



REDUÇÃO DA ASSIMETRIA INFORMACIONAL NO DIAGNÓSTICO AUTOMOTIVO POR MEIO DE APLICATIVO BASEADO EM OBD-II.

BRUNO DE SOUSA GUIMARÃES

HAYRA PEREIRA DE LIMA

RESUMO

No setor automotivo, com foco no segmento de carros, observa-se uma disparidade de conhecimento entre os prestadores de serviço e os proprietários. Essa assimetria gera um clima de desconfiança que induz a decisões equivocadas sobre a manutenção veicular. Muitos motoristas não compreendem os alertas do sistema eletrônico do automóvel e desconhecem a gravidade dos problemas detectados, tornando-se vulneráveis a diagnósticos incorretos que culminam em gastos imprevistos com serviços desnecessários. Nesse contexto, este estudo propõe o desenvolvimento de um aplicativo integrado à tecnologia OBD-II. A ferramenta visa traduzir códigos técnicos em diagnósticos intuitivos, apresentando as prováveis causas da falha, o nível de urgência, cuidados imediatos e orientações prévias ao atendimento mecânico, de modo a mitigar a lacuna de informações enfrentada pelos condutores. Metodologicamente, a pesquisa partiu de uma revisão bibliográfica sobre assimetria de informação e diagnóstico automotivo, complementada pela aplicação de questionários com o público-alvo. A partir desses dados, realizou-se o levantamento de requisitos para o desenvolvimento do protótipo e a posterior execução dos testes de usabilidade. Ao exibir os dados coletados via OBD-II em uma interface didática, o projeto busca conferir transparência ao setor de reparação, empoderar os usuários e evidenciar o papel da tecnologia na democratização da informação. Por fim, o estudo ressalta a relevância de soluções digitais acessíveis para estreitar a comunicação nesse setor, estimulando a prática da manutenção preventiva.

Palavras-chave: Sistema. Assimetria Informacional. OBD-II. Automotivo. Diagnóstico.

ABSTRACT

In the automotive sector—specifically within the passenger car segment—there is a noticeable knowledge gap between service providers and vehicle owners. This asymmetry fosters an atmosphere of mistrust, leading to misguided decisions regarding vehicle maintenance. Many drivers do not understand alerts from the vehicle's electronic system or the severity of detected issues, leaving them vulnerable to incorrect diagnoses that result in unforeseen expenses for unnecessary services. Against this backdrop, this study proposes the development of an application integrated with OBD-II technology. The tool aims to translate technical codes into intuitive diagnoses, presenting probable causes of failure, urgency levels, immediate precautions, and guidance prior to professional servicing, thereby mitigating the information gap faced by drivers. Methodologically, the research began with a literature review on information asymmetry and automotive diagnostics, complemented by surveys administered to the target audience. Based on this data, requirements were identified for prototype development, followed by usability testing. By displaying data collected via OBD-II through a user-friendly interface, the project seeks to bring transparency to the repair sector, empower users, and highlight the role of technology in democratizing information. Finally, the study underscores

the importance of accessible digital solutions in improving communication within the sector and encouraging preventive maintenance practices.

Keywords: System. Information Asymmetry. OBD-II. Automotive. Diagnosis.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção de um veículo frequentemente coloca o proprietário em uma posição de vulnerabilidade que define o que é chamado de assimetria informacional. Esse cenário de disparidade técnica surge quando mecânicos e oficinas detêm um domínio especializado muito superior ao do usuário comum, gerando um sentimento persistente de desconfiança e a sensação de não ter controle sobre as decisões tomadas em relação ao próprio bem. Como exemplo, quando uma luz de alerta acende no painel do carro, a maioria dos motoristas não consegue decifrar a gravidade real do problema, sendo frequentemente induzida a aceitar a troca de uma peça sem entender se ela realmente falhou ou se é apenas um mau contato.

Essa falta de compreensão cria uma dependência quase total do diagnóstico de terceiros, o que abre margem para custos inesperados, orçamentos inflados ou até mesmo a execução de serviços que não seriam estritamente necessários naquele momento. Embora a tecnologia automotiva tenha avançado a passos largos nas últimas décadas, incorporando sensores e módulos inteligentes que monitoram o veículo através do padrão OBD-II, o acesso a esses dados valiosos ainda é uma barreira para o cidadão comum.

Atualmente, as ferramentas capazes de ler e interpretar essas falhas são, em sua maioria, scanners profissionais de custo elevado ou aplicativos que utilizam uma linguagem excessivamente técnica e limitada por assinaturas caras.

Existe, portanto, um lapso evidente: o carro já fornece a informação necessária sobre seu estado de saúde, mas o motorista não possui os meios viáveis para entendê-la de forma autônoma. Esse distanciamento tecnológico reforça o receio social de levar o veículo a uma oficina e ser confrontado com diagnósticos pouco claros e soluções com preços abusivos.

Com o intuito de transformar essa dinâmica e devolver o protagonismo ao proprietário, o projeto desenvolvido busca integrar o sistema OBD-II a uma plataforma mobile, permitindo o processamento e a visualização dos dados do veículo em tempo real. Ao conectar-se à porta de diagnóstico do automóvel, o aplicativo interpreta os códigos de erro e oferece orientações práticas, como o nível de urgência do reparo e cuidados imediatos que devem ser tomados.

Desse modo, o software atua na democratização da informação automotiva, promovendo maior autonomia para quem está ao volante. Torna-se imperativo ressaltar, contudo, que a proposta do aplicativo não visa substituir o diagnóstico do profissional especializado ou mitigar a relevância da avaliação humana. Dado que o contexto envolve a segurança veicular e, por conseguinte, a preservação de vidas, o sistema atua estritamente como uma ferramenta de suporte e conscientização prévia, e não como um validador absoluto das condições de rodagem do automóvel. A intenção central, portanto, consiste em traduzir os dados telemáticos do veículo para uma linguagem compreensível, conferindo ao usuário o discernimento necessário para dialogar com o técnico responsável.

2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Como parte deste projeto, propõe-se uma empresa voltada ao desenvolvimento de soluções de diagnóstico automotivo utilizando o padrão OBD-II (Diagnóstico a Bordo II). Para contextualizar historicamente, essa norma surgiu nos Estados Unidos nos anos 90, impulsionada inicialmente pelas exigências ambientais do California Air Resources Board (CARB), e depois estabelecida pelas normas da Society of Automotive Engineers (SAE - organização internacional de normatização automotiva) e padrões globais, como a ISO 15765 (comunicação via CAN).

No Brasil, a obrigatoriedade do OBD-II foi sendo implementada aos poucos a partir dos anos 2000, acompanhando a evolução da indústria automotiva do país. A empresa baseará sua solução nesse padrão global, assegurando compatibilidade com a maioria dos veículos produzidos nos últimos vinte anos.

Com base nessa proposta, a empresa terá como principal solução a fabricação e comercialização de um aparelho de leitura acompanhado por um software próprio, que utilizará um banco de dados organizado com códigos SAE padronizados.

O sistema será capaz de transformar códigos complexos em relatórios de fácil compreensão, categorizando falhas por gravidade (baixa, média ou alta), indicando possíveis causas relacionadas e sugerindo ações preventivas. Adicionalmente, permitirá o registro de um histórico digital de ocorrências, possibilitando o rastreamento de manutenções e a análise da evolução da condição do veículo.

Seu principal produto será um dispositivo físico de leitura que se conectará à porta OBD-II do veículo, encarregado de se comunicar com as Unidades de Controle Eletrônico (ECUs) através de protocolos como CAN, ISO 9141-2 e KWP2000. O aparelho será responsável por coletar códigos de erro (DTCs), parâmetros em tempo real (PID ou Parameter IDs), dados de sensores e informações sobre o controle de emissões.

Os dados coletados serão enviados para uma plataforma digital estruturada em formato cliente-servidor, onde são processados, validados e comparados com um banco de dados técnico atualizado conforme os padrões SAE J2012.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. USO ESTRATÉGICO DE DADOS PARA MANUTENÇÃO E CONFIABILIDADE VEICULAR

A crise de confiança no setor automotivo global é evidenciada pela ConsumerAffairs, uma organização norte-americana especializada em análise de consumo e monitoramento de práticas de mercado. Em sua publicação de julho de 2024, a plataforma aponta que a falta de conhecimento técnico coloca o motorista em posição de suscetibilidade: 78% das pessoas não confiam integralmente em seus mecânicos, acreditando estarem expostas a preços injustos ou serviços dispensáveis. Apenas 17% dos entrevistados sentem que pagam o preço correto, e a insegurança é tamanha que 83% dos usuários admitem consultar uma segunda opinião antes de seguir uma recomendação técnica.

No Brasil, o cenário não se difere e é preocupantemente atual. Conforme dados oficiais compilados pela Fundação de Proteção e Defesa do Consumidor (Procon-SP) e divulgados em janeiro de 2026, as queixas formais contra oficinas mecânicas e auto centers apresentaram um

aumento de 52%, saltando de 801 para 1.224 registros anuais. Entre as principais ocorrências detalhadas, destaca-se o descumprimento do prazo de entrega e a execução de serviços incompletos, que registraram uma alta de 104,9%, seguidos por ofertas não cumpridas ou propaganda enganosa, com crescimento de 78,6%, e em lamentável complemento, as reclamações motivadas pela demora na montagem e pela má qualidade do serviço entregue sofreram incrementos de 50,4% e 43%, respectivamente.

Um dos fatores que contribuem para esse cenário é a assimetria técnica existente entre os envolvidos. Enquanto as oficinas possuem acesso aos recursos necessários para interpretar o estado do automóvel, proprietários usuais dependem exclusivamente das informações repassadas durante o atendimento, o que dificulta a validação independente dos diagnósticos e das recomendações apresentadas.

Diante dessa realidade, o projeto proposto consiste em disponibilizar ao usuário as informações diagnósticas obtidas diretamente da unidade eletrônica do veículo. Ao apresentar os códigos de falha em uma interface simplificada, acompanhados de explicações sobre suas possíveis causas e impactos, o aplicativo reduz a dependência exclusiva da interpretação de terceiros e amplia a capacidade do cidadão de compreender a condição do próprio bem.

Além de favorecer a transparência imediata, a utilização de códigos padronizados segundo a norma SAE J2012 permite registrar e acompanhar essas ocorrências mecânicas ao longo do tempo. O histórico digital armazenado pelo sistema possibilita identificar falhas recorrentes, monitorar a evolução de componentes e antecipar intervenções necessárias, contribuindo diretamente para uma abordagem preventiva da manutenção automotiva.

Como decorrência, o acesso estruturado aos dados diagnósticos fortalece a governança das informações relacionadas à manutenção veicular. A disponibilidade de registros históricos e evidências técnicas favorece decisões mais fundamentadas tanto para o proprietário quanto para os profissionais responsáveis pelos reparos, promovendo maior transparência nas relações de consumo e reduzindo a ocorrência de interpretações subjetivas ou diagnósticos inconsistentes.

3.2. ASSIMETRIA INFORMACIONAL

O conceito consolidou-se na teoria econômica moderna a partir dos estudos de George Akerlof, laureado com o Prêmio Nobel de Economia em 2001. Em seu influente artigo de 1970, *"The Market for 'Lemons': Quality Uncertainty and the Market Mechanism"*, Akerlof analisou como a divergência de conhecimento pode levar à degradação de um mercado. O termo foi criado para descrever situações em que uma das partes possui informações privilegiadas sobre a qualidade de um bem ou serviço, enquanto a outra parte permanece na incerteza, gerando o que o autor chamou de seleção adversa.

Pode-se dizer que é um fenômeno econômico que ocorre quando, em uma transação, uma das partes detém conhecimentos específicos e relevantes que a outra não possui, criando um desequilíbrio de poder que pode levar a falhas de mercado e à seleção adversa. No setor de serviços técnicos, como o automotivo ou médico, essa disparidade é crônica, pois o "vendedor" do diagnóstico é o mesmo que executa a solução, o que pode gerar um conflito de interesses onde a falta de transparência impede o consumidor de avaliar a real necessidade ou qualidade do que está sendo oferecido.

Ao traduzir protocolos técnicos em relatórios de fácil compreensão, o sistema remove o fator "incerteza" da equação, permitindo que a confiança na prestação do serviço seja baseada em

evidências auditáveis e não apenas na reputação subjetiva do profissional ou no receio de quem não possui formação técnica na área.

Essa simetria de informações é o motor da eficiência operacional, pois quando ambas as partes visualizam o mesmo cenário, eliminam-se os desperdícios gerados pelo achismo, pelo retrabalho e pelas trocas preventivas desnecessárias.

Em última análise, nivelar o campo de informação significa permitir que consumidor e prestador de serviço tomem decisões com base no mesmo conjunto de evidências técnicas, reduzindo inseguranças no processo.

3.3. TECNOLOGIA OBD-II E FERRAMENTAS

O sistema OBD-II é o padrão universal de diagnóstico que permite o monitoramento da eletrônica embarcada em tempo real. Sua padronização viabiliza que diferentes fabricantes utilizem uma interface comum, permitindo o acesso aos dados do veículo por dispositivos externos, como smartphones e tablets. O funcionamento baseia-se na coleta de dados de sensores processados pela ECU.

Ao detectar anomalias, o sistema gera e armazena DTCs (Diagnostic Trouble Codes). O acesso físico ocorre pelo conector de 16 pinos, que serve de ponte para a extração dessas informações. Para a integração com dispositivos móveis, utiliza-se um adaptador intermediário, geralmente baseado no chip ELM327. Este componente interpreta os sinais da ECU e os converte para protocolos como Bluetooth ou Wi-Fi. O fluxo consiste na captação pelos sensores, processamento pela ECU, transmissão via porta OBD-II, conversão pelo adaptador e leitura final por um aplicativo específico.

Dentre os protocolos de comunicação suportados, destaca-se o CAN (Controller Area Network), padrão em veículos modernos pela alta velocidade e confiabilidade na troca de dados entre módulos (motor, freios e transmissão). O sistema também suporta protocolos legados como ISO 9141-2, KWP2000 e SAE J1850, garantindo compatibilidade com frotas mais antigas. O software consome esses dados através de PIDs (Parameter IDs), que fornecem variáveis em tempo real, como rotação, temperatura e consumo. A resposta da ECU, fornecida em hexadecimal, é convertida pelo aplicativo através de fórmulas matemáticas para uma linguagem acessível ao usuário. Apesar de eficiente, a implementação enfrenta empecilhos como a latência de conexões sem fio, a variação de PIDs disponíveis entre fabricantes e a qualidade dos adaptadores de baixo custo.

4. METODOLOGIA

Conforme apontam *Denzin e Lincoln* (2006); renomados teóricos no campo dos paradigmas de pesquisa, a abordagem quantitativa se baseia na busca por dados exatos e na análise de conexões causais entre elementos em um contexto lógico. Por conseguinte, a metodologia empregada neste estudo é de cunho quantitativo, um caminho ideal para quantificar estatisticamente as barreiras e frustrações mais apontadas. Assim, a coleta de números oferecerá o embasamento empírico e concreto necessário para definir o problema com exatidão, guiando tecnicamente a criação e organização das funções da solução planejada.

Quanto aos propósitos e profundidade, a pesquisa é exploratória e descritiva-explicativa. Esta se torna exploratória e descritiva ao mapear o panorama atual e identificar as falhas de

comunicação frequentes na oferta desse serviço. Paralelamente, ganha um tom explicativo ao investigar e dissecar a influência direta dessas barreiras de comunicação na confiança e lealdade entre clientes e mecânicos, permitindo entender a causa do que se estuda.

A forma como este trabalho será executado se divide em duas fases conectadas e cruciais, a primeira fase envolve uma extensa pesquisa bibliográfica, recorrendo a materiais como artigos científicos, matérias e livros da área, para solidificar teoricamente ideias ligadas à administração de serviços e tecnologias relacionadas. A segunda fase, por conseguinte, abrange a pesquisa de campo em si, feita através de um levantamento com um questionário organizado aplicado a uma parte do público-alvo. As informações reunidas serão analisadas com estatística descritiva, possibilitando organizar as necessidades mais urgentes e assegurando que o avanço tecnológico final seja comprovado por dados reais de mercado.

5. PROPOSTA DE MELHORIA

5.1. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS

Para que o desenvolvimento da solução proposta ocorra, o sistema deve atender a um conjunto de especificações técnicas (requisitos) que garantam sua funcionalidade e eficácia na resolução do problema de mercado identificado. A definição dos requisitos é o que assegura que o software cumprirá seu papel de mediador.

Tabela 1 – Requisitos Funcionais do Aplicativo

CÓDIGO	REQUISITO	DESCRIÇÃO
RF01	<i>Conectar ao dispositivo OBD-II</i>	O sistema deve permitir a conexão entre o aplicativo móvel e o adaptador OBD-II instalado no veículo por meio de comunicação sem fio.
RF02	<i>Coletar dados do veículo</i>	O sistema deve capturar informações disponibilizadas pela ECU do veículo, como parâmetros de funcionamento e códigos de diagnóstico.
RF03	<i>Identificar códigos de falha</i>	O sistema deve reconhecer e interpretar os códigos de erro obtidos durante a leitura do veículo.
RF04	<i>Exibir diagnóstico simplificado</i>	O sistema deve apresentar ao usuário explicações em linguagem acessível sobre as falhas identificadas.
RF05	<i>Gerar relatório de diagnóstico</i>	O sistema deve disponibilizar um resumo contendo os dados coletados, falhas encontradas e orientações básicas para o usuário.
RF06	<i>Consultar histórico de diagnósticos</i>	O sistema deve permitir a visualização de diagnósticos realizados anteriormente para acompanhamento do veículo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Tabela 2 – Requisitos Não-Funcionais do Aplicativo

CÓDIGO	REQUISITO	DESCRIÇÃO
RNF01	<i>Usabilidade</i>	A linguagem da interface deve ser amigável e de fácil entendimento para o público geral, sem jargões automotivos.
RNF02	<i>Confiabilidade</i>	Os dados exibidos devem refletir, de forma fiel e precisa, as informações recebidas da ECU e processadas pelo aplicativo.
RNF03	<i>Desempenho</i>	Os resultados do diagnóstico devem ser apresentados instantaneamente assim que a leitura dos dados do veículo for concluída.
<u>RNF04</u>	<i>Segurança</i>	O sistema deve restringir-se ao modo de leitura, bloqueando qualquer tentativa de gravação ou alteração nas unidades eletrônicas do veículo.
RNF05	<i>Portabilidade</i>	O aplicativo deve ser retrocompatível, operando corretamente em diferentes versões dos sistemas operacionais homologados.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

- **Requisitos Funcionais (RF):** Representam as ações que o sistema deve executar. Destacam-se a capacidade de estabelecer conexão via pareamento Bluetooth com o adaptador ELM327, a extração de códigos de falha (DTCs) e a consulta a uma base de dados interna que traduza esses códigos para descrições em linguagem natural. Ademais, o sistema deve registrar um histórico de logs, permitindo que o usuário acompanhe a evolução da saúde do veículo ao longo do tempo.
- **Requisitos Não Funcionais (RNF):** Referem-se às qualidades do sistema, sendo a usabilidade um requisito primordial, visto que a interface deve ser intuitiva o suficiente para um público leigo. A confiabilidade também é crítica, pois o sistema deve garantir que os dados apresentados correspondam fielmente aos emitidos pela ECU, sem distorções na interpretação das fórmulas matemáticas aplicadas aos PIDs. Em relação à segurança dos dados veiculares (RNF04), o sistema deverá permitir apenas a leitura e interpretação das informações obtidas pela interface OBD-II, garantindo que nenhuma ação realizada pelo aplicativo altere os parâmetros ou configurações das unidades de controle eletrônico do veículo. Quanto à portabilidade, esta assegura que o aplicativo funcione em diferentes versões de sistemas operacionais móveis, abrangendo a maior parcela possível de usuários.

5.2. O IMPACTO NA ASSIMETRIA INFORMACIONAL

Espera-se que a implementação deste sistema resulte em uma mudança significativa na dinâmica de consumo do setor automotivo. Ao chegar em uma oficina já munido de um

diagnóstico prévio, o motorista deixa de ser um agente passivo e passa a ter argumentos técnicos para questionar orçamentos e serviços sugeridos. Outro resultado projetado é a otimização da manutenção preventiva. Com o monitoramento constante, falhas que não geram alertas imediatos no painel, mas que já constam na memória da ECU, podem ser identificadas precocemente. Isso reduz os custos de não-qualidade e evita que pequenos problemas se tornem quebras catastróficas, gerando economia direta para o usuário.

5.3. VALIDAÇÃO DE MERCADO E TRANSPARÊNCIA

Baseado nos indicadores da “ConsumerAffairs” discutidos anteriormente, espera-se que o uso da ferramenta eleve o índice de confiança dos usuários na prestação de serviço. Ao validar que o diagnóstico apresentado pelo mecânico converge com os dados lidos pelo aplicativo, estabelece-se uma relação de transparência. Para as oficinas, o impacto também tende a ser positivo para os estabelecimentos que operam com ética: a tecnologia servirá como um selo de conformidade, onde o mecânico pode usar os dados do próprio aplicativo do cliente para provar a necessidade de um reparo, eliminando o achismo e fortalecendo a credibilidade do setor. Em última análise, o resultado esperado é a criação de um ecossistema automotivo mais justo, onde a informação circula livremente e a tecnologia serve como um instrumento de equidade.

5.4. VANTAGENS ESTRATÉGICAS

A principal vantagem reside no empoderamento do consumidor. Ao traduzir dados hexadecimais para uma interface legível, o sistema mitiga a indefensibilidade do motorista, permitindo uma fiscalização ativa sobre os serviços contratados. Sob a ótica técnica e econômica, destacam-se:

- **Manutenção Preditiva e Redução de Custos:** O acompanhamento dos PIDs permite identificar desgastes antes da falha total do componente, evitando gastos emergenciais e paradas imprevistas.
- **Histórico de Saúde do Veículo:** A criação de um log digital de falhas valoriza o patrimônio do usuário, servindo como um “currículo” de manutenção em casos de revenda.
- **Baixo Custo de Implementação:** Diferentemente de scanners profissionais que custam milhares de reais, a combinação de um adaptador ELM327 com um smartphone torna o diagnóstico acessível à grande massa da população.

5.5. DESAFIOS E LIMITAÇÕES TÉCNICAS

Por outro lado, a implementação enfrenta barreiras que precisam ser endereçadas para evitar interpretações equivocadas por parte do usuário:

- **Variabilidade de Protocolos e PIDs:** Nem todos os fabricantes de veículos disponibilizam todos os dados para leitura pública. Alguns parâmetros são proprietários e exigem chaves de acesso que adaptadores genéricos não conseguem contornar, o que pode gerar uma falsa sensação de diagnóstico completo.
- **Latência e Estabilidade de Conexão:** Conexões via Bluetooth podem sofrer interferências ou atrasos na atualização dos dados. Para diagnósticos que exigem alta precisão em tempo real, essa oscilação pode ser um ponto crítico.

- **Risco de Má Interpretação:** Sem uma camada de interface muito bem desenhada, o usuário pode confundir um erro simples com uma falha catastrófica no motor, gerando ansiedade desnecessária ou levando-o a tentar reparos por conta própria sem o treinamento adequado.
- **Segurança Cibernética:** A porta OBD-II é um ponto de entrada para a rede CAN do veículo. Embora o projeto foque na leitura de dados, o uso de adaptadores de baixa qualidade ou sem protocolos de segurança pode, em teoria, abrir brechas para falhas no sistema eletrônico do automóvel.

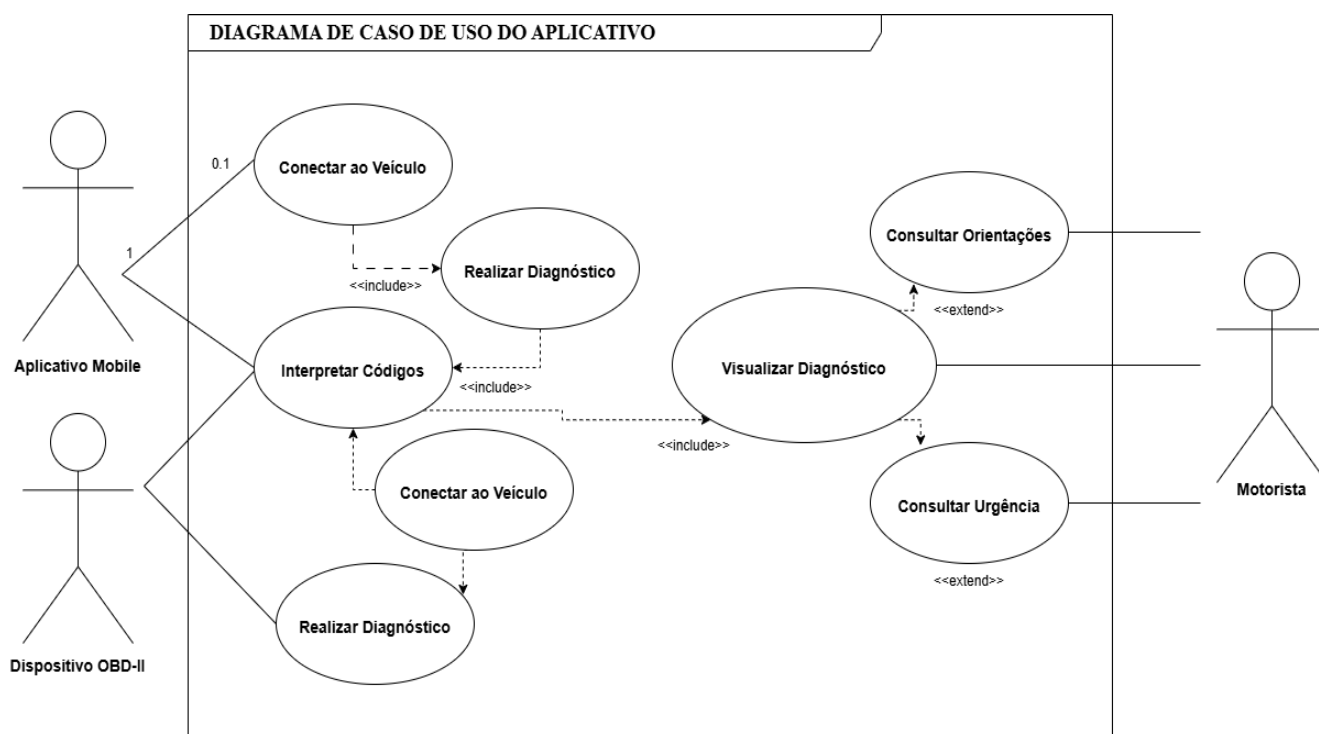
5.6. IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA

A solução será materializada por meio de um aplicativo móvel conectado a um adaptador OBD-II, em padrão ELM327. O sistema realizará a leitura dos códigos de falha emitidos pela ECU do veículo, convertendo dados puramente técnicos em diagnósticos compreensíveis ao usuário leigo. Para otimizar a usabilidade e a velocidade de interpretação, a aplicação contará com as seguintes funcionalidades centrais:

- **Categorização Automática de Gravidade:** Separação visual e hierárquica entre ocorrências simples e problemas críticos.
- **Tradução de Termos Técnicos:** Apresentação de descrições simplificadas dos códigos de erro, mitigando a necessidade de suporte especializado para a compreensão inicial do problema.
- **Histórico Digital de Ocorrências:** Armazenamento dos diagnósticos realizados para permitir o monitoramento contínuo e a evolução das condições do automóvel.
- **Interface Intuitiva:** Layout focado em acessibilidade rápida, composto por alertas visuais claros, indicadores de prioridade e navegação simplificada.

Para proporcionar uma visão geral do aplicativo, foi elaborado um diagrama de caso de uso (Figura 1), representando as principais interações entre os atores e as funcionalidades da solução proposta.

Figura 1



Fonte: Elaborado pelos autores (2026), através da ferramenta online “drawio”.

5.7. PROTOTIPAGEM E DESIGN DA INTERFACE

O desenvolvimento da interface gráfica e da experiência do usuário (UX/UI) ocorrerá de forma progressiva, estruturado em uma metodologia de prototipagem dividida em duas etapas complementares: a modelagem visual e a construção interativa. Realizada na plataforma Figma, essa abordagem permite documentar o projeto de maneira organizada, separando a concepção estética da lógica de funcionamento da aplicação antes do início do desenvolvimento do código-fonte. Com isso, o processo de design evolui de forma gradual, partindo da estruturação conceitual das telas até a simulação das operações do sistema.

Na primeira fase, a modelagem visual estática dedica-se à organização do layout e à definição da hierarquia de dados, englobando elementos como a paleta de cores para alertas, a disposição de botões, sugestão de respostas ao caso do veículo e a apresentação dos diagnósticos automotivos.

O objetivo principal desta etapa é validar a acessibilidade da informação, assegurando que os dados complexos emitidos pela ECU sejam exibidos de maneira amigável e limpa para o público-alvo, composto majoritariamente por usuários sem conhecimento especializado em mecânica ou profissionais que poderão “traduzir” o diagnóstico.

Após a consolidação da interface gráfica, inicia-se a construção do protótipo interativo, cujo propósito é mimetizar o comportamento dinâmico do sistema e o fluxo real de navegação do usuário. Essa etapa simula operações práticas do aplicativo, tais como a conexão Bluetooth com o adaptador OBD-II, a transição entre telas, a exibição de falhas em tempo real e a consulta ao histórico de ocorrências. A validação conjunta dessas duas fases de prototipagem funciona como um mecanismo de controle de qualidade, permitindo antecipar falhas de usabilidade e refinar a experiência de navegação de forma prévia à implementação definitiva.

5.8. ESCALABILIDADE E FUNCIONALIDADES FUTURAS

Embora o escopo inicial do projeto esteja voltado ao diagnóstico e à interpretação de códigos de falha automotiva, a arquitetura do sistema foi concebida de forma modular e escalável, permitindo a integração progressiva de funcionalidades complementares de alto valor agregado.

Entre as expansões previstas, destaca-se a incorporação de serviços baseados em localização. Por meio da utilização do módulo de geolocalização do dispositivo móvel e da integração com APIs de mapas e busca, como *Google Places* e *OpenStreetMap*, o aplicativo poderá correlacionar o diagnóstico identificado com a infraestrutura automotiva disponível na região do usuário. Assim, ao detectar um componente defeituoso, o sistema será capaz de recomendar automaticamente oficinas mecânicas especializadas e estabelecimentos de autopeças compatíveis localizados nas proximidades.

Em conjunto dos recursos de suporte logístico, prevê-se também a implementação de um sistema inteligente de alertas de segurança e criticidade em tempo real. Essa funcionalidade atuará como uma camada adicional de inteligência preditiva, monitorando códigos DTC associados a riscos elevados à integridade mecânica do veículo e à segurança dos ocupantes.

Em casos de falhas severas, em exemplo, anomalias nos sistemas de frenagem, pressão crítica de fluidos, falhas de lubrificação ou superaquecimento do motor, o aplicativo emitirá notificações sonoras e visuais de alta prioridade, alertando imediatamente o condutor sobre a gravidade da situação.

Adicionalmente, os alertas não se limitarão à descrição técnica da falha detectada. O sistema também fornecerá orientações emergenciais fundamentadas em protocolos básicos de segurança automotiva, incluindo recomendações preventivas, como a interrupção imediata da condução do veículo ou a busca por assistência especializada. Dessa forma, busca-se reduzir a probabilidade de acidentes, minimizar danos mecânicos severos e ampliar a segurança operacional do usuário.

5.9. LIGAÇÕES COM A ÁREA DE TECNOLOGIA E AS JUSTIFICATIVAS DE ARQUITETURA

O funcionamento do projeto não ocorre isoladamente; existe uma rede de conexões que a área de tecnologia torna viável. Esse tipo de software, por acaso, funciona como um elo de comunicação entre o hardware específico do carro e a interface final do aplicativo no celular. Tal situação requer um conhecimento abrangente sobre como as informações se movem do componente físico do veículo até a tela utilizada pelo condutor.

No ponto de partida, encontramos os sistemas integrados e o software de baixo nível presentes na Unidade de Controle Eletrônico (ECU) do carro e no dispositivo ELM327. A ECU opera sob regras rígidas de tempo, processando inúmeras informações analógicas e digitais a cada milissegundo por meio de chips eletrônicos industriais. Já o adaptador, por outro lado, conta com um software embarcado cuja tarefa é fazer a conversão inicial: ele monitora os complexos canais de comunicação automotiva (como o protocolo CAN, Controller Area Network) e transforma essa grande quantidade de dados digitais em comandos compreensíveis para conexões sem fio, como Bluetooth ou Wi-Fi. É indispensável entender essa etapa de software e a forma como os registros de hardware são manipulados, visto que qualquer demora ou falha

na recepção dos dados do conector OBD-II poderia gerar resultados incorretos nos diagnósticos ou problemas de sincronia no aplicativo.

À medida que os dados deixam o hardware e entram no ecossistema do smartphone, o projeto passa a exigir o manuseio de diferentes linguagens de programação e paradigmas de desenvolvimento. A construção da solução móvel demanda linguagens nativas ou híbridas de alto desempenho que possuam bibliotecas robustas para comunicação serial e gerência de conexões de rádio. O código-fonte do aplicativo precisa ser arquitetado para tratar a assincronia inerente à comunicação sem fio, utilizando fluxos de dados e threads em segundo plano para que a leitura dos parâmetros do motor ocorra em tempo real, sem congelar a interface gráfica do usuário.

Adicionalmente, o sistema requer lógica de programação imperativa e funcional para parsear as strings textuais brutas que vêm do ELM327 (frequentemente em formato hexadecimal) e convertê-las em valores decimais legíveis, como rotações por minuto (RPM) ou graus Celsius. Em paralelo à transmissão e tratamento do dado volátil, a engenharia de dados e a gerência de bancos de dados desempenham um papel crítico na sustentabilidade técnica da plataforma.

O aplicativo necessita de duas frentes de persistência de dados: uma local e uma remota. Localmente, o uso de bancos de dados relacionais embarcados de peso leve (como o SQLite) garante que o histórico de ocorrências do veículo e as preferências do usuário fiquem salvos no próprio aparelho, funcionando de forma offline. A arquitetura adotaria uma estratégia Offline-First, garantindo a continuidade das funcionalidades essenciais mesmo na ausência de conectividade. Os dados de diagnóstico seriam armazenados localmente no SQLite, permitindo que o usuário consulte históricos e registre novas ocorrências em locais sem acesso à internet, como estacionamentos subterrâneos ou rodovias com cobertura limitada. Quando a conexão for restabelecida, os registros pendentes serão sincronizados automaticamente com a infraestrutura em nuvem por meio de APIs RESTful.

Em situações de conflito entre versões de um mesmo registro, o sistema priorizará a informação mais recente com base no carimbo temporal (timestamp) de atualização, reduzindo inconsistências entre os ambientes local e remoto. Para suportar a futura expansão de catálogos de peças, mapas de oficinas e inteligência preditiva, o sistema se conecta de modo remoto a infraestruturas de nuvem alimentadas por bancos de dados robustos (sejam relacionais, como PostgreSQL, ou NoSQL, como MongoDB, para armazenar logs de erros não estruturados).

A modelagem correta dos esquemas de dados, a criação de índices eficientes para buscas rápidas de códigos DTC e a otimização de requisições via APIs RESTful são o que garantem que o aplicativo seja performático, escalável e não consuma excessivamente o plano de dados ou a bateria do dispositivo do usuário.

Há uma década, o desenvolvimento de uma aplicação dessa natureza exigiria bibliotecas proprietárias de alto custo ou engenharia reversa complexa para decodificar os sinais físicos dos veículos. Hoje, o panorama da tecnologia da informação oferece frameworks de desenvolvimento multiplataforma maduros e abstrações de alto nível para gerência de hardware, o que reduz drasticamente o tempo de desenvolvimento (time-to-market) e o custo computacional, viabilizando o projeto de ponta a ponta. Um dos pilares que tornam o projeto possível é a existência de bases de dados de conhecimento comunitárias e padronizadas sobre diagnósticos de bordo.

A biblioteca de códigos DTC (Diagnostic Trouble Codes) e os modos de operação do padrão OBD-II são amplamente documentados por consórcios internacionais (como SAE e ISO) e

mantidos por comunidades de software livre. Isso permite que a lógica de programação do aplicativo consuma dicionários de dados estruturados em formatos universais como JSON ou XML. Dessa forma, em vez de o desenvolvedor ter que mapear manualmente milhares de erros mecânicos de cada montadora, a engenharia de software foca na integração de parsers eficientes que cruzam o código hexadecimal recebido via Bluetooth com estruturas de dados locais previamente indexadas, garantindo que a tradução da falha ocorra instantaneamente e de forma offline.

Somada à disponibilidade dos dados, a evolução dos kits de desenvolvimento de software (SDKs) para conexões sem fio nos sistemas Android e iOS é o fator técnico que viabiliza a comunicação estável com o hardware de baixo custo.

As APIs atuais expõem interfaces de programação de aplicação que blindam o desenvolvedor das complexidades físicas da radiofrequência, tratando o pareamento com o chip ELM327 através de sockets de comunicação serial virtuais altamente seguros e resilientes a interferências eletromagnéticas comuns no cofre do motor. Portanto, a exequibilidade do projeto não depende da criação de novas tecnologias de hardware ou protocolos de rede, mas sim, da engenharia de integração inteligente de componentes de software já consolidados, provando que a união de adaptadores acessíveis com a capacidade computacional dos smartphones atuais é a chave para a democratização tecnológica.

6. PLANEJAMENTO DA PROPOSTA

Com o objetivo de validar o projeto e manter a argumentação de sua funcionalidade, foi necessário demonstrar as preocupações reais do público-alvo direcionado à este artigo. Portanto, seguindo esta lógica, foi decidido e aplicado em tempo real um questionário ao total de treze (13) participantes, coletado através de um formulário online disponibilizado através da ferramenta *Google Formulários*.

O perfil dos participantes selecionados visou que a maioria dos envolvidos estivesse diretamente envolvida com a utilização de veículos, o que torna suas percepções relevantes para a identificação de dificuldades relacionadas à compreensão de diagnósticos automotivos, contribuindo para a validação de uma realidade que reside do dia-a-dia, mas que é apenas discutida implicitamente, sem menção de resoluções.

Dentre os respondentes, 76,9% possuem veículo próprio, 15,4% possuem veículo próprio e atuam profissionalmente na área automotiva, enquanto 7,7% mantêm contato com o setor por meio de familiares, experiência em autoescola ou outros vínculos relacionados. Quando questionados sobre a ocorrência de problemas mecânicos que poderiam ter sido evitados por meio de um diagnóstico prévio, observou-se que 46,2% dos respondentes afirmaram já ter passado por essa situação pelo menos uma vez. Além disso, 30,8% relataram que isso ocorreu diversas vezes ao longo de sua experiência com veículos.

Em contrapartida, 7,7% dos participantes informaram não saber avaliar se os problemas enfrentados poderiam ter sido identificados antecipadamente por meio de um diagnóstico.

Quando questionados sobre os fatores que mais os incomodam ao enfrentar problemas no veículo, foram destacadas duas respostas por sua proximidade com o objeto de estudo desta pesquisa. A divergência de diagnósticos entre oficinas foi apontada por 30,8% dos participantes, ao passo que 23,1% relataram dificuldade em encontrar uma oficina confiável para avaliação e manutenção do veículo.

Ao serem questionados sobre a disposição para pagar por um dispositivo ou aplicativo de software capaz de identificar problemas no veículo previamente à avaliação mecânica, 46,2% dos participantes responderam positivamente, indicando que realizariam esse investimento com certeza. Por sua vez, 30,8% afirmaram que a decisão dependerá do custo associado à solução.

Fechando o parâmetro do questionário, entre os resultados obtidos, destacou-se a questão relacionada ao conhecimento prévio sobre a tecnologia OBD-II, considerando apenas os participantes sem vínculo profissional com a área automotiva ou experiência prolongada no manejo de veículos, verificou-se que 61,5% dos respondentes declararam não conhecer ou nunca ter ouvido falar desse tipo de diagnóstico veicular.

Torna-se pertinente incorporar ao aplicativo recursos de orientação voltados aos primeiros acessos. Ao integrar essas instruções à exibição dos diagnósticos obtidos, a plataforma poderá apresentar explicações introdutórias sobre o funcionamento da tecnologia e sua finalidade, de modo que os usuários assimilem gradualmente o processo de leitura e interpretação dos dados veiculares. Durante os testes de usabilidade, seriam observados aspectos relacionados à clareza das mensagens exibidas, facilidade de navegação, interpretação dos códigos de falha e assimilação das orientações fornecidas, o que viabilizará a identificação de melhorias na experiência de uso.

Em uma versão posterior da solução, os resultados coletados também serviriam como base para a expansão das funcionalidades inicialmente propostas. Considerando o interesse demonstrado pelos participantes em obter informações antes da avaliação mecânica, o aplicativo poderia incorporar recursos complementares, como classificações de urgência para falhas detectadas, recomendações de manutenção preventiva, histórico de diagnósticos realizados e conteúdos educativos voltados à compreensão dos principais sistemas automotivos. Dessa forma, a evolução do projeto não se limitaria à identificação de problemas, mas também ao fornecimento de suporte informativo capaz de auxiliar o usuário na tomada de decisões relacionadas à manutenção do veículo.

7. RESULTADOS ESPERADOS

O principal objetivo é ampliar o acesso dos proprietários às informações geradas pelos sistemas eletrônicos automotivos, especialmente em contextos de manutenção corretiva. Por meio da integração entre o aplicativo e o padrão OBD-II, o usuário passa a visualizar códigos de falha e parâmetros da ECU traduzidos para uma linguagem mais compreensível e contextualizada, considerando que o aplicativo ou software também se sustentará como uma validação ao profissional.

Essa abordagem reduz a dependência exclusiva de interpretações técnicas de terceiros e fortalece a participação do condutor nas decisões relacionadas ao veículo, possibilitando a análise da criticidade das falhas e uma avaliação mais criteriosa de diagnósticos e orçamentos apresentados por oficinas.

Complementarmente, ao contribuir para decisões mais concretas, o sistema incentiva práticas de manutenção preventiva ao permitir a detecção antecipada de anomalias que, se ignoradas, podem evoluir para falhas de maior complexidade. O monitoramento contínuo das condições operacionais do veículo favorece a redução de panes inesperadas e amplia o controle do usuário sobre o estado geral do automóvel.

Sob a perspectiva técnica, o projeto também demonstra a viabilidade da utilização de adaptadores OBD-II de baixo custo integrados a dispositivos móveis, aproveitando protocolos de comunicação amplamente consolidados pela indústria automotiva e garantindo compatibilidade com diferentes modelos de veículos.

No que se refere à experiência do usuário, a interface foi concebida para minimizar as dificuldades normalmente associadas a softwares de diagnóstico tradicionais. Recursos como alertas visuais, sinalização de riscos, classificação de falhas por nível de severidade e armazenamento organizado do histórico de ocorrências tornam a navegação mais acessível e legível mesmo para usuários sem conhecimento técnico especializado.

Por fim, os dados obtidos durante a etapa de validação poderão subsidiar futuras expansões do sistema, incluindo o aprimoramento dos algoritmos de interpretação, a ampliação da base de dados de falhas e a incorporação de novos recursos voltados à telemetria e ao monitoramento veicular.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando o protocolo OBD-II surgiu nos Estados Unidos, em meados da década de 1990, a intenção inicial era estritamente monitorar a emissão de poluentes para fiscalização governamental. Anos depois, as possibilidades tecnológicas e a maturidade dos ecossistemas móveis permitem ressignificar essa ferramenta, transformando dados brutos de engenharia em um vetor de transparência e acessibilidade para o cidadão comum.

A validação da proposta comprova que a integração dessa tecnologia a uma interface focada em usabilidade é perfeitamente exequível. Essa sinergia não apenas traduz falhas complexas em diagnósticos compreensíveis, mas reposiciona o proprietário como um agente ativo nas tomadas de decisão sobre manutenção, mitigando a assimetria de informação que historicamente caracteriza a relação entre oficinas mecânicas e consumidores.

Consequentemente, o sistema deixa de ser um mero leitor de códigos e passa a atuar na promoção de uma cultura de prevenção e segurança viária. Mais do que um software isolado, a arquitetura modular desenvolvida estabelece as bases para um ecossistema escalável, estruturado para integrar de forma nativa as expansões planejadas de geolocalização comercial e alertas preditivos de risco. Em suma, ao conectar o propósito original do protocolo às demandas atuais por conectividade, o projeto se encerra entregando uma resposta prática, economicamente viável e replicável para duas necessidades latentes do mercado moderno: a transparência nos serviços automotivos e a autonomia do motorista.

REFERÊNCIAS

AKERLOF, George A. The market for “lemons”: quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*: Cambridge, 1970.

BOSCH. Manual de Tecnologia Automotiva. 25. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Evolução e futuro do PROCONVE: história e resultados dos 30 anos de política de controle das emissões dos veículos no Brasil. São Paulo: CETESB, 2017.

CONSUMERAFFAIRS. Driven to distrust? 78% of drivers are skeptical of mechanics. 17 jul. 2024. Disponível em: <https://www.consumeraffairs.com/automotive/auto-mechanics-trust-issues.html>. Acesso em: 14 maio 2026.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e paradigmas. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

ELM ELECTRONICS. ELM327: OBD to RS232 Interpreter. Ontario: ELM Electronics, 2013.

FOWLER, Martin. Padrões de arquitetura de aplicações corporativas. Porto Alegre: Bookman, 2006.

JGRAPH LTD. diagrams.net. Disponível em: <https://www.diagrams.net/>. Acesso em: 31 maio 2026.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

LECHETA, Ricardo R. Google Android: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com Android SDK. 5. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

MASSÉ, Mark. REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces. Sebastopol: O'Reilly Media, 2012.

QUEIROZ, Simone. Reclamações contra oficinas mecânicas mais que dobram em São Paulo, aponta Procon. SBT News, São Paulo, 27 jan. 2026. Disponível em: <https://sbtnews.sbt.com.br/noticia/brasil/reclamacoes-contras-oficinas-mecanicas-mais-que-dobram-em-sao-paulo-aponta-procon>. Acesso em: 21 maio 2026.

SAE INTERNATIONAL. Diagnostic Trouble Code Definitions (SAE J2012). Warrendale: SAE International, 2013.

SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S. Sistema de banco de dados. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

THE NOBEL PRIZE. The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2001. Stockholm: The Nobel Foundation, 2001.