

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

**ETEC TEREZA APARECIDA CARDOSO NUNES DE OLIVEIRA
ENSINO MÉDIO ARTICULADO AO TÉCNICO EM ELETRÔNICA**

**Felipe Gabriel Evangelista Alexandrias
Kayky Vitor Almeida Macedo
Kenedy Nunes
Pedro de Freitas Ferreira
Ricardo Garcez de Paula Silva
Roberto Mariano de Lima**

**CAPACETE ELETRÔNICO COM CHAMADA DE EMERGÊNCIA
AUTOMÁTICA E VISOR DE DADOS (HUD)**

**São Paulo – SP
2025**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

**ETEC TEREZA APARECIDA CARDOSO NUNES DE OLIVEIRA
ENSINO MÉDIO ARTICULADO AO TÉCNICO EM ELETRÔNICA**

Felipe Gabriel Evangelista Alexandrias

Kayky Vitor Almeida Macedo

Kenedy Nunes

Pedro de Freitas Ferreira

Ricardo Garcez de Paula Silva

Roberto Mariano de Lima

**CAPACETE ELETRÔNICO COM CHAMADA DE EMERGÊNCIA
AUTOMÁTICA E VISOR DE DADOS (HUD)**

Projeto apresentado como requisito da disciplina Desenvolvimento de Trabalho de Conclusão Do Ensino Médio Articula do Técnico em Eletrônica sob a orientação das Profas Me Adriana Cristina Ruescas e Danielle Vasques Quiero.

São Paulo – SP

2025

**Felipe Gabriel Evangelista Alexandrias
Kayky Vitor Almeida Macedo
Kenedy Nunes
Pedro de Freitas Ferreira
Ricardo Garcez de Paula Silva
Roberto Mariano de Lima**

Projeto apresentado como requisito da disciplina
Desenvolvimento de Trabalho de Conclusão Do Ensino
Médio Articula do Técnico em Eletrônica sob a orientação
das Profas Me Adriana Cristina Ruescas e Danielle
Vasques Quiero.

Data: _____
Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse momento aos nossos familiares e amigos e professores que nos deram apoio durante nossa trajetória de estudo na Etec Tereza Aparecida Cardoso Nunes de Oliveira, agradecemos a todos que nos apoiaram durante a nossa luta em direção a essa realização.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo agradecemos a Deus por iluminar nosso caminho e nos dar forças para continuar e não desistir.

A todos os professores e funcionários da instituição ETEC Tereza Aparecida Cardoso Nunes de Oliveira, que nos deram apoio, nos incentivaram a continuar e possibilitaram que nos chegássemos aqui.

Agradecer aos nossos familiares e amigos, sem eles não teríamos o incentivo e inspirações durante esses anos através de gestos e palavras.

Enfim, a todas as pessoas que nos ajudaram de alguma forma e acreditaram em nós, um eterno agradecimento, sem vocês nada disso seria possível.

EPÍGRAFE

“ FAÇA O TEU MELHOR, NA CONDIÇÃO QUE
VOCÊ TEM, ENQUANTO VOCÊ NÃO TEM
CONDIÇÕES MELHORES PARA FAZER MELHOR AINDA”

Mário Sérgio Cortella - Filósofo.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um capacete inteligente voltado para motoboys, com o objetivo de aumentar a segurança e eficiência durante suas atividades. O projeto propõe um sistema embarcado capaz de detectar acidentes, enviar automaticamente um sinal de emergência com localização via GPS e exibir informações úteis no visor por meio de um HUD (Head-Up Display) transparente. Trata-se de um trabalho experimental, no qual foi utilizada o micro controlador ESP32 para integração dos módulos, incluindo sensores de impacto, módulo GPS e display OLED. A metodologia adotada envolveu o estudo e a integração dos componentes eletrônicos, programação embarcada em linguagem C++, testes práticos de funcionamento e análise de desempenho. Os resultados obtidos demonstraram que o capacete é capaz de identificar situações de impacto com precisão, acionar o envio de coordenadas geográficas em tempo real e exibir dados relevantes sem comprometer a atenção do motociclista. Conclui-se que a proposta pode contribuir significativamente para a redução dos riscos enfrentados por profissionais que utilizam motocicletas como ferramenta de trabalho, além de abrir caminho para futuras melhorias com foco em conectividade e inteligência artificial.

Palavras-chave: capacete inteligente. segurança. motoboy. ESP32

ABSTRACT

This paper presents the development of a smart helmet for motorcycle couriers, aiming to increase safety and efficiency during their work. The project proposes an embedded system capable of detecting accidents, automatically sending an emergency signal with GPS location, and displaying useful information on the screen via a transparent HUD (Head-Up Display). This experimental project used an ESP32 microcontroller to integrate modules, including impact sensors, a GPS module, and an OLED display. The methodology adopted involved the study and integration of electronic components, embedded programming in C++, practical functional tests, and performance analysis. The results demonstrated that the helmet is capable of accurately identifying impact situations, triggering the sending of geographic coordinates in real time, and displaying relevant data without compromising the motorcyclist's attention. The conclusion is that the proposal can significantly contribute to reducing the risks faced by professionals who use motorcycles as a work tool, in addition to paving the way for future improvements focused on connectivity and artificial intelligence..

Keywords: smart helmet. safety. motorcycle courier. ESP32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Registros Da Montagem 1.....	24
Figura 2 – Registros Da Montagem 2.....	25
Figura 3 – Registros Da Montagem 3.....	26
Figura 4 – Registros Da Montagem 4.....	27
Figura 5 – Registro Da Programação	28
Figura 6 – Registro do Protótipo do App 1.....	29
Figura 7 – Registro do Protótipo do App 2.....	30
Figura 8 – Registro do Protótipo do App 3.....	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 O PROBLEMA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	12
1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	13
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Acidentes com Motociclistas no Brasil.....	16
3.2 Distribuição Regional dos Acidentes no País.....	17
3.3 Tecnologias de Detecção Automática de Acidentes.....	17
3.4 Normas, Leis e Recomendações Aplicadas.....	18
3.5 Justificativa Científica da Solução Proposta.....	18
4. DESENVOLVIMENTO GERAL.....	18
4.1 Conceito Geral do Sistema Proposto.....	18
4.2 Arquitetura do Sistema.....	19
4.3 Justificativa de Escolha do Microcontrolador ESP32.....	20
4.4 Sensores e Detecção de Quedas.....	20
4.5 Desenvolvimento do Aplicativo.....	20
4.6 Limitações do Projeto.....	21
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	21
CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS.....	22

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia consolidou-se como uma aliada indispensável no cotidiano da sociedade contemporânea, sendo responsável por promover avanços em diferentes áreas, desde a comunicação até a mobilidade urbana. No campo da segurança dos transportes, sua aplicação tem se mostrado ainda mais relevante, visto que soluções eletrônicas e digitais vêm sendo empregadas com o objetivo de reduzir riscos, prevenir acidentes e salvar vidas. A energia elétrica, nesse cenário, constitui a base de operação de inúmeros sistemas modernos, possibilitando o desenvolvimento de dispositivos inteligentes capazes de ampliar a proteção de usuários em situações de risco.

No Brasil, a utilização de motocicletas como meio apresentou crescimento expressivo nas últimas décadas, sobretudo no setor de entregas. Os profissionais denominados motoboys exercem função essencial na logística urbana, sendo responsáveis por assegurar a circulação ágil de bens e serviços em centros urbanos cada vez mais congestionados. Entretanto, esses trabalhadores estão expostos diariamente a condições adversas de trânsito, caracterizadas pela elevada incidência de acidentes, e vulnerabilidade diante da imprudência de outros condutores. De acordo com a Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (ABRAMET), em 2017 foram registrados 12.200 óbitos de motociclistas no país em decorrência de acidentes viários, enquanto em 2018 esse número correspondeu a 11.479 mortes, representando aproximadamente 32,7% das vítimas fatais no trânsito brasileiro. Tais dados evidenciam que os motociclistas, em especial os entregadores profissionais, configuram um grupo particularmente afetado pela insegurança viária, gerando não apenas impactos humanos, mas também elevados custos sociais e econômicos relacionados ao sistema de saúde, à previdência social e à produtividade das empresas.

Além disso, notadamente a NBR 7471 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que estabelece critérios técnicos para capacetes de motociclistas, incluindo requisitos de resistência do casco, qualidade da viseira e certificação compulsória pelo INMETRO. Do mesmo modo, observam-se as exigências legais dispostas na Lei nº 12.009/2009, que regulamenta a atividade de motofretista e impõe condições como curso especializado, uso obrigatório de equipamentos de segurança, inspeção periódica das motocicletas e restrição ao transporte de substâncias perigosas. Que por mais que vigente, ainda permanece um aumento substancial de óbitos a motociclistas.

Diante desse cenário, a pesquisa pretende analisar os desafios enfrentados pelos motociclistas profissionais no Brasil, com especial atenção aos aspectos relacionados à segurança, de modo a fundamentar um protótipo que promova a redução da accidentalidade no meio rodoviário, a estes motociclistas.

1.1 O PROBLEMA

Motoboys estão constantemente expostos a situações de risco no trânsito, o que os torna um dos grupos mais vulneráveis a acidentes graves ou fatais. Quando ocorrem colisões ou quedas, muitas vezes há demora na prestação de socorro devido à ausência de testemunhas, à dificuldade de localização exata do acidentado ou à falta de comunicação imediata com os serviços de emergência. O capacete, embora seja o principal equipamento de proteção individual obrigatório para motociclistas, raramente incorpora recursos tecnológicos de segurança ativa, como sensores de impacto ou sistemas automatizados de chamada de emergência. Diante disso, o problema central que este trabalho busca enfrentar é a inexistência de um equipamento de proteção inteligente capaz de detectar acidentes, acionar automaticamente os serviços de resgate e transmitir dados em tempo real, aumentando as chances de um atendimento rápido e eficaz, além de promover maior segurança no exercício da função dos motoboys. Nesse contexto, seria possível o desenvolvimento de um capacete inteligente que integrasse tais funcionalidades, contribuindo efetivamente para a redução da mortalidade?"

1.2 OBJETIVOS

Construir um capacete eletrônico com sensor de queda, para chamar a emergência em curto prazo, para motoboys e entregadores. a fim de contribuir com a aprendizagem e conscientização da formação do técnico em eletrônica.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de capacete inteligente para motoboys, integrando sensores de impacto, módulo de geolocalização (GPS), sistema de comunicação GSM para chamadas automáticas de emergência e visor de dados do tipo Head-Up Display (HUD), seguindo as

normas de segurança aplicáveis, com o objetivo de aumentar a proteção do motociclista e reduzir o tempo de resposta em situações de acidentes.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Levantar principais riscos enfrentados por motoboys;
- Analisar acidentes e consequências mais comuns;
- Selecionar e integrar de sensores de impacto;
- Implementar um módulo GSM e GPS para chamadas automáticas e localização;
- Desenvolver o visor *Head-Up Display* (HUD);
- Adequar o protótipo às normas de segurança aplicáveis;
- Avaliar a autonomia de bateria e eficiência energética do sistema;
- Estudar da viabilidade econômica e possíveis custos de produção;
- Analisar a aceitação do equipamento por parte dos usuários;
- Proposição de aplicações futuras em outros contextos de transporte;
- Investigar a ergonomia do capacete, visando conforto e usabilidade no dia a dia;
- Identificar possíveis falhas de software ou hardware que comprometam a confiabilidade;

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

A apresentação do projeto de desenvolvimento de um capacete inteligente para motoboys tem como principal objetivo demonstrar, de forma clara e didática, a integração de tecnologias eletrônicas voltadas à segurança do motociclista. O foco está na utilização de sensores de impacto, módulo de geolocalização (GPS), sistema de comunicação GSM para chamadas automáticas de emergência e visor *Head-Up Display* (HUD), evidenciando como um

equipamento de proteção individual tradicional pode ser modernizado para oferecer maior proteção e suporte em situações críticas no trânsito.

Cabe ressaltar que, por se tratar de um protótipo com fins acadêmicos e de caráter experimental, não haverá a realização de testes práticos em campo com motociclistas profissionais. A proposta limita-se a simulações controladas, visando demonstrar a viabilidade técnica do projeto. Contudo, em situações reais, a utilização de equipamentos devidamente certificados e o cumprimento das normas de segurança vigentes são fundamentais para garantir a eficácia e a proteção dos usuários.

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A validade desta pesquisa reside na crescente necessidade de ampliar a segurança dos motociclistas profissionais, em especial dos motoboys, que figuram entre os grupos mais vulneráveis a acidentes graves ou fatais no trânsito urbano. O desenvolvimento de um capacete inteligente, integrado a sensores de impacto, módulo GSM/GPS para acionamento automático de emergência e visor *Head-Up Display* (HUD), busca não apenas modernizar um equipamento de proteção individual já consolidado, mas também agregar funcionalidades que aumentem as chances de sobrevivência e reduzam o tempo de resposta em situações críticas.

Além do aspecto tecnológico, o trabalho possui caráter educativo ao demonstrar, de forma clara e instrutiva, como a eletrônica embarcada e os sistemas de comunicação podem ser aplicados em prol da segurança viária. Tal abordagem contribui para conscientizar tanto profissionais do setor quanto a sociedade sobre a importância de investimentos em inovação e em dispositivos de proteção ativa.

Dessa forma, a pesquisa mostra-se relevante não apenas para estudantes e profissionais da área de tecnologia, mas também para empresas de logística, órgãos de trânsito e para a coletividade em geral, uma vez que promove maior segurança, potencial redução de custos com acidentes e avanços no campo da mobilidade urbana sustentável. Alinha-se ao **ODS 3 – Saúde e Bem-Estar**, que busca reduzir significativamente o número de mortes e lesões globais causadas por acidentes de trânsito, bem como ao **ODS 11 – Cidades e Comunidades**.

Sustentáveis, ao contribuir para sistemas de mobilidade mais seguros, inclusivos e resilientes.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho tem como foco o desenvolvimento de um capacete eletrônico projetado especificamente para motoboys, integrado a um sistema de chamada de emergência automática e a um visor de dados do tipo *Head-Up Display* (HUD). O objetivo é ampliar a segurança e a eficiência no trabalho desses profissionais, que estão expostos diariamente a riscos de colisões, quedas e situações de emergência no trânsito. A proposta parte da constatação de que, em muitos acidentes envolvendo motociclistas profissionais, a demora no acionamento de socorro aumenta significativamente as chances de agravamento de lesões e prejuízos à saúde. Além disso, a ausência de dispositivos que aliem proteção física, conectividade e informação em tempo real representa uma lacuna tecnológica no segmento de equipamentos de segurança para motofrete.

Demonstrando a importância de unir conhecimentos de eletrônica, comunicação sem fio, geolocalização e design de segurança para atender às demandas específicas da categoria. Em seguida, são abordados conceitos teóricos relacionados ao funcionamento de sensores de impacto, módulos de GPS e GSM para envio de localização, protocolos de transmissão de dados e tecnologias ópticas para HUDs. Também são discutidas as normas e regulamentações aplicáveis, como a NBR 7471 (capacetes para motociclistas), além das regras de segurança viária e das exigências legais para o exercício da profissão de motofretista, previstas na Lei Federal nº 12.009/2009.

Na parte prática, os materiais e etapas de construção do protótipo, que incluem a instalação de sensores de aceleração e impacto capazes de identificar colisões, integração com módulos de comunicação que enviam automaticamente um alerta e a localização do acidente para contatos de emergência ou centrais de atendimento, e a implementação de um visor HUD que exibe informações úteis, como tempo estimado de entrega, navegação por GPS e notificações essenciais. Cada escolha de componente é justificada pela necessidade de garantir confiabilidade, baixo tempo de resposta e adaptação às condições reais de trabalho de um motoboy.

Por fim, são analisados os resultados obtidos, com destaque para o tempo de acionamento da chamada de emergência, a eficiência na transmissão da localização e a clareza das informações projetadas no visor. O trabalho se encerra com uma reflexão sobre o potencial de tecnologias embarcadas para reduzir riscos e salvar vidas, reforçando o papel do profissional técnico no desenvolvimento de soluções inovadoras voltadas à segurança e bem-estar dos trabalhadores sobre duas rodas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A segurança de motociclistas profissionais, especialmente os motofretistas, é um tema de crescente relevância. Com o crescimento exponencial das empresas de entrega, a exposição desses trabalhadores a acidentes de trânsito se tornou uma preocupação central. De acordo com a Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (ABRAMET, 2021), motociclistas representam mais de 30% das vítimas fatais no trânsito brasileiro. Nesse cenário, a demora no atendimento de emergência é um fator que contribui significativamente para o agravamento das lesões. Tecnologias embarcadas em equipamentos de proteção individual (EPIs), como os capacetes inteligentes, surgem como soluções promissoras para a redução de riscos e a melhoria na resposta a incidentes.

O conceito de chamada automática de emergência já é previsto em programas como o eCall, adotado na União Europeia em 2018, que aciona os serviços de resgate em caso de colisão (EUROPEAN COMMISSION, 2018). Adaptar essa tecnologia para capacetes de motociclistas requer o uso de sensores de impacto, acelerômetros e módulos de geolocalização, capazes de identificar um acidente e enviar dados precisos em tempo real (CHEN et al., 2019).

Além disso, a integração de visores Head-Up Display (HUD) em capacetes é uma tendência para aumentar a segurança e a produtividade. Conforme Azuma (2017), o HUD projeta informações diretamente no campo de visão do usuário, minimizando distrações e mantendo a atenção na via. Em aplicações para motofrete, essa tecnologia pode fornecer dados de navegação, notificações de entrega e alertas de segurança de forma intuitiva, sem desviar a atenção do condutor.

Normas técnicas desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de capacetes eletrônicos. A NBR 7471:2001 (ABNT, 2001) estabelece os requisitos para capacetes de motocicletas, enquanto regulamentações internacionais, como a ECE 22.05, especificam critérios de resistência e absorção de impacto. Adicionalmente, a Lei Federal nº 12.009/2009 define as exigências para a profissão de motofretista, incluindo o uso de EPIs certificados.

A literatura aponta para desafios na adoção dessas tecnologias, como custo, manutenção e ergonomia, fatores que podem influenciar a aceitação dos usuários (ZHANG; ZHAO, 2020). No entanto, pesquisas recentes demonstram que, quando integrados de forma prática e confiável, sistemas de emergência e HUDs podem reduzir o tempo de resposta em acidentes e aprimorar a experiência do condutor (KIM; LEE, 2021).

Dessa forma, a base teórica para o presente projeto se encontra na interseção entre segurança no trânsito, tecnologias de monitoramento e comunicação sem fio, e design ergonômico de EPIs. O alinhamento entre os requisitos técnicos das normas, as necessidades dos motoboys e os avanços tecnológicos é essencial para criar um capacete eletrônico que, além de proteger, seja um aliado ativo na preservação da vida.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado a fundamentação teórica que apoiou esse projeto.

3.1 Acidentes com Motociclistas no Brasil

Os acidentes envolvendo motociclistas representam um dos maiores problemas de saúde pública no Brasil. Segundo dados do Ministério da Saúde, motociclistas correspondem a mais de 35% das internações por acidentes de trânsito, sendo uma das categorias mais expostas a riscos graves. Além disso, pesquisas apontam que grande parte das vítimas sofre traumatismos severos, muitas vezes devido à demora no atendimento, especialmente em vias de menor circulação ou horários de baixo fluxo.

Diversos estudos destacam que o tempo entre o acidente e a chegada do socorro é um fator crítico para a sobrevivência. Em cenários onde o motociclista fica desacordado, impossibilitado de pedir ajuda, esse tempo se prolonga, elevando drasticamente a gravidade dos danos. Assim, torna-se evidente a necessidade de soluções tecnológicas que permitam a detecção automática de acidentes, contribuindo para uma resposta mais rápida por parte dos serviços de emergência.

3.2 Distribuição Regional dos Acidentes no País

Os índices de acidentes apresentam variações significativas entre as regiões brasileiras. No Nordeste, por exemplo, os motociclistas representam mais de 60% das vítimas fatais em acidentes rodoviários, devido ao alto número de motos utilizadas como principal meio de transporte urbano e rural. Já na região Sudeste, apesar do maior volume de veículos, a infraestrutura de atendimento é mais completa, reduzindo parcialmente o tempo de socorro, mas ainda mantendo altos índices de lesões graves.

Na região Norte, a grande extensão territorial e a dificuldade de acesso tornam o atendimento emergencial mais lento, o que potencializa os danos causados por acidentes motociclísticos. No Centro-Oeste e Sul, os registros mostram índices moderados, mas ainda preocupantes, especialmente em rodovias de alto fluxo e áreas agrícolas, onde motociclistas frequentemente percorrem longas distâncias sem apoio emergencial próximo.

Esses dados evidenciam um cenário nacional marcado por altos índices de acidentes e pela necessidade de ferramentas tecnológicas que auxiliem na detecção e comunicação automática de quedas e colisões.

3.3 Tecnologias de Detecção Automática de Acidentes

A literatura técnica apresenta diversas abordagens para monitoramento de quedas e impactos, incluindo sensores iniciais, módulos de geolocalização e sistemas de comunicação. Tecnologias baseadas em acelerômetros e giroscópios são amplamente utilizadas devido à sua precisão, baixo custo e fácil integração em sistemas embarcados. Esses sensores são capazes de identificar mudanças bruscas de velocidade, inclinação e orientação, características marcantes de um acidente.

Soluções mais avançadas fazem uso de inteligência artificial para classificar padrões de movimento, porém, essas aplicações exigem maior poder de processamento e custo elevado. Em contrapartida, abordagens mais simples, baseadas em limites predefinidos de aceleração, demonstram resultados eficientes e acessíveis, especialmente em protótipos educacionais e sistemas de baixo orçamento.

A revisão da literatura mostra que a combinação entre sensores iniciais e microcontroladores programáveis, como o ESP32, oferece uma solução viável para projetos de monitoramento pessoal, sendo amplamente recomendada em ambientes acadêmicos.

3.4 Normas, Leis e Recomendações Aplicadas

A análise da legislação e das normas técnicas é fundamental para orientar projetos relacionados à segurança no trânsito. No Brasil, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) estabelece diretrizes sobre o uso obrigatório do capacete e reforça a importância de equipamentos que garantam a proteção do motociclista. Já a ABNT possui normas específicas, como a NBR 7471, que trata de requisitos de segurança para capacetes motociclísticos.

Além disso, modelos internacionais, como o sistema europeu **eCall**, servem de referência por sua capacidade de realizar chamadas automáticas de emergência após colisões detectadas por sensores veiculares. Embora o Brasil ainda não possua um sistema oficial semelhante,

ais iniciativas reforçam a importância de soluções tecnológicas que contribuam para a rapidez no atendimento às vítimas.

3.5 Justificativa Científica da Solução Proposta

A partir da revisão das pesquisas e dados apresentados, torna-se evidente a relevância de um dispositivo capaz de detectar automaticamente acidentes envolvendo motociclistas. A literatura demonstra que a rapidez no acionamento dos serviços de emergência reduz significativamente a mortalidade e severidade das lesões. Além disso, a falta de tecnologias embarcadas de baixo custo voltadas diretamente ao motociclista justifica a necessidade de desenvolver soluções simples, acessíveis e eficazes.

O levantamento teórico, portanto, sustenta cientificamente o desenvolvimento de um capacete inteligente, integrando sensores de movimento e comunicação, com o intuito de mitigar um problema recorrente e de impacto social significativo.

4. DESENVOLVIMENTO GERAL

4.1 Conceito Geral do Sistema Proposto

O sistema proposto consiste em um capacete inteligente capaz de identificar situações de queda, impacto ou possível acidente envolvendo motociclistas, ativando um protocolo automático de alerta que chama a emergência, em sua versão final, será responsável por enviar informações críticas aos serviços de emergência, como a localização exata do acidentado. A escolha de integrar tecnologia ao capacete decorre do fato de ser esse o principal Equipamento de Proteção Individual utilizado por motociclistas, tornando-se uma plataforma ideal para incorporar recursos adicionais de segurança.

O conceito central é que, ao detectar um acidente, o sistema seja capaz de agir mesmo quando o condutor está impossibilitado de solicitar ajuda. Assim, o projeto busca mitigar um dos maiores fatores de mortalidade em acidentes motociclísticos: o atraso no socorro. A solução proposta utiliza sensores, processamento embarcado e comunicação com aplicativo, formando um sistema preventivo e autônomo, capaz de ampliar significativamente a proteção oferecida ao usuário.

4.2 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema foi planejada de forma modular, permitindo expansão futura e garantindo que cada parte do projeto pudesse ser desenvolvida de maneira independente. Ela se divide em três camadas principais. A primeira camada é a Aquisição de Dados, composta pelo sensor MPU6050, responsável por realizar leituras contínuas de aceleração e giroscopia, detectando alterações bruscas nos eixos X, Y e Z que possam indicar uma queda ou impacto.

A segunda camada, é a Camada de Processamento, comandada pelo microcontrolador ESP32, que interpreta as informações fornecidas pelo sensor, filtra sinais indesejados, reduz falsos positivos e determina quando a variação captada representa um acidente real. Essa camada concentra a parte lógica e computacional do sistema, sendo responsável também por acionar as rotinas de emergência programadas.

A terceira camada é destinada à Comunicação, realizada atualmente via Bluetooth com o aplicativo desenvolvido no MIT App Inventor. Em sua concepção inicial, estavam previstos os módulos GPS e GSM, responsáveis respectivamente pela localização do usuário e pelo envio automático de mensagens de emergência. Contudo, devido à limitação de verba e tempo,

esses módulos não foram instalados na versão atual do protótipo, mas sua integração permanece prevista para futuras versões, já que a arquitetura foi projetada especificamente para suportá-los sem necessidade de grandes alterações estruturais.

4.3 Justificativa de Escolha do Microcontrolador ESP32

A escolha do microcontrolador ESP32 se justifica pelas suas características técnicas e versatilidade, que o tornam altamente adequado para aplicações embarcadas na área de Internet das Coisas (IoT). O ESP32 possui conectividade Wi-Fi e Bluetooth integradas, elevada capacidade de processamento, múltiplas portas GPIO e baixo consumo de energia, características essenciais para um dispositivo que deve operar de forma contínua dentro de um capacete.

Além disso, sua compatibilidade com diversas bibliotecas e sensores, incluindo o MPU6050, permite um desenvolvimento mais ágil e eficiente. O ESP32 também oferece excelente custo-benefício, fator determinante em projetos de baixo orçamento, e sua flexibilidade possibilita a integração futura dos módulos GPS e GSM planejados originalmente. Dessa forma, o microcontrolador atende plenamente aos requisitos funcionais do sistema, garantindo desempenho adequado e confiabilidade para a função crítica de detecção de acidentes.

4.4 Sensores e Detecção de Quedas

O sensor MPU6050 foi selecionado por combinar, em um único módulo, acelerômetro e giroscópio, permitindo leituras tridimensionais de aceleração e inclinação com alta precisão. Essas características tornam o sensor ideal para identificar eventos bruscos, como quedas, deslocamentos laterais violentos ou impactos comuns em colisões motociclísticas.

O algoritmo de detecção desenvolvido considera variações simultâneas nos eixos X, Y e Z, comparando valores obtidos com limites previamente estabelecidos. Quando o sensor registra uma variação acima desses limites, o sistema interpreta o evento como queda e aciona a rotina de alerta. A lógica foi programada para minimizar falsos positivos, evitando que movimentos rápidos do capacete ou vibrações da motocicleta acionem erroneamente o sistema. Assim, a combinação do MPU6050 com o processamento do ESP32 proporciona detecção confiável, eficiente e adequada ao contexto do projeto.

4.5 Desenvolvimento do Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido na plataforma MIT App Inventor com o objetivo de criar uma interface simples, funcional e compatível com os recursos de comunicação disponíveis no protótipo. Inicialmente, o aplicativo recebe informações transmitidas via Bluetooth pelo ESP32, exibindo o status do capacete, dados de queda e alertas.

Embora ainda não possua integração com GPS ou envio automático de mensagens, sua interface foi construída já pensando na expansão dessas funcionalidades. A estrutura do app permite futura implementação de mapas, geolocalização, histórico de alertas e comunicação direta com contatos cadastrados para emergências. Assim, o aplicativo atua como parte essencial do sistema, oferecendo ao usuário a possibilidade de monitoramento e interação com o dispositivo, além de servir como base para o funcionamento final planejado.

4.6 Limitações do Projeto

Durante o desenvolvimento do protótipo, algumas limitações técnicas e financeiras se mostraram relevantes. A principal delas foi a impossibilidade de adquirir e implementar os módulos GPS e GSM dentro do prazo estabelecido e com os recursos disponíveis. Esses módulos são essenciais para o envio automático da localização e acionamento de emergência, recursos previstos no objetivo final do projeto, mas que ficaram para etapas posteriores de aprimoramento.

Além disso, algumas limitações estruturais, como o espaço físico para acomodação dos componentes dentro do capacete e a autonomia da bateria, exigem melhorias futuras. O protótipo também apresenta limitações ergonômicas, já que a instalação dos componentes foi feita de forma preliminar para fins de teste. Ainda assim, essas restrições não comprometem o objetivo central da pesquisa, e sim reforçam a necessidade de futuras melhorias para que o sistema chegue ao nível ideal de aplicação prática.

5. RESULTADOS OBTIDOS

O desenvolvimento de um capacete inteligente é tecnicamente possível, viável e relevante para o contexto de segurança no trânsito. Mesmo com as limitações encontradas, o protótipo cumpriu seu papel fundamental, validar a detecção de quedas e demonstrar que a integração de sensores e microcontrolador funciona de forma eficiente.

A estrutura do sistema permite sua evolução de maneira natural, possibilitando a inclusão de novos componentes e funcionalidades, como comunicação GSM e um sistema de localização GPS. Assim, a proposta se consolida como uma solução promissora, com potencial de impacto real na redução de fatalidades entre motociclistas e na modernização de equipamentos de proteção individual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso permitiu o estudo e a compreensão aprofundada sobre os acidentes envolvendo motociclistas no Brasil, assim como a análise dos principais fatores que contribuem para a alta taxa de mortalidade nesse grupo. A pesquisa evidenciou que o atraso no atendimento é um dos elementos mais críticos em situações de queda ou colisão, tornando essencial o desenvolvimento de soluções tecnológicas capazes de reduzir o tempo de resposta das equipes de emergência.

A construção do estudo demonstrou que a aplicação de dispositivos inteligentes, incorporados aos Equipamentos de Proteção Individual, oferece um caminho viável para aprimorar a segurança de motociclistas. A investigação bibliográfica e estatística forneceu base sólida para fundamentar a proposta do capacete inteligente, mostrando que soluções que operam mesmo sem intervenção do usuário podem ser determinantes na preservação da vida.

Dessa forma, conclui-se que o projeto apresenta relevância social e potencial tecnológico, tanto pela possibilidade de integração futura com sistemas avançados de comunicação quanto pela perspectiva de se tornar um dispositivo acessível e aplicável na rotina de motociclistas. O trabalho também abre espaço para aprimoramentos, como a inclusão de módulos GPS, GSM e algoritmos mais sofisticados de detecção, além de melhorias ergonômicas, visando ao desenvolvimento de uma solução completa, eficiente e aplicável em larga escala.

REFERÊNCIAS

- ABNT.** NBR 6023:2018 – Informação e documentação: Referências — Elaboração. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018.
- ABNT.** NBR 15294:2005 – Capacete de segurança para condutores e passageiros de motocicletas e similares. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.
- BRASIL.** Código de Trânsito Brasileiro: Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 set. 1997.
- BRASIL.** Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Viva: Vigilância de Violências e Acidentes* – 2022. Brasília: Ministério da Saúde, 2023.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte.** *Pesquisa CNT de Rodovias 2023*. Brasília: CNT, 2023. Disponível em: <https://cnt.org.br>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- DENATRAN.** Departamento Nacional de Trânsito. *Relatório Anual de Acidentes 2023*. Brasília: Ministério da Infraestrutura, 2024.
- EUROPEAN COMMISSION.** *eCall: Emergency Call System*. Brussels: European Union, 2022. Disponível em: <https://ec.europa.eu>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- ESPRESSIF SYSTEMS.** *ESP32-WROOM-32 Datasheet*. Shanghai: Espressif Systems, 2022. Disponível em: <https://www.espressif.com>. Acesso em: 05 fev. 2025.
- INVENSONIC.** *MPU-6050 6-Axis Motion Tracking Device – Product Specification*. California: InvenSense, 2013.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.** *Acidentes de Trânsito nas Rodovias Brasileiras: Caracterização, Custos e Recomendações de Políticas Públicas*. Brasília: IPEA, 2021.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL).** Secretaria Executiva. *Acidentes com Motociclistas: Estatísticas e Impactos na Saúde Pública*. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.
- OMS – Organização Mundial da Saúde.** *Global Status Report on Road Safety 2023*. Geneva: World Health Organization, 2023.
- WAZLAWICK, Raul Sidnei.** *Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

Anexo A - Registros Da Montagem 1



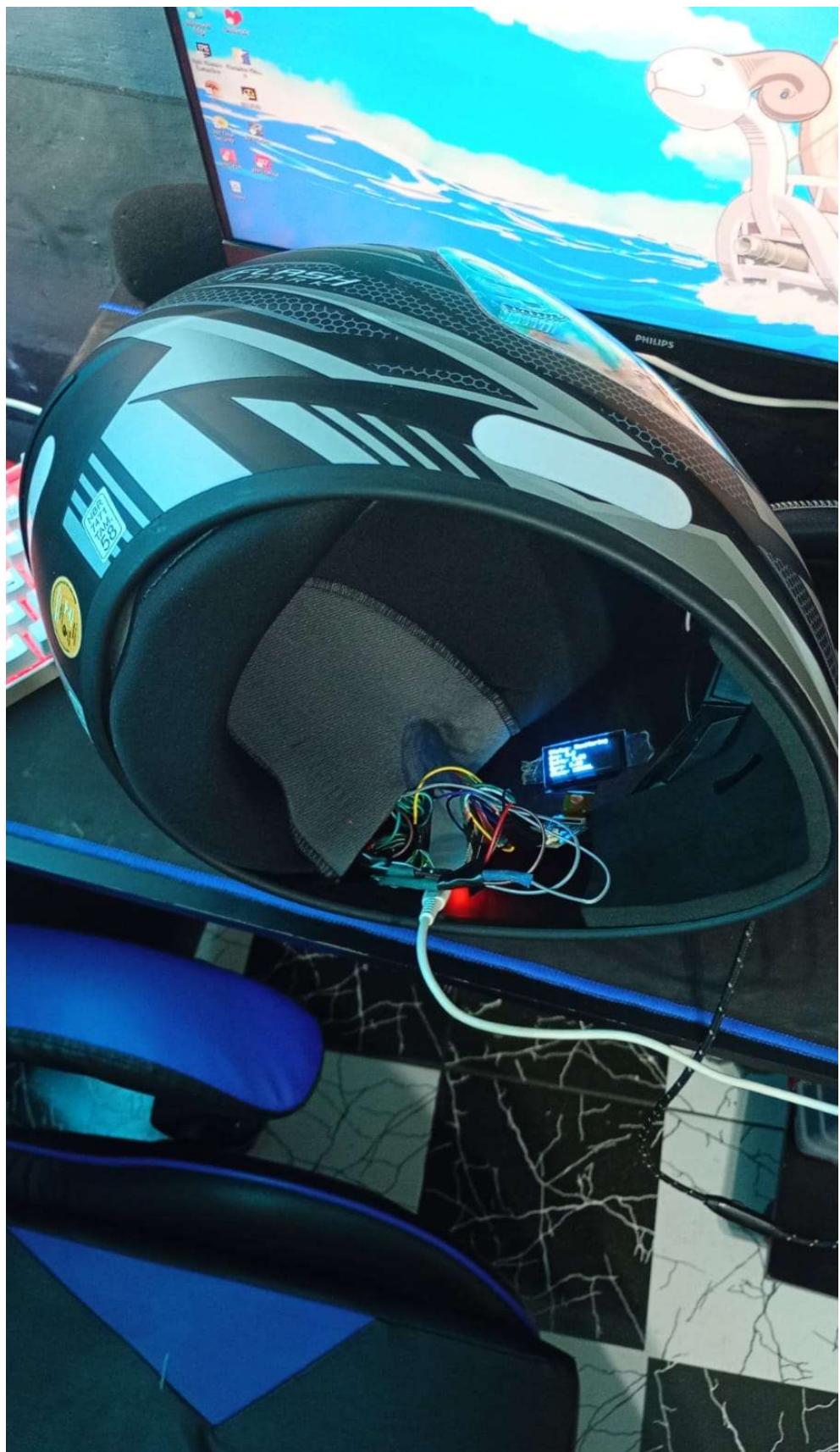
Registros Da Montagem 2



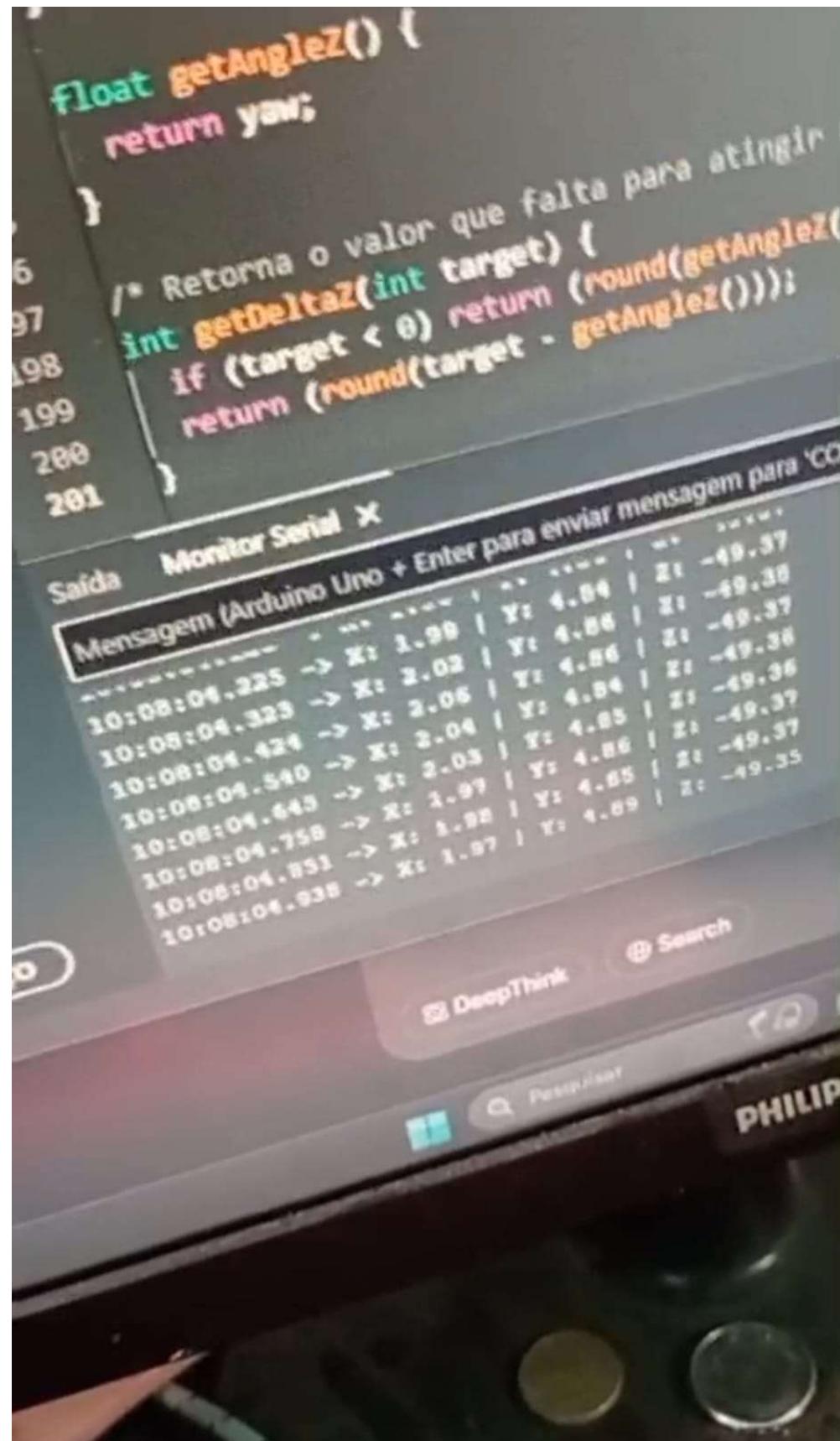
Registros Da Montagem 3



Registros Da Montagem 4



Anexo B – Registro da Programação



The image shows a screenshot of an Arduino IDE. The code in the editor is as follows:

```
float getAngleZ() {
    return yaw;
}

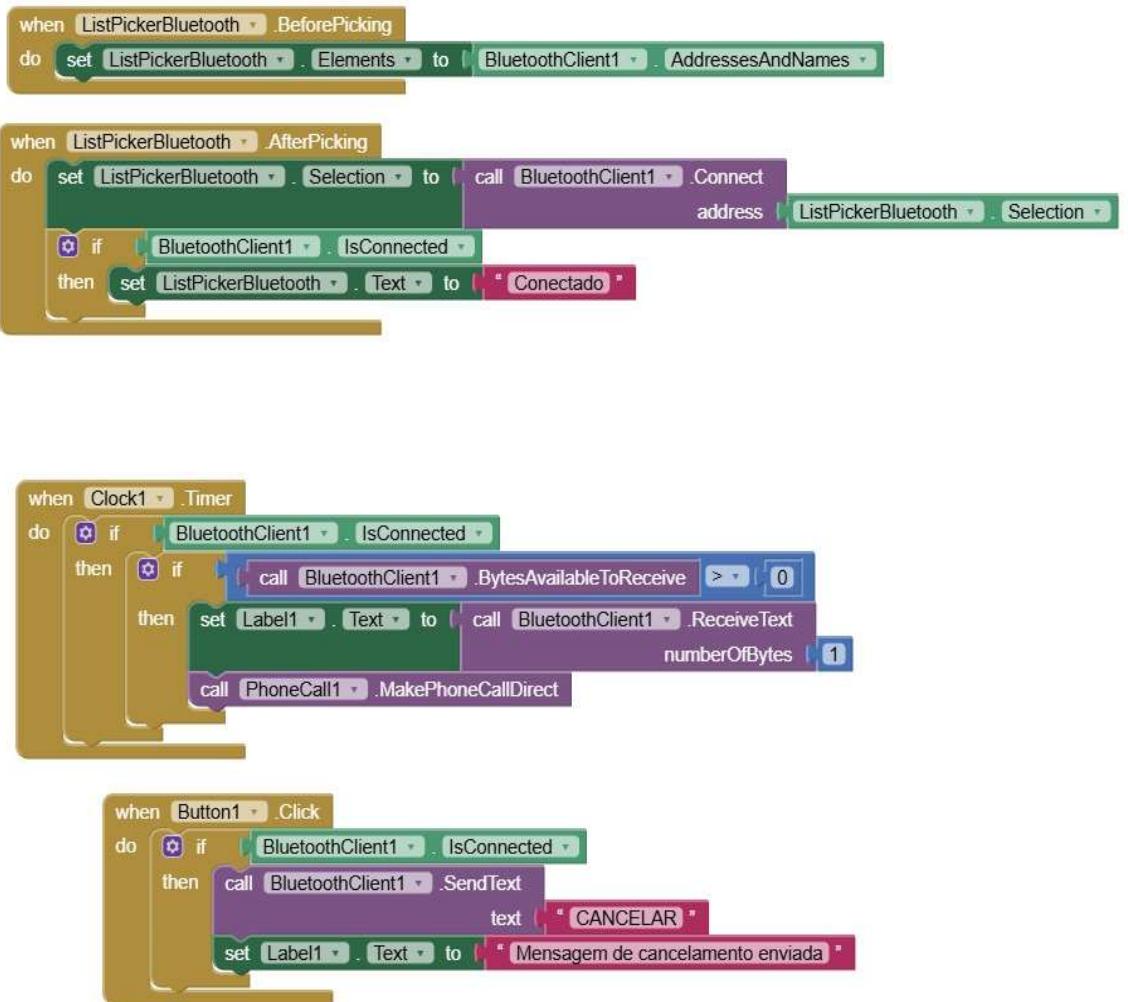
/*
 * Retorna o valor que falta para atingir
 * o target
 */
int getDeltaZ(int target) {
    if (target < 0) return (round(getAngleZ()) - round(target) - getAngleZ());
    else return (round(target) - round(getAngleZ()));
}
```

The serial monitor window is open, showing the following data:

Mensagem (Arduino Uno + Enter para enviar mensagem para 'COM3')
10:08:04.225 -> X: 1.99 Y: 4.94 Z: -49.37
10:08:04.323 -> X: 2.02 Y: 4.96 Z: -49.36
10:08:04.424 -> X: 2.05 Y: 4.96 Z: -49.37
10:08:04.520 -> X: 2.04 Y: 4.94 Z: -49.36
10:08:04.645 -> X: 2.03 Y: 4.95 Z: -49.37
10:08:04.756 -> X: 1.97 Y: 4.96 Z: -49.37
10:08:04.851 -> X: 1.99 Y: 4.95 Z: -49.35
10:08:04.935 -> X: 1.97 Y: 4.99 Z: -49.35

The monitor window has tabs for 'Saída' and 'Monitor Serial'. The status bar at the bottom shows 'DeepThink' and 'Search'.

ANEXO C – Registro do Protótipo do App



Anexo D - Registro do Protótipo do App 1



REGISTRO DO PROTÓTIPO DO APP 2

Screen1

⋮

Conectar Bluetooth

Cancelar chamada de emergência