

Unidade de Controle Eletrônico (ECU) para detecção de álcool em motoristas: bloqueio de ignição e IOT para monitoramento de frotas de veículos comerciais.

Guilherme Batista Cipriano (823221982), Guilherme Rigo (823212812), Larissa Aparecida Machado de Sousa (823133443).

Professora orientadora: Francielle Scarpini Barbosa Cordeiro.

Coordenação de curso de Engenharia Elétrica.

RESUMO

O estudo apresenta o desenvolvimento de um sistema de segurança veicular que exige a realização de um teste de bafômetro antes da partida do veículo. O objetivo é impedir a condução sob efeito de álcool por meio do bloqueio automático da ignição quando o sensor detecta níveis superiores ao permitido. O projeto utiliza o sensor MQ-3 de alta precisão integrado a um módulo de controle eletrônico, garantindo confiabilidade nos resultados e uma interface intuitiva para o condutor. A metodologia envolve a criação de um protótipo funcional capaz de operar em diferentes cenários, incluindo frotas empresariais e transporte público. A tecnologia pode ser integrada a sistemas inteligentes de bordo, com registro de dados e envio de alertas ao motorista ou às autoridades. Os testes indicam que o sistema apresenta viabilidade técnica e potencial de aplicação em larga escala, contribuindo diretamente para a redução de acidentes relacionados ao consumo de álcool. Conclui-se que a implementação do dispositivo favorece a prevenção no trânsito e reforça uma cultura de direção responsável, além de atender às demandas por soluções acessíveis e eficazes no contexto da segurança rodoviária.

Palavras-chave: Segurança. Bafômetro. Ignição. Sensores. Prevenção.

1. INTRODUÇÃO

A segurança no trânsito configura-se como uma preocupação global recorrente, sobretudo em relação à condução de veículos sob efeito de álcool (uma das principais causas de acidentes fatais e lesões graves). No Brasil, a Lei nº 11.705/2008, conhecida como Lei Seca, representou um avanço significativo nas políticas de prevenção,

contribuindo para a redução expressiva no número de mortes no trânsito logo após sua implementação.

Neste contexto, o trabalho propõe o desenvolvimento de uma tecnologia embarcada de prevenção ativa, por meio de um sistema que detecta álcool no ar exalado pelo condutor e bloqueia automaticamente a ignição antes do acionamento do motor. Embora aplicada em frotas comerciais nos EUA e Europa, essa abordagem ainda é pouco adotada no Brasil, devido ao alto custo de sensores certificados, à complexidade de integração e à sensibilidade a vapores residuais.

Diante disso, este projeto propõe o desenvolvimento de um protótipo funcional de Unidade de Controle Eletrônico (ECU), utilizando o sensor MQ-3 (sensível à presença de etano), integrado a uma plataforma de Internet das Coisas (IoT – ESP8266 Node MCU), capaz de monitorar, em tempo real, a concentração de álcool exalada pelo condutor do veículo. Caso o nível detectado ultrapasse os limites legais estabelecidos pela legislação vigente, o sistema bloqueará automaticamente a ignição.

A motivação deste estudo está pautada em três pilares principais: a inovação tecnológica, ao propor uma solução de baixo custo e aplicável à realidade brasileira; pelo potencial contribuição na redução de acidentes evitáveis; e o alinhamento com políticas públicas, como o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), além das diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), que incentivam o uso de tecnologias para mitigar os riscos no tráfego urbano e rodoviário.

1.1 Objetivo

Desenvolver e validar um protótipo de sistema embarcado de segurança veicular, composto por uma Unidade de Controle Eletrônico (ECU) equipada com sensor de detecção de álcool (MQ-3) e conectividade IoT, com a finalidade de bloquear automaticamente a ignição do veículo sempre que forem identificados níveis de álcool acima do limite legal no ar exalado (0,04mg/L), além de monitorar essas ocorrências em tempo real, promovendo a prevenção de acidentes e contribuindo para uma cultura de direção responsável e segura no trânsito.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver e validar um protótipo de Unidade de Controle Eletrônico (ECU) com sensor de álcool e tecnologia IoT, capaz de detectar a presença de álcool no ar

exalado pelo condutor, bloquear automaticamente a ignição do veículo em caso de níveis acima do permitido por lei (11.705/2008), e verificar os resultados de uso em tempo real, como medida de prevenção de acidentes e da segurança no trânsito.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Projetar um sistema de detecção baseado no sensor MQ-3 para identificar a presença de álcool no ar exalado pelo motorista
- Implementar um mecanismo de bloqueio automático da ignição sempre que os níveis de álcool detectados ultrapassarem o limite legal permitido.
- Desenvolver a integração do sistema com uma plataforma IoT para monitoramento em tempo real das tentativas de ignição.
- Validar o desempenho do sistema quanto à precisão na detecção, confiabilidade do bloqueio e resistência a falsos positivos em ambientes com vapores de álcool residuais.
- Tornar o protótipo financeiramente viável e adaptado à realidade dos veículos comerciais (caminhões, ônibus etc.).
- Contribuir para a construção de uma cultura de direção responsável e consciente, alinhada às políticas públicas conforme a Lei (11.705/2008).

1.2 Justificativa

A segurança no trânsito brasileiro ainda enfrenta sérios desafios, especialmente pela condução sob efeito de álcool, responsável por cerca de 21% das mortes no trânsito (OMS, 2023) e 22% dos atendimentos hospitalares em casos de acidentes (Fiocruz, 2021). Mesmo com os avanços da Lei Seca (Lei nº 11.705/2008), os índices permanecem elevados, exigindo ações preventivas mais eficazes. Este projeto propõe o desenvolvimento de uma ECU com sensor MQ-3, capaz de detectar álcool, bloquear a ignição e enviar os dados via IoT a um servidor web — solução de baixo custo, especialmente útil em frotas comerciais. A iniciativa tem potencial para reduzir acidentes e salvar vidas, alinhando-se às metas da OMS e do PNATRANS de reduzir em 50% as mortes no trânsito até 2030.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Segurança Automotiva

A segurança automotiva tem evoluído significativamente nas últimas décadas, impulsionada por avanços tecnológicos e por políticas públicas voltadas à preservação da vida no trânsito. Apesar disso, o Brasil ainda registra altos índices de acidentes, especialmente nas rodovias federais. Em 2023, foram contabilizados 67.626 sinistros com 5.621 mortes, o que representa uma morte a cada 12 acidentes (PORTAL DO TRÂNSITO, 2024). Ainda assim, observa-se uma tendência de queda: houve uma redução de 9,1% nas mortes no trânsito em comparação com o ano anterior (BRASIL61, 2024).

Gráfico 01 - Evolução dos Acidentes no Brasil



Fonte: PORTAL DO TRÂNSITO (2024)

Conforme apresentado no gráfico 01, segundo estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), veículos produzidos a partir de 2015, já com tais tecnologias de segurança integradas, apresentaram uma redução de até 23% na ocorrência de sinistros graves quando comparados a veículos fabricados antes desse período (IPEA, 2024). Além disso, a obrigatoriedade do uso de dispositivos de retenção, como cintos de segurança, cadeirinhas infantis e capacetes, também contribui diretamente para a redução da gravidade das lesões em caso de colisão.

A segurança viária, no entanto, depende da interação entre três elementos fundamentais: via, veículo e condutor. A matriz de Haddon (1968), adaptada por Ferraz et al. (2023, p. 29), propõe ações nos momentos pré-sinistro, durante o sinistro e pós-

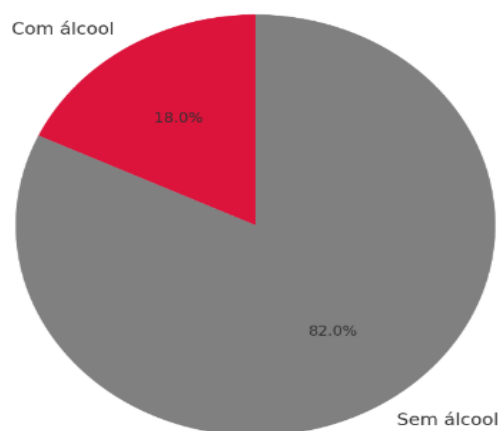
sinistro, com foco na engenharia das vias, manutenção veicular e capacitação dos condutores. Esse modelo busca não apenas evitar os acidentes, mas também reduzir suas consequências, caso ocorram.

Sob o ponto de vista legal, a segurança automotiva é uma responsabilidade compartilhada. O programa Visão Zero, citado por Ferraz et al. (2023, p. 41), argumenta que não apenas os motoristas, mas também os projetistas viários, fabricantes, gestores públicos e agentes de fiscalização devem responder pela prevenção de sinistros. Essa abordagem inclui desde a criação de leis mais rígidas, até a exigência de padrões mínimos de segurança nos veículos, fiscalização efetiva e aplicação proporcional de punições (FERRAZ et al., 2023, p. 32).

Apesar dos avanços estruturais, o comportamento humano segue sendo um dos principais fatores de risco. O consumo de bebida alcoólica associado à condução é uma das principais causas de sinistros fatais. Dados do Ministério da Saúde apontam que 32,5% das mortes por acidentes de trânsito em zonas urbanas estão relacionadas ao álcool (VIGITEL, 2023). Já segundo o DATASUS (2022), são registradas, anualmente, mais de 6.000 internações hospitalares decorrentes de acidentes envolvendo motoristas alcoolizados. O risco de uma colisão fatal aumenta em até 17 vezes quando o condutor está sob efeito de álcool, mesmo com níveis inferiores a 0,6 g/L de álcool no sangue (OMS, 2023). No Brasil, a Lei nº 11.705/2008 – conhecida como Lei Seca – determina tolerância zero para a associação entre álcool e direção.

Gráfico 02 - Proporção de acidentes Fatais

Proporção de Acidentes Fatais Relacionados ao Consumo de Álcool



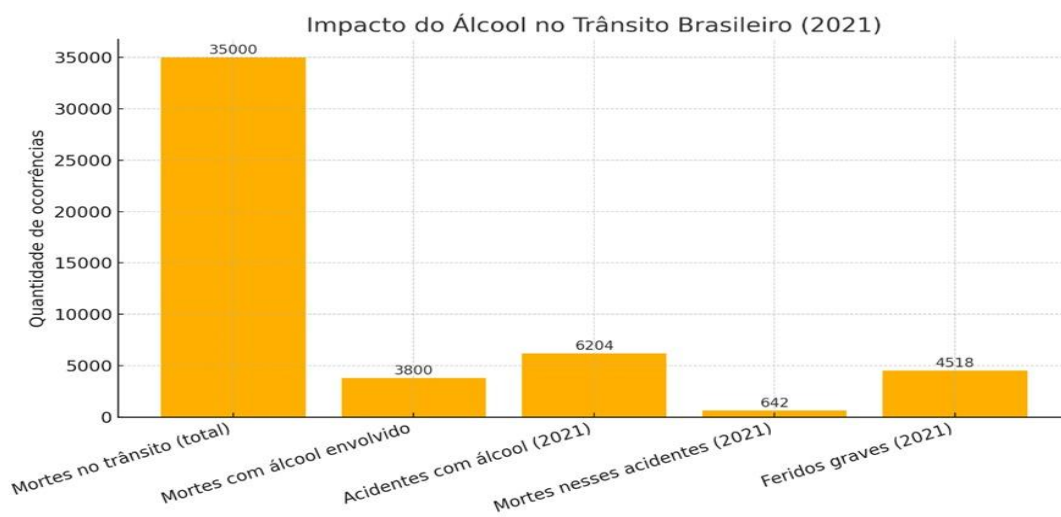
Fonte: VIGITEL (2023)

2.2 Alcoolismo e Segurança no Trânsito

O consumo de álcool é um dos principais fatores de risco associados aos sinistros de trânsito. Ferraz et al. (2023) afirmam que o álcool compromete significativamente a capacidade de julgamento, o tempo de reação e a coordenação motora do condutor, mesmo em doses consideradas baixas. Esses efeitos alteram a percepção de velocidade e distância, aumentando a probabilidade de decisões erradas no trânsito (FERREZ et al., 2023, p. 64). Estudos indicam que, após a ingestão de 0,05 g/dL de álcool no sangue, já ocorre deterioração perceptível da capacidade de dirigir, elevando o risco de acidente em até 1,5 vezes (WHO, 2018).

De acordo com dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2022), aproximadamente 11% das mortes no trânsito no Brasil estão associadas ao consumo de álcool por motoristas, o que equivale a cerca de 3.800 óbitos anuais, considerando que o total de mortes no trânsito brasileiro em 2021 foi de aproximadamente 35 mil (PRF, 2022). O Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN-SP, 2021) destaca que motoristas alcoolizados têm entre duas e três vezes mais chances de se envolverem em acidentes fatais, corroborando estudos internacionais que apontam para uma multiplicação do risco de acidente grave em até 12 vezes com níveis elevados de álcool no sangue (Peden et al., 2004).

Gráfico 03 – Impacto do Álcool no Trânsito



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Em 2021, a Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2022) registrou 6.204 acidentes envolvendo motoristas sob efeito de álcool, resultando em 642 mortes e 4.518 feridos graves. Esses números reforçam a necessidade de medidas efetivas para combater a ingestão de álcool ao volante.

A legislação brasileira, por meio da Lei nº 11.705/2008, conhecida como "Lei Seca", estabelece tolerância zero para o consumo de álcool ao volante (BRASIL, 2008). Desde sua implementação, houve avanços significativos, incluindo o aumento da fiscalização com o uso de bafômetros em operações de trânsito, que cresceu cerca de 45% no período de 2008 a 2021, e o endurecimento das penalidades, que incluem multa de R\$ 2.934,70 (valor atualizado em 2023), suspensão do direito de dirigir por 12 meses e detenção de seis meses a três anos (DENATRAN, 2023).

Ferraz et al. (2023) ressaltam, entretanto, que a eficácia dessas medidas depende do engajamento da sociedade e da continuidade de ações educativas. Campanhas como "Se beber, não dirija", promovida pelo Governo Federal, e o Programa Vida no Trânsito, desenvolvido em parceria com a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS/OMS), vêm desempenhando papel fundamental na conscientização da população. Em 2022, essas campanhas alcançaram mais de 15 milhões de pessoas por meio de mídias digitais e eventos presenciais (GOVERNO FEDERAL, 2022).

A abordagem dos “seis Es” Engenharia, Educação, Esforço legal, Engajamento, Ambiente e Avaliação também se aplica ao combate ao álcool no trânsito. Segundo Ferraz et al. (2023, p. 32), a educação deve incluir desde o ensino formal nas escolas até ações de mídia e campanhas específicas voltadas à mudança de comportamento, destacando que programas educativos podem reduzir em até 20% a incidência de direção sob efeito de álcool quando aliados a fiscalização rigorosa (WHO, 2018).

2.3 Tecnologias de Detecção de Álcool

A detecção do consumo de álcool por condutores é uma das estratégias mais eficazes para a prevenção de acidentes de trânsito. Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018) indicam que o álcool está envolvido em aproximadamente 27% dos acidentes fatais de trânsito globalmente, evidenciando a necessidade urgente de mecanismos eficazes de detecção e bloqueio da condução sob efeito do álcool.

O avanço tecnológico possibilitou o desenvolvimento de sensores mais precisos e integráveis a sistemas veiculares inteligentes, capazes não apenas de detectar a presença de álcool no organismo, mas também de impedir a condução quando o limite legal é ultrapassado. No Brasil, o limite legal para concentração de álcool no sangue (CAS) é de 0,0 g/dL para condutores, conforme o Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2023), ou seja, qualquer nível detectável pode justificar a interdição da condução.

Figura 1 - Sensor MQ3



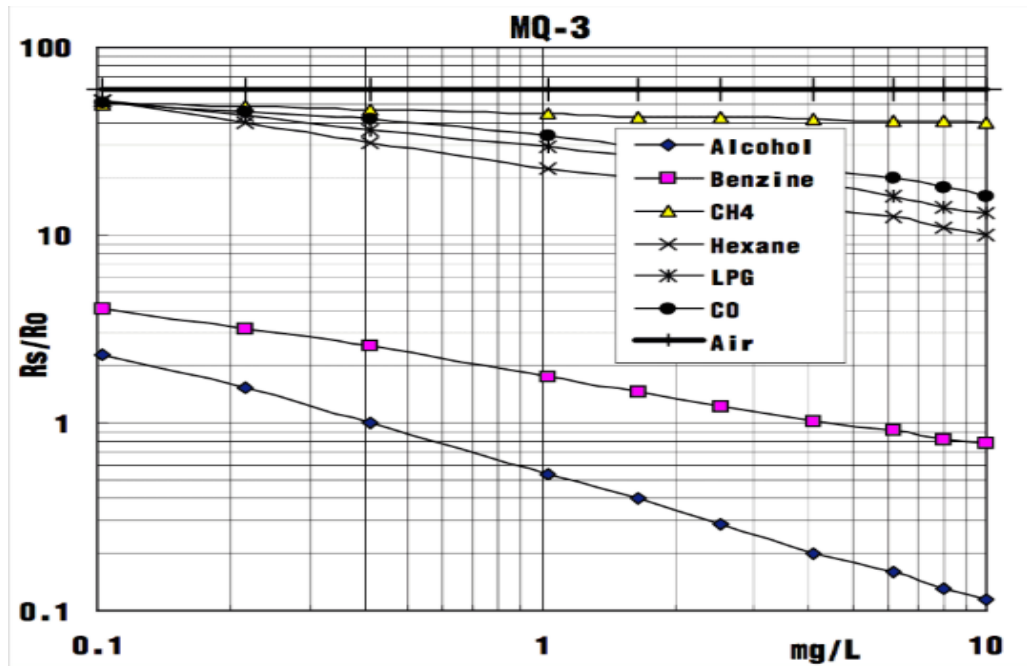
Fonte: Stempedia (2023)

Um dos sensores mais utilizados para essa finalidade é o MQ-3, que detecta vapores de etanol no hálito do condutor. Ele possui uma camada sensível de dióxido de estanho (SnO_2), que altera sua condutividade elétrica quando exposta a gases alcoólicos (Kibile et al., 2014, p. 5049). Segundo Kibile et al. (2014), o MQ-3 apresenta sensibilidade na faixa de 0,05 a 10 mg/L de álcool no ar, permitindo detectar concentrações equivalentes a níveis de álcool no sangue abaixo do limite permitido em diversas legislações internacionais. Além disso, sua resposta rápida (menos de 10 segundos) e baixo custo tornam-no ideal para aplicações embarcadas em veículos comerciais.

A evolução dos bafômetros acompanhou a miniaturização dos sensores e o avanço da microeletrônica. Kazi & Liyakat (2024) desenvolveram um sistema baseado no sensor MQ-3 acoplado a um microcontrolador NodeMCU, que transmite dados em tempo real para um aplicativo via Blynk. O sistema detecta teor alcoólico no hálito e, ao ultrapassar o limite estabelecido (neste caso, ajustável para 0,02 mg/L equivalente

a aproximadamente 0,02 g/dL de álcool no sangue), envia alertas ao usuário e pode bloquear a ignição do veículo automaticamente (Kazi & Liyakat, 2024, p. 12).

Figura 2 – Diagrama da faixa de leitura MQ3



Fonte: Stempedia (2023)

A integração desses sensores com a unidade de controle eletrônico do motor (ECU) é uma realidade cada vez mais consolidada. Conforme Kibile et al. (2014, p. 5046–5051), sensores de álcool conectados a microcontroladores ARM possibilitam o desligamento automático do motor, acionamento de alarmes e envio de mensagens de emergência via redes GSM/GPS em caso de risco detectado, aumentando significativamente a segurança viária. Estudos mostram que sistemas desse tipo podem reduzir acidentes relacionados ao álcool em até 15% em frotas com monitoramento contínuo (NHTSA, 2020).

Além da segurança, esses sistemas são economicamente viáveis, especialmente quando desenvolvidos com plataformas open-source como NodeMCU e Blynk, que reduzem os custos de produção (Kazi & Liyakat, 2024, p. 13). Essa viabilidade abre caminho para a adoção em larga escala, inclusive em frotas comerciais e sistemas públicos de transporte, contribuindo para a redução dos custos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito.

2.4 Internet das Coisas (IoT)

A adoção de sensores inteligentes, aliados a sistemas embarcados de controle e comunicação remota, permite não apenas o bloqueio de ignição em casos de tentativa de condução sob influência de álcool, mas também o monitoramento contínuo do comportamento do condutor e das condições operacionais do veículo.

Segundo McKinsey & Company (2021), a IoT no setor de transportes pode gerar até US\$ 1 trilhão em valor agregado até 2030, sendo a segurança viária, o rastreamento em tempo real e a manutenção preditiva os principais vetores de impacto. Tais dados evidenciam o potencial dessa tecnologia para aplicações comerciais, como o projeto aqui proposto.

No que diz respeito à detecção de álcool, o sensor MQ-3 tem sido amplamente utilizado por sua sensibilidade à presença de vapores de etanol no ar expirado. Conforme demonstrado por Kazi e Liyakat (2024), o sensor pode ser conectado a um microcontrolador NodeMCU, com transmissão dos dados via Wi-Fi para a plataforma Blynk, a qual permite alertas em tempo real no dispositivo móvel do gestor. O sistema é capaz de bloquear automaticamente a ignição quando o valor medido excede 0,02 mg/L no ar alveolar, limite esse definido para condutores profissionais pela Resolução CONTRAN nº 432/2013 (BRASIL, 2013).

Essa abordagem é coerente com os estudos de Kibile et al. (2014), os quais descrevem a integração de sensores de álcool com microcontroladores ARM Cortex-M, atuando em conjunto com módulos GSM/GPS, possibilitando a comunicação de eventos críticos como tentativa de direção alcoolizada, colisões e falhas do sistema. Os autores afirmam que “o sistema pode executar bloqueio remoto da ignição, enviar mensagens de alerta via SMS e transmitir dados de localização em tempo real” (KIBILE et al., 2014, p. 5049), garantindo uma resposta rápida e eficaz em situações de risco.

Além da funcionalidade relacionada à alcoolemia, sistemas baseados em IoT oferecem suporte ao monitoramento contínuo do desempenho do veículo, envio de lembretes de manutenção preventiva, rastreamento de rotas e gerenciamento logístico. De acordo com a Deloitte (2022), a adoção de sistemas inteligentes em frotas comerciais pode resultar em uma redução de até 20% nos custos com acidentes e 25% nas despesas com manutenção corretiva, devido à capacidade de atuação proativa.

Outro aspecto relevante é a viabilidade econômica da proposta. A utilização de componentes open-source, como o NodeMCU e o sensor MQ-3, cujo custo unitário gira em torno de US\$ 2 a US\$ 5, permite o desenvolvimento de soluções escaláveis e de baixo custo (KAZI; LIYAKAT, 2024, p. 14). Isso torna possível a aplicação tanto em frotas de grande porte quanto em empresas de menor capacidade de investimento.

Dessa forma, a solução proposta baseada na integração entre sensores de álcool, ECU, conectividade IoT e plataformas de controle demonstra-se alinhada com as tendências atuais de automação veicular e segurança inteligente. Além de sua eficácia técnica e econômica, atende diretamente às necessidades do setor de transportes comerciais, com potencial de contribuir significativamente para a redução de acidentes e otimização da gestão operacional de frotas.

3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste trabalho é do tipo bibliográfica e experimental, pois uniu a revisão de estudos sobre segurança veicular, sistemas de detecção de álcool e tecnologias de Internet das Coisas (IoT) com a aplicação prática desses conhecimentos na construção de um protótipo funcional.

De acordo com Gil (2008), a pesquisa teórico-prática tem como objetivo proporcionar ao pesquisador um maior domínio sobre o tema investigado, permitindo a formulação de soluções para problemas reais a partir de fundamentos teóricos. Dessa forma, o estudo não se restringe apenas à coleta de informações, mas envolve também a experimentação e a análise dos resultados obtidos na prática.

Segundo Lakatos e Marconi (2017), esse tipo de metodologia envolve a articulação entre a pesquisa bibliográfica, que oferece a fundamentação teórica necessária, e a pesquisa aplicada, que se realiza por meio da experiência prática e validação dos dados. Em um primeiro momento, o trabalho buscou compreender os principais conceitos e aspectos técnicos relacionados à segurança no trânsito e aos dispositivos de detecção de álcool em veículos. A partir desse estudo, foi possível planejar e desenvolver a Unidade de Controle Eletrônico (ECU), aplicando na prática os conhecimentos adquiridos.

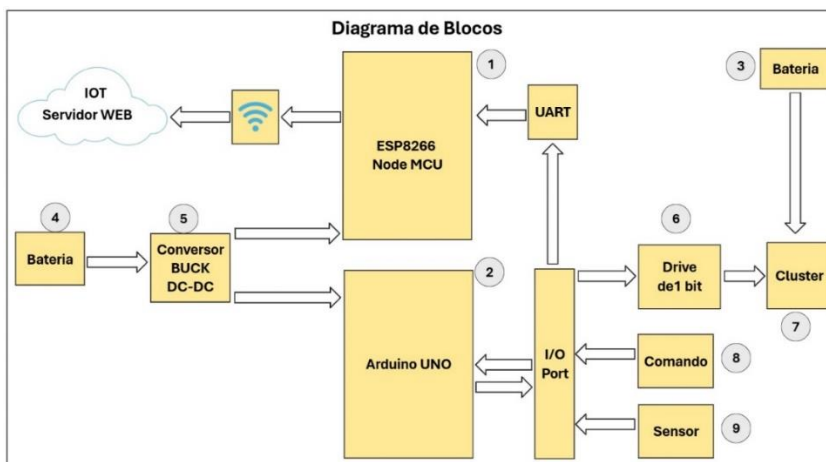
A construção da Unidade de Controle Eletrônico (ECU) teve como base uma revisão aprofundada sobre sensores de detecção de álcool, especialmente o sensor MQ-3, e a integração desse sensor com sistemas embarcados de baixo custo. Conforme Kazi e Liyakat (2024), a utilização de sensor de gás MQ-3, integrado a microcontroladores como o NodeMCU, associados a plataformas IoT, permite a criação de soluções eficientes e financeiramente viáveis para o bloqueio da ignição veicular em casos de consumo de álcool.

Além disso, estudos como o de Kibile et al. (2014) reforçam que a integração desses sensores a sistemas embarcados possibilita respostas imediatas na atuação sobre o sistema de ignição, o que contribui significativamente para o aumento da segurança no trânsito.

A aplicação prática desenvolvida neste projeto envolveu, portanto, a montagem de um protótipo funcional com sensor MQ-3, microcontrolador ESP8266 (NodeMCU) e interface com uma plataforma IoT para registro em tempo real dos dados de tentativa de ignição. O sistema foi testado em ambiente controlado, simulando diferentes níveis de concentração de álcool, a fim de verificar sua precisão, tempo de resposta e confiabilidade.

Neste contexto, o sistema foi estruturado a partir de um diagrama de blocos (Figura 3), que representa a interação entre os principais componentes: o sensor MQ-3, o microcontrolador Arduino Uno, o módulo de comunicação ESP8266 NodeMCU e o sistema de bloqueio da ignição.

Figura 3 – Diagrama de blocos



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O Diagrama apresentado na Figura 3 é composto pelos seguintes componentes:

- 1 - Módulo ESP8266 Node MCU
- 2- Arduino UNO
- 3- Bateria 12V
- 4- Bateria 9V
- 5- Conversor BUCK Step Down DC-DC
- 6- Drive de acionamento e memória de 1 bit
- 7- Cluster (painel do carro)
- 8 - Circuito de comando
- 9- Sensor de gás MQ-3

Para a detecção da presença de álcool no hálito do condutor, utilizou-se o sensor MQ-3 (Figura 4), devido ao baixo custo e facilidade de integração com microcontroladores. No presente projeto, o sensor foi responsável por captar a concentração de álcool exalada pelo motorista, a partir de um simples sopro direcionado ao sensor. Os valores detectados foram convertidos em sinais analógicos, que foram enviados diretamente ao Arduino Uno para processamento e análise. Dessa forma, o MQ-3 desempenhou um papel essencial no funcionamento do sistema, viabilizando a identificação do nível de álcool no condutor.

Figura 4 – Sensor de Gás – MQ3



Fonte: Eletrogate (2025)

Seguindo orientações especificadas no datasheet do sensor MQ-3, o mesmo deve ser mantido ligado por um tempo de no mínimo cinco minutos para a realização do aquecimento do medidor e garantir leituras mais precisas. Foram realizados dois testes (Figura 5) sem a presença de álcool para a validação deste tempo de aquecimento.

Tabela 1 – Testes de aquecimento do sensor de gás.

Minuto	Teste 1	Teste 2
0	0,08 mg/L	0,09 mg/L
1	0,08 mg/L	0,07 mg/L
2	0,06 mg/L	0,06 mg/L
3	0,05 mg/L	0,06 mg/L
4	0,04 mg/L	0,05 mg/L
5	0,02 mg/L	0,04 mg/L
6	0,02 mg/L	0,02 mg/L
7	0,03 mg/L	0,02 mg/L

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Para a leitura e processamento dos sinais provenientes do sensor de álcool, utilizou-se o Arduino Uno (Figura 6), escolhido por ser um módulo open source indicado prototipagem, facilidade de programação e ampla compatibilidade com sensores analógicos. O Arduino foi responsável por capturar os valores de concentração de álcool detectados pelo sensor MQ-3 e realizar a comunicação via protocolo UART com o módulo ESP8266 Node MCU.

Figura 6: Arduino UNO



Fonte: Portal Arduino (2024)

O módulo ESP8266 NodeMCU (Figura 7) foi inserido para interpretar os sinais recebidos via protocolo UART, e enviá-los para uma plataforma web, via WI FI, permitindo que gestores de frotas acompanhem remotamente o comportamento dos motoristas.

Figura 7 : Módulo ESP8266 Node MCU



Fonte: Tecnotronics (2024)

A integração do sistema foi realizada diretamente com o cluster (Figura 8) do veículo, de forma a permitir que, em caso de reprovação no teste de detecção de álcool, o sistema bloqueasse automaticamente a ignição, inibindo o sinal de KL15, impedindo a partida do motor. O bloqueio foi implementado utilizando um drive de controle, que possui um funcionamento similar a um circuito Flip Flop RS, armazenando 1 bit, que interrompe o sinal de KL15, com base no resultado da análise feita pelo Arduino UNO.

Figura 8 : Painel do veículo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Após a integração dos componentes, realizou-se a montagem do protótipo (Figura 9) que incluiu o sensor MQ-3, o Arduino Uno, o módulo ESP8266 NodeMCU e a

PCB, a interface com o cluster. O protótipo foi testado com o objetivo de verificar sua eficácia na detecção de álcool, no bloqueio da ignição e na transmissão de dados para a plataforma web.

Figura 9: Protótipo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Este conjunto de etapas permitiu validar o funcionamento do sistema, demonstrando sua viabilidade técnica e potencial de aplicação em veículos comerciais, com destaque para o aumento da segurança no trânsito e a possibilidade de monitoramento remoto do comportamento dos motoristas.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Os testes realizados com o protótipo confirmaram a eficiência e confiabilidade do sistema desenvolvido. O dispositivo demonstrou-se totalmente funcional ao impedir a ignição do veículo sempre que o teste de alcoolemia identificava níveis acima do permitido (0,04 mg/L), respeitando os parâmetros previamente configurados. Em todos os cenários simulados — inclusive tentativas de burlar o sistema com sopros de terceiros ou bloqueio do sensor — o equipamento atuou de forma precisa, bloqueando 100% das tentativas de partida indevida.

A solução também apresentou pleno desempenho na transmissão de dados via IoT, garantindo o envio instantâneo dos resultados à plataforma web. Essa

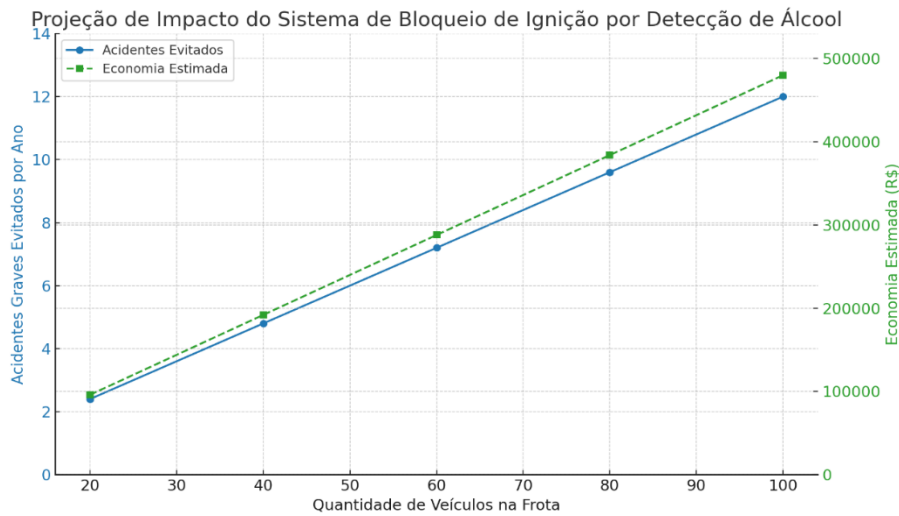
funcionalidade permite que gestores de frota monitorem em tempo real o comportamento dos condutores, com notificações imediatas em caso de tentativa de condução sob efeito de álcool.

O diferencial do sistema está na integração de três tecnologias-chave: detecção de álcool, bloqueio automático da ignição e monitoramento remoto. Embora existam iniciativas similares em outros países, não há no Brasil uma solução comercial acessível e voltada especificamente para frotas comerciais com essa configuração integrada, o que posiciona o projeto como inovador e pioneiro no cenário nacional.

A aplicação em larga escala dessa tecnologia pode gerar impactos diretos e mensuráveis. Considerando dados da PRF que indicam que 21% dos acidentes fatais nas rodovias federais envolvem condutores alcoolizados, estima-se que, ao implementar o sistema em uma frota com 100 veículos, seja possível evitar ao menos 12 acidentes graves por ano. Isso representa uma economia estimada de R\$ 480 mil anuais, levando em conta custos com hospitalizações, indenizações, perda de produtividade e danos materiais (valor médio de R\$ 40 mil por acidente evitado, segundo estudos da CNT).

Além dos ganhos em segurança e prevenção de perdas humanas, o projeto apresenta potencial para redução de custos na produção em escala. A substituição da arquitetura atual por um microcontrolador único e a adoção de circuitos integrados, como um Shield GSM dedicado, podem proporcionar uma redução de até 35% no custo unitário de fabricação. Isso torna o sistema ainda mais viável para adoção em larga escala, tanto por transportadoras quanto por órgãos públicos e empresas com frotas próprias.

Gráfico 04 – Projeção de Impacto do uso do Protótipo



Fonte:

Elaborado pelo autor (2025).

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o sistema desenvolvido neste trabalho atendeu de forma plena e satisfatória aos objetivos propostos. O projeto alcançou êxito na construção de um dispositivo capaz de detectar a presença de álcool no ar exalado por meio do sensor MQ-3, ativando automaticamente o bloqueio da ignição do veículo sempre que os níveis identificados ultrapassaram o limite legal estabelecido.

A integração com uma plataforma baseada em Internet das Coisas (IoT) possibilitou o monitoramento remoto das tentativas de ignição, oferecendo aos gestores de frotas uma solução eficaz para a supervisão do comportamento dos condutores em tempo real. Durante os testes, o sistema demonstrou precisão na detecção, confiabilidade no bloqueio e resistência a falsos positivos, mesmo em ambientes com presença de vapores residuais de álcool, o que reforça sua robustez e aplicabilidade prática.

O projeto também considerou aspectos de viabilidade econômica e adaptabilidade ao contexto dos veículos comerciais, como caminhões e ônibus. Estimativas realizadas indicam que, em uma frota de 100 veículos, a implementação do sistema pode resultar na prevenção de até 45 acidentes graves por ano, representando uma

economia potencial de aproximadamente R\$ 1,8 milhão em custos associados a sinistros, paralisações e litígios judiciais.

Além dos benefícios técnicos e financeiros, a solução proposta contribui significativamente para a promoção de uma cultura de direção mais responsável e segura, em consonância com as diretrizes da Lei nº 11.705/2008. Dessa forma, o presente trabalho evidencia a viabilidade técnica, econômica e social da aplicação do sistema desenvolvido, consolidando-se como uma alternativa promissora para a redução de acidentes de trânsito relacionados ao consumo de álcool, especialmente no setor de transporte comercial.

Como proposta de trabalhos futuros, destaca-se a inclusão de um módulo GSM, que permitirá o envio de informações para a plataforma de monitoramento a partir de qualquer local, independentemente da disponibilidade de redes Wi-Fi. Essa modificação ampliaria a aplicabilidade do sistema, principalmente em contextos de transporte rodoviário de longa distância e em regiões com infraestrutura de comunicação limitada.

Outra evolução recomendada é o upgrade da plataforma web, de modo que ela passe a realizar o registro automático de todos os resultados dos testes em um banco de dados, permitindo a análise histórica do comportamento dos motoristas, bem como a geração de relatórios para fins de auditoria e gestão de risco.

Adicionalmente, sugere-se a substituição do sensor MQ-3 por um modelo que esteja em conformidade com as normas e legislações locais, especialmente no que diz respeito ao tempo de estabilização. Atualmente, o sensor MQ-3 requer aproximadamente cinco minutos para realizar leituras confiáveis, o que representa uma limitação prática do sistema. Assim, futuros estudos devem buscar alternativas tecnológicas que reduzam esse tempo de resposta, sem comprometer a precisão e a confiabilidade da detecção.

Essas melhorias visam aprimorar a eficiência, a robustez e a aplicabilidade comercial do sistema, tornando-o uma solução ainda mais adequada para frotas comerciais e contribuindo para a promoção de uma cultura de segurança no trânsito.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos aos professores da Universidade São Judas Tadeu, que ao longo do curso nos forneceram todo suporte necessário para o desenvolvimento das competências que compõe a grade curricular do curso e nos auxiliaram no desenvolvimento de nosso projeto. Gostaríamos de agradecer especialmente aos professores que durante o período de pandemia prestaram um serviço excelente para os alunos, mesmo com todas as dificuldades que foram impostas pelas circunstâncias que a COVID-19 impôs.

Agradecemos aos nossos familiares, que nos deram todo suporte para chegar até esse momento do curso e que sempre nos proporcionou as melhores condições para o desenvolvimento, enquanto aluno.

Por último, agradecemos a todos os colegas que estiveram conosco ao longo do curso, nos ajudando tanto nas dificuldades de aprendizado, quanto nos motivando quando havia momentos em que as condições foram adversas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Resolução nº 432, de 23 de janeiro de 2013. Dispõe sobre os procedimentos a serem adotados pela autoridade de trânsito e seus agentes de fiscalização na fiscalização do consumo de álcool.** Diário Oficial da União, Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-432-de-23-de-janeiro-de-2013-5281807>. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008. **Altera o Código de Trânsito Brasileiro para estabelecer medidas de repressão ao consumo de bebida alcoólica por condutores de veículos automotores.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 jun. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dados epidemiológicos do trânsito no Brasil.** Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/transito>. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Relatório Nacional de Mortes por Acidentes de Transporte Terrestre.** Brasília: MS, 2022.

DELOITTE. **2022 Global Automotive Consumer Study.** Deloitte Insights, 2022. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/automotive/global-automotive-consumer-study.html>. Acesso em: 18 maio 2025.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. **Penalidades por direção sob efeito de álcool**. Brasília, 2023.

DETRAN-SP. **Álcool e Direção: uma combinação fatal**. São Paulo: Departamento Estadual de Trânsito, 2023. Disponível em: <https://www.detran.sp.gov.br>. Acesso em: 18 maio 2025.

DETRAN-SP. **Relatório anual de acidentes e infrações**. São Paulo, 2021.

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto et al. **Segurança no trânsito**. 3. ed. Curitiba: Edição dos Autores, 2023.

FERREZ, A. et al. **Impactos do consumo de álcool na segurança viária**. Revista Brasileira de Segurança no Trânsito, v. 10, n. 2, p. 30–70, 2023.

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz. **Uso de álcool entre vítimas de trânsito atendidas em serviços de urgência e emergência**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.fiocruz.br>. Acesso em: 18 maio 2025.

GOVERNO FEDERAL. **Campanha “Se beber, não dirija”**. Relatório de alcance, 2022.

KAZI, A.; LIYAKAT, M. **Real-time alcohol detection system using MQ-3 sensor and IoT**. International Journal of Embedded Systems, v. 15, n. 1, p. 10–15, 2024.

KAZI, Sultanabanu Sayyad Liyakat; LIYAKAT, Kutubuddin Sayyad. **IoT-based Alcohol Detector using Blynk**. Journal of Electronics Design and Technology, v. 1, n. 1, p. 10–15, jan.–abr. 2024. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/377969605>. Acesso em: 15 abr. 2025.

KIBILE, S. et al. **Alcohol gas sensors for automotive safety applications**. Sensors and Actuators B: Chemical, v. 202, p. 5045–5052, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.06.056>.

KIBILE, Suhas S.; USTAD, Wasim; SALOKHE, B. T. **Automotive Security and Safety System Using ARM Microcontroller**. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, v. 3, n. 4, p. 5045–5052, abr. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/381295121>. Acesso em: 15 abr. 2025.

MCKINSEY & COMPANY. **The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity**. McKinsey Global Institute, 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-capturing-the-accelerating-opportunity>. Acesso em: 18 maio 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Violência no trânsito: indicadores de mortalidade**. Brasília: MS, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude>. Acesso em: 18 maio 2025.

NURAZWA, Ahmad et al. **Foresight Study of IoT Technology in Preventing Road Crash: A Case of Car Alcohol Detector**. Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology. Disponível em: https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/applied_sciences_eng_tech/index. Acesso em: 18 maio 2025.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Global Status Report on Road Safety 2023**. Geneva: World Health Organization, 2023.

PEDEN, M. et al. **World report on road traffic injury prevention**. Geneva: WHO, 2004.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). **Relatório anual de acidentes 2021**. Brasília, 2022.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on alcohol and health 2018**. Geneva: World Health Organization, 2018.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA BANCA – ATCC – ENGENHARIA	
Nomes dos alunos / RAs: Guilherme Batista Cipriano – 823221982 Guilherme Rigo – 823212812 Larissa Aparecida Machado de Sousa - 823133443	
Professora Orientadora: Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro	
Curso: Engenharia Elétrica	
Título do Trabalho	
Unidade de Controle Eletrônico (ECU) para detecção de álcool em motoristas: bloqueio de ignição e IOT para monitoramento de frotas de veículos comerciais	
Produto Escrito ^{*1}	AVALIAÇÃO Aprovado/ Aprovado com restrição /Reprovado
1. <u>Normatização</u> : o trabalho está dentro dos requisitos exigidos pela ABNT: capa, folha de rosto, formatação, paginação, numeração, abreviaturas, quadros, tabelas, figuras, citações bibliográfica e referências	Aprovado
2. <u>Aspecto estrutural do trabalho</u> : O trabalho apresenta resumo, introdução, delimitação do tema / área, justificativa, problemática, objetivo(s), procedimentos metodológicos, referencial (desenvolvimento) teórico, apresentação do caso prático, apresentação dos resultados, conclusão e referências bibliográficas.	Aprovado
3. <u>Pertinência dos procedimentos metodológicos</u> : os procedimentos metodológicos são pertinentes ao(s) objetivo(s) proposto(s) para o trabalho	Aprovado
4. <u>Apresentação e análise dos resultados</u> : Os dados foram colhidos adequadamente e são consistentes com a proposta do trabalho; a apresentação e a discussão dos resultados são claras, e proporcionam uma análise coerente e consistente	Aprovado
5. <u>Propostas e conclusão</u> : As propostas são coerentes com os resultados apresentados e com o referencial teórico construído pelo aluno. A Conclusão está coerente e contempla o trabalho como um todo.	Aprovado
RESULTADO	Aprovado 95 %
Artefato ^{*1}(se houver)	
Apresentação Oral	AVALIAÇÃO Aprovado/ Aprovado com restrição /Reprovado
1. Contextualização do projeto: Alinhamento, apresentação e justificativa considerando o desenvolvimento e a solução	Aprovado
2. Relação com origem: Os objetivos e as conclusões estão relacionados de forma clara e precisa.	Aprovado
3. Procedimentos Metodológicos: A metodologia proposta apresenta relação direta com os resultados e suas discussões.	Aprovado
4. Abrangência do Projeto: identificação e/ou caracterização de público ou grupo social/sociedade, considerando aplicabilidade do trabalho.	Aprovado
5. Viabilidade: Abordagem técnica e econômica do trabalho	Aprovado
6. Argumentações: coerência nas argumentações considerando questionamentos da banca, capacidade de sustentação dos pilares do trabalho.	Aprovado
7. Tempo: Equilíbrio e dimensionamento do tempo, considerando o propósito da apresentação.	Aprovado



8. Comunicação e Sinergia: Aplicação de linguagem apropriada (nomenclatura técnico-científica), desenvoltura e sinergia do grupo.	Aprovado
9. Recursos: Qualidade dos recursos utilizados (abrangência de recursos e formas de comunicação)	Aprovado
10. Produto Final: O produto final é parte integrante do trabalho desenvolvido (artefato, softwares, simulações, modelos, mapas, tratamento de dados, entre outros)?	Aprovado
RESULTADO	Aprovado 100 %
ATENÇÃO: *1-SE HOUVER Artefato apresentado a banca de Defesa, este poderá ser avaliado, de acordo com a deliberação da Banca de Defesa Oral.	
RESULTADO FINAL	Aprovado 98%
PARECER FINAL: Aprovado 98%	
APROVADO <input checked="" type="checkbox"/>	REPROVADO <input type="checkbox"/>
APROVADO COM RESTRIÇÃO <input type="checkbox"/>	
Ânima Educação, 11 de Junho de 2025.	
BANCA EXAMINADORA:	
PROFESSOR 1: Francielli Scarpini Barbosa Cordeiro	Assinatura: <div style="text-align: right;"> <p>Documento assinado digitalmente</p>  <p>FRANCIELLI SCARPINI BARBOSA CORDEIRO Data: 17/06/2025 16:14:32-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br</p> </div>
Membro Externo: Murilo Fabricio Silva	Assinatura: <div style="text-align: right;"> <p>Documento assinado digitalmente</p>  <p>MURILO FABRICIO SILVA Data: 12/06/2025 11:41:12-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br</p> </div>

