



CURSO TÉCNICO EM INFORMÁTICA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO

ANNA LAURA ARRUDA BRASIL

**AUTOMATIZAÇÃO DE ARMADILHAS DE CAPTURA DE ANIMAIS DE PEQUENO
PORTE VIA ARDUINO
ECOTRAP**

URUGUAIANA

2025

ANNA LAURA ARRUDA BRASIL

**AUTOMATIZAÇÃO DE ARMADILHAS DE CAPTURA DE ANIMAIS DE PEQUENO
PORTE VIA ARDUINO
ECOTRAP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino
Médio do Câmpus Avançado Uruguaiana do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Farroupilha como requisito parcial para
a obtenção do título de Técnico em Informática.

Orientadores:

Fábio Dias da Silva

Úrsula Lisbôa Ribeiro

URUGUAIANA

2025

Brasil, Anna Laura Arruda

ECOTRAP : AUTOMATIZAÇÃO DE ARMADILHAS DE
CAPTURA DE ANIMAIS DE PEQUENO PORTE VIA ARDUINO/
ANNA LAURA ARRUDA BRASIL. — 2025.

[42] f.

Trabalho de Conclusão de Curso Técnico – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha,
Uruguaiana, 2025.

1. Monitoramento de fauna. 2. Baixo custo. 3.Captura
segura. I. ECOTRAP.

CDD [número da CDD].

ANNA LAURA ARRUDA BRASIL

**PROJETO DE CAPTURA E PESQUISA DE ANIMAIS PARA FINS DE ESTUDO
CAPTURA DO CONHECIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do Campus Uruguaiana do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Informática.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 07/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof.Me. Fábio Dias

Prof.Me. Ursula Ribeiro

Prof.Me. Natthan Soares

Prof.Me. João Ribeiro

Dedico este trabalho a minha avó, que
durante toda a minha vida, sempre fez o
possível para me ver sorrir.
Descanse em paz, vó.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família pelo apoio incondicional, pela estrutura e pelas condições que me permitiram produzir um trabalho e pesquisa como este. Sou especialmente grata pelo incentivo e pelos esforços que me deram base para estudar no IFFar. Também expresso minha gratidão aos professores e orientadores, pela dedicação, ensinamentos e orientação ao longo do desenvolvimento do projeto. Agradeço ao meu namorado, Pedro Gonzalez, que nunca deixou de me apoiar e me ofereceu o suporte necessário para enfrentar a pressão e as expectativas que nos são impostas. Sou grata, ainda, aos colegas e amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram com sugestões, apoio técnico e motivação nos momentos de dificuldade.

“O conhecimento é a chave para a liberdade.”
HYPATIA DE ALEXANDRIA

RESUMO

A pesquisa em campo é especialmente importante para o monitoramento de fauna e flora, entretanto, diversos especialistas na área relatam certas dificuldades em concluir seu trabalho com êxito, tanto pela falta de segurança e escassez de materiais adequados. Contudo, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema eletrônico baseado em um microcontrolador Arduino para auxiliar na captura segura de animais silvestres. A proposta visa diminuir os riscos citados, protegendo, assim, tanto o pesquisador quanto os animais no processo.

A justificativa do projeto se baseia na necessidade de equipamentos eficazes e de baixo custo, pela falta de recursos financeiros limita a aquisição de materiais especializados ou até mesmo mais tecnológicos para o manejo da fauna. Através da metodologia de Design de Experimentos (DOE), foi construído um modelo que pode ser crucial para otimizar de forma sistemática e eficiente o projeto do sistema e automatizar uma armadilha de captura para pequenos animais, tanto em meio urbano quanto em meio rural, que permitiria testar e calibrar a interação entre seus diversos componentes (MONTGOMERY, 2019) - como a sensibilidade do sensor, o tempo de resposta do servo motor e a confiabilidade da notificação. Essa abordagem metodológica garantiu a criação de uma solução que tem grande capacidade de avanço e aprimoramento. O objetivo desta armadilha é a diminuição do tempo de exposição do pesquisador no trabalho de campo, bem como o tempo de aprisionamento do animal na armadilha, minimizando estresse e qualquer possibilidade de dano físico ao exemplar capturado.

O desenho escolhido conta com um sensor ultrassônico para perceber o animal dentro da armadilha, um Arduino Uno para processamento e um led para notificar a captura. O sensor de distância ultrassônico que é capaz de notar a presença do animal por meio de ondas de alta frequência que refletem no animal e retornam a ele, o dispositivo conta também com um módulo GSM shield para a conexão via rede celular, e um servo motor para controlar a fechadura da armadilha.

O desenvolvimento do protótipo envolveu uma série de pesquisas, montagens e testes para um protótipo funcional e modular, permitindo ser acessível a pesquisadores ou estudantes, democratizando o acesso a ferramentas eficientes e tecnológicas.

Palavras-chave: monitoramento de fauna, arduino, baixo custo, captura segura.

ABSTRACT

Field research is especially important for monitoring fauna and flora; however, several specialists in the area report certain difficulties in successfully completing their work, due both to lack of safety and scarcity of adequate materials. Nevertheless, this work aims to develop an electronic system based on an Arduino microcontroller to assist in the safe capture of wild animals. The proposal seeks to reduce the mentioned risks, thereby protecting both the researcher and the animals during the process.

The justification for the project is based on the need for effective and low-cost equipment, since limited financial resources restrict the acquisition of specialized or even more advanced technological materials for wildlife management. Through the Design of Experiments (DOE) methodology, a model was built that can be crucial for systematically and efficiently optimizing the system design and automating a capture trap for small animals, both in urban and rural environments. This would allow testing and calibrating the interaction between its various components (MONTGOMERY, 2019)—such as sensor sensitivity, servo motor response time, and notification reliability. This methodological approach ensured the creation of a solution with great potential for advancement and improvement. The purpose of this trap is to reduce the researcher's exposure time in fieldwork, as well as the animal's confinement time in the trap, minimizing stress and any possibility of physical harm to the captured specimen.

The chosen design includes an ultrasonic sensor to detect the animal inside the trap, an Arduino Uno for processing, and an LED to notify the capture. The ultrasonic distance sensor is capable of detecting the presence of the animal through high-frequency waves that reflect off the animal and return to the sensor. The device also features a GSM shield module for cellular network connection and a servo motor to control the trap's lock.

The prototype development involved a series of studies, assemblies, and tests to create a functional and modular prototype, making it accessible to researchers or students and democratizing access to efficient and technological tools.

Keywords: wildlife monitoring; arduino; low-cost technology; secure capture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama via Circuito.IO	24
Figura 2 - Diagrama de Estados	25
Figura 3 - Armadilha de captura	26
Figura 4 - Sensor Ultrassônico	28
Figura 5 - Arduino	29
Figura 6 - Jumpers	30
Figura 7 - Protoboard	31
Figura 8 - Micro servo	32
Figura 9 - Botão	33
Figura 10 - Resistores	34
Figura 11 - Sensor Infravermelho	34
Figura 12 - Leds	35
Figura 13 - GSM Shield SIM900	37
Figura 14 - Diagrama casos de Uso	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFFAR	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
SIGBio/RS	Sistema de Informação sobre a Biodiversidade do Rio Grande do Sul
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura
SIM	Subscriber Identity Module (módulo de identificação do assinante)
GSM	Global System for Mobile Communications (Sistema Global para Comunicações Móveis)
SMS	Short Message Service (Serviço de Pequenas Mensagens)
GPRS	General Packet Radio Service (Serviço Geral de Rádio por Pacotes)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω Ohm, vindo do grego *ômega*, representa a resistência elétrica de um componente.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 METODOLOGIA	18
2 DESENVOLVIMENTO	23
SIMULAÇÃO VIA TINKERCAD	23
Construção armadilha	24
<i>Desenvolvimento do protótipo</i>	32
Programação	34
CASOS DE USO	39
CONSIDERAÇÕES PARCIAIS	19
REFERÊNCIAS	41

INTRODUÇÃO

A pesquisa em campo, realizada por biólogos, é especialmente importante para compreender a biodiversidade que reside no mesmo e é fundamental para o conhecimento e a conservação da fauna (MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE, 2022; SCARTASSINI; MOURA, 2020). As informações conseguidas a partir desses estudos e capturas são cruciais para a geração de dados sobre a distribuição, abundância e comportamento das espécies, permitindo a identificação de áreas prioritárias para conservação, o desenvolvimento de planos de manejo eficazes e a avaliação do impacto de ações antrópicas nos ecossistemas. Ela apresenta, contudo, uma série de desafios que vão além de dificuldades técnicas.

Apesar dessas limitações, os resultados alcançados pelas pesquisas de campo têm sido consideráveis. Graças a elas, foi possível descrever novas espécies, identificar áreas carentes de biodiversidade e fornecer embasamento técnicos para a criação de unidades de conservação em diferentes biomas brasileiros (STEGMANN et al., 2024). Os dados obtidos também fundamentam políticas públicas de proteção ambiental, contribuem para o licenciamento ambiental mais responsável e fortalecem ações de educação ambiental e gestão participativa (INSTITUTO SUA CIÊNCIA, 2022).

Além disso, essas pesquisas desempenham um papel fundamental no monitoramento de espécies ameaçadas, na recuperação de habitats degradados e na diminuição dos impactos das mudanças climáticas sobre a fauna nativa. Porém, profissionais e estudantes da área ambiental frequentemente enfrentam problemas com horários extremos, riscos relacionados à segurança pessoal — principalmente no caso das mulheres que podem ser vítimas de assédio em horários de pesquisa — e eventuais encontros com caçadores (CLANCY et al., 2014; LISBOA et al., 2019; EIFLING et al., 2023). A escassez de recursos financeiros para a aquisição de materiais adequados também é um obstáculo recorrente, comprometendo a eficácia das pesquisas (INSTITUTO SUA CIÊNCIA, 2022; MPI TECHNOLOGY, 2023).

1.1 JUSTIFICATIVA

A captura e o manejo de animais silvestres demandam cuidados específicos para garantir a segurança tanto dos pesquisadores quanto dos próprios animais. Sendo essencial manter o cuidado tanto com o pesquisador que está atuando quanto com o animal, a redução de danos causados deve ser mínima, o que exige vigilância constante e uso de equipamentos apropriados. Entretanto, a falta de recursos financeiros para aquisição de materiais especializados, como armadilhas eficazes, sensores de presença e sistemas de monitoramento remoto, limita significativamente a qualidade e a ética dessas práticas (INSTITUTO SUA CIÊNCIA, 2022).

Tendo visto esses problemas, este trabalho busca projetar, desenvolver, construir e solucionar parte desses problemas listados com uma alternativa baseada no microcontrolador Arduíno que facilita a captura de animais silvestres ou não, de baixo custo e com estrutura modular, podendo ser monitorado de longe pelos pesquisadores ou estudantes, também integrado com dois sensores para monitorar e ter certeza de que o animal foi capturado e com um dispositivo que possibilita notificar o usuário por meio de aviso via mensagem de texto (SMS) quando o animal foi capturado. utilização de um dispositivo como este pode, inclusive, otimizar a coleta de dados para plataformas, como o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade do Rio Grande do Sul (SIGBio/RS) por exemplo, contribuindo para um registro mais eficiente da fauna.

O Arduino é um microcontrolador capaz de ser adaptado por meio da linguagem de programação C para diversas ocasiões por sua modularidade e capacidade de adaptação para diversas necessidades que o usuário possa vir a ter. O Módulo GSM Shield é um componente eletrônico que se conecta ao microcontrolador Arduino, permitindo a comunicação via rede de telefonia celular. Possibilitando que o GSM Shield utilize um cartão SIM (chip de celular) para receber SMS, fazer e receber chamadas de voz e acessar a internet por meio de dados GPRS do próprio GSM Shield. Essa capacidade é fundamental para projetos que necessitam de conectividade remota, especialmente em locais onde a infraestrutura Wi-Fi é limitada ou inexistente.

Este trabalho pretende reduzir parte das possíveis dificuldades envolvendo a pesquisa de animais e realizar uma captura segura, tanto para os pesquisadores quanto os animais de acordo com a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), que prevê a proteção da fauna brasileira e pune ações que coloquem em risco a biodiversidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto de armadilha modular automatizada via microcontrolador arduíno para que a captura dos animais consiga possibilitar estudos biológicos de campo de forma mais segura, funcional, adaptável e econômica, assim, buscando facilitar o trabalho de pesquisa de campo onde estudantes e/ou pesquisadores atuam.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Pesquisar por trabalhos e sistemas semelhantes, possibilitando ver o que pode ou não funcionar;
2. Estudar e entender o funcionamento da microcontrolador arduíno e suas conexões;
3. Desenvolver habilidades em linguagem de programação C;
4. Estudar e entender o funcionamento de sensores de proximidade;
5. Estudar e entender o funcionamento de micro servo;
6. Integrar o componente micro servo ao microcontrolador arduino;
7. Estudar e entender o funcionamento de botões e leds;
8. Integrar os componentes botões e leds ao microcontrolador arduino;
9. Estudar e entender o funcionamento de GSM Shield;
10. Integrar o componente GSM Shield a armadilha e arduino.

11. Automatizar a armadilha via microcontrolador arduíno com diferentes sensores e componentes;

1.3 METODOLOGIA

O Design de Experimentos (DOE) é uma metodologia estatística que visa planejar, conduzir e analisar experimentos controlados de maneira otimizada e sistemática. Diferentemente da abordagem tradicional de testar uma variável de cada vez. O DOE permite investigar múltiplos fatores simultaneamente para entender não apenas seu efeito individual, mas também como eles interagem entre si (MONTGOMERY, 2019). Seu funcionamento baseia-se em princípios como a randomização (ordem aleatória dos testes para evitar viés), a replicação (repetição de ensaios para medir a variabilidade) e o uso de matrizes experimentais (um conjunto definido de combinações de fatores a serem testadas). O objetivo principal é extrair o máximo de informação confiável com o mínimo de recursos, identificando relações de causa e efeito dentro de um processo para, assim, encontrar condições ótimas de operação.

Neste projeto, o DOE foi empregado para estruturar o desenvolvimento e a validação do protótipo da armadilha inteligente. A metodologia foi crucial para definir quais parâmetros (fatores) – como a sensibilidade do sensor de movimento e o delay para ativação da porta – teriam maior impacto na eficácia da captura (a variável resposta). Através de um planejamento fatorial, foi possível testar combinações desses fatores de forma organizada, o que permitiu identificar a configuração mais eficiente e confiável para o sistema, evitando tentativas aleatórias e demoradas.

Para fundamentar e orientar a aplicação do DOE neste projeto, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente, incluindo a análise de sistemas semelhantes. A pesquisa fundamentou-se em trabalhos como o de Bezerra (2023), que evidenciou certas defasagens para uma boa pesquisa de campo, como a falta de segurança para seus profissionais pesquisadores e animais. Lá ele deixa claro falhas cometidas pela falta de integração com a segurança pública e a escassez de material adequado. — problemas esses que este projeto busca diminuir através de uma solução padronizada e automatizada, o que em meu trabalho resultou na integração da ferramenta de aviso remoto. No estudo de Bezerra, é denunciada a insuficiência

e a lacuna de protocolos padronizados de manejo e destinação da fauna silvestre, que possui a competência de regularizar e de fiscalizar, que recai sobre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A proteção e o bem-estar dos espécimes, com a finalidade de evitar o estresse durante o manejo e garantir sua segurança, encontram-se regulamentados pela Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei de Crimes Ambientais), por Instruções Normativas específicas do IBAMA e pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Adicionalmente, o relato da Universidade Federal do ABC (UFABC, 2022) sobre ciência cidadã reforçou a viabilidade de métodos alternativos para monitoramento, ao mesmo tempo que alertou para desafios como a carência de equipamentos, orientando a busca por uma solução tecnicamente acessível e que se harmonize com os padrões regulatórios.

Na análise de sistemas tecnológicos análogos, identificou-se o trabalho de Shibata et al. (2025), que desenvolveu uma armadilha automatizada para javalis utilizando sensores e inteligência artificial, validando o conceito central de automação aplicado à fauna. Embora esse sistema empregue componentes de alto custo, sua arquitetura inspirou a proposta aqui apresentada, adaptando-a para uma solução acessível baseada em Arduino, cujos parâmetros foram testados via DOE. Por fim, o projeto de Ferreira (2022), focado em um robô de observação com Raspberry Pi, ofereceu subsídios técnicos valiosos para a seleção de sensores e estrutura de controle, que foram posteriormente integrados e otimizados dentro do plano experimental. Coletivamente, esses referenciais não apenas validaram a abordagem metodológica, mas também orientaram as escolhas técnicas e a definição dos fatores a serem estudados, evidenciando oportunidades de inovação dentro do escopo proposto.

Foram identificados trabalhos com objetivos semelhantes, como a pesquisa de Bezerra, que oferece um diagnóstico situacional relevante sobre o manejo de animais silvestres e a biossegurança na polícia ambiental em Mossoró, Rio Grande do Norte. A análise de Bezerra Silva constitui uma base sólida para aprimorar as práticas existentes, apontando lacunas cruciais que afetam a eficácia das operações.

A pesquisa de Bezerra destaca que a falta de integração com a defesa civil compromete as respostas a emergências ambientais e resgates, resultando em

operações menos eficientes e seguras. Além do mais, a inadequação de equipamentos, a legislação desatualizada ou mal aplicada e a ausência de protocolos de biossegurança expõem profissionais e animais a riscos. Dessa forma, o estudo não apenas diagnostica problemas, mas também sugere implicitamente a necessidade de ações coordenadas para otimizar a capacitação, infraestrutura e, essencialmente, a percepção e o respeito pela fauna silvestre.

Outro estudo relevante é o relato publicado pela (UFABC, 2022), que descreve o início de uma iniciativa de ciência cidadã focada no monitoramento da biodiversidade urbana, com ênfase na fauna de áreas protegidas da cidade de São Paulo. A justificativa apresentada demonstra claramente como a escassez de recursos financeiros e de infraestrutura dificulta a implementação de programas oficiais de monitoramento, o que reforça a necessidade de envolver voluntários e métodos participativos de coleta de dados.

A metodologia empregada pela UFABC inclui a criação de redes de observação colaborativa por meio de grupos de WhatsApp, com a participação de técnicos, monitores ambientais e outros membros da comunidade local, que compartilham registros e imagens da fauna observada. Durante o desenvolvimento do projeto, o grupo relatou desafios como a ausência de protocolos padronizados e a falta de equipamentos especializados. Contudo, também ressaltou o valor da colaboração interdisciplinar e da integração entre sociedade e ciência.

Conclui-se que, embora a iniciativa da UFABC esteja em estágio inicial e ainda necessite de consolidação técnica e estrutural, ela representa uma alternativa viável e ética para suprir as lacunas existentes em projetos tradicionais de vigilância ambiental, promovendo a participação comunitária e a democratização do conhecimento científico.

Também houve uma busca por trabalhos similares, que revelou poucos estudos diretamente comparáveis, destacando-se o artigo de Shibata et al, publicado em 2025. O estudo descreve uma armadilha automatizada para javalis, incorporando sensores, câmera infravermelha, inteligência artificial e uma trava eletromagnética. Apesar de ser um sistema mais avançado, voltado para animais de grande porte, há semelhanças notáveis com este projeto, como o uso de sensores e o fechamento automático da armadilha.

Um ponto crucial é a capacidade do sistema de identificar o animal antes de ativar a armadilha, prevenindo capturas incorretas. Adicionalmente, o registro

automático de dados facilita estudos pós-captura. Os resultados de campo foram promissores: a armadilha detectou corretamente javalis em 82,4% dos casos, com baixo consumo de energia e operação confiável em áreas remotas, evidenciando o potencial da tecnologia para o desenvolvimento de armadilhas inteligentes e eficientes no monitoramento de fauna.

No entanto, o sistema de Shibata et al. emprega equipamentos de alto custo, como o Jetson Nano, o que complexifica a montagem e dificulta sua aplicação em um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de nível técnico, que busca soluções mais acessíveis. Mesmo assim, este trabalho serve como uma base sólida para adaptar a ideia utilizando Arduino e componentes mais simples, mantendo o objetivo de capturar animais para estudo de forma automatizada e eficiente.

O artigo (FERREIRA,2022), disponível na plataforma ResearchGate, apresenta um sistema robótico móvel para observação de animais selvagens em ambientes naturais, utilizando sensores e atuadores conectados a uma placa Raspberry Pi.

Um dos pontos fortes deste trabalho é sua ênfase na lógica de funcionamento do sistema e na seleção de componentes eletrônicos, incluindo sensores ultrassônicos para desvio de obstáculos, motores DC e um módulo de controle (L293D), além da integração com módulo para respostas remotas.

A explicação detalhada do funcionamento dos módulos e da estrutura do circuito contribui significativamente para o entendimento técnico, podendo auxiliar no desenvolvimento de sistemas similares.

Contudo, o estudo foca na observação passiva da fauna, sem mecanismos de captura ou detecção por sensores de movimento externos, o que o distancia parcialmente dos objetivos de projetos de armadilhas inteligentes, como o proposto neste TCC. Além disso, o trabalho não aprofunda questões como eficiência energética, autonomia do sistema ou escalabilidade do projeto. No entanto, ele serve como inspiração para armadilhas com capacidade fotográfica e funcionalidades correlatas.

Período de testes: O período de teste consiste em, após o desenvolvimento do projeto, realizar os testes para verificar se o projeto está funcionando corretamente com a intenção de identificar possíveis falhas e corrigi-las posteriormente.

Entrega do trabalho: Após a conclusão do protótipo funcional, procedeu-se à etapa de documentação técnica e descrição do desenvolvimento do projeto. Esta fase consistiu na organização sistematizada de todas as informações pertinentes ao processo de construção, configuração e validação do sistema. Foram registrados, de forma estruturada, os materiais utilizados, as etapas de implementação, as dificuldades técnicas enfrentadas, as soluções aplicadas e os resultados obtidos.

O processo seguiu uma metodologia sistemática DOE, iniciando pela montagem modular dos circuitos na protoboard, seguida da programação incremental no ambiente Arduino IDE. A integração dos componentes foi realizada de forma sequencial, priorizando a funcionalidade individual de cada módulo (sensoriamento, processamento, atuação e comunicação) antes da composição do sistema completo.

As principais dificuldades encontradas foram a instabilidade no módulo GSM Shield, levando um tempo considerável do desenvolvimento do projeto, interferência na programação dos componentes e a organização visual dos mesmos.

Apesar de tais dificuldades notadas, o que foi desenvolvido demonstrou total capacidade de detectar a aproximação de um alvo utilizando os sensores infravermelho e ultrassônico de forma singular, ativando um mecanismo de captura e enviando a mensagem ao usuário, cumprindo com todos os requisitos propostos no início do que foi proposto.

A documentação incluiu a elaboração de um diagrama de estados, uma ferramenta visual que modela o comportamento lógico do sistema. Este diagrama representa os diferentes estados operacionais do dispositivo (ex.: repouso, monitoramento, detecção, ativação, notificação) e as transições entre eles, que são desencadeadas por eventos específicos, como a leitura de um sensor ou o recebimento de um comando. Este modelo é essencial para compreender a lógica de controle implementada, facilitar a manutenção do código e permitir futuras expansões ou modificações na lógica operacional da armadilha inteligente.

Este registro técnico detalhado cumpre o objetivo de documentar integralmente o processo de desenvolvimento, criando um referencial completo para análise, reprodução e aprimoramento futuro do projeto. A documentação vai além do relato descritivo, incorporando a modelagem do comportamento do sistema, o que a torna uma ferramenta fundamental para a engenharia do projeto e para o compartilhamento do conhecimento gerado.

2 DESENVOLVIMENTO

Esta seção apresenta o processo do desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho. Ela está dividida em 4 partes: Simulação via TinkerCad, Construção da armadilha, desenvolvimento do protótipo, programação da armadilha e diagrama de casos de uso.

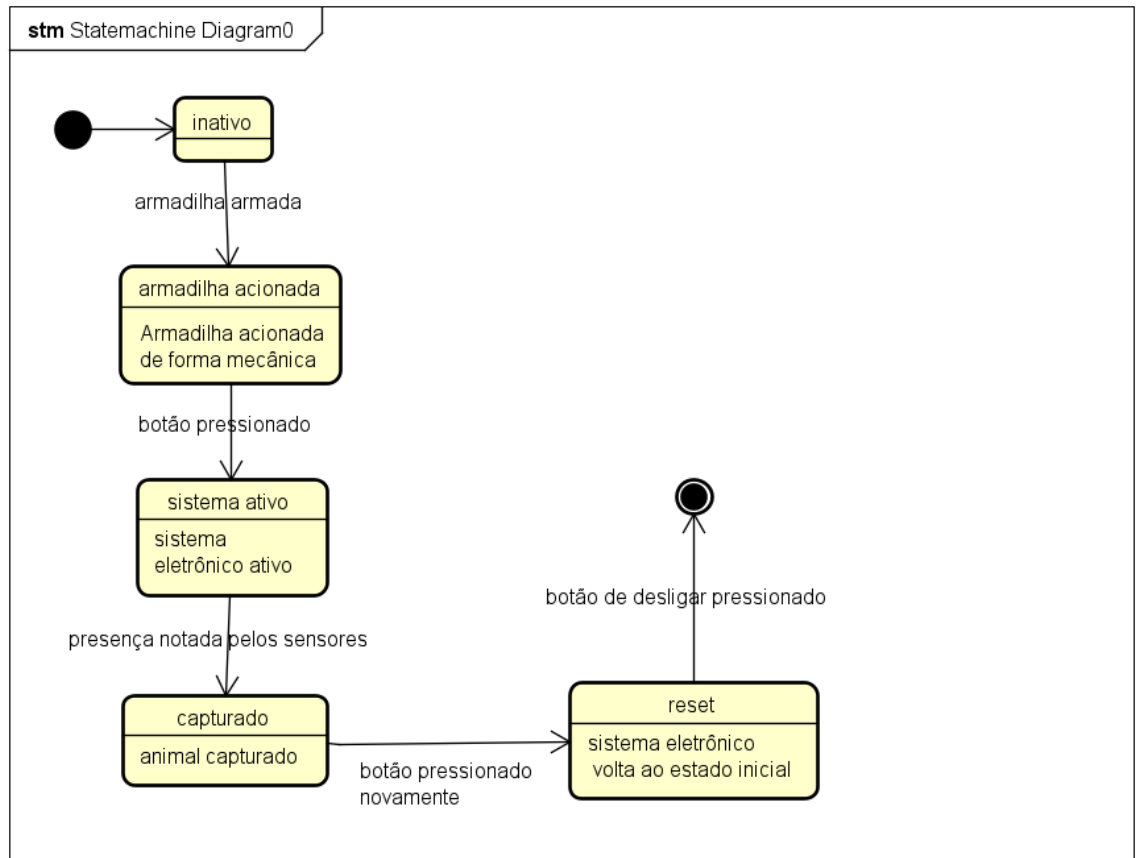
A construção do projeto foi um processo cuidadoso e demorado, pois desenvolver um sistema eletrônico funcional envolve várias etapas, como testes, ajustes, falhas e reformulações. Ainda assim, o projeto conseguiu avançar, mesmo diante das limitações enfrentadas ao longo do caminho.

O desenvolvimento deste projeto exigiu um estudo mais aprofundado sobre os componentes eletrônicos utilizados, bem como sobre a linguagem de programação C, aplicada no Arduino. Entre os principais elementos empregados estão sensores de presença (infravermelhos e ultra sônicos), um micro servo motor e outros componentes básicos para montagem de circuitos.

Durante a construção do protótipo, surgiram algumas dificuldades. Um dos principais problemas foi a identificação de placas Arduino com defeito disponíveis no campus, o que atrasou o progresso até que o erro fosse descoberto. Além disso, a plataforma de simulação TinkerCad apresentou limitações em relação a certos recursos e componentes, dificultando a representação digital completa do projeto.

Um desafio adicional foi a implementação do módulo GSM Shield, devido à sua maior complexidade de hardware e software, o componente demandou um aprofundamento teórico mais extenso para sua correta configuração. Esses contratempos exigiram adaptações no planejamento original. O protótipo precisou ser refeito e ajustado diversas vezes, tanto na versão física quanto na simulação virtual. Apesar disso, foi possível superar os obstáculos por meio de testes contínuos e reestruturação das ideias.

Figura 2 - Diagrama de estados



Fonte - Autoria própria (2025)

A figura 1 é o protótipo feito pelo site Circuito.IO, onde mostra todas as ligações feitas pelo Arduino Uno, ligação relativas a primeira simulação sobre o fechamento da armadilha, e os demais componentes que foram instalados não estão presentes pois não há esses componentes disponíveis no site, onde o mesmo fornece energia para o bom funcionamento de todo o circuito criado.

2.2 Construção da armadilha

A armadilha desenvolvida até o momento baseia-se em um sensor ultrassônico que detecta a presença de animais por meio da emissão de uma frequência sonora e um cálculo interno da distância entre o aparelho e o animal, assim possibilitando a ativação de mecanismos de captura. Essa abordagem visa

criar uma forma não letal e eficiente de monitorar ou conter espécies específicas em determinados ambientes.

Apesar do foco atual estar no sensor ultrassônico, há outras possibilidades viáveis para armadilhas que ainda não foram desenvolvidas, como o uso de sensores de movimento por infravermelho e sensores pir (movimentação) e até integração com câmera para armadilhas fotográficas. Tais alternativas podem ampliar o alcance do projeto a diferentes espécies e contextos ambientais.

Figura 3 - Armadilha mecânica, sem adição de componentes eletrônicos, feita para capturar animais.



Fonte: Amazon, 2025

A armadilha em questão, sem os componentes eletrônicos - processo mecânico - apresentada na figura 3, funciona por meio de um arame que atua como gatilho, sendo preso em sua ponta que fica do lado de dentro da armadilha algum petisco para o animal, quando o animal morde a isca, puxa levemente o gatilho que nele estava anteriormente foi preso a porta da armadilha pelo lado que está para o lado de fora, a soltando e assim prendendo o animal. Com os componentes funcionando e acoplados à armadilha, um barbante é amarrado à ponta que está do lado de fora do gatilho e no micro servo, quando o sensor é acionado, faz o micro servo “girar” e acionar o gatilho.

O processo de acoplar um sistema eletrônico a um elemento mecânico envolve a união entre os comandos programados e a movimentação física. A parte eletrônica é responsável por enviar os sinais que ativam o componente mecânico, como um motor. No projeto, essa integração foi feita utilizando a placa Arduino Uno, uma protoboard, cabos de conexão (jumpers), um micro servo motor, um sensor de distância ultrassônico, um botão e um resistor. A programação do Arduino controla o comportamento do micro servo com base nas informações recebidas pelo sensor e pelo botão, possibilitando o funcionamento automatizado do sistema.

A automatização da armadilha ocorre por meio da programação inserida no microcontrolador Arduino, que interpreta os dados recebidos do sensor ultrassônico para detectar a aproximação de um animal. Quando o sensor identifica que há um objeto (ou no caso, animal) a uma determinada distância predefinida, o Arduino envia um sinal para o micro servo motor, que então realiza a movimentação responsável por acionar a armadilha — como foi descrito anteriormente. O botão serve como um controle manual, permitindo iniciar ou reiniciar o sistema quando necessário. Todo esse processo ocorre de forma automática, sem necessidade de interação humana no momento da captura, tornando o sistema eficiente e adequado para estudos que exigem a observação ou coleta de animais de maneira controlada e não invasiva.

2.2.1 Dispositivos utilizados para a criação da armadilha

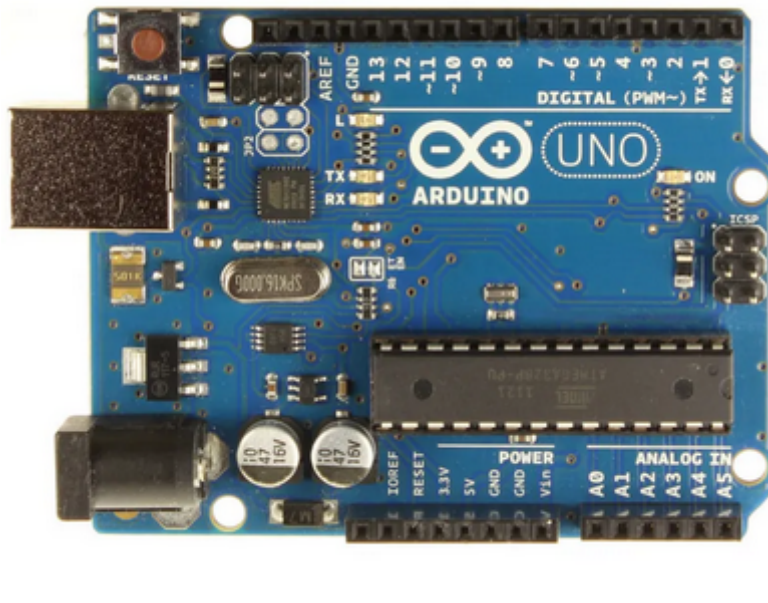
Figura 4 - Sensor de presença ultrassônico HC-SR04, percebe a movimentação através de ondas sonoras.



Fonte - Eletrogate, 2025

Sensor Ultrassônico: O sensor ultrassônico HC-SR04 é responsável por detectar a presença de objetos ou animais próximos. Ele funciona emitindo ondas sonoras em frequência ultrassônica (inaudível ao ouvido humano) a partir de um dos seus dois emissores. Quando essas ondas batem em um objeto, retornam ao sensor, que mede o tempo entre a emissão e o retorno da onda. Com base nesse tempo, o Arduino calcula a distância entre o sensor e o objeto detectado. Esse processo permite acionar o sistema apenas quando algo estiver dentro de um certo raio de alcance, o que é essencial para o funcionamento automático da armadilha. O uso do sensor ultrassônico permite mais precisão e evita que a armadilha seja ativada sem necessidade, sendo sua distância mínima 2cm e a distância máxima programada para ser 4cm.

Figura 5 - Microcontrolador arduino, onde fornece energia e os comandos necessários para o funcionamento esperado.



Fonte - Eletrodex, 2025

Arduino Uno: A placa Arduino Uno é o microcontrolador central do projeto. Ela funciona como o cérebro de todo o sistema, sendo responsável por receber os dados de entrada dos sensores e botões, processar essas informações com base na programação realizada e, por fim, enviar comandos de saída para os atuadores, como o micro servo motor. O Arduino é programado em linguagem C/C++, o que permite criar instruções específicas que determinam o comportamento do sistema eletrônico. Sua estrutura inclui pinos digitais e analógicos, portas de alimentação e comunicação USB, possibilitando a conexão com o computador para carregamento do código e alimentação. A escolha do Arduino Uno se dá pela sua simplicidade, fácil uso e ampla documentação, o que o torna ideal para projetos de nível técnico e educacional.

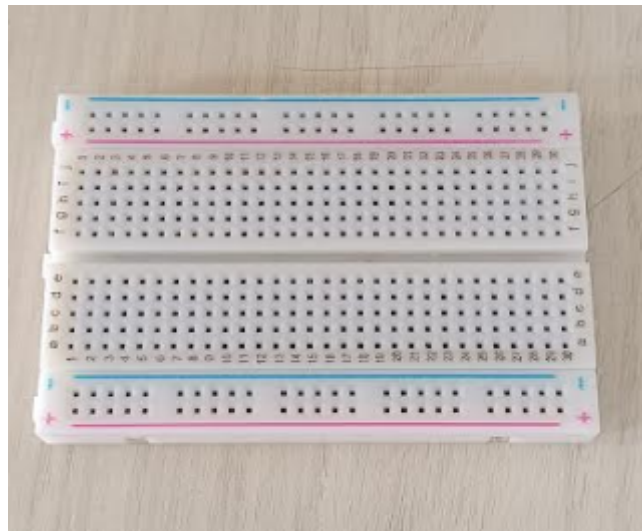
Figura 6 - Jumpers, cabos de conexão com a protoboard e os demais componentes.



Fonte - Autoria própria (2025)

Jumpers (cabos de conexão): Os cabos de conexão, também chamados de jumpers, são fios flexíveis usados para ligar os pinos da placa Arduino aos componentes montados na protoboard. Existem diferentes tipos de jumpers: macho-macho, macho-fêmea e fêmea-fêmea, cada um adequado para tipos específicos de conexão entre os terminais dos dispositivos. Esses cabos são essenciais para o funcionamento do circuito, pois permitem a transferência de sinais elétricos entre os componentes. No projeto, os jumpers garantiram a comunicação correta entre o sensor de distância, o micro servo motor, o botão e o Arduino, permitindo que todas as partes do sistema interajam entre si de maneira eficaz.

Figura 7 - Protoboard, onde todos os componentes são interligados.



Fonte - Autoria própria (2025)

Protoboard: A protoboard, ou placa de ensaio, é utilizada para montar os circuitos de forma prática, sem a necessidade de solda. Ela é composta por fileiras de orifícios interligados internamente, o que permite conectar componentes eletrônicos entre si com rapidez e facilidade. Essa ferramenta é essencial durante a fase de testes, pois permite que o circuito seja alterado, ajustado e refeito quantas vezes for necessário, sem comprometer a integridade dos componentes. No projeto, a protoboard foi usada como base para organizar as conexões entre o Arduino, os sensores, o botão e o micro servo, mantendo o circuito limpo e funcional durante o processo de montagem e experimentação.

Figura 8 - Micro servo, onde de acordo com a programação no arduino, ele irá girar.



Fonte - AUTOFIT ROBOTICA, 2025

Micro Servo Motor: O micro servo motor é um atuador mecânico utilizado para executar movimentos precisos e controlados. Ele é composto por um motor pequeno, engrenagens e um circuito de controle interno que permite girar o eixo em ângulos específicos, normalmente entre 0° e 180° . No projeto, o micro servo foi utilizado para realizar a movimentação de uma parte da armadilha, como o fechamento de uma portinhola, por exemplo. O controle do servo é feito por meio de sinais enviados pelo Arduino, que determinam a posição exata do eixo. Esse componente é fundamental na parte mecânica do sistema, pois transforma o sinal eletrônico em movimento físico, permitindo que a armadilha funcione de forma automática.

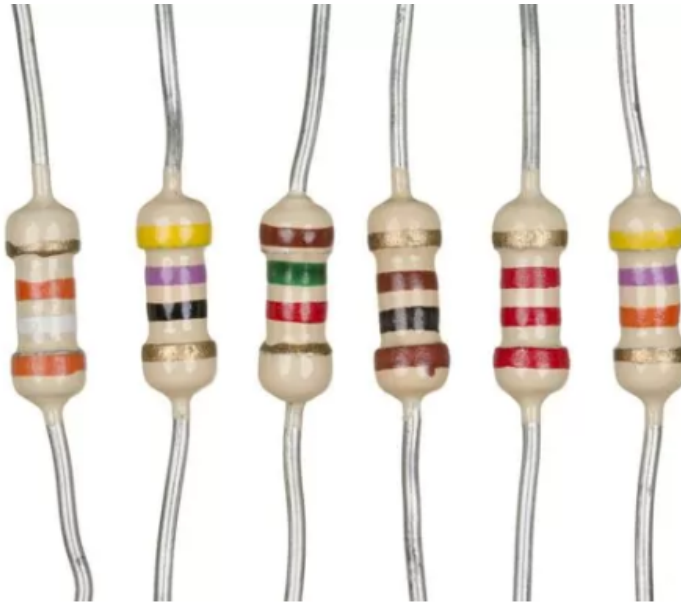
Figura 9 - Botão, apertando ele uma ação pré programada irá ser executada.



Fonte - Autoria própria (2025)

Botão: O botão, conhecido como push button, é um componente simples, mas muito útil em circuitos eletrônicos. Ele funciona como uma chave momentânea que fecha o circuito apenas enquanto estiver pressionado. No projeto, o botão foi utilizado como uma forma de controle manual, podendo ser usado para iniciar ou interromper o funcionamento da armadilha. Ao ser pressionado, o botão envia um sinal digital para o Arduino, que interpreta esse comando e executa uma função pré-programada. É um componente importante para testar o sistema e simular ações manuais, além de ser uma alternativa de controle direto durante os testes ou a operação.

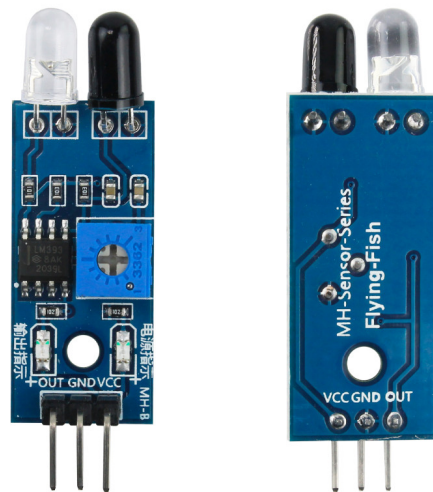
Figura 10 - Resistores, irão reduzir a corrente elétrica evitando que os demais componentes sejam sobrecarregados



Fonte - AJP ELETRO INFO, 2025

Resistor: O resistor é um componente que tem a função de limitar a passagem da corrente elétrica em um circuito. Ele é essencial para proteger outros componentes mais sensíveis, como o botão ou até mesmo o Arduino, evitando que recebam uma corrente maior do que suportam. Cada resistor possui um valor específico de resistência, medido em ohms (Ω), determinado por faixas coloridas em seu corpo. No projeto, o resistor foi usado junto ao botão, garantindo que o sinal enviado ao Arduino estivesse dentro dos limites seguros de tensão. Sem ele, poderia haver risco de curto-circuito ou queima de componentes.

Figura 11 - Sensor infravermelho, irá captar a presença de algo ou alguém através de um led emissor infravermelho e um led receptor infravermelho (fotodiodo).



Fonte - USENAINFO, 2025

Sensor infravermelho, Os Sensores Infravermelhos (IV) são dispositivos optoeletrônicos essenciais na detecção e medição da radiação eletromagnética na banda do infravermelho. Esta radiação está intrinsecamente ligada à emissão de calor (radiação térmica) por objetos com temperatura acima do zero absoluto.

A tecnologia infravermelha possibilita o desenvolvimento de sistemas de medição e monitoramento não invasivos e de alta eficiência, sendo crucial para a segurança eletrônica e o diagnóstico térmico.

Figura 12 - Led Verde, é usado para a emissão de luz em locais e instrumentos onde se torna mais conveniente a sua utilização no lugar de uma lâmpada.



Fonte - Autoria própria (2025)

Leds, Os Diodos Emissores de Luz representam uma classe de componentes semicondutores pertencentes à família dos dispositivos optoeletrônicos. Sua operação baseia-se no princípio da eletroluminescência, onde a passagem de corrente elétrica através de um material semicondutor (geralmente fosfeto de arseneto de gálio ou materiais similares) provoca a recombinação de elétrons e lacunas. Este processo resulta na emissão de fótons, produzindo luz de cor específica, determinada pela banda de energia do material utilizado.

Figura 13 - GSM Shield SIM900, acoplado a um microcontrolador Arduino, capaz de se conectar a rede e realizar ligações de voz, emissão de áudios e mensagens SMS.



Fonte - VOLTAAT (2025)

O GSM Shield SIM900 é um módulo de comunicação desenvolvido para integrar sistemas embarcados, como o Arduino, às redes de telefonia celular. Trata-se de uma placa de expansão que utiliza o chip SIM900, capaz de operar em redes GSM e GPRS, permitindo que dispositivos eletrônicos realizem funções semelhantes às de um telefone móvel. Entre suas principais características, destaca-se a possibilidade de envio e recebimento de mensagens SMS, realização e atendimento de chamadas de voz, além da conexão à internet por meio de GPRS, o que possibilita a transmissão de dados para servidores remotos. O funcionamento do módulo é baseado em comandos AT, que são instruções simples enviadas pelo

microcontrolador para controlar as funções do shield, tornando sua utilização acessível mesmo para iniciantes em programação. Dessa forma, o GSM Shield SIM900 é amplamente empregado em projetos de automação residencial, sistemas de segurança, rastreamento veicular e aplicações voltadas para a Internet das Coisas (IoT), pois oferece uma solução prática e eficiente para comunicação remota em ambientes onde a conectividade via rede celular é necessária.

2.3 Desenvolvimento do protótipo

Abaixo são listados os requisitos funcionais previstos para o sistema.

Para estabelecer a prioridade dos requisitos foram adotadas as denominações “essencial”, “importante” e “desejável”.

- Essencial: é o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. como
- Importante: é o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Requisitos importantes devem ser implementados, mas, se não forem, o sistema poderá ser implantado e usado mesmo assim.
- Desejável: é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele.

[RF001] Reagir à Presença	
Descrição:	Este requisito funcional faz com que a armadilha note a presença de algum animal dentro dela antes mesmo de fechar de forma automática.
Prioridade:	■ Essencial □ Importante □ Desejável

[RF002] Fechar Armadilha	
Descrição:	Este requisito funcional faz com que a armadilha seja fechada de forma automática assim que o animal está dentro da mesma.
Prioridade:	☒ Essencial ☐ Importante ☐ Desejável

[RF003] Notificar o Usuário	
Descrição:	Este requisito funcional faz com que a armadilha notifique o usuário.
Prioridade:	☐ Essencial ☒ Importante ☐ Desejável

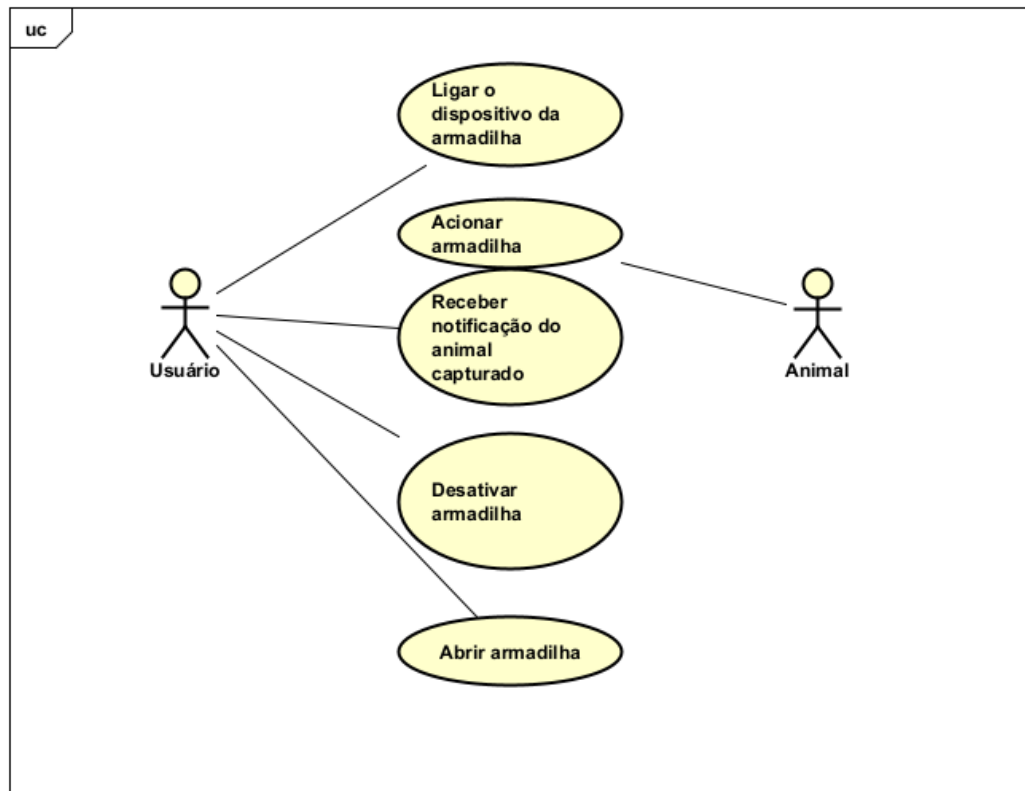
2.4 Programação das armadilhas

As escrituras a seguir mostram o código utilizado para a programação da armadilha, para que ela funcione bem e de forma adequada.

2.5 Casos de uso

O seguinte diagrama de casos de uso nos demonstra quais são as atividades Usuário-Armadilha e Animal-Armadilha.

Figura 13 - Diagrama de casos de uso, utilizado para demonstrar toda ação humana-armadilha e animal-armadilha.



Fonte: Autoria própria (2025)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa de campo em biologia, embora fundamental para o conhecimento da distribuição e conservação da fauna, além de fazer parte da saúde pública e animal. Confronta-se com desafios operacionais e de segurança, incluindo a exposição a horários extremos, riscos pessoais e escassez de recursos para aquisição de materiais especializados. Diante dessas limitações, o presente trabalho propôs o desenvolvimento de uma armadilha inteligente de baixo custo baseada no microcontrolador Arduino, visando a otimização da captura e o monitoramento remoto de animais silvestres.

Diante desse cenário de limitações, o presente trabalho propôs e desenvolveu uma armadilha inteligente de baixo custo, fundamentada na plataforma Arduino, com o objetivo de otimizar a captura e o monitoramento remoto de animais silvestres. A solução tecnológica visa mitigar os riscos aos pesquisadores e, concomitantemente, garantir o bem-estar dos espécimes, em estrita observância à Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998).

O processo de desenvolvimento envolveu a superação de desafios técnicos e logísticos, destacando-se a gestão do tempo, conciliando as demandas acadêmicas com o projeto, e a complexa integração do módulo GSM Shield. Apesar das dificuldades inerentes ao desenvolvimento de um protótipo com conectividade remota, a experiência proporcionou um aprendizado técnico e metodológico de grande impacto na trajetória acadêmica e profissional do pesquisador.

Conclui-se que o protótipo desenvolvido, ao fornecer uma alternativa acessível e eficiente para o monitoramento da fauna, atinge seu potencial e apresenta significativa relevância prática. Sua aplicabilidade se estende a diversas áreas de estudo em campo, representando uma contribuição valiosa para profissionais e estudantes envolvidos na captura e no manejo ético de animais silvestres.

REFERÊNCIAS

SILVA, Renato Lucas Bezerra. *Manejo de animais silvestres e biossegurança na polícia ambiental em Mossoró, Rio Grande do Norte: um diagnóstico situacional*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/2ca19892-512e-414a-b04f-8570e4b76e13/content>. Acesso em: 12 nov. 2025.

ALMEIDA, Pâmela Isabelly; QUEIRÓS, Arthur; CALABUIG, Cecilia. *Eficácia de modelos de armadilhas Sherman e Tomahawk para captura de pequenos mamíferos terrestres em um fragmento de Caatinga*. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/rsemic/article/view/13424>. Acesso em: 12 nov. 2025.

GRAIPEL, M.; ASTÚA DE MORAES, S. *Capturando pequenos mamíferos arborícolas*. [S.l.: s.n.], 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324571347_Capturando_pequenos_mamiferos_arboricolas. Acesso em: 12 nov. 2025.

CLANCY, K. B. H. et al. Survey of academic field experiences (SAFE): trainees report harassment and assault. *PLOS ONE*, San Francisco, v. 9, n. 7, e102172, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102172>. Acesso em: 20 jul. 2025.

EVANS, C. et al. Artificial intelligence and student writing: a cross-disciplinary perspective on ChatGPT. *Studies in Higher Education*, [S.l.], v. 49, n. 1, p. 1–16, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03075079.2023.2274378>. Acesso em: 20 jul. 2025.

MONTGOMERY, Douglas C. *Design and Analysis of Experiments*. 10th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2019.

RIBEIRO, D. M. et al. The role of ethnozoology in animal conservation: implications for ecological and ethnozoological studies. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 15, n. 1, 2019. Disponível em: <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13002-019-0322-3>. Acesso em: 20 jul. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC. Monitoramento da biodiversidade: breve relato sobre os desafios e início de um projeto de ciência cidadã. *UFABC Divulga Ciência*, Santo André, 09 ago. 2022. Disponível em: <https://ufabcdivulgaciencia.proec.ufabc.edu.br/2022/08/09/monitoramento-da-biodiversidade-breve-relato-sobre-os-desafios-e-inicio-de-um-projeto-de-ciencia-cidada-v-5-n-8-p-3-2022/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

AMBIENS. Monitoramento de fauna é essencial para a conservação da biodiversidade e sustentabilidade. *Ambiens*, 2023. Disponível em: <https://www.ambiens.com.br/blog/categorias/artigos/monitoramento-de-fauna-e-essencial-para-a-conservacao-da-biodiversidade-e-sustentabilidade/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SUACIÊNCIA. Redução do financiamento público em ciência e tecnologia ao longo dos últimos anos. *Sua Ciência*, 2022. Disponível em: <https://suaciencia.org/colunas/reducao-do-financiamento-publico-em-ciencia-e-tecnologia-ao-longos-dos-ultimos-anos/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

FERREIRA, R. S. et al. Smart camera traps with AI for wildlife monitoring: a case study from the Brazilian Atlantic Forest. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, v. 10, p. 100124, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064424000038>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SHIBATA, T. et al. Design and evaluation of an autonomous trapping robot for small animals. *ROBOMECH Journal*, v. 12, n. 1, 2025. Disponível em:

<https://robomechjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40648-025-00290-w>.

Acesso em: 20 jul. 2025.

UFABC DIVULGA CIÊNCIA. Monitoramento da biodiversidade: breve relato sobre os desafios e início de um projeto de ciência cidadã. Santo André, v. 5, n. 8, p. 3, 9 ago. 2022. Disponível em:

<https://ufabcdivulgaciencia.proec.ufabc.edu.br/2022/08/09/monitoramento-da-biodiversidade-breve-relato-sobre-os-desafios-e-inicio-de-um-projeto-de-ciencia-cidada-v-5-n-8-p-3-2022/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

RESEARCHGATE. Implementation of Wildlife Observation System. 2022. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/387863219_Implementation_Of_Wildlife_Observation_System. Acesso em: 20 jul. 2025.

SAMSUNG. *Sensor de Ultrassom HC-SR04: Módulo Sensor de Distância com Arduino*. [S.l.]: Amazon, 2020. Disponível em:

<https://www.amazon.com.br/dp/B08KQJK5D7>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery. 2. ed. Wiley, 2005. Disponível em: <https://www.wiley.com/en-us/Statistics+for+Experimenters%3A+Design%2C+Innovation%2C+and+Discovery%2C+2nd+Edition-p-9780471718130>.

Acesso em: 25 jul. 2025.

USINAINFO. *Sensor de Obstáculo Reflexivo Infravermelho HW-201 com Ajuste de Sensibilidade*. UsinaInfo. Disponível em:

<https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-linha/sensor-de-obstaculo-reflexivo-infravermelho-hw-201-com-ajuste-de-sensibilidade-8379.html>. Acesso em: 12 nov. 2025.

ELETRÓGATE. *Módulo Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04*. Disponível em:

<https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04?srsId=AfmBOorJuPwNV683yfyKXLj8AFTfSJnp4zIE5GEXd79sSI75Jzo0Q6Nz>. Acesso em:

15 dez. 2025.

AUTOFIT ROBÓTICA. *Micro Servo Motor 9g SG90*. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/micro-servo-motor-9g-sg90?srsId=AfmBOop1K9Z2-c0M9JEhjjLONQamKimcYd1cRZ0Yvh9MPNK6w0Ik1rnM>. Acesso em: 15 dez. 2025.

ELETRODEX. *Arduino Uno R3 + Cabo USB*. Disponível em: <https://www.eletrodex.net/placasmodulos/arduino/arduino-uno-r3-cabo-usb?srsId=AfmBOoqSfyB3KTt0Tnl8HY-PZGe5FPyBOGK-KCZRYCY-GSWO9s5DA6sB>. Acesso em: 15 dez. 2025.

RESISTORES. *AJP Eletro Info, 2023*. Disponível em: <https://ajpeleтроinfo.com.br/resistores/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

VOLTAAT. *SIM900 GSM Module for Arduino*. Disponível em: <https://www.voltaat.com/products/sim900-gsm-module-for-arduino>. Acesso em: 6 jan. 2026.