

O IMPACTO ECONÔMICO DOS ACIDENTES COM MOTOCICLETAS E A APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA REDUÇÃO DE ACIDENTES: DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO ANTI-COLISÃO

THE ECONOMIC IMPACT OF MOTORCYCLE ACCIDENTS AND THE APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES FOR ACCIDENT REDUCTION: DEVELOPMENT OF AN ANTI-COLLISION DEVICE.

Luiz Adriano Simas da Silva¹; Dércio Luiz Reis²;
Thiago Maciel Neto³; Joaquim Maciel da Costa
Craveiro⁴

RESUMO: As lesões de motociclistas no trânsito é um problema de saúde pública global, estando entre as 10 principais causas de morte em países de baixa e média renda. Acidentes com moto também representam a 6ª maior causa de incapacidade temporária ou permanente. Motocicletas são responsáveis por mais de 50% das internações no Sistema Único de Saúde (SUS) relacionadas a acidentes de trânsito, com destaque para jovens entre 20 e 29 anos. A vulnerabilidade dos seus condutores torna urgente a adoção de medidas preventivas que possam mitigar esses riscos. É nesse contexto que as tecnologias da Indústria 4.0 oferecem uma alternativa inovadora para a prevenção de acidentes. Este artigo explora como as tecnologias da Indústria 4.0 — como a Internet das Coisas (IoT), big data, inteligência artificial (IA) e sistemas ciber-físicos (CPS) — podem ser aplicadas para reduzir o número de acidentes envolvendo motocicletas. O artigo apresenta as tecnologias que podem ser implementadas, os dados de uma pesquisa realizada com motociclistas integrantes de um grande motoclub nacional e o desenvolvimento de um dispositivo anticolisão de baixo custo para motocicletas.

Palavras-chave: Indústria 4.0, acidentes de trânsito, motocicletas, IoT, inteligência artificial, segurança no trânsito.

ABSTRACT: Motorcyclist injuries in traffic are a global public health issue, ranking among the top 10 causes of death in low- and middle-income countries. Motorcycle accidents are also the 6th leading cause of temporary or permanent disability. Motorcycles account for over 50% of hospital admissions in Brazil's Unified Health System (SUS) related to traffic accidents, with a notable prevalence among young people aged 20 to 29. The vulnerability of motorcyclists makes the adoption of preventive measures to mitigate these risks urgent. In this context, Industry 4.0 technologies offer an innovative alternative for accident prevention. This article explores how Industry 4.0 technologies — such as the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), and cyber-physical systems (CPS) — can be applied to reduce the number of motorcycle-related accidents. The article presents technologies that can be implemented, data from a survey conducted with motorcyclists from a large national motorcycle club, and the development of a low-cost anti-collision device for motorcycles.

¹ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: lsimas@gmail.com

² Universidade Federal do Amazonas / email: dercioreis@ufam.edu.br

³ Universidade Federal do Amazonas / email: thiagomn@ufam.edu.br

⁴ Universidade Federal do Amazonas / email: jmaciel@ufam.edu.br

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Keywords: Industry 4.0, traffic accidents, motorcycles, IoT, artificial intelligence, traffic safety.

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito envolvendo motocicletas são uma das principais causas de mortes e lesões graves em países emergentes. No Brasil, esses veículos representam mais de 50% dos acidentes graves, e suas consequências geram altos custos para os sistemas de saúde. A Indústria 4.0, com seu arsenal de tecnologias emergentes, oferece oportunidades para repensar e reestruturar a segurança no trânsito, aplicando novas soluções tecnológicas para reduzir a ocorrência e a gravidade dos acidentes com motocicletas (CALDEIRA, 2021).

1.1 Retrospectiva e Cenário atual

Os acidentes de trânsito têm um grande impacto na economia nacional e internacional, afetando a economia em um volume que não é plenamente visualizado pelos stakeholders diretamente ligados ao mercado de veículos.

Analizando os últimos 15 anos, é possível visualizar a importância dos impactos econômicos causados pelos acidentes, especificamente os que afetam os condutores de motocicletas. No ano de 2010, a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Resolução de nº A/RES/64/255 da 64ª Assembleia Geral, definiu a Década de Ação para a Segurança Rodoviária os anos de 2011 a 2020m, com o objetivo de promover a redução das fatalidades no trânsito ao redor do mundo, somando esforços de nível nacional, regional e global (ONU, 2010). Na 68ª Assembleia Geral da ONU, foi emitida a Resolução de nº A/RES/68/269, mostrando que, no ano de 2010, cerca de 1,24 milhão de pessoas perderam a vida no trânsito. Divulgou ainda que apenas 7% da população mundial é atingida por uma legislação que abrange todos os riscos comportamentais que venham ocasionar acidentes, como direção sob efeito de álcool ou drogas, velocidade incompatível, uso de celulares, utilização de capacetes e cintos de segurança. E afirma que cerca de metade das mortes de trânsito envolvem motociclistas, pedestres e ciclistas (ONU, 2014). No ano de 2016, apesar do número de mortes no trânsito permanecer constante em relação ao tamanho da população mundial, o quantitativo de vítimas fatais continuou crescendo, chegando a 1,35 milhão (OMS, 2020) (SILVA, 2018).

O Gráfico 1 mostra o número e taxa de mortes no trânsito por 100.000 habitantes, entre os anos 2000 e 2016.

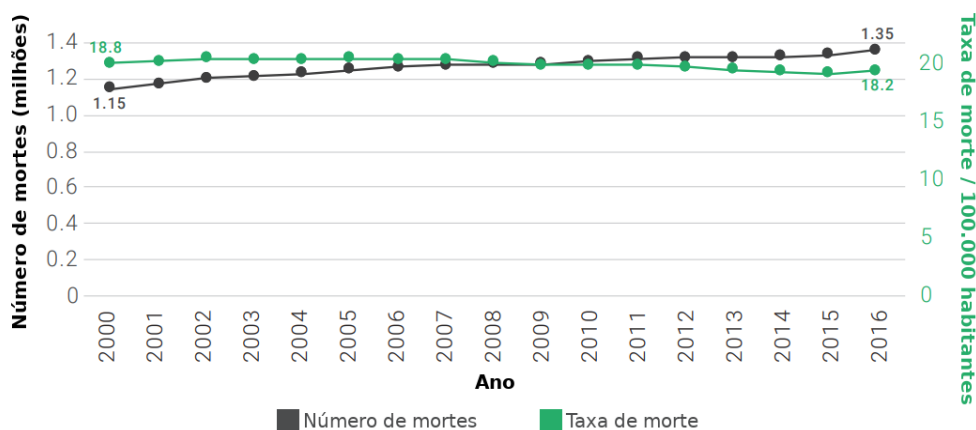


Gráfico 1. Número e taxa de mortes no trânsito por 100.000 habitantes: 2000-2016.

Fonte: OMS (2018).

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM

24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Dados da Organização Mundial de Saúde, no relatório global sobre segurança rodoviária da Organização das Nações Unidas, afirmam que, em 2016, as lesões ocasionadas por acidentes de trânsito foram a oitava maior causa de morte mundial, levando em conta todas as faixas etárias, chegando a 2,5% do total de mortes (ONU, 2018).

O Brasil está classificado entre os 10 países com maior taxa de mortalidade por acidentes de trânsito. Estatísticas mostram que a cada 15 minutos, uma pessoa morre em um acidente no país. No ano de 2019, de acordo com o Relatório Anual Seguradora Líder-DPVAT (2019), foram pagas 353.232 indenizações, sendo que 40.721 por morte, 235.456 por invalidez permanente e 77.055 por despesas médicas. Esses dados, em relação ao ano de 2018, mostram que houve um crescimento de 8% no total de indenizações, sendo um aumento de 6% referente a mortes, 3% o aumento de pagamentos por invalidez permanente e 25% de despesas médicas. A Tabela 1 e o Gráfico 2 ilustram esses dados.

Tabela 1. Comparativo de Indenizações Pagas 2018-2019

Indenizações Pagas					
Natureza da Indenização	Jan a Dez 2019	%	Jan a Dez 2018	%	Jan a Dez 2019 X 2018
Morte	40.721	11%	38.281	12%	6%
Invalidez Permanente	235.456	67%	220.102	69%	3%
Despesas Médicas (DAMS)	77.055	22%	61.759	19%	25%
TOTAL	353.232	100%	328.142	100%	8%

Fonte: Seguradora Líder – DPVAT (2019).

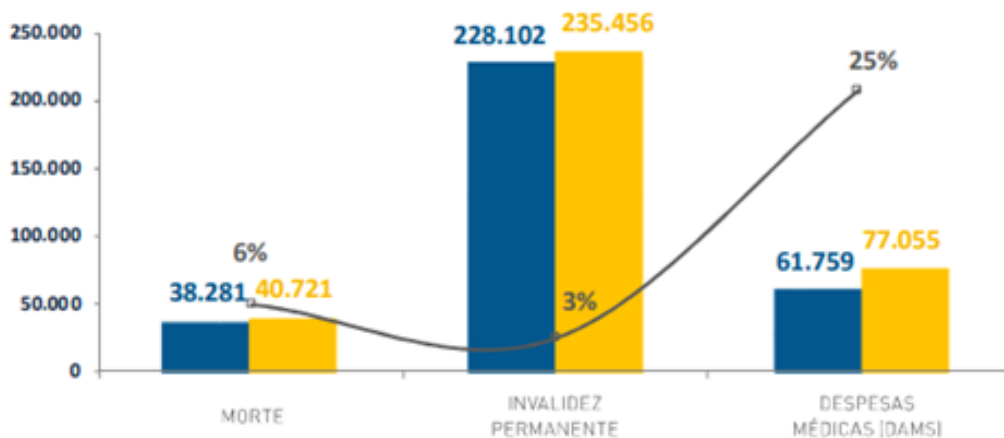


Gráfico 2. Evolução das Indenizações Pagas por Natureza. Fonte: Seguradora Líder – DPVAT (2019).

Em relação ao ano de 2020, a Seguradora Líder-DPVAT apresenta 310.710 indenizações pagas, sendo 33.530 por morte, 210.042 por invalidez permanente e 67.138 por despesas médicas. Em relação ao ano de 2019, embora os dados apresentem baixa, o percentual proporcional de cada categoria continuou inalterado. Todos esses dados são encontrados na Tabela 2.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Tabela 2. Comparativo de Indenizações Pagas 2019-2020

Indenizações Pagas					
Natureza da Indenização	Jan a Dez 2020	%	Jan a Dez 2019	%	JAN A DEZ 2020 X 2019
Morte	33.530	11%	40.721	11%	-18%
Invalidez Permanente	210.042	67%	235.456	67%	-11%
Despesa Médicas (DAMS)	67.138	22%	77.055	22%	-13%
TOTAL	310.710	100%	353.232	100%	-12%

Fonte: Seguradora Líder – DPVAT (2020).

Ainda no relatório correspondente ao ano de 2020, a Seguradora Líder-DPVAT declara que o total de indenizações pagas atribuídas às motocicletas foi de 245.551, correspondente a 79% do total de indenizações (DPVAT, 2020). A Tabela 3 mostra os dados referentes às indenizações pagas por tipo de veículo e natureza de janeiro a dezembro de 2020.

Tabela 3. Indenizações Pagas por Tipo de Veículo e Natureza - Jan a Dez/2020

Indenizações Pagas por Tipo de Veículo e Natureza				
Tipo de Veículo	Morte	Invalidez Permanente	Despesas Médicas	Total Geral
Automóveis	11.241	26.670	10.611	47.522
Ônibus/Micro-ônibus e vans	769	2.205	1.152	4.126
Ciclomotores	130	1.063	279	1.472
Motocicletas	17.412	175.371	52.768	245.551
Caminhões	3.978	5.733	2.328	12.039
Total Geral	33.530	210.042	67.138	310.710

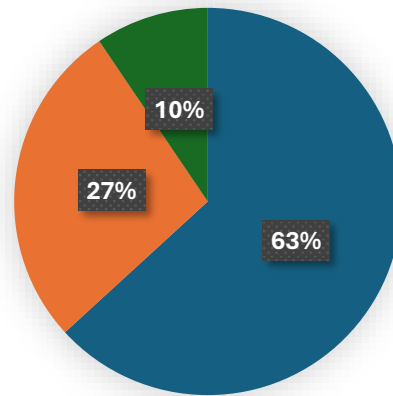
Fonte: Seguradora Líder – DPVAT (2020).

Por sua fragilidade, a motocicleta é o meio de transporte mais prejudicado e causador de acidentes. Lesões ocasionadas por acidentes de motos, em sua maioria, são classificadas como graves e correspondem ao aumento significativo de mortes, principalmente de jovens do sexo masculino (MIKI et al., 2014) (XAVIER, 2019).

Corroborando com esta ideia, a Seguradora Líder-DPVAT (2020) traça o perfil das vítimas de acidentes de trânsito com motocicletas, afirmando, com base em suas estatísticas de 2020, que jovens entre 18 e 34 anos corresponderam a 49% dos acidentes fatais e 53% dos acidentes com sequelas permanentes, sendo que para esta última porcentagem, 91 mil indenizações foram pagas. Dentre esses números, 88% das indenizações foram para vítimas do sexo masculino e 12% para vítimas do sexo feminino. O Gráfico 3 ilustra a porcentagem de indenizações pagas por morte e invalidez por acidentes com motocicletas, classificando por tipo de vítima.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição



■ Motorista ■ Pedestre ■ Passageiro

Gráfico 2. Indenizações Pagas por Morte e Invalidez por Acidentes com Motocicletas por Tipo de Vítima – Jan a Dez/2020. Fonte: Seguradora Líder – DPVAT (2020).

1.2 Impacto econômico dos acidentes

Dados sobre acidentes com motocicletas no Brasil de 2020 a 2024 mostram um aumento significativo durante esse período, especialmente durante a pandemia de COVID-19. As motocicletas foram essenciais para entregas e trabalho, o que contribuiu para uma alta exposição ao risco. Em 2021, por exemplo, 54% dos acidentes de trânsito envolveram motos, com um total de 167 mil sinistros, e houve um aumento de 14% nas hospitalizações por traumas em comparação ao ano anterior.

Esse crescimento também reflete o aumento nas vendas de motocicletas, impulsionado pelo desemprego e pela expansão dos serviços de entrega. Segundo a Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (Abramet), 85% dos acidentados são homens jovens entre 20 e 29 anos. Entre 2020 e 2021, o SUS registrou cerca de 308 mil internações relacionadas a acidentes de trânsito, e 54% delas envolviam motociclistas, gerando custos elevados para o sistema público de saúde.

Os dados do DataSUS (2024) referentes ao ano de 2024, indicam o crescimento do número de mortes no trânsito, com as motocicletas como o maior meio de transporte associado a fatalidades. Ainda de acordo com o DataSUS, do Ministério da Saúde, houve um aumento de 14% no número de motociclistas internados no Sistema Único de Saúde (SUS) nos quatro primeiros meses de 2024, em comparação com o mesmo período de 2023. Foram 50.248 internações, contra 44.050 em janeiro, fevereiro, março e abril de 2023. Ao todo, em 2023, 141.890 motociclistas foram hospitalizados no SUS, uma média de 289 por dia.

No ano de 2022, foram 12.058 óbitos. Ou seja, todos os dias morreram 33 condutores, em média, nas ruas e rodovias do país. Muitos deles estavam trabalhando como entregadores ou mototaxistas. Cada número corresponde a uma família, que perdeu um pai, uma mãe, um filho e, muitas vezes, a principal renda da casa. Além da perda inestimável de vidas, é importante considerar o impacto dos acidentes para os cofres públicos. A negligência com o trânsito, especialmente, tem um elevado custo. Cada internação em 2023 custou a média de R\$ 1.561,31, com gasto total de R\$ 221,5 milhões no ano. Até abril, foram gastos R\$ 80,5 milhões, segundo o Ministério da Saúde. O dado corresponde apenas com o tratamento das vítimas, sem contar o

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

impacto que causa à economia com as perdas decorrentes da interrupção da produção de todos os envolvidos.

Faltam dados e estudos atualizados sobre o impacto total no erário, incluindo para a Previdência Social, seguros, e o custo para a produtividade do país. As estimativas mais recentes foram publicadas em 2020. De acordo com um levantamento do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), publicado em junho daquele ano, o Brasil perde um total de R\$ 50 bilhões anualmente com as colisões. De acordo com o instituto, um único acidente nas rodovias federais custa R\$ 261.689 ao país, e pode chegar a R\$ 664.821 quando há morte. Em um ano, o valor total foi estimado em R\$ 12,8 bilhões. Nas rodovias estaduais e municipais, o custo chega a R\$ 30 bilhões. Nas cidades, fica entre R\$ 10 bilhões e R\$ 12 bilhões. Os pesquisadores explicam que as cifras são apenas estimativas e que, provavelmente, estão subestimadas, pois leva em conta quanto uma pessoa aposentada por invalidez ou morta deixa de produzir para o país.

De acordo com o ministério, em 2021, o custo com esse tipo de internação chegou a R\$ 167 milhões. Em 2020, as lesões de trânsito foram responsáveis por mais de 190 mil internações – dessas, cerca de 61% entre motociclistas.

2. METODOLOGIA

A natureza da pesquisa é aplicada, tendo um cunho prático e sendo utilizada para a resolução de um problema real (LAKATOS, 2021; VERGARA, 2010).

Com relação ao desenvolvimento e validação do produto, serão utilizadas as ferramentas *Design Thinking* e *Business Model Canvas* (GIOURKA, 2019) (JOHANSSON-SKÖLDBERG, 2013) (LIEDTKA, 2019) (JACK, 2015).

Na fase inicial, serão realizadas pesquisas em base de dados oficiais, reportagens e entrevistas, referente a contextualização e problemática do tema central do trabalho, buscando o entendimento e a mensuração mais precisa do problema identificado, permitindo assim determinar o interesse social da proposta e avaliar as possibilidades econômicas decorrentes do desenvolvimento do produto, avaliando a oportunidade de introdução de inovação e viabilidade do empreendedorismo baseado no protótipo proposto (VASHIST, 2017).

Na sequência, tomando como base conceitos e as ferramentas trazidas do *Design Thinking*, serão executadas as fases definidas para o desenvolvimento e validação do produto, que passam pela verificação da tecnologia disponível e adequada para o protótipo, pela validação do produto junto à comunidade envolvida e pela análise de viabilidade econômica do produto proposto. Para esta última fase será feita uma validação empregando o modelo Canvas, objetivando identificar questões chaves para do desenvolvimento do produto. Esta etapa auxiliará na identificação de como a proposta de criação produto irá gerar valor para o mercado.

Na sequência, tendo as especificações bem detalhadas e alinhadas, será feita a construção do protótipo, que é o objetivo geral deste trabalho. Este processo será feito através da montagem do hardware projetado, do desenvolvimento do código de software que será embarcado no microcontrolador escolhido, que é o ESP32, finalizando com montagem dos sensores em uma placa de ensaio de circuitos elétricos (ESPRESSIF, 2020) (BABIUCH, 2019).

Na última etapa prevista, serão feitos testes no protótipo, consubstanciando o atendimento da proposta final do trabalho.

O projeto tem como produto final o software embarcado no microcontrolador e a placa de circuitos elétricos com os sensores montados em *protoboard* e posteriormente soldados em uma placa de fenolite ilhada, tendo como marco limitante, a fase de prototipação.

No levantamento de hipóteses e possíveis funções do produto final, o orientador, por ser motociclista a bastante tempo levantou a necessidade de ser um dispositivo anticolisão, visto a

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

escassez no mercado e experiência vivenciada por amigos e conhecidos que sofreram acidentes traseiros.

Não foram previstas as atividades de projeto do design final do produto, que precisará de um estudo para a adequação aos diversos modelos de motocicletas do mercado e exigirá outras etapas que não compõem o escopo do presente projeto.

O projeto se limita em custos e disponibilidade dos componentes, onde foram utilizados componentes de baixo custo, muito comuns em projetos de *IoT*. Para uma fase posterior do projeto, será feito um estudo com componentes mais adequados, como câmeras, sensores mais potentes, dentre outros. Nesta fase, dependendo dos resultados do estudo e testes, o ESP32, microcontrolador utilizado no desenvolvimento deste projeto, poderá não ser aproveitado, sendo substituído por um mais específico ou um de fabricação própria.

2.1 Indústria 4.0 e suas Tecnologias

Caldeira (2021) aponta tecnologias que podem ser empregadas para salvar vidas de motociclistas. A Indústria 4.0 refere-se à quarta revolução industrial, caracterizada pela digitalização e conectividade entre sistemas, máquinas e humanos. Entre as principais tecnologias que formam esse conceito estão:

- a) Internet das Coisas (IoT): Dispositivos conectados que podem coletar e trocar dados em tempo real;
- b) Big Data e Análise de Dados: Capacidade de armazenar e analisar grandes volumes de dados para a tomada de decisões;
- c) Inteligência Artificial (IA): Ferramentas que processam dados e aprendem a partir de padrões, podendo prever cenários e oferecer soluções automatizadas;
- d) Sistemas Ciber-Físicos (CPS): Integração de sistemas físicos com softwares de controle digital para monitoramento e automação;
- e) Computação em Nuvem: Infraestrutura digital que permite a execução de cálculos e armazenamento de dados remotamente.

Essas tecnologias têm sido amplamente aplicadas em manufatura e logística, mas seu potencial no setor de transporte, particularmente em relação à segurança no trânsito, ainda está em crescimento.

2.2 Aplicações da Indústria 4.0 na Redução de Acidentes com Motocicletas

2.2.1 Internet das Coisas (IoT) e Veículos Conectados

A IoT permite o desenvolvimento de **veículos conectados**, equipados com sensores que monitoram o ambiente ao redor em tempo real. Para motociclistas, isso pode ser implementado de diversas maneiras:

- a) Sensores de Proximidade: Detectam veículos em movimento ao redor e alertam o motociclista sobre possíveis colisões;
- b) Conectividade com Infraestrutura: Sinais de trânsito e semáforos inteligentes podem se comunicar com a motocicleta, alertando sobre mudanças nas condições de tráfego;
- c) Monitoramento de Condições de Condução: Dispositivos conectados ao vestuário do motociclista podem monitorar sua posição e postura, alertando sobre fadiga ou condições inadequadas de pilotagem.
- d) Essas tecnologias podem ser integradas tanto em motocicletas como em acessórios como capacetes e jaquetas, garantindo que o motociclista esteja sempre ciente dos riscos ao seu redor.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

2.2.2 Big Data e Inteligência Artificial para Previsão de Acidentes

A inteligência artificial (IA) e o big data são cruciais para a análise de grandes volumes de informações sobre o comportamento no trânsito. Sistemas de IA podem ser programados para identificar padrões de risco em determinadas rotas ou horários com alta incidência de acidentes.

Além disso:

- a) **Análise de Trajetórias de Risco:** Utilizando dados históricos de acidentes, sistemas inteligentes podem prever áreas de risco e alertar os motociclistas para evitá-las;
- b) **Prevenção de Acidentes:** Algoritmos de aprendizado de máquina podem analisar o comportamento do piloto e do veículo, alertando sobre manobras perigosas ou comportamentos arriscados;
- c) **Integração com Sistemas de Trânsito:** Os dados coletados podem ser utilizados por agências de trânsito para desenvolver estratégias mais eficientes de sinalização e fiscalização.

2.2.3 Sistemas de Transporte Inteligente

Os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) são outra aplicação importante da Indústria 4.0 para a segurança viária. Esses sistemas utilizam IoT, IA e big data para criar uma infraestrutura de trânsito conectada e inteligente. No contexto das motocicletas, os ITS podem ser usados para:

- a) **Controle de Fluxo de Tráfego:** Através da comunicação com veículos conectados, é possível otimizar a fluidez do trânsito, reduzindo o risco de colisões em pontos críticos.
- b) **Semáforos e Sinalização Inteligente:** A sinalização adaptativa pode ajustar o tempo de luz verde e vermelha de acordo com o fluxo de motocicletas e outros veículos, reduzindo a incidência de acidentes em cruzamentos.
- c) **Integração de Motociclistas em Veículos Autônomos:** Veículos autônomos podem ser programados para detectar motocicletas e adotar medidas automáticas de segurança, como frenagem em situações de risco.

2.2.4 Sistemas de Segurança Vestíveis

Dispositivos vestíveis inteligentes já estão disponíveis no mercado, como capacetes com HUD (heads-up display) que oferecem informações em tempo real sobre a estrada e o trânsito. Além disso, coletes inteligentes equipados com sensores de impacto podem inflar airbags em situações de colisão iminente.

Esses sistemas, integrados a redes IoT, oferecem uma camada extra de proteção, mitigando os impactos de acidentes e alertando os motociclistas sobre riscos antes que o acidente aconteça.

2.3 Desafios e Limitações

Embora as tecnologias da Indústria 4.0 ofereçam soluções promissoras, existem desafios a serem superados:

- a) **Infraestrutura Deficiente:** A implementação dessas tecnologias depende de uma infraestrutura urbana adaptada, com redes 5G e sistemas de trânsito integrados, algo que ainda não é uma realidade em muitas cidades brasileiras;
- b) **Custo de Implementação:** A adoção dessas tecnologias ainda é cara, especialmente para motociclistas de baixa renda, que compõem uma grande parcela do público-alvo;
- c) **Capacitação e Conscientização:** A eficácia das tecnologias depende também da conscientização e capacitação dos motociclistas para usá-las corretamente.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

2.4 Análise do problema

Como já havia a proposta de incorporar um dispositivo tecnológico em motocicletas, foi elaborado um questionário com perguntas objetivas, objetivo que foi aplicado entre os integrantes de um motoclub com presença nacional, o que beneficiou a validação das respostas, uma vez que sua composição é formada de motociclistas experientes. Vale ressaltar que o questionário também foi aplicado em um grupo de pilotos que utilizam a motocicleta como meio de trabalho, porém o quantitativo de respostas não foi igualitário, comparando com as respostas enviadas pelos componentes do motoclub.

No total foram entrevistadas 351 pessoas. Como resultados das perguntas realizadas no questionário, sabe-se que 95,7% dos entrevistados possuem idade maior que 30 anos e que 77,8% dos entrevistados têm mais de 10 anos de experiência na condução de motocicletas.

Quanto à finalidade do uso das motocicletas, 73,8% dos entrevistados utilizam as motocicletas apenas para lazer, seguido de 14,5% dos que utilizam somente no percurso de casa para o trabalho e do trabalho para casa.

Os dias de utilização da motocicleta também foram questionados. 52,1% dos entrevistados responderam que utilizam as motocicletas em dias úteis e finais de semana, seguido por 43,3% dos quais utilizam apenas em fins de semana e 4,6% pelos que utilizam somente em dias úteis.

O quantitativo de horas de uso de motocicletas foi bem dividido, sendo que 29,9% dos entrevistados utilizam suas motos por mais de sete horas por dia, seguidos por 28,2% que utilizam entre duas e quatro horas por dia. Por sua vez, 26,2% utilizam entre cinco e sete horas por dia e finalizando, 15,7% das pessoas responderam que utilizam no máximo até uma hora por dia. A interpretação destes dados como motivação para a proposta de construção do dispositivo de segurança é de fundamental importância, visto que tanto os que dirigem as motocicletas por muitas horas quanto os que dirigem por um curto período estão sujeitos a acidentes. Respectivamente, estes acidentes podem ser ocasionados por deficiência da velocidade dos reflexos por conta do cansaço e por direção sem os itens de segurança básicos, como capacete e calçados adequados.

No formulário de pesquisa, foram listadas algumas das principais dificuldades enfrentadas no trânsito durante o dia e durante a noite. Os Gráfico 4 e 5 apresentam as estatísticas.

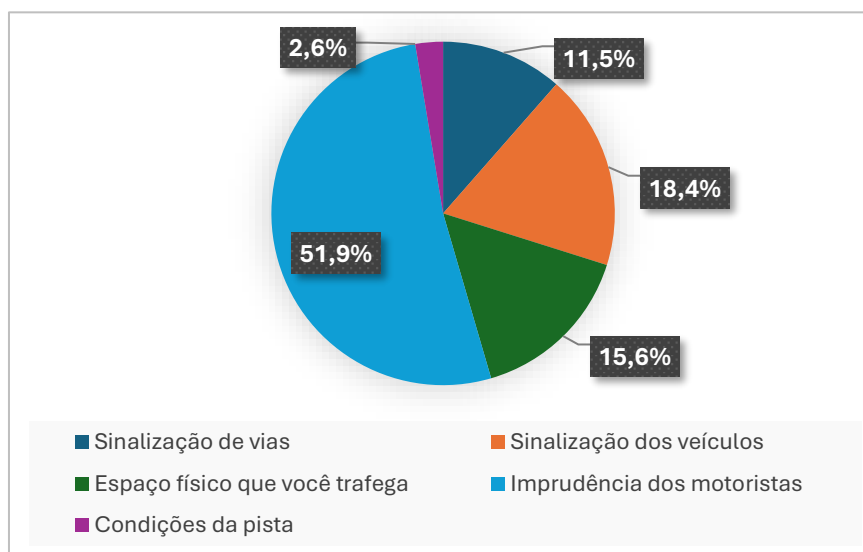


Gráfico 4. Principais dificuldades enfrentadas no trânsito durante o dia. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

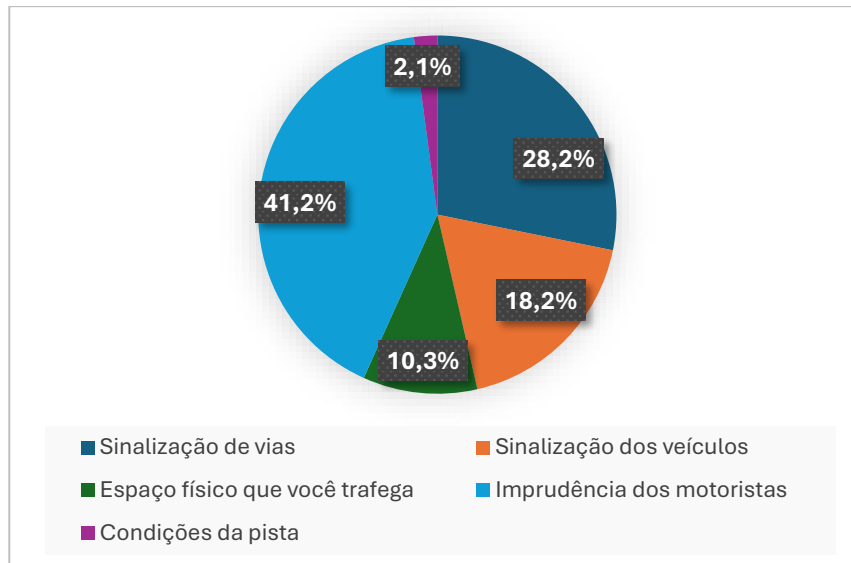


Gráfico 5. Principais dificuldades enfrentadas no trânsito durante a noite. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

Sobre o risco de se acidentar dirigindo motocicletas em suas respectivas cidades, 32,2% dos entrevistados responderam que este risco é mediano, seguido de 31,1% que afirmaram ser alto. Os que disseram que este risco tende a ser muito alto são 24,5% no quantitativo total. Os que alegaram que o risco é baixo e muito baixo são 10% e 2,3% respectivamente. O Gráfico 6 elenca estes dados.

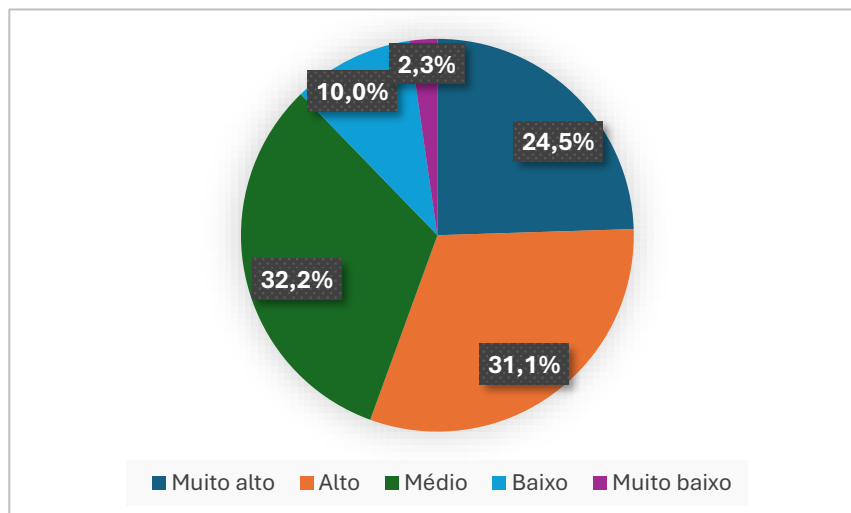


Gráfico 6. Risco de se acidentar de moto. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

O quantitativo de acidentes sofrido pelos motoristas também foi questionado. 35,3% dos entrevistados responderam que não sofreram acidentes ainda, 28,8% afirmaram que sofreram

pelo menos um acidente. Sucedendo isto, 21,4% assumiram que sofreram 2 acidentes e 14,5% disseram que sofreram 3 acidentes ou mais. O Gráfico 7 enumera estes dados.

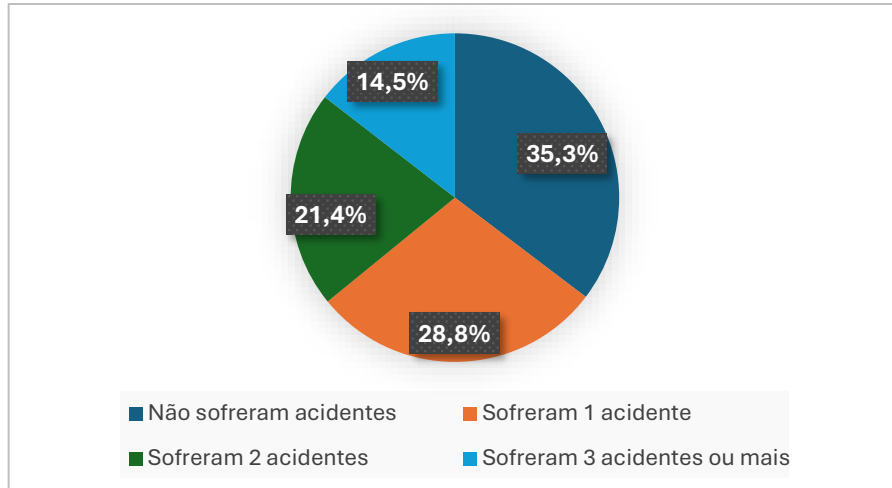


Gráfico 7. Acidentes sofridos. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

Baseado nas informações da quantidade de acidentes sofridos, foi perguntado qual a lesão mais grave obtida em acidentes. 39,3% dos entrevistados não se enquadraram nesta pergunta, pois não sofreram acidentes ou sofreram e não tiveram nenhuma lesão. 32,8 % tiveram escoriações (arranhões), seguido por 20,8% que tiveram fraturas. Outras lesões foram identificadas como lacerações, luxações, queimaduras, entre outros. O Gráfico 8 mostra esses dados com maior exatidão.

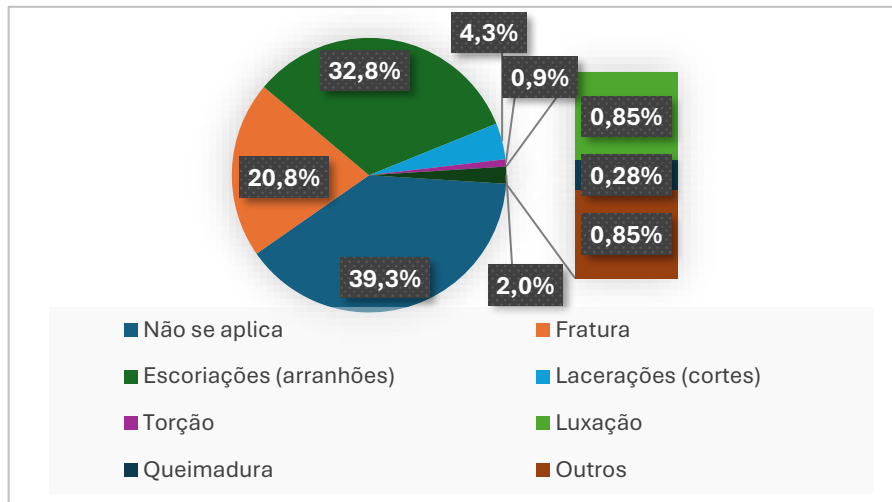


Gráfico 8. Lesões mais graves sofridas em acidentes. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

Diante deste cenário, situações de acidentes e lesões, foi questionado se os entrevistados já tiveram que se ausentar do trabalho por causa dos acidentes sofridos de motocicleta. 72,6% responderam que não e 27,4% tiveram que faltar o trabalho para tratar dos danos causados pelos acidentes. O Gráfico 9 demonstra esta estatística.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

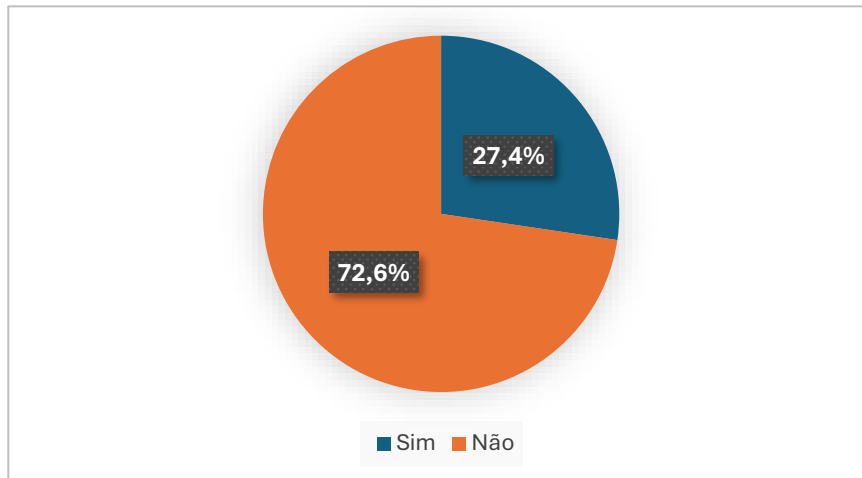


Gráfico 9. Incidência de ausência no trabalho por conta de acidentes com motocicletas. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

Com a finalidade de interpretar melhor estes dados sobre as faltas ao trabalho em decorrência de acidentes de motocicletas, foi perguntado quantos dias de ausência os entrevistados tiveram. 72,6% disseram que não se aplicam a este questionamento, visto que não faltaram ao trabalho. 8,8% se ausentaram em até sete dias, 8,3% não foram ao trabalho por mais de trinta dias, 6% precisaram se afastar de sete a quatorze dias e 4,3% ficaram de quatorze a trinta dias sem ir ao trabalho. O Gráfico 10 expõe estas informações.

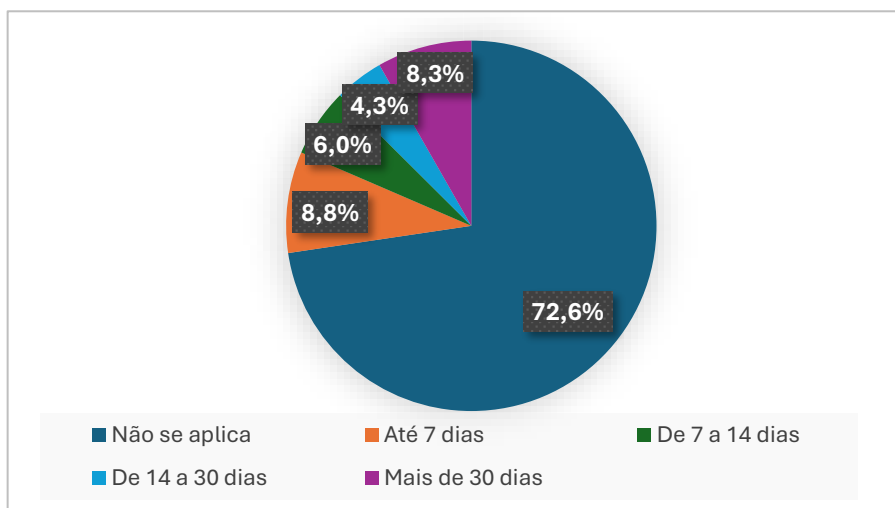


Gráfico 10. Dias de ausência no trabalho por causa de acidente de motocicletas. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

Finalizando a pesquisa aplicada aos entrevistados, foi perguntado sobre algumas práticas comuns de quem dirige motocicletas. Esta pergunta foi de múltipla escolha podendo ser escolhida mais de uma questão. Dentre as opções listadas estão a condução sem segurar o guidom com ambas as mãos, condução sem o uso de capacete, condução fazendo malabarismo, direção usando o celular/fone de ouvido, estacionamento em faixa de pedestre, estacionamento

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

em calçadas, estacionamento em locais proibidos, avanço de semáforo ou parada obrigatória, trânsito em calçada, trânsito pela contramão de direção, trânsito em faixas exclusivas, trânsito em corredor e trânsito em velocidade superior à permitida. O Gráfico 11 mostra o quantitativo de resposta para cada uma dessas opções.

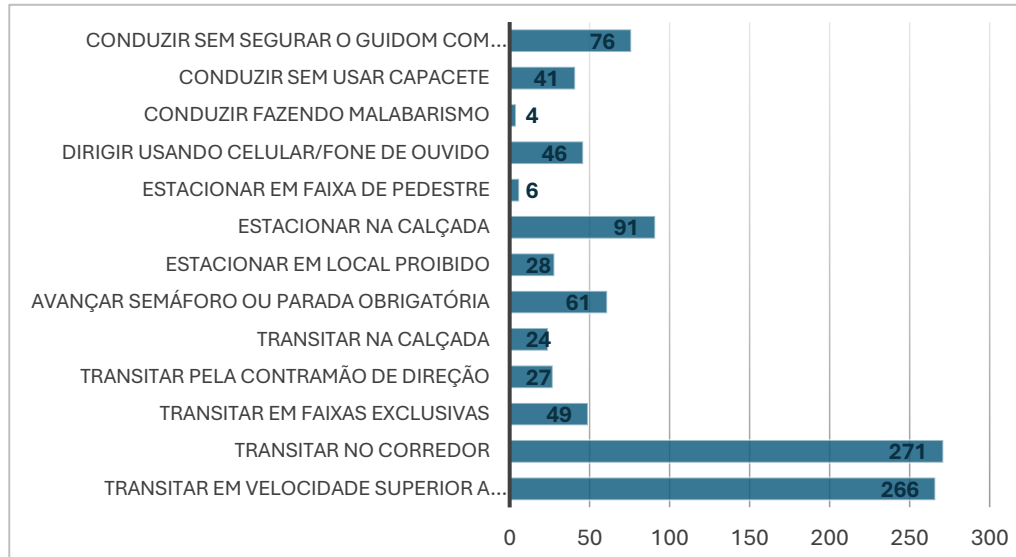


Gráfico 11. Práticas relacionadas ao uso de motocicletas. Fonte:
Elaborado pelo Autor (2021)

O desenvolvimento do protótipo de segurança ativa, desenvolvido em uma placa ESP32 (ESPRESSIF,2020) obteve resultados positivos em seu desenvolvimento e testes. A tecnologia foi baseada em microcontroladores e sensores de baixo custo. O valor total dos componentes empregados foi inferior a R\$ 200,00 (duzentos reais).

A metodologia empregada no desenvolvimento do protótipo se mostrou positiva, sendo utilizada desde a sua concepção o *Design Thinking*.

A pesquisa realizada junto aos motociclistas trouxe para o projeto a experiência decorrente do tempo de pilotagem dos integrantes do grupo pesquisado.

A viabilidade econômica se deu com base no preenchimento do quadro do *Business Model Canvas*, sendo possível o mapeamento e a identificação de boa parte da cadeia de valor que o protótipo pode gerar, graças a identificação das questões chaves inerentes ao processo (BASKARA, 2019) (GIOURKA,2019).

O primeiro protótipo produzido, figura 1, utilizou uma protoboard com os fios de *jumper* sobrepostos, o que não ficou atraente aos clientes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO



Figura 1. Protótipo elaborado em protoboard. Fonte: Foto tirada pelo Autor (2021)

O segundo protótipo, mostrado na figura 2, foi montado em uma placa universal ilhada de fenolite de 7x9, onde foram fixados os componentes eletrônicos por meio de soldagem.



Figura 2. Segundo protótipo feito em placa de fenolite. Fonte: Foto tirada pelo Autor (2021)

Uma implementação adicional foi a possibilidade de armazenar as vezes que o sistema identificou a possibilidade de colisões, de modo que possa ser consultado posteriormente. Esta função incluiu a conexão do microcontrolador com a internet, enviando os dados via requisição

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição

HTTP POST para um servidor de aplicação, que por sua vez, através de um script na linguagem PHP salva os mesmos em um banco de dados MYSQL. Isto alimentará uma base de dados importante para usos de tecnologias de IA, conforme demonstrado na figura 3 (ALMEIDA, 2016) (ARIAS, 2017)

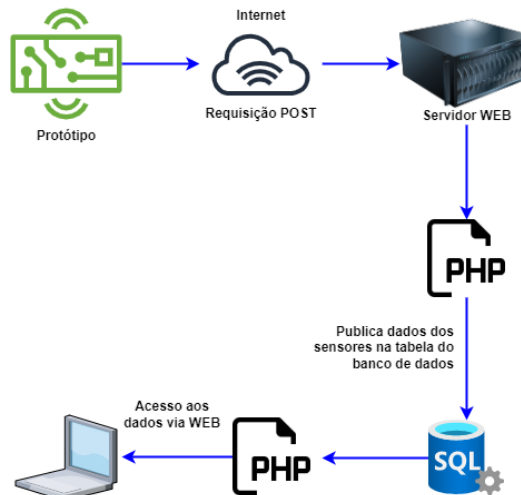


Figura 3. Fluxo total das operações para salvar dados via internet no banco de dados. Fonte: Elaborado pelo Autor (2021)

O desenvolvimento dos cálculos de aproximação utilizando o sensor ultrassônico HC-SR04 se deu baseado em conceitos de física, como distância, tempo e velocidade. Após a implementação desde cálculo foram realizados testes de acurácia dos sensores adquiridos, com a finalidade de descobrir se os mesmos estavam retornando as medidas corretas. Os resultados dos testes foram positivos para 90 % dos sensores ultrassônicos testados, sendo que o único que falhou no teste estava danificado. (ELECTREACKS, 2020).

Visto que as medições estavam corretas, o sistema com todos os sensores foi montado em *proto board* com objetivo de testar o cálculo de velocidade de aproximação. Os testes foram realizados em escala de centímetros por segundo e também foram positivos. Os testes da funcionalidade de envio de informações via web do protótipo de segurança para a base de dados se deram por meio da verificação dos parâmetros enviados na requisição POST. As requisições que tiveram sucesso e foram salvas na base de dados retornaram um código positivo para o microcontrolador e as requisições que não obtiveram sucesso retornaram um código de erro. Todos os erros ocorridos nesta etapa foram devidos ao problema de sinal de internet.

No que tange as questões econômicas, a interpretação dos dados obtidos por entrevista revelou mais um fator de motivação para o projeto. As respostas indicaram que a maioria dos entrevistados já sofreram acidentes e que em decorrência desses tiveram traumas como fratura, luxações, contusões e escoriações. Além desta observação, uma boa parte já faltou ao trabalho em decorrência desses acidentes. Os prejuízos ocasionados pela falta de um funcionário ao trabalho impactam na produtividade da empresa, bem como impacta no sustento da família do acidentado. Os encargos gerados por despesas médicas, seguros e previdência podem ser minimizados, empregando as tecnologias para salvar vidas.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

4. CONCLUSÃO

As tecnologias da Indústria 4.0 têm o potencial de transformar a segurança no trânsito para motociclistas, fornecendo ferramentas eficazes para a prevenção de acidentes e a mitigação de riscos. A combinação de IoT, big data, inteligência artificial e sistemas de segurança vestíveis pode ajudar a reduzir drasticamente o número de acidentes envolvendo motocicletas. No entanto, para que essas inovações sejam amplamente adotadas, é necessário superar barreiras como a falta de infraestrutura e o custo elevado de implementação. As tecnologias da Indústria 4.0 apresentadas, mostram que alguns dos seus elementos podem minimizar a ocorrência de acidentes com motocicletas, mas algumas são mais dependentes de uma infraestrutura que passa por implementações de projetos de Cidades Inteligentes, o que é ainda uma realidade distante da maioria de nossas cidades. Mas, dispositivos como os apresentados neste artigo, podem contribuir para aumentar a segurança dos motociclistas e consequentemente minimizar as perdas que as famílias e a sociedade acabam tendo a cada ocorrência. Como as tecnologias estão se tornando mais acessíveis, o que foi demonstrado no desenvolvimento do sensor anticolisão apresentado, espera-se que os índices de acidentes com motocicletas diminuam, promovendo uma cultura de segurança no trânsito mais inteligente e conectada.

REFERÊNCIAS

- Almeida, R. M.; Moraes, C. H.; Seraphim, T. F. P. (2016). Programação de Sistemas Embarcados: Desenvolvendo Software para microcontroladores em linguagem C. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Arias, Miguel Ángel (2017). Aprende Programacion Web con PHP y MySQL: 2 ed. IT campus Academy.
- Babiuch, M.; Foltýnek, P.; Smutný, P. (2019). Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. In: 2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC). IEEE, p. 1-6.
- Baskara, A. S.; Kaburuan, E. R.; Ardiansyah, L.; Sfenrianto, S.; Hwa, T. H. (2019). Business Model Canvas of Motorcycle After-Sales Service Mobile Application. Int. J. Civ. Eng. Technol, v. 10, n. 04, p. 344-352.
- Caldeira, A. (2021). 5 Tecnologias que Podem Salvar a Vida dos Motociclistas. Jornal Estadão, São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-com-seguranca/transito/5-tecnologias-que-podem-salvar-a-vida-dos-motociclistas>>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- Dpvat (2019), Seguradora Líder. Relatório Anual Seguradora Líder-DPVAT. Disponível em: <<https://www.seguradoralider.com.br/Centro-de-Dados-e-Estatisticas/Relatorio-Anual>>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- Dpvat, Seguradora Líder (2020). Relatório Anual Seguradora Líder-DPVAT. Disponível em: <<https://www.seguradoralider.com.br/Centro-de-Dados-e-Estatisticas/Relatorio-Anual>>. Acesso em: 01 jun. 2021.
- Elecfreaks (2020). Ultrasonic Ranging Module HC - SR04. Disponível em: <www.Elecfreaks.com>. Acessado em: 12 fev. 2020.
- Espressi F. (2019). ESP32-WROOM-32 Datasheet. Version 2.9. Disponível em <<https://www.espressif.com/en/support/download/documents>>. Acessado em: 12 jan. 2020.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

Giourka, P.; Sanders, M. W. J. L.; Angelakoglou, K.; Pramangioulis, D.; Nikolopoulos, N.; Rakopoulos, D.; Tryferidis, A.; Tzouvaras, D. (2019). The Smart City Business Model Canvas - A Smart City Business Modeling Framework and Practical Tool. *Energies*, v. 12, n. 24, p. 4798.

Jack, H. (2015). *Projeto, Planejamento e Gestão de Produtos. Uma abordagem para engenharia*. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

Johansson-sköldberg, U.; Woodilla, J; Çetinkaya, M. (2013). Design thinking: past, present and possible futures. *Creativity and innovation management*, v. 22, n. 2, p. 121-146.

Lakatos, Eva M.; Marconi, Marina de A. (2021). *Metodologia do Trabalho Científico*. Ed. Atlas, SP.

Liedtka, Jeanne; Ogilvie, Tim (2019). *A magia do Design Thinking*. Alta Books.

Miki, N.; Martimbianco, A. L.; Hira, L. T.; Lahoz, G. L.; Fernandes, H. J. A.; Reis, F. B. (2014). Profile of trauma victims of motorcycle accidents treated at hospital São Paulo. *Acta ortopedica brasileira*, v. 22, n. 4, p. 219-222.

OMS - organização mundial de saúde (2018). *Global Status Report on road Safety 2018*. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf?ua=1>>. Acesso em: 22 jan. 2020.

ONU - Organização das Nações Unidas (2010). *General Assembly - Resolution A/RES/64/255*. Disponível em: <<https://undocs.org/en/A/RES/64/255>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

ONU - Organização das Nações Unidas (2014). *General Assembly - Resolution A/RES/68/269*. Disponível em: <<https://undocs.org/en/A/RES/64/255>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

Silva, P. L. N.; Santos, A.G.P.; Cruz, P. K. R.; Rocha, J. F. D.; Ferreira, R. I.; Silva, V. F. (2018). Morbimortalidade de acidentes de trânsito envolvendo motocicletas: uma revisão de literatura. *Journal of Health & Biological Sciences*, v. 6, n. 4, p. 437-448.

Vashist, D.; Kumar, N. (2017). A Review of Active and Passive Automotive Safety Systems. *International Journal of Engineering Sciences & Management Research*, v. 4, n. 4, p. 9-16.

Vergara, S.C. (2010). *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 12.ed. São Paulo: Atlas.

Xavier, J. (2019). *Motocicletas: velocidade e imprudência sobre duas rodas*. Jornal Em Tempo, Manaus, Amazonas. Disponível em: <https://emtempo.com.br/amazonas/175249/motocicletas-velocidade-e-imprudencia-sobre-duasrodas?_amp#aoh=15799726797520&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&_tf=Fonte%3A%20%251%24s>. Acesso em: 25 jan. 2020.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição