/noticia/aumentar-ciclovias-quilometros-pedalados-europa-quer-impulsionar-uso-bicicleta-2039122>> Acesso em: 25 de jul. de 2024.

SOPRANO. **Fechadura elétrica: conheça os diferenciais do produto.** Soprano, Farroupilha, 3 de dez. de 2020. Disponível em: <<https://www.soprano.com.br/blog/fechadura-eletrica-conheca-os-diferenciais-do-produto>>. Acesso em: 5 de set. De 2024.