

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

MARCO ANTONIO ALVES PEREIRA

Impacto dos Veículos Definidos por Software na Mobilidade e no Mercado de TI

SÃO PAULO

2025

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

MARCO ANTONIO ALVES PEREIRA

Impacto dos Veículos Definidos por Software na Mobilidade e no Mercado de TI

Trabalho submetido como exigência parcial
para a obtenção do Grau de Tecnólogo em
Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Orientador: Professor Mestre Valter Yogui

SÃO PAULO

2025

RESUMO

Veículo Definido por Software (SDV) é um conceito que propõe uma nova perspectiva para o desenvolvimento e construção de automóveis, em que o software figura como núcleo de controle do veículo e, baseando-se em arquiteturas flexíveis, torna-se capaz de fornecer valor a longo prazo por meio de melhorias de performance, correções e novas funcionalidades. Essa abordagem relaciona-se com questões internas e externas aos automóveis. Além de transformar a estrutura do veículo, SDV amplia o conceito de conectividade automotiva impulsionando a mobilidade urbana e favorecendo o desenvolvimento de cidades inteligentes. Ademais, a adoção de plataformas baseadas em software facilita a transição para veículos elétricos e híbridos, uma tendência já estabelecida no mercado automotivo. Desse modo, a abordagem SDV apresenta-se como uma tendência capaz de entregar valor aos usuários e aos fabricantes através de novos modelos de negócio, além de promover uma perspectiva futura de mobilidade conectada.

Palavras-chave: SDV, Veículo Definido por Software, Software, Arquitetura Zonal e Veículos Híbridos.

ABSTRACT

Software Defined Vehicle (SDV) is a concept that proposes a new perspective for the development and construction of automobiles, in which software is at the heart of vehicle control and, based on flexible architectures, becomes capable of providing long-term value through performance improvements, corrections and new functionalities. This approach relates to issues both internal and external to cars. In addition to transforming the structure of the vehicle, SDV broadens the concept of automotive connectivity, boosting urban mobility and favoring the development of smart cities. Furthermore, the adoption of software-based platforms facilitates the transition to electric and hybrid vehicles, a trend already established in the automotive market. In this way, the SDV approach presents itself as a trend capable of delivering value to users and manufacturers through new business models, as well as promoting a future perspective of connected mobility.

Keywords: SDV, Software Defined Vehicle, Software, Zonal Architecture and Hybrid Vehicles.

GLOSSÁRIO

OTA (Over-the-Air): Tecnologia que permite a atualização remota de softwares embarcados em dispositivos, como veículos, por meio de conexão sem fio, sem necessidade de intervenção física.

ECU (Electronic Control Unit): Unidade de Controle Eletrônico responsável por monitorar e controlar funções específicas do veículo, como motor, freios, ar-condicionado ou direção. Em veículos modernos, um automóvel pode conter dezenas de ECUs integradas entre si.

Edge Computing: Modelo de processamento de dados que ocorre próximo à origem dos dados, como dentro do próprio veículo, reduzindo latência e evitando a dependência de servidores remotos.

OEMs (Original Equipment Manufacturers): Fabricantes originais de equipamentos, como as montadoras de automóveis. No contexto automotivo, os OEMs projetam e produzem veículos, integrando componentes e tecnologias de fornecedores especializados.

V2X (Vehicle-to-Everything): Conjunto de tecnologias que permite a comunicação entre veículos e outros elementos do ambiente (infraestrutura, redes ou nuvem), promovendo conectividade, segurança viária e mobilidade inteligente.

DevOPS: Conjunto de práticas que integra desenvolvimento (Dev) e operações (Ops) com o objetivo de acelerar entregas de software, aumentar a confiabilidade do sistema e promover ciclos contínuos de atualização e melhoria. No contexto de SDVs, é aplicado para manter o software veicular seguro e atualizado.

APIs (Application Programming Interfaces): Conjuntos de instruções e protocolos que permitem a comunicação entre diferentes sistemas de software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Comparativo entre arquiteturas (Arquitetura de Domínio)	8
Ilustração 2 - Comparativo entre arquiteturas (Arquitetura de zona)	9
Ilustração 3 - Imagem da loja de atualizações da BMW	27
Ilustração 4 - Ambiente Sandbox para execução de Apps de terceiros	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. O QUE É VEÍCULO DEFINIDO POR SOFTWARE	6
3. ECOSISTEMA SDV	7
3.1 Arquitetura	8
Ilustração 1 - Comparativo entre arquiteturas (Arquitetura de Domínio)	8
Ilustração 2 - Comparativo entre arquiteturas (Arquitetura de zona)	9
3.2 Software	10
3.3 OTA (Over the Air Updates)	11
3.4 Inteligência Artificial	12
3.5 Manipulação de Dados	13
3.6 Cadeia de fornecimento (Suppliers)	14
4. CONECTIVIDADE	15
4.1 Conectividade Veicular: Tecnologias e Protocolos	16
4.2 Experiência do usuário	16
5. MOBILIDADE	17
5.1 Mobilidade urbana e SDVs	18
5.2 Smart Cities	19
6. CARROS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS	21
7. OPORTUNIDADES DO SETOR DE TI	22
7.1 Demanda por software	22
7.2 Arquiteturas e plataformas abertas	23
7.3 Cibersegurança veicular e proteção de dados	25
7.4 Modelos de negócio baseados em software e	26
Ilustração 3 - Imagem da loja de atualizações da BMW	27
7.5 Aplicações de terceiros	27
Ilustração 4 - Ambiente Sandbox para execução de Apps de terceiros	29
8. DESAFIOS A SEREM SUPERADOS	29
9. CONCLUSÃO	31

1. INTRODUÇÃO

A incorporação de novas tecnologias de software na indústria automotiva tem provocado transformações estruturais no modo como os veículos são projetados, produzidos, atualizados e utilizados. No contexto de uma sociedade altamente conectada e a indústria automotiva que estreita laços com a tecnologia, o advento do Veículo Definido por Software (Software Defined Vehicle) promove mais passo para digitalização dos veículos do presente e do futuro. Essa abordagem introduz uma ruptura com o modelo convencional baseado em componentes físicos e funções rigidamente acopladas, ao propor uma arquitetura veicular flexível, programável e continuamente evolutiva.

Nesse novo paradigma, o automóvel torna-se mais do que um simples meio de transporte, transformando-se em uma plataforma digital conectada, capaz de operar serviços, armazenar dados, estabelecer comunicação com o ambiente ao seu redor e receber melhorias via software durante o período que transcorre a partir do momento da aquisição.

Esse movimento redefine não apenas os produtos, mas também os processos e as relações de mercado, com impactos diretos sobre a mobilidade urbana, a indústria automotiva e de forma específica o mercado de TI (Tecnologia da Informação).

2. O QUE É VEÍCULO DEFINIDO POR SOFTWARE

Veículo Definido por Software, do inglês Software Defined Vehicle (SDV), abrange automóveis, software e mobilidade conectada com o intuito de oferecer valor agregado ao usuário final dos produtos da indústria automotiva, Especialmente após a venda de um automóvel. Ainda recente e em evolução, o termo SDV surgiu gradualmente, impulsionado pela crescente digitalização dos automóveis.

Historicamente, o aspecto mecânico desempenhou ser o centro das atenções no projeto de concepção de automóveis. Entre outras coisas, era comum valorizar atributos como eficiência, conforto e qualidade. A modernização constante da indústria automobilística possibilitou a introdução de tecnologias, das quais as Unidades de Controle Eletrônico (ECU) se tornaram um componente fundamental. O software embarcado integra as unidades de controle e permite o seu correto funcionamento. De acordo com a T-Systems, o mercado de SDVs atingirá um valor

médio de 400 a US\$600 bilhões de dólares. Este cenário apresenta o crescente incremento de software e o desenvolvimento de novas tecnologias com o enfoque no mercado de veículos, incluindo assistentes de direção, conectividade e infoentretenimento (T-SYSTEMS, 2025).

Além da presença de software em automóveis, SDV engloba duas perspectivas que estão interligadas e que promovem um novo paradigma para a indústria: a perspectiva estrutural e a de atualização contínua. Analisando um veículo não definido por software ou projetado para ser autônomo, observa-se que sua estrutura foi concebida de forma rígida, com funções eletrônicas de controle fortemente acopladas ao hardware. Nesses veículos, os sistemas são geralmente inflexíveis, com atualizações limitadas e dependentes de intervenções físicas em oficinas especializadas. A arquitetura limitada diverge com a base necessária para a idealização de um Veículo Definido por Software, onde, escalabilidade e o desacoplamento entre hardware e software permite incrementar novas funcionalidades e obter melhorias antes não previstas em um veículo comum.

O Veículo Definido por Software (SDV) é a chave tecnológica que abre caminho para que os veículos possam evoluir ao longo de sua vida útil [...] Como os carros estão se tornando cada vez mais inteligentes e conectados, o software desempenhará um papel cada vez mais importante tanto em seu design quanto em sua evolução. (RENAULT GROUP, 2023)

Assim, o conceito de SDV implica que o software possui um papel tão crucial quanto a mecânica de um carro, possibilitando a constante evolução do veículo, e a elevação da oferta de valor ao usuário através de funcionalidades imputadas e um sistema inteligente e adaptável.

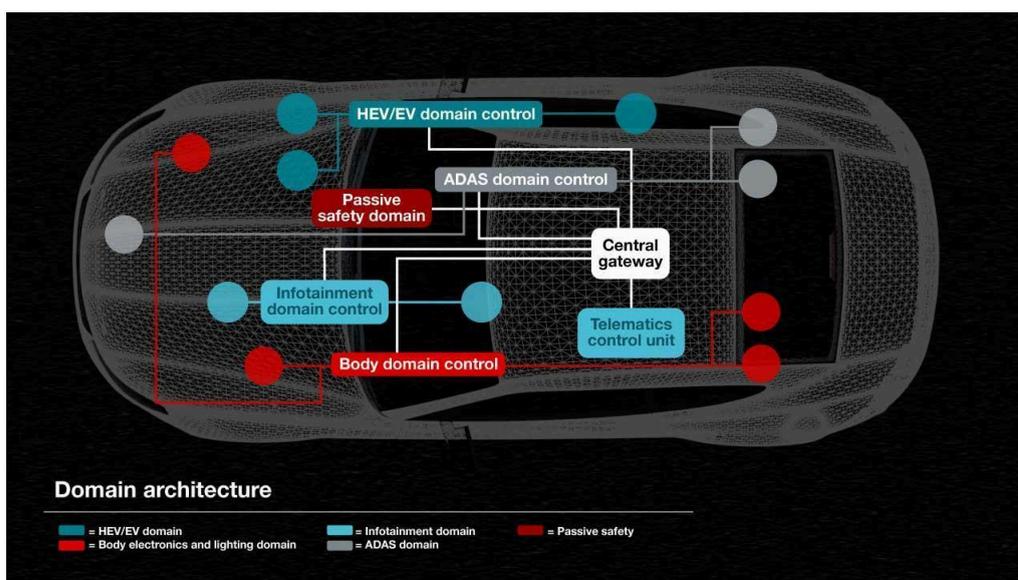
3. ECOSSISTEMA SDV

A concepção do termo Veículo Definido por Software representa a junção de dois ecossistemas com um amplo nível de ramificação. A indústria automotiva e o setor de TI não são alheios um ao outro, tendo visto a coexistência entre ambos no contexto fabril e na concepção de novos projetos é inerente. Porém, o ecossistema ao entorno de SDV emerge fomentando novas variáveis a serem gerenciadas e desenvolvidas.

3.1 Arquitetura

A arquitetura de um Veículo Definido por Software consiste como um dos elementos centrais para sua viabilidade estrutural e evolução. A arquitetura organiza ECUs, sensores, cabeamento, energia, e elementos em geral que são responsáveis pelo controle do veículo em determinado grau.

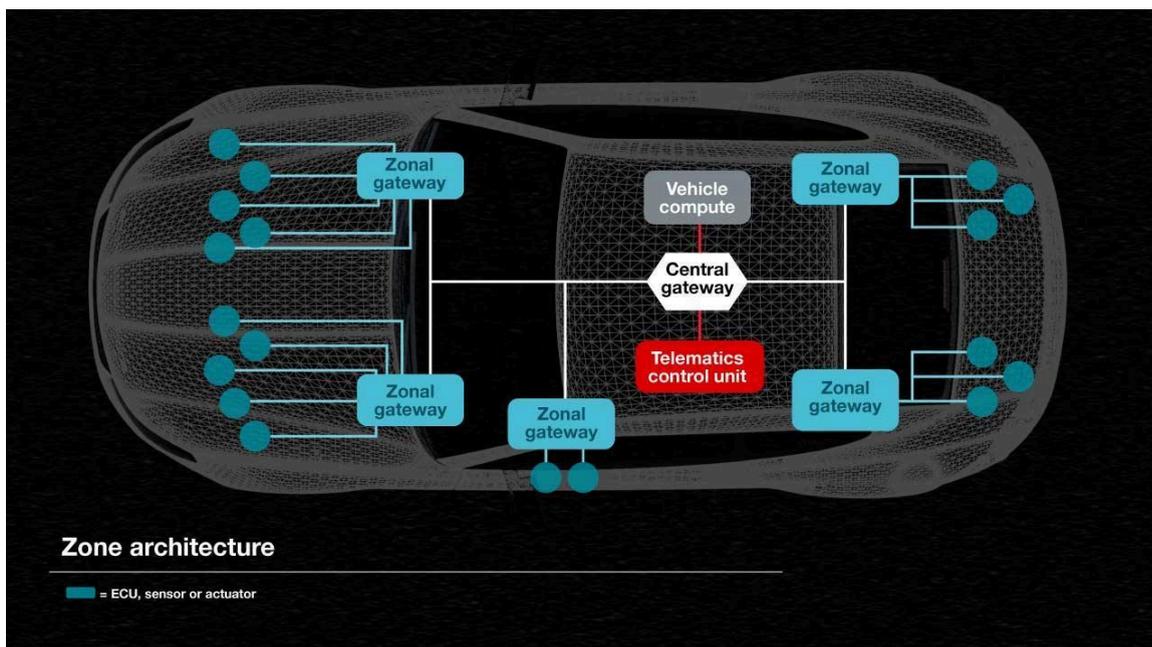
Ilustração 1 - Comparativo entre arquiteturas (Arquitetura de Domínio)



Fonte: Texas Instruments, 2024.

É convencional que nos veículos atuais a arquitetura de domínio seja amplamente adotada. Esse modelo de arquitetura organiza os componentes de com no domínio específico que representa. Ou seja, a condução do veículo e o controle do motor consiste em um domínio, assim como a iluminação do carro, seja ela traseira ou dianteira. Deste modo, cada categoria de domínio possui os devidos componentes responsáveis para exercer o seu controle.

Ilustração 2 - Comparativo entre arquiteturas (Arquitetura de zona)



Fonte: Texas Instruments, 2024.

A arquitetura baseada em domínio possui ampla aplicação nos veículos atuais, contudo, um modelo recente de arquitetura propõe uma nova estruturação no veículo, organizando os componentes que compõem sua estrutura. Diferente da arquitetura baseada em domínio, a arquitetura por zona organiza os componentes do veículo de acordo com a respectiva posição no veículo, além disso, esse tipo de arquitetura prevê a atuação de um computador central para o veículo que executa o controle centralizado dos seus devidos componentes. Em artigo a respeito da arquitetura por zona, a *Texas Instruments* destaca:

“A arquitetura zonal dá aos fabricantes muito mais controle, desde a manutenção de software de alto nível com atualizações over-the-air; atualizações de firmware (FOTA) e conexão contínua com a nuvem, até a habilitação de novas funções e melhorias em recursos como a condução autônoma. Isso também permitirá que os fabricantes adotem uma estrutura de software baseada em serviços, como o deslocamento de laços de controle em tempo real para os módulos zonais. Além disso, os módulos zonais viabilizam topologias de distribuição de energia mais otimizadas, incluindo o desligamento de módulos não utilizados — o que é especialmente vantajoso em veículos elétricos e híbridos.” (TEXAS INSTRUMENTS, 2024).

3.2 Software

No contexto dos SDVs, o software deixa de ser um componente complementar e assume a responsabilidade central no funcionamento e evolução do veículo. Ele é responsável por coordenar sistemas críticos, como direção, frenagem e controle de estabilidade, além de integrar funcionalidades de conforto, conectividade e entretenimento.

Essa centralidade exige que o desenvolvimento de software automotivo adote práticas semelhantes às da engenharia de software moderna, como modularidade, escalabilidade e integração contínua. A aplicação de arquiteturas orientadas a serviços (SOA) e o uso de contêineres, hypervisors e sistemas operacionais embarcados permitem que múltiplas funções convivam de forma isolada e segura dentro do mesmo ambiente computacional veicular.

O software em um veículo SDV é dividido, geralmente, em três camadas-chaves:

- **Camada de base (Base Layer):** composta por drivers, sistemas operacionais embarcados (como QNX, Linux Automotive Grade ou Android Automotive) e interfaces de baixo nível com o hardware.
- **Camada de middleware:** responsável pela comunicação entre módulos e abstração do hardware. Plataformas como AUTOSAR e SOAFEE vêm ganhando destaque nesse nível.
- **Camada de aplicação:** concentra as funções visíveis ao usuário e os serviços inteligentes, como assistentes virtuais, navegação avançada, algoritmos de ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems) e apps de terceiros.

Essa divisão possibilita que as atualizações e melhorias ocorram de forma modular e contínua, viabilizando a definição de "carro como serviço" (Car-as-a-Service). Além disso, reforça a segurança, já que atualizações podem corrigir vulnerabilidades e adicionar novas camadas de proteção sem que seja necessário a realização de *recalls*.

Em síntese, o software nos SDVs não apenas define as capacidades do veículo, mas também provê a adaptação ao longo do tempo — característica essencial em uma era marcada por inovação acelerada e alta conectividade.

3.3 OTA (Over the Air Updates)

As atualizações over-the-air (OTA) representam um dos principais diferenciais operacionais dos Veículos Definidos por Software. Essa tecnologia permite que softwares embarcados sejam atualizados remotamente, sem a necessidade de visitas a concessionárias ou intervenção física em oficinas especializadas. Essa capacidade rompe com o paradigma tradicional da indústria automotiva, onde atualizações e correções geralmente exigiam recall ou manutenções presenciais, gerando custos logísticos, atrasos e riscos ao usuário final.

No contexto dos SDVs, as atualizações OTA abrangem desde funções básicas, como mapas de navegação, interfaces de usuário e sistemas de infoentretenimento, até softwares mais sensíveis e críticos, como sistemas de direção assistida, controle de estabilidade e frenagem automática. A arquitetura centralizada dos SDVs, que por sua vez, possui um computador central, permite o controle e atualização de componentes dos veículos em determinadas zonas da arquitetura. Isso significa que o comportamento de um módulo pode ser alterado de acordo com a necessidade da fabricante, desde que o mesmo seja projetado para tal.

De acordo com a McKinsey & Company (2023), “arquiteturas baseadas em software permitem atualizações OTA contínuas e seguras que não apenas corrigem falhas, mas também introduzem funcionalidades novas, oferecendo valor recorrente ao longo da vida útil do veículo”. Sendo assim, o veículo assume características que se assemelham a de uma plataforma digital, onde o veículo é capaz de evoluir através de atualizações.

Tecnicamente, o processo de OTA envolve quatro etapas principais: a criação e empacotamento da atualização no servidor central do fabricante, a distribuição segura do pacote criptografado via rede móvel ou Wi-Fi, a validação local da integridade e autenticidade da atualização no veículo, e a aplicação controlada do patch. A arquitetura embarcada precisa prever gerenciamento de energia, verificação em tempo de execução e possibilidade de erros em geral para garantir que nenhuma falha comprometa a segurança funcional do automóvel (NEXT.GR, 2024).

Existem dois tipos principais de atualização OTA:

- **FOTA (Firmware Over-the-Air):** voltado à atualização do firmware de controladores embarcados e componentes de baixo nível, como sensores, atuadores e ECUs.
- **SOTA (Software Over-the-Air):** utilizado para atualizar aplicações, interfaces de usuário, algoritmos de assistência à condução e recursos multimídia.

A segurança nesse processo é inegociável. Os pacotes de atualização são geralmente assinados digitalmente e protegidos por criptografia de ponta a ponta, garantindo a integridade do arquivo e evitando alterações maliciosas. Além disso, os veículos modernos incorporam mecanismos de rollback automático, caso uma atualização falhe ou comprometa o funcionamento esperado, e executam o novo software primeiro em ambientes de teste, monitorando seu comportamento antes da ativação definitiva.

Assim, as atualizações OTA tornam-se um elemento central não apenas da eficiência operacional dos SDVs, mas também de sua capacidade de adaptação e longevidade digital. Elas representam uma mudança de paradigma, aproximando o ciclo de vida dos veículos do modelo de dispositivos conectados, como smartphones ou sistemas operacionais modernos.

Um caso notável de sucesso no emprego de atualizações OTA é o da empresa automotiva Rivian, tendo como base relatórios da fabricante apresentados em 2024, foram realizadas mais de 30 atualizações remotas em seus veículos, resultando na entrega aproximada de 500 novas funcionalidades e melhorias. Essas atualizações incluem desde aprimoramentos de desempenho, autonomia e até o fornecimento de novos modos de condução e recursos de conforto, demonstrando como o software pode prolongar e enriquecer a entrega de valor ao usuário do veículo após sua compra (RIVIAN, 2024).

A viabilidade e a eficiência das atualizações OTA estão diretamente relacionadas ao nível de integração da arquitetura eletrônica do veículo. Embora não seja impossível realizar atualizações em sistemas mais antigos, arquiteturas legadas com ECUs isoladas e fortemente acopladas ao hardware apresentam limitações consideráveis nesse processo. Em diversas situações, a falta de uma infraestrutura padronizada e conectada inviabiliza a aplicação remota de correções, exigindo que as atualizações sejam realizadas presencialmente em oficinas, por meio de procedimentos técnicos especializados. Essa limitação, além de elevar custos e

prazos, contribui para o aumento de recalls técnicos relacionados a falhas de software que poderiam ser resolvidas remotamente em arquiteturas mais modernas e flexíveis. Assim, ainda que atualizações OTA não sejam exclusivas de arquiteturas centralizadas, é nesse tipo de estrutura que elas se tornam mais seguras, escaláveis e eficazes.

3.4 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (IA) desempenha papel importante no ecossistema dos Veículos Definidos por Software, viabilizando desde sistemas de assistência à condução até recursos preditivos e personalização da experiência do usuário. A partir do avanço da conectividade, do processamento embarcado e da coleta de dados, a IA tornou-se uma aliada estratégica no desenvolvimento de funcionalidades que envolvem automação e processamento inteligente de dados.

Nos SDVs, a IA é aplicada de maneira transversal em diversas camadas. Ainda que não se trate de uma tecnologia exclusiva de SDVs, assistentes de direção avançados ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), algoritmos de visão computacional e aprendizado de máquina são utilizados para interpretar imagens de câmeras e sensores, permitindo funcionalidades como frenagem automática, permanência em faixa e controle adaptativo de velocidade. Esses sistemas dependem de redes neurais capazes de aprender e tomar decisões com o menor tempo de latência possível, mesmo diante de situações imprevisíveis.

Ademais, a IA tem papel crescente na análise de dados do veículo e do comportamento do condutor. Através do processamento local ou remoto (em nuvem), os sistemas identificam padrões relativos ao uso, antecipam falhas mecânicas e adaptam o funcionamento do carro às preferências do usuário. Com isso, amplia-se a capacidade de diagnóstico preditivo e manutenção proativa, reduzindo custos e aumentando a confiabilidade operacional.

Outro campo em expansão é o da interação homem-máquina, em que assistentes virtuais, reconhecimento de voz e interfaces adaptativas tornam a experiência de condução mais fluida e personalizada. Com IA, é possível personalizar a interação com o veículo de forma dinâmica, aprendendo preferências de trajeto, climatização, modos de condução e até padrões emocionais do condutor.

A utilização de IA nos SDVs também cria novos desafios técnicos e éticos, como a explicabilidade das decisões automatizadas, conformidade no uso dos dados baseado em legislações e a responsabilidade em incidentes envolvendo sistemas autônomos. Estes aspectos exigem não só inovação tecnológica, mas também regulamentações robustas e uma abordagem responsável ao implementar soluções baseadas em IA.

3.5 Manipulação de Dados

Segundo Dietmar Luz, especialista sênior da Porsche Engineering, “*é seguro assumir que um veículo totalmente equipado transmite cerca de 20 Gbit de dados internamente a cada segundo*” (PORSCHE NEWSROOM, 2023). A manipulação de dados em Veículos Definidos por Software é um dos pilares para construir funcionalidades inteligentes, predictivas e conectadas. Em um SDV, uma quantidade massiva de dados e informações é gerada continuamente por sensores, câmeras, radares, sistemas embarcados e interações do usuário. Esses dados, quando processados adequadamente, tornam-se insumos valiosos para decisões automatizadas, otimizações de desempenho e fonte para novos serviços.

Os dados gerados por um veículo podem ser classificados, de forma geral, em três categorias:

- **Dados operacionais:** como velocidade, rotação do motor, consumo de combustível e estado de componentes mecânicos.
- **Dados ambientais:** obtidos de sensores e câmeras que capturam o entorno do veículo.
- **Dados comportamentais:** relacionados ao uso do veículo, rotinas do condutor, comandos utilizados, padrões de condução e preferências.

A manipulação eficaz desses dados exige uma arquitetura de processamento robusta, com suporte a edge computing (processamento local no próprio veículo) e a cloud computing (processamento remoto). O edge computing é essencial para decisões em tempo real, como frenagens de emergência, enquanto a nuvem permite análises mais profundas e agregadas, como análise do comportamento de frota ou detecção de falhas recorrentes.

Além disso, os dados coletados podem ser utilizados para treinar modelos de inteligência artificial, alimentar sistemas de manutenção preditiva, otimizar

atualizações OTA e gerar insights para a indústria automotiva. Esses dados também servem de base para monetização através de serviços personalizados, como seguros com precificação dinâmica, recomendação de manutenção ou integração com plataformas de mobilidade.

Contudo, o processamento de dados em SDVs também impõe desafios significativos, especialmente em relação à privacidade, segurança cibernética e compliance. A proteção contra acessos não autorizados, o anonimato das informações sensíveis e o consentimento do usuário tornam-se pontos críticos em um ecossistema baseado em coleta e análise constante de dados.

Assim, a manipulação de dados em SDVs transcende o aspecto técnico e assume papel estratégico e ético, afetando diretamente a confiabilidade do sistema, a experiência do usuário e a viabilidade de novos modelos de negócio baseados em dados.

3.6 Cadeia de fornecimento (Suppliers)

A transição para o modelo de Veículo Definido por Software impacta profundamente a cadeia de fornecimento da indústria automotiva. Inicialmente centrada na produção de componentes mecânicos e sistemas eletrônicos fragmentados, a cadeia passa a exigir competências avançadas em software, integração de sistemas, cibersegurança e inovação digital contínua.

Nesse novo cenário, fabricantes de automóveis deixam de ser apenas montadoras e assumem o papel de integradoras de ecossistemas complexos, que envolvem desde fornecedores tradicionais de hardware até startups de tecnologia, desenvolvedores de software, provedores de nuvem e empresas especializadas em dados e IA. Isso gera uma reconfiguração da cadeia de valor, com maior dependência de fornecedores que dominem a engenharia de software embarcado. Isso ocorre porque a entrega de funcionalidades para os veículos modernos — como sistemas de assistência ao condutor, conectividade avançada, atualizações OTA e personalização por software — exige ciclos contínuos de desenvolvimento, testes e integração de código. A lógica tradicional da indústria, baseada em longos ciclos de projeto e produtos prontos no momento da entrega, não atende mais à dinâmica imposta pelos SDVs. Dessa forma, os fabricantes precisam se associar a empresas capazes de colaborar de forma proativa e que possuem domínio de tecnologias

embarcadas com requisitos críticos de desempenho e segurança. Desse modo, esse novo arranjo faz com que uma parte importante do valor dos carros passe a depender de empresas que trabalham com tecnologia, já que são elas que conseguem criar inovações rápidas e atualizações constantes usando software.

Ao mesmo tempo, surgem novos modelos de parceria e colaboração. Em vez de contratos fixos de fornecimento, passam a ser comuns relações contínuas baseadas em ciclos de atualização e integração. Grandes montadoras têm criado suas próprias plataformas tecnológicas ou estabelecido alianças estratégicas, como a Volkswagen com a CARIAD, a Stellantis com a AWS, ou a Renault com o Google, visando maior controle sobre o ciclo de vida digital de seus produtos.

Essa reestruturação também exige novos processos logísticos e de homologação. As atualizações OTA, por exemplo, demandam avaliações contínuas de segurança e compatibilidade, enquanto os dados coletados pelos veículos impõem novos desafios regulatórios e exigem infraestrutura para armazenamento, processamento e governança.

Além disso, a complexidade técnica crescente amplia os riscos de fragmentação, retrabalho e falhas sistêmicas, tornando essencial o uso de ferramentas de integração contínua, plataformas de testes automatizados e padrões abertos de desenvolvimento (como AUTOSAR e SOAFEE).

4. CONECTIVIDADE

O avanço dos Veículos Definidos por Software (SDVs) não se limita à evolução das arquiteturas eletrônicas ou à integração de software embarcado. Ele transforma profundamente a mobilidade como conceito, ampliando o papel do automóvel de um meio de transporte isolado para um agente ativo em redes de comunicação digital. A conectividade veicular, em especial, é uma das forças propulsoras dessa mudança: ela permite que veículos comuniquem-se entre si, com a infraestrutura ao redor e com plataformas remotas em tempo real. De acordo com a consultoria McKinsey, até 2030 mais de 90% dos veículos vendidos globalmente serão embarcados com conectividade, sendo boa parte deles com conectividade avançada (MCKINSEY & COMPANY, 2021)

Essa capacidade de conexão impacta diretamente na forma como os usuários interagem com o veículo, na integração com cidades inteligentes e na entrega de serviços digitais inovadores.

4.1 Conectividade Veicular: Tecnologias e Protocolos

A conectividade veicular é composta por um conjunto de tecnologias e protocolos que permitem a viabilidade da troca de dados entre o veículo e outros agentes, como a nuvem, a infraestrutura urbana, pedestres e demais veículos. Essa troca ocorre por meio de redes sem fio de alta capacidade e baixa latência, sendo as principais atualmente o 4G LTE, o 5G, a comunicação por satélite e padrões dedicados como DSRC (Dedicated Short-Range Communications) e V2X (Vehicle-to-Everything).

"Vehicle-to-Everything (V2X) é quando um veículo pode compartilhar as informações de seus sensores, câmeras e sistemas internos com outros veículos, pedestres próximos, infraestrutura viária e sistemas Smart City usando conectividade de dados sem fio. Isso pode melhorar a segurança nas estradas, otimizar o uso de energia e tornar o relacionamento entre os carros e outros usuários das estradas perfeito." (QNX, 2024)

Tecnologias que implementam o conceito de V2X, por exemplo, possibilitam a comunicação entre veículos, com semáforos e sinais, com servidores remotos, com pedestres, entre outros. Sua baixa latência e elevada confiabilidade a tornam essencial para aplicações críticas como frenagens autônomas, prevenção de colisões, gestão de tráfego em tempo real e serviços de emergência.

Para suportar esse ecossistema dinâmico, os veículos modernos também utilizam múltiplos protocolos de comunicação embarcados, garantindo que as informações sejam enviadas com segurança entre sensores, unidades de controle e interfaces conectadas à nuvem.

Em conjunto, esses recursos técnicos transformam o veículo em um agente conectado e inteligente, capaz de interagir com o ambiente e antecipar comportamentos.

4.2 Experiência do usuário

A experiência do usuário é um dos principais fatores que fomentam a transformação dos veículos em plataformas definidas por software. O conceito de

SDV une automóveis, software e mobilidade, mas apesar de tudo isso, o usuário/comprador é a peça central.

Com a crescente digitalização dos sistemas embarcados e a conectividade veicular, os automóveis passaram a oferecer funcionalidades que promovem não apenas conforto e conveniência, mas também adaptação dinâmica ao perfil de cada condutor.

De acordo com pesquisa da McKinsey & Company (2023), cerca de 39% dos consumidores esperam que seus veículos ofereçam atualizações após sua aquisição, em um modelo similar ao dos smartphones. Esse dado evidencia o alinhamento entre as capacidades dos SDVs e as expectativas contemporâneas de seus usuários, reforçando a necessidade de uma experiência contínua, inteligente e adaptável.

A experiência do usuário também é enriquecida pela conectividade contínua com a nuvem e com outros veículos. Essa rede de informações em tempo real permite que o veículo ofereça serviços personalizados baseados na localização, como sugestões de abastecimento, restaurantes, ou pontos de recarga elétrica, promovendo uma mobilidade mais eficiente e conectada ao estilo de vida do condutor.

5. MOBILIDADE

Mobilidade é um atributo primordial em toda e qualquer cidade, tendo em vista a necessidade humana de estar em constante movimento. A mobilidade não se caracteriza como um benefício, mas sim um direito que deve ser amplamente assegurado a todos indivíduos da sociedade, assim como é prescrito na Lei nº 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana.

São diversas as formas e meios pelo qual a mobilidade é exercida, dentre elas os automóveis representam uma parcela considerável de toda população de meios de transporte. Deste modo, como fator colaborativo, ressignificar a maneira com que os veículos automotores contribuem para mobilidade urbana se torna essencial, tendo em vista a existência de diversos fatores que negativos são estigmas de diversas metrópoles, tal qual: excesso de tráfego/congestionamento, acidentes de trânsito e a emissão de gases de poluentes. É fato que, diversas alternativas de transporte que compõem a mobilidade urbana, em especial o

transporte público, são contramedidas para a não utilização de automóveis, sendo assim um princípio de solução viável que gera um impacto significativo na sociedade e na mobilidade urbana. Contudo, a adaptação na forma como os veículos são projetados, a partir de uma visão colaborativa para o desenvolvimento de centros urbanos mais eficientes e seguros é indispensável, ainda que não se caracterizem como abordagem única para evolução da mobilidade.

5.1 Mobilidade urbana e SDVs

A mobilidade urbana nas grandes cidades enfrenta desafios complexos que exigem soluções tecnológicas integradas, políticas efetivas e uma profunda mudança cultural, especialmente na colaboração entre entidades políticas e o setor da indústria automotiva, tendo como ênfase a introdução de veículos que contribuam de forma significativa para o desenvolvimento urbano. Congestionamentos diários, acidentes de trânsito, desigualdade no acesso ao transporte e emissões de gases poluentes fazem parte de uma realidade que compromete a qualidade de vida, a produtividade econômica e a sustentabilidade ambiental das metrópoles. Nesse contexto, os Veículos Definidos por Software (SDVs) representam uma inovação que, embora não resolva de forma isolada todos esses problemas, pode contribuir de maneira relevante para uma mobilidade mais eficiente, segura e conectada.

A abordagem SDV redefine a forma como os veículos se comportam no espaço urbano, o fato de um veículo SDV ser baseado em software amplia o escopo de funcionalidades de um veículo que passa a ser inteligente, diferente de um modelo convencional. Dessa forma, ao operar como sistemas inteligentes, os SDVs são capazes de entregar insights a respeito do contexto em que se encontram, como por exemplo informações de trânsito, rotas e interações com outros veículos por meio do compartilhamento de dados — como é o caso do sistema de mapas conectados da Bosch (BOSCH, 2025).

A integração entre os veículos e a infraestrutura urbana abre espaço para uma série de aplicações que impactam diretamente a mobilidade. Uma possibilidade de aplicação direta dos SDVs no contexto urbano está na coordenação inteligente dos fluxos de tráfego em tempo real. Por meio da comunicação entre os veículos e os sistemas semaforicos, seria viável ajustar automaticamente os tempos de

sinalização conforme o volume de veículos em circulação, priorizando corredores mais sobrecarregados e promovendo fluidez nos deslocamentos.

Além disso, os SDVs têm potencial para atuar em sistemas de mobilidade sob demanda, como o serviço de carros por aplicativo, incluindo a implementação de frotas autônomas como uma opção que incrementa as alternativas de locomoção. Essas abordagens contribuem para a diminuição da dependência do veículo particular. Outro impacto direto dos SDVs na mobilidade urbana está relacionado à segurança viária. A presença de sistemas avançados de assistência ao condutor e a possibilidade de comunicação entre veículos e com a infraestrutura permitem antecipar riscos, emitir alertas e, em muitos casos, agir preventivamente para evitar colisões. Tecnologias como frenagem automática, monitoramento de ponto cego, manutenção de faixa e reconhecimento de pedestres passam a ser otimizadas com o suporte da arquitetura SDV, que permite atualizações contínuas e ajustes com base em dados reais de uso.

Por fim, a coleta massiva de dados proporcionada pelos SDVs oferece subsídios valiosos para o planejamento urbano. Informações sobre padrões de deslocamento, horários de pico, zonas de congestionamento e comportamentos de condução podem ser utilizadas por gestores públicos para tomar decisões mais precisas, planejando intervenções viárias e políticas de transporte com base em evidências. A mobilidade, nesse sentido, torna-se mais inteligente e responsiva, adaptando-se de forma dinâmica às necessidades da população.

No entanto, é importante reconhecer que os SDVs não representam uma solução única e completa para os problemas da mobilidade urbana. Sua efetividade está condicionada à existência de uma infraestrutura urbana adequada, regulamentações claras e interoperabilidade entre sistemas. Nesse sentido, os SDVs fazem parte de um conjunto mais amplo de estratégias, incluindo o desenvolvimento de cidades inteligentes, que, por sua vez, ampliam o escopo da aplicabilidade dos SDVs.

5.2 Smart Cities

As cidades inteligentes, assim como a SDV, representam um desafio de implementação, oferecendo benefícios de retorno a partir de um investimento de longo prazo, especialmente no caso de smart cities, tendo vista que abrange um

escopo mais amplo. De todo modo, o princípio base que serve como fundamento para implementação de cidades inteligentes possui relação em certo nível com o que é proposto em Veículos Definidos por Software, onde a tecnologia de forma mais generalista no caso de smart cities funciona como núcleo ou canal. A princípio, as smart cities visam promover bem-estar social e urbano através da tecnologia, incentivando a conectividade entre vários setores e serviços presentes dentro da sociedade, como por exemplo saúde, mobilidade, meio-ambiente e infraestrutura. Conforme definido pela Comissão Econômica para a Europa (UNECE):

“Uma cidade inteligente e sustentável é uma cidade inovadora que utiliza tecnologias de informação e comunicação (TICs) e outros meios para melhorar a qualidade de vida, a eficiência da operação e dos serviços urbanos, e a competitividade, garantindo que atenda às necessidades das gerações presentes e futuras nos aspectos econômico, social, ambiental e cultural.” (UNECE, 2016)

No contexto de cidades inteligentes, uma infraestrutura de tecnologia conectada se faz fundamental para interligação de serviços que estejam a serviço da população, nesse sentido, os Veículos Definidos por Software (SDVs) se posicionam como componentes estratégicos dessa rede inteligente, pois não apenas transportam, mas também fornecem e consomem dados, interagindo de modo cooperativo com a infraestrutura urbana.

A transformação das metrópoles em cidades inteligentes abre o caminho para novas possibilidades na forma como os serviços públicos e privados são planejados, executados e otimizados. A digitalização de ambientes urbanos permite que a cidade funcione como um ecossistema mais dinâmico, sensível ao comportamento das pessoas e às necessidades da população. Nesse cenário, o compartilhamento de dados se torna um fator estratégico — e é justamente nesse ponto que os SDVs ganham relevância: atuando como dispositivos conectados, eles ampliam a capacidade das cidades de captar, processar e reagir às informações do ambiente em tempo real.

Entre as inúmeras aplicações possíveis, podemos destacar os ganhos em mobilidade urbana inteligente. Cidades com infraestrutura conectada podem utilizar os dados transmitidos por SDVs para obter informações sobre padrões de tráfego, velocidade média, zonas de congestionamento, condições de pista e eventos inesperados, como acidentes ou interdições. Esses dados, quando processados por

sistemas de gestão urbana, permitem ajustes automáticos na sinalização semafórica, redirecionamento de rotas, ativação de alertas preventivos e contribuindo para a redução de atrasos.

Além disso, os SDVs contribuem para ampliar a visibilidade do território urbano. Com base em sensores embarcados, podem fornecer informações úteis sobre qualidade do ar, densidade de tráfego, poluição sonora, temperatura e umidade, entre outros indicadores ambientais. Esses dados reforçam as capacidades de monitoramento urbano, auxiliando em estratégias de sustentabilidade, zoneamento e planejamento urbano baseados em evidências concretas e atualizadas.

Em suma, os SDVs, em conjunto com as infraestruturas inteligentes das smart cities, permitem ampliar os benefícios dos veículos conectados, de modo a obter vantagens tanto para os condutores como para o ecossistema inteligente em que estão inseridos.

6. CARROS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS

A transição para fontes de energia que movem veículos é uma das principais tendências que vigoram atualmente no mercado automotivo. Os modelos de veículo atuais interpolam até o presente momento entre duas plataformas que visam o uso de energia elétrica, quando o mesmo não é integralmente movido através de energia elétrica (EV - *Electric Vehicle*), a coexistência entre energia elétrica e a combustão assume como fonte de energia do veículo (HEV - *Hybrid Electric Vehicle*). O grande chamariz para a recente corrida de transição para veículos elétricos ou parcialmente, tem como motivação questões ambientais, dado a sua correlação com emissões de CO₂. De acordo com o relatório *Global EV Outlook 2024* da IEA, um carro elétrico de médio porte emitirá aproximadamente 50% menos CO₂ ao longo de seu ciclo de vida em comparação com um carro convencional a gasolina, enquanto um híbrido pode reduzir as emissões em cerca de 30%. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2024)

O mercado Chinês apresenta o maior celeiro para habitação de veículos elétricos, as fabricantes e startups chinesas apresentam amplo catálogo de tecnologias e inovações que destoam do mercado global. Em 2024, o levantamento da consultoria McKinsey apontou que cerca de 50% dos veículos comercializados

eram elétricos, o que representa um significativo avanço na transição para plataforma de carros elétricos (MCKINSEY, 2025).

A indústria automotiva é repleta de diversas empresas em constante concorrência, e a tendência de transição para veículos elétricos promoveu o surgimento de startups já imersas dentro da proposta de eletrificação, fazendo com que o mercado se torne mais competitivo. Dentro dessa perspectiva, a diversificação do projeto surge como meio para se inserir no mercado atingindo mais clientes. Ao apostar em SDVs como diversificação, é possível obter vantagens competitivas a partir da introdução de um veículo inteligente e flexível por natureza, possibilitando atualizações OTA a longo prazo que ressignificam o valor do automóvel para o cliente.

7. OPORTUNIDADES DO SETOR DE TI

A transformação dos veículos em plataformas definidas por software (SDVs) promove uma profunda reconfiguração no setor automotivo e, simultaneamente, fomenta diversas oportunidades para o mercado de tecnologia da informação (TI). A crescente complexidade e sofisticação dos sistemas embarcados, aliada à necessidade de conectividade, atualização contínua e integração com ecossistemas digitais, cria demandas inéditas por soluções de software, infraestrutura, segurança e inovação.

Este capítulo aborda os principais vetores que impulsionam a participação do setor de TI no desenvolvimento dos SDVs, destacando as novas competências, arquiteturas e modelos de negócio que estão redefinindo o panorama da indústria automotiva.

7.1 Demanda por software

O mercado de software automotivo é um dos segmentos que mais cresce no setor, impulsionado pela adoção dos SDVs. É esperado investimentos no setor de software automotivo, essa tendência ganha maior ênfase tratando-se de Veículos Definidos por Software. Esse crescimento é sustentado pela necessidade de sistemas cada vez mais complexos, ao mesmo tempo que intensifica a corrida pela liderança global do mercado, exigindo um esforço contínuo em termos de investimentos e inovação. Tal como diversas empresas que investem em novas

tecnologias e tendências futuras que serão dominantes, a Mercedes-Benz investiu cerca de €200 milhões em 2022 num centro de inovação em software (MERCEDES-BENZ GROUP, 2022).

Para atender a essa demanda, surgem novas tendências em linguagens de programação, como o movimento da empresa Volvo para o uso da linguagem Rust em componentes dos seus automóveis (TWEED GOLF, 2024), frameworks dedicados e stacks tecnológicos capazes de suportar sistemas embarcados com requisitos rigorosos de segurança, desempenho e confiabilidade.

Um dos pilares do conceito de atualização contínua em SDVs, que é realizado através de atualizações over-the-air (OTA), é o segmento de operações. Nesse contexto, práticas como DevOps tornam-se fundamentais para suportar o ciclo de vida completo do software automotivo, desde o desenvolvimento até a manutenção pós-venda. A aplicação de DevOps em veículos definidos por software exige adaptações específicas para lidar com os altos padrões de segurança funcional, validação rigorosa e ambientes embarcados com restrições críticas. Além disso, ferramentas de integração contínua (CI) e entrega contínua (CD) passam a operar em conjunto com pipelines específicos para testes de hardware-in-the-loop (HIL), validação em simuladores automotivos e deploy gradativo em frotas monitoradas.

Esse novo modelo operacional permite que fabricantes coletem feedback em tempo real, implementem melhorias de forma ágil e ofereçam uma experiência de software em constante evolução. Para o setor de TI, isso representa uma ampliação do escopo tradicional de DevOps, que agora precisa contemplar o ciclo de vida de sistemas embarcados altamente conectados e distribuídos.

Essa transformação exige profissionais altamente capacitados e multidisciplinares, capazes de atuar em equipes integradas que reúnem conhecimentos de engenharia de software, sistemas embarcados, conectividade e cibersegurança.

7.2 Arquiteturas e plataformas abertas

A transição para Veículos Definidos por Software (SDVs) não está restrita às montadoras. Ela abre um novo e crescente mercado para desenvolvedores de software, à medida que a indústria automotiva adota plataformas abertas e ecossistemas colaborativos para acelerar a inovação. Diferentemente do modelo

tradicional, onde grande parte do software embarcado era desenvolvido de forma fechada por fornecedores automotivos, o futuro aponta para uma abordagem mais distribuída, modular e interoperável — princípios que favorecem diretamente a atuação de profissionais e empresas de tecnologia.

Um exemplo emblemático é a iniciativa Eclipse SDV, que reúne grandes montadoras, fornecedores e a comunidade de código aberto em torno da criação de uma infraestrutura padrão para desenvolvimento automotivo. Por meio de ferramentas como o Eclipse Velocitas (framework de desenvolvimento e deploy para SDVs) e o modelo Vehicle Signal Specification (VSS), os desenvolvedores podem criar, testar e integrar aplicações veiculares utilizando metodologias e stacks amplamente utilizadas no setor de TI, como Docker, GitHub, gRPC, MQTT e APIs REST.

Essa abertura possibilita que desenvolvedores contribuam com soluções desde o nível de middleware até aplicações específicas para veículos, como algoritmos de roteamento, serviços de diagnóstico remoto, interfaces de usuário e integração com serviços em nuvem. O uso de ambientes Linux POSIX, contêineres e arquiteturas orientadas a serviços (SOA) também aproxima o desenvolvimento automotivo das práticas tradicionais de software moderno — o que reduz a curva de entrada para profissionais de fora do setor automotivo tradicional.

Assim como o Eclipse, existem iniciativas como o AUTOSAR Adaptive Platform que estabelecem bases técnicas para aplicações em sistemas de alto desempenho, permitindo que desenvolvedores atuem em ECUs com múltiplas funções, domain controllers e gateways de conectividade. Essas plataformas priorizam portabilidade, segurança funcional e atualização dinâmica, e oferecem documentação extensiva e APIs abertas para acelerar a entrada de novos players.

Oportunidades concretas se multiplicam: empresas automotivas e de tecnologia já publicam vagas específicas para desenvolvedores Python, C++, Rust e Linux embarcado com foco em SDV. Além disso, a crescente adoção de DevOps e integração contínua em ambientes embarcados requer engenheiros de software com domínio de pipelines CI/CD, testes automatizados e deployment seguro.

Em suma, o movimento por arquiteturas e plataformas abertas não só acelera a evolução dos SDVs como também democratiza o acesso ao ecossistema automotivo. Isso representa uma oportunidade única para desenvolvedores de software participarem ativamente da transformação digital da mobilidade, atuando

em projetos de alto impacto, com forte viés colaborativo e ampla visibilidade internacional.

7.3 Cibersegurança veicular e proteção de dados

A cibersegurança é um mercado aquecido e também um tópico fundamental no contexto de SDVs, tendo em vista que o mesmo possui o software como canal para diversos pontos de controle de um automóvel. Nos Veículos Definidos por Software, o risco não está apenas em ataques físicos, mas também em invasões remotas, exploração de falhas de software e comprometimento de dados sensíveis. Isso coloca a cibersegurança como uma das áreas mais críticas – e promissoras – para o setor de TI.

A natureza distribuída dos sistemas automotivos modernos, com ECUs interconectadas, gateways, conectividade com a nuvem e interfaces com smartphones, amplia significativamente a superfície de ataque. Para mitigar esses riscos, a indústria automotiva vem adotando normas como a ISO/SAE 21434, que trata da segurança cibernética durante todo o ciclo de vida do produto, e o regulamento UN R155, que torna obrigatória a implementação de sistemas de gerenciamento de segurança cibernética (CSMS) em novos modelos de veículos vendidos na Europa e em outras regiões.

Exigências regulatórias e técnicas abrem um campo para especialização de profissionais de segurança da informação, arquitetura de sistemas e desenvolvimento seguro. O mercado demanda especialistas capazes de aplicar práticas como secure coding, testes de penetração (penetration testing), análise de vulnerabilidades em firmware e implementação de atualizações OTA seguras e verificáveis.

No segundo trimestre de 2024, montadoras com atuação no Brasil registraram, em média, 1.636 tentativas de ataque cibernético por dia. O dado, apresentado durante o evento Automotive Business Experience, revela que o tema da segurança digital já se manifesta de forma crítica mesmo nas fases iniciais do ciclo de vida do produto. Como resposta, fabricantes como Ford e Stellantis vêm integrando investimentos bilionários em cibersegurança já nos seus planejamentos estratégicos, incorporando proteção desde as fases de projeto e desenvolvimento (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2024). A adoção de inteligência artificial também se

intensifica, com técnicas como machine learning e deep learning utilizadas para identificar e conter ameaças em tempo real, substituindo abordagens reativas por estratégias proativas de defesa. Ainda assim, a escassez de profissionais especializados no Brasil representa um desafio urgente: estima-se que serão necessários milhares de novos especialistas em segurança automotiva nos próximos anos — uma demanda que ainda não é plenamente suprida pelo mercado nacional (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2024).

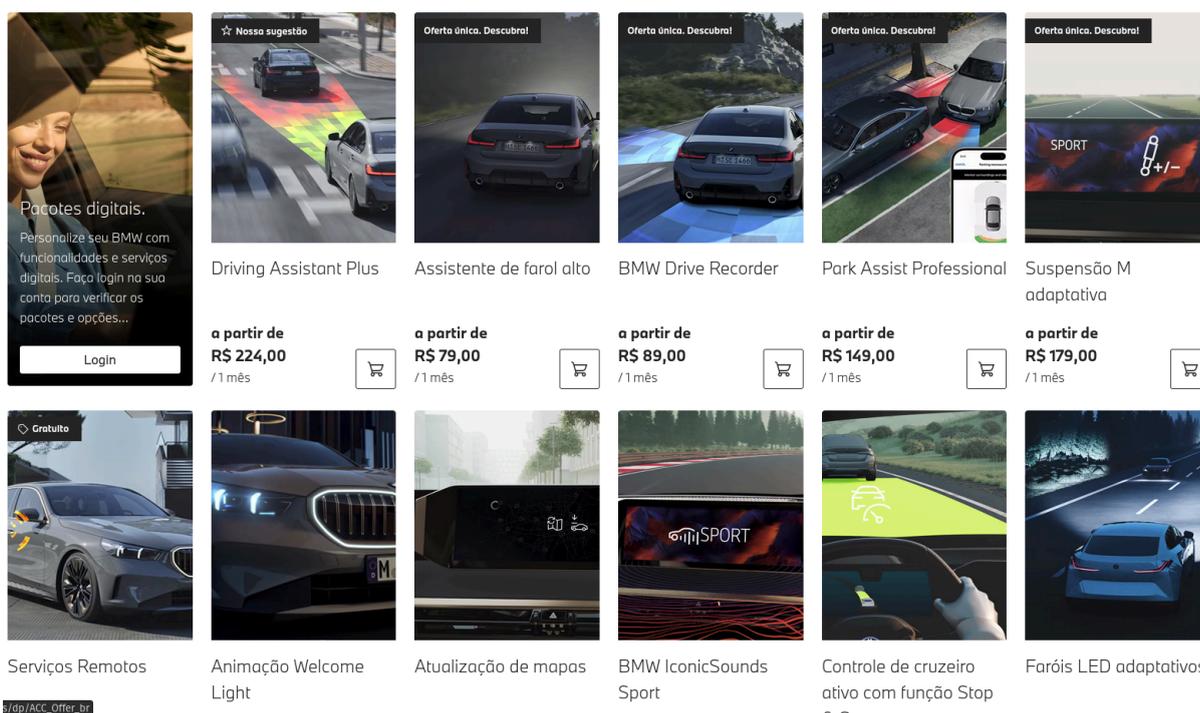
A proteção de dados também se torna central em um contexto em que o veículo coleta, processa e transmite grandes volumes de informações – desde localização, comportamento de condução, até preferências de usuários e interações com assistentes virtuais. Com isso, a conformidade com leis de proteção de dados como a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados) no Brasil e o GDPR na Europa se torna obrigatória.

7.4 Modelos de negócio baseados em software e

No contexto dos Veículos Definidos por Software (SDVs), o software não apenas adiciona funcionalidades, mas se torna o principal vetor de geração de valor ao longo de todo o ciclo de vida do automóvel.

As atualizações over-the-air (OTA) permitem que montadoras monetizem funcionalidades adicionais após a compra, criando ofertas como sistemas avançados de assistência à condução (ADAS), assinaturas de desempenho, personalização de interface e até recursos relacionados à autonomia. Em vez de depender exclusivamente da margem de lucro obtida na venda do veículo, empresas passam a explorar fluxos de receita recorrentes por meio de assinaturas, upgrades e pacotes sob demanda.

Ilustração 3 - Imagem da loja de atualizações da BMW



Fonte: BMW Connected Drive, 2025.

Essa transformação demanda profissionais de software altamente capacitados em engenharia de sistemas embarcados, UX automotiva, APIs, cibersegurança, conectividade em tempo real e integração com serviços em nuvem. A atuação do desenvolvedor deixa de ser pontual e passa a acompanhar todo o ciclo de vida do veículo, com entregas contínuas via DevOps, teste automatizado e monitoramento em campo.

7.5 Aplicações de terceiros

Os novos modelos de negócio que envolvem os SDVs criam oportunidades para provedores de software, startups, gigantes da tecnologia e desenvolvedores independentes para distribuição de serviços e geração de receita.

Em um cenário onde os veículos se tornam plataformas que permitem o desenvolvimento de aplicações, fornecedores de software ganham um protagonismo ao serem capazes de oferecer recursos embarcados diretamente integrados aos sistemas centrais dos veículos. Diferente de uma simples projeção via smartphone (como o espelhamento tradicional com Android Auto ou Apple CarPlay), as aplicações nativas passam a operar sob o sistema do veículo, usando APIs de

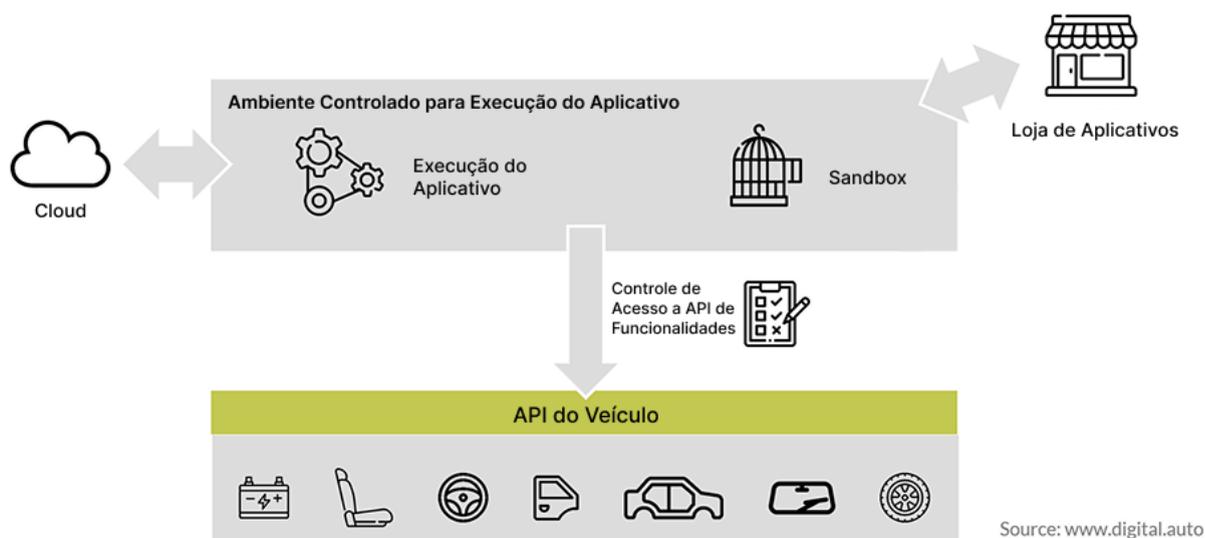
localização, status do veículo, comportamento de condução, preferências do usuário, entre outros dados. Isso permite a criação de experiências mais profundas e personalizadas, como navegadores que adaptam rotas ao estilo de direção, assistentes virtuais embarcados que interagem com múltiplos sistemas do carro, ou plataformas de streaming que ajustam recomendações com base em rotas frequentes e horários de uso.

Uma possível abertura para software de terceiros permite expandir o modelo de negócio paralelo ao pós-venda de um veículo SDV para as fabricantes, através de taxas fixas e cobranças sob o uso do sistema. Essa lógica de monetização pós-venda promovida pelos SDVs representaria uma mudança estrutural na cadeia de valor do setor automotivo. Se antes a maior parte da receita era obtida no momento da venda, uma nova fonte de renda entraria em cena. No entanto, os modelos de automóveis atuais, esboçam parte desse horizonte, estando limitado a serviços e upgrades de software internos das próprias fabricantes.

Atualmente, as principais montadoras vêm explorando modelos fechados de conectividade, com aplicações pré-integradas por meio de acordos comerciais. Serviços como Spotify, Google Assistant ou Apple Music estão disponíveis, mas geralmente de forma controlada e sob domínio direto da fabricante ou do sistema operacional embarcado. Essas integrações, embora úteis, não representam um ecossistema aberto — como ocorre nos smartphones —, mas sim uma curadoria restrita de aplicativos com funções específicas, como navegação, mídia ou mensagens. A Volvo Cars, por exemplo, anunciou a implementação do Google Gemini como assistente em seus novos modelos, no entanto, a mesma possui limitada atuação e desempenha funções relativamente simples (INSIDEEVS, 2024).

A implementação de aplicações de terceiros é um desafio a ser superado pelas fabricantes, dado os diversos cenários que poderiam resultar em falhas de segurança, daí a presença de sistemas exclusivamente homologados. Para que as aplicações embarcadas funcionem de forma segura e interoperável, são necessárias diretrizes técnicas rigorosas, modelos de certificação e arquiteturas de sandbox que isolem os aplicativos do funcionamento crítico do veículo. Uma camada sandbox (caixa de areia) permite que um sistema seja executado de forma isolada do sistema real, sendo disponibilizadas apenas funções essenciais e de baixo nível de permissão, tal como acontece nos sistemas operativos dos computadores.

Ilustração 4 - Ambiente Sandbox para execução de Apps de terceiros



Fonte: Adaptado de Digital Auto, 2025.

Assim, as aplicações de terceiros dentro do universo SDV não representam apenas um recurso adicional de conectividade: elas reconfiguram a natureza do produto automotivo e introduzem um modelo de negócio que oferece monetização, além de conferir diversas oportunidades de aplicações para o usuário, ressignificando o valor do de um automóvel. O veículo, antes um bem de consumo estático, passa a operar como um ambiente digital dinâmico.

8. DESAFIOS A SEREM SUPERADOS

A evolução rumo aos Veículos Definidos por Software (SDVs) fomenta uma mudança de paradigma com diversas oportunidades, mas essa transição não está isenta de obstáculos. À medida que o veículo se transforma em uma plataforma digital complexa e conectada, surgem desafios estruturais, técnicos e regulatórios que precisam ser enfrentados para viabilizar uma adoção em larga escala e sustentável.

Um dos primeiros desafios enfrentados pela indústria é a ausência de uma terminologia comum. A multiplicidade de definições, nomenclaturas e interpretações sobre o que realmente constitui um SDV dificulta a padronização, a comunicação entre fornecedores e a colaboração em nível global. Como aponta um artigo

publicado na Automotive World (2024), a falta de consenso entre montadoras, empresas de tecnologia e entidades reguladoras pode resultar em incompatibilidades técnicas, e a falta de um objetivo comum entre OEMs e suppliers, fazendo com que cada um indivíduo tenha suas próprias visões e perspectivas.

Essa dificuldade conceitual se soma ao aumento da complexidade das arquiteturas veiculares, tanto do ponto de vista do hardware quanto do software. A fragmentação causada pela coexistência de dezenas de ECUs com diferentes fornecedores, padrões e ciclos de vida cria um ambiente de difícil manutenção e evolução. A transição para arquiteturas centralizadas ou zonais exige o desenvolvimento de infraestruturas robustas, determinísticas e seguras, bem como um profundo redesenho dos sistemas embarcados para garantir escalabilidade, modularidade e atualizações em tempo real.

Além da complexidade técnica, a cibersegurança continua sendo um dos principais pontos de atenção. Em veículos que executam milhões de linhas de código e estão conectados à nuvem de forma contínua, qualquer brecha pode representar um risco à segurança do condutor e à integridade dos dados. Isso impõe a necessidade de infraestruturas de defesa multicamadas, monitoramento em tempo real e políticas rigorosas de atualização e validação de software.

Outro entrave importante está na formação e qualificação da mão de obra técnica. O SDV exige profissionais que combinem habilidades em engenharia automotiva, sistemas embarcados, desenvolvimento ágil, segurança cibernética e computação em nuvem — um perfil que ainda é escasso no mercado, sobretudo em economias emergentes como o Brasil. Para mitigar esse cenário, será necessário ampliar programas de capacitação específicos, fomentar parcerias entre universidades e empresas, e promover a requalificação de profissionais da indústria tradicional.

9. CONCLUSÃO

A consolidação dos Veículos Definidos por Software representa um processo progressivo e desafiador, que exige mais do que inovação tecnológica: exige mudança estrutural, visão estratégica e alinhamento entre diferentes áreas da indústria automotiva. Assim como outras transformações de grande escala, a incorporação efetiva do conceito de SDV não ocorre de maneira uniforme ou imediata. Ela depende de fatores como maturidade organizacional, infraestrutura digital, cultura técnica e capacidade de adaptação.

Antes de avançar em direção à arquitetura SDV, é fundamental que fabricantes, fornecedores e parceiros tecnológicos estabeleçam uma compreensão clara e compartilhada do que essa abordagem representa. Essa clareza conceitual é necessária para alinhar expectativas, orientar decisões e evitar fragmentações técnicas, sobretudo em um ambiente em que termos como “SDV”, “OTA” ou “computação centralizada” ainda são interpretados de maneiras distintas entre os atores do ecossistema. Nesse contexto, a definição de uma terminologia comum, não é um detalhe técnico, mas um elemento essencial para a interoperabilidade e o progresso conjunto.

Da mesma forma, a complexidade crescente das arquiteturas embarcadas e dos sistemas de software exige uma revisão profunda nas práticas de engenharia veicular. O desenvolvimento passa a envolver não apenas hardware, mas também aplicações, integrações, segurança, conectividade e atualizações contínuas. Isso impõe desafios técnicos relevantes — como a gestão de dados, o isolamento de falhas e a manutenção da performance em tempo real — que não podem ser resolvidos de forma isolada. Exige-se uma abordagem integrada, baseada em plataformas abertas, ciclos ágeis e cooperação multidisciplinar.

Além dos desafios técnicos, a adoção do SDV envolve aspectos organizacionais e humanos. Montadoras e fornecedores precisam rever suas estruturas e investir em capacitação especializada, promovendo um ambiente em que desenvolvedores, engenheiros de sistemas, especialistas em cibersegurança e cientistas de dados atuem de forma coordenada. Isso também inclui repensar os modelos de negócio, à medida que o veículo passa a gerar valor não apenas no momento da venda, mas ao longo de todo seu ciclo de vida digital.

Nesse contexto, destaca-se o potencial dos SDVs para viabilizar a integração de aplicações de terceiros, o que transforma o automóvel em uma plataforma aberta à inovação contínua. Ainda que essa integração esteja em estágio inicial, ela representa uma mudança estrutural na maneira como as funcionalidades são entregues, personalizadas e monetizadas. A criação de marketplaces automotivos, o fornecimento de APIs padronizadas e a possibilidade de atualizações sob demanda apontam para um futuro em que desenvolvedores externos poderão participar ativamente da experiência do usuário no veículo. Esse novo modelo amplia a oferta de serviços, reforçando a lógica de que o automóvel, mais do que um produto, será uma plataforma digital em constante evolução.

Portanto, o SDV não deve ser encarado apenas como uma tendência tecnológica, mas como uma jornada contínua de evolução. Uma jornada que exige visão de longo prazo, disposição para adaptação e colaboração entre setores historicamente separados. O sucesso desta transição dependerá da capacidade da indústria de aprender com seus próprios ciclos, ajustar rotas e construir, com base sólida, o futuro da mobilidade conectada.

REFERÊNCIAS

AUTOMOTIVE BUSINESS. **Indústria automotiva investe bilhões em cibersegurança.** 2024. Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/industria-automotiva-investe-bilhoes-em-ciberseguranca-2>. Acesso em: 8 jun. 2025.

AUTOMOTIVE TECHNOLOGY. **Vehicle-to-everything (V2X) communication: enhancing road safety and traffic management.** 2023. Disponível em: <https://www.automotive-technology.com/articles/vehicle-to-everything-v2x-communication-enhancing-road-safety-and-traffic-management>. Acesso em: 6 jun. 2025.

AUTOMOTIVE WORLD. **Software-defined vehicles need a common terminology.** 2024. Disponível em: <https://www.automotiveworld.com/articles/software-defined-vehicles-need-a-common-terminology/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

BLACKBERRY QNX. **Software-defined vehicle: The ultimate guide.** 2024. Disponível em: <https://blackberry.qnx.com/en/ultimate-guides/software-defined-vehicle>. Acesso em: 15 abr. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 jan. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 26 jun. 2025.

BOSCH MOBILITY. **Connected Map Services.** 2025. Disponível em: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/software-and-services/connected-map-services/>. Acesso em: 26 jun. 2025.

BOSCH MOBILITY. **Software-defined vehicle.** 2023. Disponível em: <https://www.bosch-mobility.com/en/mobility-topics/software-defined-vehicle/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A EUROPA (UNECE); UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ITU). **Definition of smart sustainable cities**. 2016. Disponível em: <https://unece.org/media/press/973>. Acesso em: 27 jun. 2025.

IEEE SPECTRUM. **Software is eating your car**. 2022. Disponível em: <https://spectrum.ieee.org/software-eating-car>. Acesso em: 10 abr. 2025.

INSIDEEVS. *Volvo anuncia uso de IA do Google Gemini em sistema de carros elétricos*. InsideEVs Brasil, 27 jun. 2024. Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/760445/volvo-ia-google-gemini-sistema/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Global EV Outlook 2024: Outlook for emissions reductions*. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/outlook-for-emissions-reductions>. Acesso em: 27 jun. 2025.

McKINSEY & COMPANY. **Getting ready for next-generation EE architecture with zonal compute**. 2024. Disponível em: <https://www.mckinsey.com.br/industries/semiconductors/our-insights/getting-ready-for-next-generation-ee-architecture-with-zonal-compute>. Acesso em: 27 abr. 2025.

McKINSEY & COMPANY. **Mapping the automotive software and electronics landscape through 2030**. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/mapping-the-automotive-software-and-electronics-landscape-through-2030>. Acesso em: 27 abr. 2025.

MCKINSEY & COMPANY. **New twists in the electric-vehicle transition: A consumer perspective**. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/new-twists-in-the-electric-vehicle-transition-a-consumer-perspective>. Acesso em: 27 jun. 2025.

McKINSEY & COMPANY. **Outlook on the automotive software and electronics market through 2030**. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/automotive%20and%20asse>

mbly/our%20insights/mapping%20the%20automotive%20software%20and%20electr
onics%20landscape%20through%202030/outlook%20on%20the%20automotive%20
software%20and%20electronics%20market%20through%202030/automotive-softwar
e-and-electronics-2030-full-report.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

McKINSEY & COMPANY. **Unlocking the full life cycle value from connected car data.** 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com.br/industries/automotive-and-assembly/our-insights/unlocking-the-full-life-cycle-value-from-connected-car-data>. Acesso em: 27 abr. 2025.

MERCEDES-BENZ GROUP. **Electric Software Hub in Sindelfingen.** 2022. Disponível em: <https://group.mercedes-benz.com/company/locations/sindelfingen/electric-software-hub-sindelfingen.html>. Acesso em: 7 jun. 2025.

NEXT.GR. **Over-the-Air (OTA) Firmware Updates: A Complete Tutorial.** Next.gr, 2024. Disponível em: <https://www.next.gr/over-the-air-ota-firmware-updates-tutorial>. Acesso em: 27 jun. 2025.

PORSCHE NEWSROOM. **To the point: Big data.** 2023. Disponível em: <https://newsroom.porsche.com/en/2023/innovation/porsche-engineering-to-the-point-big-data-33187.html>. Acesso em: 6 jun. 2025.

PWC JAPAN. **Definition of SDV.** 2024. Disponível em: <https://www.pwc.com/jp/en/knowledge/column/definition-of-sdv.html>. Acesso em: 12 abr. 2025.

RENAULT GROUP. **All about Software Defined Vehicle.** 2023. Disponível em: <https://www.renaultgroup.com/en/magazine/our-group-news/all-about-software-defined-vehicle/>. Acesso em: 4 maio. 2025.

RIVIAN. 2024 Investor Day. 2024. Disponível em: <https://stories.rivian.com/2024-investor-day>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SDV GUIDE. **MHP expert opinion.** 2025. Disponível em: <https://www.sdv.guide/sdv101/part-a-essentials/mhp-expert-opinion>. Acesso em: 30 abr. 2025.

TI – TEXAS INSTRUMENTS. **A primer on automotive communication systems.** 2023. Disponível em: <https://www.ti.com/document-viewer/lit/html/SSZT211>. Acesso em: 10 maio. 2025.

TI – TEXAS INSTRUMENTS. **Software-defined vehicles: shifting gears to a new architecture.** 2023. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/wp/spry345c/spry345c.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TWEEDÉ GOLF. **Rust is rolling off the Volvo assembly line.** 2024. Disponível em: <https://tweedegolf.nl/en/blog/137/rust-is-rolling-off-the-volvo-assembly-line>. Acesso em: 10 jun. 2025.

T-SYSTEMS. **Over-the-air: segurança automotiva.** 2023. Disponível em: <https://www.t-systems.com/br/pt/insights/newsroom/news/over-the-air-automotive-security-1045760>. Acesso em: 11 jun. 2025.