

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BETIM
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Júlia Cristina de Paula Diniz

**GESTÃO DE PROJETOS: aplicação da metodologia ágil *Scrum* na indústria
automotiva**

Betim
2025

Júlia Cristina de Paula Diniz

**GESTÃO DE PROJETOS: aplicação da metodologia ágil *Scrum* na indústria
automotiva**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Gustavo Lobato Campos
Coorientadora: Âmara Fuccio de Fraga e Silva

Betim

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

D585g Diniz, Júlia Cristina de Paula

Gestão de projetos: aplicação da metodologia ágil Scrum na indústria automotiva / Júlia Cristina de Paula Diniz. – 2025.

58 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Gustavo Lobato Campos

Coorientação: Profa. Ma. Âmara Fuccio de Fraga e Silva

1. Gestão de Projetos. 2. Indústria automotiva. 3. Veículos híbridos. 4. Scrum. 5. Engenharia de Controle e Automação. I. Diniz, Júlia Cristina de Paula. II. Título.

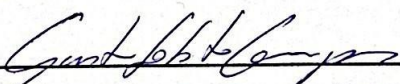
CDU: 005.8:681.5

Júlia Cristina de Paula Diniz


**GESTÃO DE PROJETOS: aplicação da metodologia ágil Scrum na indústria
automotiva**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à banca examinadora do curso
de Engenharia de Controle e Automação do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Controle
e Automação.

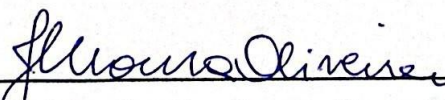
Aprovado em: 29/07/2025 pela banca examinadora:



Prof. Dr. Gustavo Lobato Campos (Orientador) – IFMG Campus Betim



Prof. Dr. Arthur Hermano Rezende Rosa – IFMG Campus Betim



Prof. (a) Ma. Jaqueline das Graças Moura Oliveira – IFMG Campus Betim

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso representa a concretização de uma importante etapa em minha jornada acadêmica e pessoal, e seria impossível sem o apoio e a contribuição de pessoas e instituições fundamentais.

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão à minha família. Aos meus amados pais, Cristiano e Rutineia, por serem os pilares da minha vida, por todo o amor incondicional, incentivo constante e por acreditarem em meu potencial, mesmo nos momentos mais desafiadores. Cada conquista é, em grande parte, reflexo do apoio e dos valores que me transmitiram. Ao meu namorado, Juan, pelo carinho, paciência, compreensão e incentivo diário, que foram essenciais para manter o equilíbrio e a motivação ao longo de todo o processo.

Aos meus dedicados professores orientadores, Âmara e Gustavo, minha sincera gratidão pela valiosa orientação, paciência, disponibilidade e por compartilharem seu vasto conhecimento. Suas contribuições foram cruciais para a construção e aprimoramento deste trabalho.

Aos meus amigos, agradeço pela parceria, pelas conversas que aliviaram os momentos de tensão e pelo apoio contínuo ao longo dessa caminhada. A presença e o companheirismo de vocês tornaram a jornada mais leve, alegre e significativa.

Agradeço também a todo o corpo docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Betim. A excelência e a dedicação dos professores foram fundamentais para minha formação em Engenharia de Controle e Automação, proporcionando uma base sólida de conhecimento e desenvolvimento crítico.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação e para a conclusão deste projeto.

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação da metodologia ágil Scrum na gestão de um projeto de desenvolvimento de módulo eletrônico para veículos híbridos em uma empresa da indústria automotiva. O estudo compara a metodologia ágil com abordagens tradicionais, destacando os ganhos obtidos em termos de flexibilidade, engajamento da equipe e qualidade das entregas. A pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso com abordagem qualitativa, analisando a execução real do projeto dividido em sprints, com foco em entregas incrementais e validações contínuas. A adoção do Scrum demonstrou-se eficaz na gestão de riscos, na adaptação a mudanças de escopo e na melhoria da comunicação entre áreas multidisciplinares. Os resultados revelam que a abordagem ágil promove maior previsibilidade, redução de retrabalho e entregas com valor agregado em contextos de alta complexidade técnica, como o da engenharia automotiva.

Palavras-chave: Gestão de Projetos; Metodologia Ágil; Scrum; Indústria Automotiva; Veículos Híbridos.

ABSTRACT

This study presents the application of the Scrum agile methodology in managing a project for the development of an electronic control module for hybrid vehicles in the automotive industry. The research compares the agile approach with traditional project management methodologies, highlighting improvements in flexibility, team engagement, and delivery quality. Conducted as a qualitative case study, the project was structured in iterative sprints focused on incremental deliveries and continuous validation. The adoption of Scrum proved to be effective in risk management, adapting to changing requirements, and enhancing communication among multidisciplinary teams. The findings indicate that the agile approach promotes greater predictability, reduced rework, and higher value delivery in technically complex environments such as automotive engineering.

Keywords: Project Management; Agile Methodology; Scrum; Automotive Industry; Hybrid Vehicles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida do Projeto.	14
Figura 2 – Modelo de desenvolvimento tradicional em cascata	17
Figura 3 – Estrutura conceitual da metodologia PRINCE2.....	18
Figura 4 – Elementos principais da metodologia CCPM	19
Figura 5 – Grupos de Processos e Áreas de Conhecimento do PMBOK.....	20
Figura 6 - Exemplo de quadro <i>Kanban</i>	23
Figura 7 – Pilares e Valores Fundamentais do <i>Scrum</i>	26
Figura 8 – Papéis principais do <i>Scrum</i>	27
Figura 9 – Processo do <i>Scrum</i>	29
Figura 10 – Diferentes tipos de veículos eletrificados	31
Figura 11 – Etapas metodológicas da pesquisa.....	36
Figura 12 – Módulo de controle eletrônico	37
Figura 13 – Criação do módulo novo	38
Figura 14 – Gráfico de <i>Burndown</i> e Gráfico de <i>Burnup</i>	40
Figura 15 – <i>Plannig Poker</i>	41
Figura 16 – Mapa mental do <i>Scrum</i>	43
Figura 17 – Divisão de complexidade das atividades.....	46
Figura 18 – Gráfico de <i>Gantt</i> para atividades listadas na Tabela 2.....	47
Figura 19 – Tabela de acompanhamento do progresso do projeto	48
Figura 20 – Gráfico <i>Burndown</i> aplicado ao projeto	49
Figura 21 – Progresso acumulado ao longo do projeto.....	50
Figura 22 – Entregas planejadas x entregas realizadas.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise entre a metodologia tradicional e a metodologia ágil em projetos	32
Tabela 2 – Plano integrado de atividades planejadas	47
Tabela 3 – Percepções observadas dos projetos analisados.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa.....	11
1.2 Objetivos	12
1.3 Organização do Trabalho	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Gestão de Projetos.....	14
2.2 Contexto Histórico	15
2.3 Metodologias tradicionais de gerenciamento.....	16
2.4 Gerenciamento Ágil	21
2.5 Metodologias de gerenciamento ágeis.....	22
2.6 Método Scrum: Uma Abordagem Ágil para a Gestão de Projetos	24
2.6.1 <i>Papéis no Scrum</i>	26
2.6.2 <i>Eventos do Scrum</i>	28
2.7 Contexto dos veículos híbridos e suas classificações.....	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 Análise entre metodologias tradicionais x metodologias ágeis	32
3.2 Estratégia de pesquisa e descrição do caso	34
3.3 Concepção do projeto automotivo	307
3.4 Estruturação do projeto e escolha metodológica	308
3.4 Artefatos do <i>Scrum</i> e estratégias de execução.....	309
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Aplicação da metodologia ágil.....	44
4.2 Definição da equipe do projeto	44
4.3 <i>Sprints</i> do projeto	45
4.4 Evolução do projeto	48
4.5 Desafios enfrentados	51
4.6 Histórico de projetos anteriores	52
4.7 Percepções da aplicação da metodologia	53
5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento de projetos tem se tornado uma prática estratégica essencial nos mais diversos setores industriais, pois garante o alinhamento entre planejamento, execução e entrega de produtos ou serviços dentro de critérios estabelecidos de prazo, custo e qualidade (PMI, 2017). Essa disciplina permite às organizações coordenar recursos de forma eficaz e lidar com as constantes mudanças e desafios do mercado contemporâneo.

A escolha da metodologia de gestão mais adequada depende do tipo e da complexidade do projeto, bem como das especificidades do setor. Entre as abordagens mais utilizadas, destacam-se o *PMBOK (Project Management Body of Knowledge)*, *PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments)*, a *CCPM (cadeia crítica)* e as metodologias ágeis, como *Scrum*, *Kanban* e *XP (Extreme Programming)*. Cada uma oferece estratégias distintas para alcançar os objetivos do projeto com eficiência.

Nos últimos anos, as metodologias ágeis têm se destacado por sua capacidade de adaptação e resposta rápida a mudanças, sendo cada vez mais adotadas fora do setor de software, incluindo áreas industriais e de engenharia (KETTUNEN, 2009; SILVA *et al.*, 2013). Por meio de ciclos curtos e iterativos de entrega (*Sprints*), elas favorecem o acompanhamento contínuo do progresso, incentivam a comunicação entre os membros da equipe e mantêm o foco na geração de valor para o cliente. Essa abordagem também contribui para a redução de riscos, a detecção precoce de falhas e a melhoria contínua do processo (HIGHSMITH, 2002).

Na indústria automobilística, em especial, as metodologias ágeis vêm sendo exploradas como alternativa para enfrentar os desafios impostos pela rápida evolução tecnológica, pela crescente complexidade dos produtos e pela pressão por lançamentos mais frequentes e inovadores (LARMAN, 2004). Projetos que envolvem o desenvolvimento de sistemas embarcados, integração eletrônica e soluções de mobilidade conectadas exigem uma gestão flexível, capaz de responder com agilidade às mudanças de requisitos e ao dinamismo do mercado global.

Neste cenário, a aplicação de métodos ágeis, como o *Scrum*, surge como uma estratégia promissora para os times de engenharia, permitindo entregas incrementais, validações contínuas e maior colaboração entre áreas multidisciplinares. Essa abordagem pode contribuir significativamente para a eficiência e a qualidade dos projetos na indústria automotiva, justificando o aprofundamento do presente estudo.

1.1 Justificativa

A adoção de metodologias ágeis no gerenciamento de projetos tem ganhado destaque nos últimos anos devido à necessidade crescente das empresas em lidar com ambientes de alta complexidade, mudanças frequentes de requisitos e prazos reduzidos para entrega de produtos e serviços. Essas características são especialmente evidentes no setor automotivo, em que o avanço tecnológico, as exigências regulatórias e as demandas de mercado têm acelerado o ciclo de desenvolvimento de novos produtos. Segundo Fernandes *et al.* (2020), a aplicação de práticas ágeis tem sido vista como uma resposta eficaz para esse cenário de constantes transformações e pressões por resultados mais rápidos. Leite, Nascimento e Costa (2021) reforçam que, no contexto automobilístico, o uso da metodologia Scrum tem proporcionado maior agilidade no processo decisório, melhor integração entre as áreas e aumento na confiabilidade das entregas

Estudos recentes demonstram que a aplicação de frameworks ágeis como o *Scrum* em projetos industriais não apenas é viável, mas pode gerar significativos ganhos em produtividade, colaboração e qualidade das entregas. De acordo com Cordeiro *et al.* (2019), a utilização do *Scrum* em ambientes industriais permitiu uma melhoria no alinhamento entre equipes multidisciplinares, favorecendo a comunicação e a adaptação às mudanças de escopo ao longo do ciclo de vida do projeto. Já Fernandes *et al.* (2020) observaram que a abordagem ágil contribuiu para a redução de retrabalho e atrasos em projetos de inovação tecnológica no setor de manufatura avançada.

No caso da indústria automobilística, a aplicação do *Scrum* tem se mostrado uma resposta eficiente às exigências de integração entre áreas como software embarcado, eletrônica de potência e testes automatizados, além de atender às exigências de validações contínuas e entregas parciais. De acordo com estudo conduzido por Leite *et al.* (2021), a aplicação da metodologia ágil *Scrum* em uma montadora nacional resultou em melhor controle de riscos, aumento na motivação das equipes técnicas e maior previsibilidade no cumprimento de prazos.

A presente pesquisa é justificada pela crescente tendência de adoção de metodologias ágeis fora do setor de *software*, notadamente em áreas de engenharia complexa. Além disso, existe uma lacuna acadêmica na documentação de casos aplicados no setor automotivo brasileiro, o que reforça a relevância do estudo de caso

proposto neste trabalho. O objetivo é demonstrar, por meio da análise prática, como a aplicação da metodologia *Scrum* pode contribuir para superar desafios típicos de projetos de desenvolvimento automotivo, promovendo entregas com maior qualidade e menor impacto de riscos.

Portanto, esta pesquisa se torna pertinente tanto pela sua atualidade quanto pela aplicabilidade prática dos resultados. Ela pretende contribuir com profissionais, engenheiros e gestores de projeto que enfrentam contextos semelhantes, oferecendo subsídios teóricos e empíricos para a adoção de métodos ágeis como estratégia de gestão eficiente em projetos complexos de engenharia.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar a aplicação da metodologia ágil *Scrum* no desenvolvimento de um projeto em uma empresa do setor automobilístico, com foco na engenharia de sistemas eletrônicos embarcados.

Os objetivos específicos são:

- Apresentar uma análise entre a metodologia tradicional e a metodologia ágil;
- Descrever os fundamentos e princípios da metodologia ágil *Scrum*, com ênfase em sua aplicação em projetos da indústria automobilística;
- Analisar os impactos da aplicação do *Scrum* em um projeto real de desenvolvimento de um módulo eletrônico automotivo;
- Avaliar os benefícios e limitações observados na adoção da abordagem ágil a partir dos resultados do estudo de caso.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos:

- Capítulo 1 – Apresenta a introdução ao tema, destacando a relevância do gerenciamento de projetos e o contexto da adoção de metodologias ágeis no setor automobilístico.
- Capítulo 2 – Fundamenta teoricamente os principais conceitos de gerenciamento de projetos, comparando abordagens tradicionais e ágeis, com foco no framework *Scrum* e sua aplicação na engenharia automotiva.

- Capítulo 3 – Descreve o percurso metodológico adotado, com base em um estudo de caso qualitativo. São abordados a análise entre abordagens tradicionais e ágeis, a caracterização do projeto analisado, os critérios que fundamentaram a escolha da abordagem *Scrum*, bem como a forma de aplicação dos artefatos do *framework* no ambiente real de engenharia. A estruturação do projeto foi baseada na vivência profissional da autora, com a concepção técnica do módulo híbrido, estratégia de execução e técnicas de estimativa de esforço utilizadas.
- Capítulo 4 – Apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia ágil no estudo de caso objeto do trabalho, analisando suas etapas, desafios enfrentados e os benefícios percebidos.
- Capítulo 5 – Reúne as considerações finais, destacando as conclusões alcançadas e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gestão de Projetos

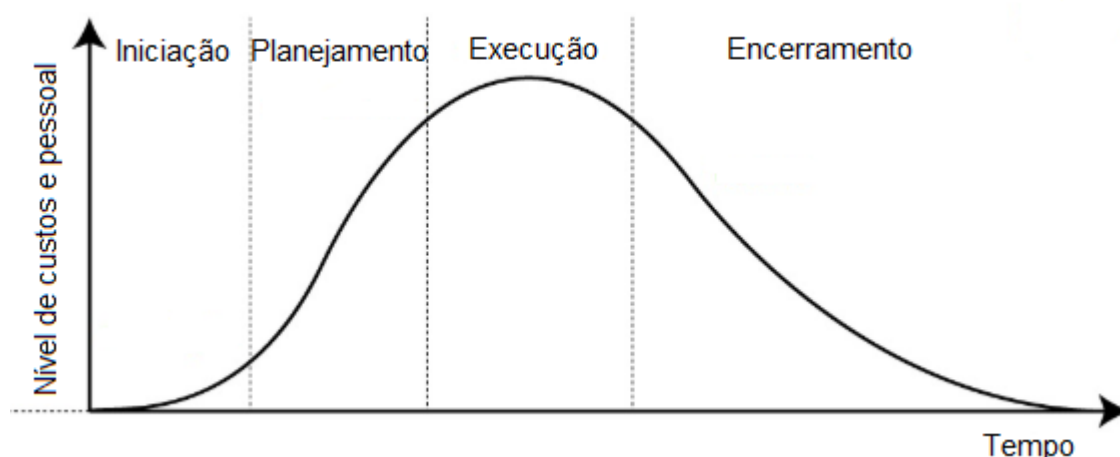
Para compreender o contexto deste trabalho, é fundamental definir o conceito de projeto e os fundamentos do gerenciamento de projetos.

De acordo com o *Project Management Institute* (PMI, 2017), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único. Envolve objetivos claros, restrições de tempo e recursos, e uma abordagem estruturada para sua execução.

Segundo Gray e Larson (2010), projetos possuem características distintas como: objetivos bem definidos, prazos delimitados, envolvimento de múltiplas áreas, alocação específica de recursos e um ciclo de vida composto por fases sequenciais.

O ciclo de vida tradicional de um projeto é composto por quatro fases: iniciação, planejamento, execução e encerramento. A fase de iniciação envolve a definição do escopo e a avaliação da viabilidade. No planejamento, são definidos cronogramas, recursos e estratégias de execução. A execução é focada na entrega das atividades previstas, com constante monitoramento. Por fim, na fase de encerramento, o resultado é entregue, as lições aprendidas são registradas e os recursos são realocados (PMI, 2017). Observa-se na Figura 1 a ilustração de um ciclo de vida de um projeto, conforme destacado pelo *PMBOK*, destacando as fases de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e encerramento.

Figura 1 – Ciclo de vida do Projeto.



Fonte: Adaptado pelo autor de PMBOK 6, 2017.

Depois de definido o que é um projeto, o gerenciamento dele diz respeito à aplicação de competências, instrumentos e métodos para elaborar, implementar e supervisionar tarefas visando alcançar metas estipuladas dentro de limitações específicas, como tempo, orçamento, excelência e recursos.

2.2 Contexto Histórico

O cenário atual da engenharia, especialmente no setor automobilístico, exige uma capacidade constante de adaptação, inovação e resposta rápida às demandas do mercado. Projetos que antes seguiam um ciclo de desenvolvimento longo e rigidamente estruturado, agora enfrentam desafios como prazos reduzidos, tecnologias em rápida evolução e a necessidade de entregas contínuas de valor. Nesse contexto, métodos tradicionais de gerenciamento de projetos, como o modelo em cascata, passaram a apresentar limitações significativas.

Historicamente, os projetos industriais eram conduzidos por modelos rígidos e sequenciais, como o modelo em cascata, nos quais a incorporação de mudanças era limitada. No setor automobilístico, por exemplo, o desenvolvimento de novos veículos seguia um cronograma linear com pouco espaço para ajustes ao longo do processo (PRESSMAN, 2011).

Entretanto, com a aceleração tecnológica, prazos de mercado mais curtos e exigência por inovação constante, esse modelo passou a enfrentar limitações. As dificuldades em lidar com alterações de escopo, a baixa flexibilidade e o envolvimento tardio do cliente evidenciaram a necessidade de abordagens mais dinâmicas (HIGHSMITH, 2002).

Nesse contexto, surgiram as metodologias ágeis. Inicialmente aplicadas no desenvolvimento de *software*, essas abordagens foram formalizadas com o Manifesto Ágil, em 2001, e posteriormente expandidas para outros setores industriais, como engenharia, marketing e automotivo (BECK *et al.*, 2001; KETTUNEN, 2009).

Na engenharia automotiva, a adoção de abordagens ágeis permitiu avanços significativos na colaboração entre áreas interdisciplinares, na promoção de ciclos curtos de feedback e na resposta rápida às mudanças de escopo. Estudos recentes demonstram que a aplicação de práticas ágeis além das equipes de *software*, envolvendo *hardware* e mecânica, tem contribuído para a redução do *lead-time* de

desenvolvimento, aumento da transparência e melhor adaptação às demandas dinâmicas do mercado (ÅGREN *et al.*, 2022).

2.3 Metodologias tradicionais de gerenciamento

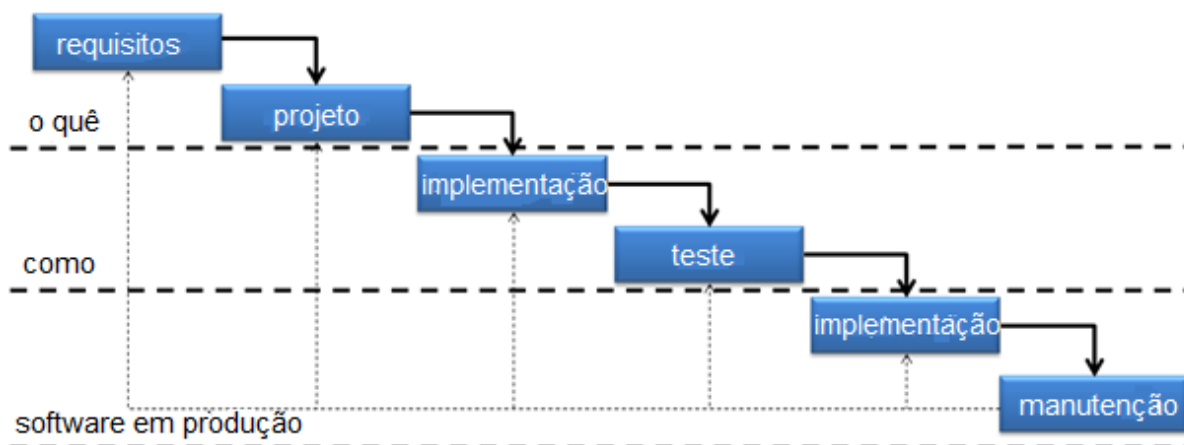
As metodologias tradicionais de gerenciamento de projetos têm sido amplamente utilizadas em diversos setores industriais ao longo das últimas décadas, especialmente em ambientes onde os projetos apresentam requisitos estáveis e claramente definidos (PMI, 2017; PRESSMAN, 2011). Entre os modelos mais conhecidos dessa abordagem estão o modelo cascata, o guia *PMBOK*, o *PRINCE2* e a *CCPM (Critical Chain Project Management)*.

O modelo cascata é considerado uma das primeiras abordagens estruturadas para a gestão de projetos e baseia-se em uma sequência linear de fases. De acordo com Pressman (2011), o projeto é dividido em etapas sucessivas – como levantamento de requisitos, análise, design, implementação, testes e manutenção – que devem ser concluídas integralmente antes que a fase seguinte seja iniciada.

Essa lógica pressupõe que os requisitos do projeto sejam bem compreendidos desde o início e que poucas alterações ocorram ao longo do desenvolvimento, tornando-o altamente estruturado e previsível. Para apoiar a aplicação dessa metodologia, são utilizadas ferramentas como o diagrama de *Gantt* para visualização do cronograma, o caminho crítico (CPM – *Critical Path Method*) para identificar as tarefas determinantes do prazo total do projeto e os marcos de controle (*milestones*), que indicam pontos-chave de verificação do progresso.

Embora eficaz em projetos previsíveis e com requisitos estáticos, o modelo cascata apresenta fragilidades em ambientes que demandam adaptação contínua e respostas rápidas às mudanças. A Figura 2 ilustra de forma clara a estrutura típica do modelo cascata, evidenciando a progressão das etapas desde o levantamento de requisitos até a fase de manutenção.

Figura 2 – Modelo de desenvolvimento tradicional em cascata.



Fonte: Adaptado pelo Autor de ENGENHARIA DE SOFTWARE. A aplicabilidade do modelo cascata na engenharia de software. 2013. Disponível em: <https://engenhariasoftware.wordpress.com/2013/01/24/a-aplicabilidade-do-modelo-cascata-na-engenharia-de-software/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

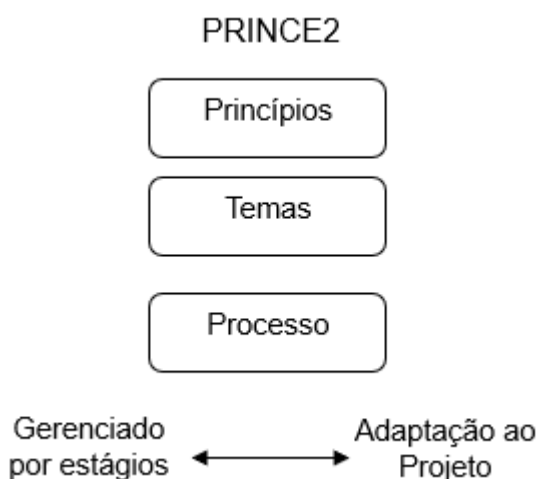
Além disso, a metodologia em cascata costuma empregar especificações técnicas detalhadas e documentação formal em cada etapa, o que permite rastrear decisões e garantir conformidade com normas e padrões estabelecidos. A gestão de escopo e riscos é conduzida majoritariamente de forma preditiva, com pouca margem para adaptação ao longo da execução.

Esse modelo foi primeiramente formalizado por Winston W. Royce, em 1970, por meio do artigo "*Managing the Development of Large Software Systems*", e teve grande aceitação principalmente em projetos de engenharia e desenvolvimento de software na década de 1980 (ROYCE, 1970).

Outra metodologia tradicional de gerenciamento de projetos amplamente reconhecida é a *PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments)*, criada originalmente pelo governo do Reino Unido e hoje mantida pela organização AXELOS. Trata-se de uma metodologia altamente estruturada, baseada em sete princípios, sete temas e sete processos, que define de forma clara e padronizada os papéis e responsabilidades dos envolvidos no projeto. Entre suas características centrais, destaca-se o foco na justificativa contínua do negócio, ou seja, o projeto só deve continuar se demonstrar valor estratégico ao longo de sua execução. Além disso, o *PRINCE2* enfatiza o gerenciamento por estágios, em que cada etapa do projeto possui seus próprios planos, metas e revisões de desempenho.

Segundo AXELOS (2020), essa abordagem promove um rigoroso controle do escopo, tempo, custo e qualidade por meio de processos documentados, relatórios estruturados e tomada de decisão baseada em evidências. Um diferencial importante da metodologia *PRINCE2* é a separação entre quem gerencia o projeto no dia a dia (gerente de projeto) e quem detém a autoridade maior (comitê de direção), o que garante governança e alinhamento com os objetivos organizacionais. Essa abordagem é amplamente utilizada em projetos públicos e privados de grande porte, especialmente em ambientes que exigem alta previsibilidade e padronização formal. A Figura 3 ilustra a estrutura da metodologia *PRINCE2*.

Figura 3 – Estrutura conceitual da metodologia *PRINCE2*.

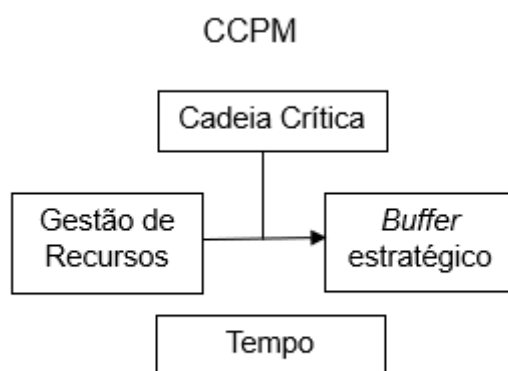


Fonte: Autor (2025), com base em AXELOS (2020).

Outra metodologia tradicional relevante é a *CCPM* (*Critical Chain Project Management*), desenvolvida por Eliyahu Goldratt com base na Teoria das Restrições. Ao contrário de abordagens que priorizam o sequenciamento de tarefas puramente técnicas, a *CCPM* foca na gestão de recursos críticos e no tempo realista de execução, buscando eliminar desperdícios associados à multitarefa, excesso de margem de segurança e atrasos em cascata. Essa metodologia propõe a identificação da cadeia crítica – o caminho mais longo que considera tanto a sequência de tarefas quanto a disponibilidade de recursos – e a aplicação de buffers estratégicos (reservas de tempo) para proteger o prazo final do projeto contra variações inesperadas.

A *CCPM* também se destaca por adotar o conceito de "*buffer fever chart*", que monitora o consumo do buffer ao longo do tempo, permitindo ajustes gerenciais proativos. Essa abordagem é particularmente eficaz em projetos de engenharia, construção e produção, nos quais os recursos humanos e materiais são escassos e o cumprimento de prazos é fundamental para a viabilidade do negócio (GOLDRATT, 1997). Esses elementos que fazem parte da metodologia podem ser observados na Figura 4.

Figura 4 – Elementos principais da metodologia *CCPM*.



Fonte: Autor (2025), adaptado de Goldratt (1977).

Além dessas metodologias, destaca-se o *PMBOK*, desenvolvido pelo *Project Management Institute* (PMI), embora não seja uma metodologia específica, mas sim um guia que reúne boas práticas e conhecimentos sistematizados sobre gerenciamento de projetos. Ele estrutura a gestão em cinco grupos de processos – iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento – e dez áreas de conhecimento, como escopo, tempo, custos, qualidade, riscos e aquisições (PMI, 2017). Essa abordagem é amplamente adotada por sua robustez, padronização e aplicabilidade em diferentes tipos de projetos, sobretudo em ambientes corporativos tradicionais. A Figura 5 ilustra a integração entre os grupos de processos e as áreas de conhecimento conforme estabelecido pelo guia *PMBOK*.

Figura 5 – Grupos de Processos e Áreas de Conhecimento do *PMBOK*.



Fonte: Autor (2025), adaptado de PMI (2017).

O *PMBOK* fornece uma base conceitual sólida para a estruturação de projetos complexos, com destaque para a ênfase no planejamento detalhado e no uso de ferramentas como cronogramas, matrizes de responsabilidades (*RACI*), planos de gerenciamento de riscos e indicadores de desempenho. Sua aplicação é comum em setores como engenharia civil, TI corporativa e indústrias reguladas, em que há necessidade de conformidade, controle e documentação rigorosa.

Apesar de sua relevância, as metodologias tradicionais possuem limitações quando aplicadas a contextos mais dinâmicos, como o desenvolvimento de novos produtos, sistemas eletrônicos e tecnologias emergentes. A rigidez na sequência de fases, a dificuldade em lidar com mudanças frequentes nos requisitos e o tempo prolongado até a entrega de resultados tangíveis tornam essas abordagens menos eficazes em cenários de alta volatilidade e inovação acelerada (HIGHSMITH, 2002).

Assim, à medida que as organizações enfrentam desafios cada vez mais complexos e voláteis, surgem alternativas mais adaptáveis – como as metodologias ágeis – que buscam superar essas limitações e promover maior flexibilidade, colaboração e foco no cliente ou até mesmo a combinação de metodologias tradicionais aliadas a metodologias ágeis

2.4 Gerenciamento Ágil

O gerenciamento ágil de projetos surgiu como uma resposta às limitações dos modelos tradicionais em lidar com ambientes altamente dinâmicos, complexos e sujeitos a mudanças constantes. Diferentemente das abordagens lineares e preditivas, o ágil adota uma postura adaptativa e iterativa, promovendo entregas frequentes de valor ao cliente e possibilitando ajustes contínuos ao longo do ciclo de desenvolvimento.

A base conceitual do gerenciamento ágil foi formalizada em 2001, com a publicação do Manifesto Ágil, que estabeleceu quatro valores fundamentais: indivíduos e interações mais que processos e ferramentas; *software* funcionando mais que documentação abrangente; colaboração com o cliente mais que negociação de contratos; e resposta a mudanças mais que seguir um plano (BECK *et al.*, 2001). Esses princípios orientam a construção de projetos de forma incremental, com entregas parciais que podem ser rapidamente avaliadas e ajustadas conforme as necessidades reais do cliente.

Segundo Kettunen (2009), o gerenciamento ágil é caracterizado por práticas colaborativas, equipes auto-organizadas, comunicação constante e uso de ferramentas leves e eficientes. Essa abordagem possibilita a realização de ciclos curtos de planejamento e execução, conhecidos como *Sprints*, nos quais funcionalidades específicas são priorizadas, desenvolvidas, testadas e entregues em um curto espaço de tempo. Essa cadência frequente favorece a visibilidade do progresso do projeto e permite uma melhor gestão de riscos e recursos.

Um dos *frameworks* mais utilizados dentro do universo ágil é o *Scrum*, que estrutura o trabalho da equipe em papéis, artefatos e eventos definidos, promovendo ciclos interativos e colaborativos. A atuação de papéis como o *Product Owner*, o *Scrum Master* e o *Development Team* são fundamentais para manter a agilidade, o foco e o alinhamento com os objetivos de negócio.

Além da flexibilidade e da entrega contínua de valor, o gerenciamento ágil proporciona melhorias significativas na comunicação entre as partes interessadas, maior comprometimento da equipe, rápida adaptação a mudanças de requisitos e redução do tempo de resposta às necessidades do mercado (HIGHSMITH, 2002; COHN, 2010). Esses fatores tornam o ágil especialmente adequado a contextos que

demandam inovação, como o desenvolvimento de produtos tecnológicos, *software* embarcado e sistemas eletrônicos automotivos.

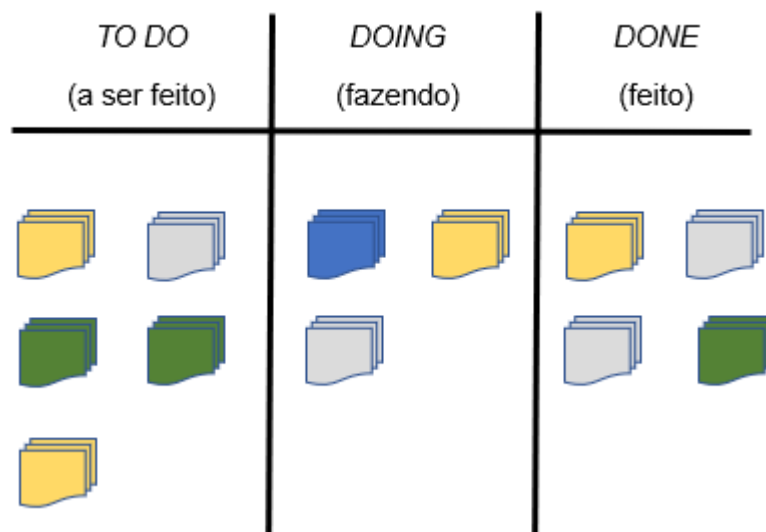
Segundo Kettunen (2009), o ágil valoriza a comunicação constante, equipes auto-organizadas e ciclos curtos de entrega. Isso é especialmente benéfico em projetos que envolvem desenvolvimento de produtos tecnológicos. No setor automobilístico, por exemplo, sua aplicação em projetos de engenharia tem se mostrado uma alternativa promissora para lidar com prazos reduzidos, complexidade técnica crescente e demanda por soluções mais sustentáveis e inteligentes. Além de aumentar a transparência, o ágil reduz o retrabalho, melhora a qualidade do produto e permite uma gestão mais eficaz de riscos e expectativas do cliente (HIGHSMITH, 2002; COHN, 2010).

2.5 Metodologias de gerenciamento ágeis

A gestão de projetos evoluiu significativamente ao longo dos anos, e com o surgimento de contextos mais dinâmicos e complexos, especialmente na área de desenvolvimento de produtos e inovação tecnológica, metodologias ágeis tornaram-se indispensáveis. Entre as metodologias mais utilizadas no contexto da gestão ágil estão o *Kanban*, *XP (Extreme Programming)* e o *Scrum* — sendo este último abordado em mais detalhes posteriormente.

O *Kanban* é uma metodologia de gerenciamento visual originada no sistema de produção da Toyota, no Japão, durante a década de 1940. Seu nome significa "cartão" ou "sinal visual", e a técnica foi projetada para melhorar o fluxo de trabalho e reduzir gargalos no processo produtivo (ANDERSON, 2010).

O método consiste em organizar as atividades em quadros visuais, geralmente divididos em colunas com o *To Do* (a fazer) que engloba as tarefas planejadas, mas ainda não iniciadas, o *Doing* (em execução) que diz respeito às tarefas que estão em andamento e por último, uma coluna para *Done* (concluído) que representa as tarefas que já foram finalizadas, conforme representado pela Figura 6.

Figura 6 - Exemplo de quadro *Kanban*.

Fonte: Adaptado pelo Autor de Smartsheet, 2016.

Essa estrutura permite que a equipe visualize de maneira clara o progresso das atividades, identifique gargalos e adote melhorias contínuas. Uma das premissas fundamentais do *Kanban* é a limitação do trabalho em progresso, que ajuda a manter o foco e a evitar sobrecargas nas equipes. Através dessa divisão é possível se obter um fluxo básico do trabalho, e assim obter uma visualização da cadeia de trabalho, desenvolvimento adaptativo e uma limitação das demandas em andamento.

O *Kanban* é especialmente eficaz em ambientes onde as tarefas podem ser entregues continuamente, como em operações de manutenção, desenvolvimento incremental e fluxos de produção repetitivos. Sua estrutura visual facilita a identificação de gargalos e a limitação do trabalho em progresso, promovendo um fluxo contínuo de valor. Além disso, sua flexibilidade permite ajustes rápidos, o que o torna compatível com abordagens ágeis e com o conceito de melhoria contínua (*Kaizen*), sendo amplamente recomendado para equipes que buscam evoluir seus processos de forma incremental e adaptativa (ANDERSON, 2010).

A metodologia *XP (Extreme Programming)* é uma das abordagens ágeis mais consolidadas e foi projetada para melhorar a qualidade do software e a capacidade da equipe de responder rapidamente às mudanças de requisitos. Desenvolvida por Kent Beck no final da década de 1990, ela é amplamente utilizada no desenvolvimento de sistemas que exigem alta confiabilidade e ciclos curtos de entrega.

Entre suas práticas mais conhecidas estão: programação em par (*pair programming*), testes automatizados desde o início, integração contínua, *design*

simples e *feedback* constante entre cliente e equipe técnica. Essas práticas promovem a colaboração contínua, a redução de falhas e a capacidade de adaptação ao longo do desenvolvimento (BECK, 2000).

O *XP (Extreme Programming)* compartilha os mesmos valores e princípios do Manifesto Ágil (2001), priorizando pessoas, comunicação e *feedback* rápido. Seu foco na excelência técnica e no envolvimento do cliente torna a metodologia especialmente útil em projetos de *software* embarcado, aplicações críticas e sistemas de controle, como os encontrados no setor automotivo.

Segundo Pressman (2011), o *XP (Extreme Programming)* se destaca entre as metodologias ágeis por enfatizar fortemente a engenharia de *software* de qualidade, garantindo que o código desenvolvido seja funcional, testável e de fácil manutenção. Essa metodologia continua sendo amplamente estudada e aplicada em ambientes ágeis modernos. Um exemplo é o artigo "*Xcrum: A Synergistic Approach Integrating Extreme Programming with Scrum*" (HOSSEINI, 2023), que descreve a integração de práticas do *XP(Extreme Programming)* em combinação com o *Scrum*, visando preservar o poder da entrega iterativa, integração contínua e alta qualidade técnica

2.6 Método *Scrum*: Uma Abordagem Ágil para a Gestão de Projetos

O método *Scrum*, concebido na década de 1990 por Ken Schwaber e Jeff Sutherland, conforme detalhado em seu seminal "*Scrum Guide*" (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020), é um *framework* leve, iterativo e incremental para a gestão de projetos complexos. Sua essência reside na capacidade de dividir um projeto grande e complexo em pequenas partes gerenciáveis, chamadas de "*Sprints*", permitindo que a equipe entregue valor de forma contínua e se adapte rapidamente às mudanças. O *Scrum* se fundamenta em três pilares essenciais:

- **Transparência:** Todos os aspectos importantes do processo e do produto devem ser visíveis para todos os envolvidos no projeto. Isso inclui o trabalho a ser realizado, o progresso alcançado e quaisquer impedimentos identificados. A transparência garante que as decisões sejam tomadas com base em informações claras e atualizadas.
- **Inspeção:** O progresso em direção ao objetivo do projeto e os artefatos produzidos são frequentemente inspecionados pela equipe *Scrum* para

detectar variações indesejadas. Essa inspeção não deve ser tão frequente a ponto de atrapalhar o trabalho, mas sim integrada ao fluxo de trabalho.

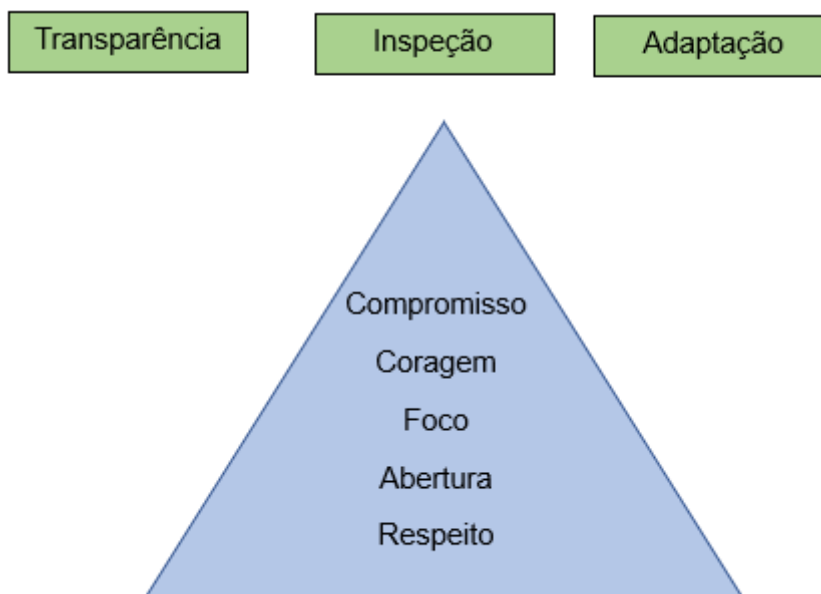
- Adaptação: Se em algum momento a inspeção revelar que um ou mais aspectos do processo desviam-se dos limites aceitáveis e que o produto resultante não será aceitável, o processo ou o material que está sendo elaborado devem ser ajustados. Essa capacidade de adaptação rápida é um dos principais diferenciais do *Scrum*.

Esses pilares são sustentados por cinco valores que guiam a equipe *Scrum* em seu trabalho, sendo cada um deles destacado a seguir.

- Compromisso: Os membros da equipe se comprometem a alcançar os objetivos do Sprint e do projeto.
- Coragem: A equipe tem a coragem de fazer o que é certo e de abordar problemas difíceis.
- Foco: Todos os membros se concentram no trabalho do Sprint e nos objetivos do Time *Scrum*.
- Abertura: A equipe e as partes interessadas concordam em ser abertos sobre todo o trabalho e os desafios.
- Respeito: Os membros da equipe respeitam uns aos outros como indivíduos capazes e independentes.

A Figura 7 apresenta de forma resumida os conceitos dos pilares e fundamentos tratados acima.

Figura 7 – Pilares e Valores Fundamentais do *Scrum*.



Fonte: Autor (2025).

2.6.1 Papéis no Scrum

Como mencionado anteriormente, o *framework Scrum* estrutura o trabalho da equipe com base em três papéis principais: *Product Owner*, *Scrum Master* e o *Development Team*. A separação clara de funções contribui para o alinhamento do time e para o foco nas entregas de valor ao cliente, conforme definido por Schwaber; Sutherland, (2020), tem-se:

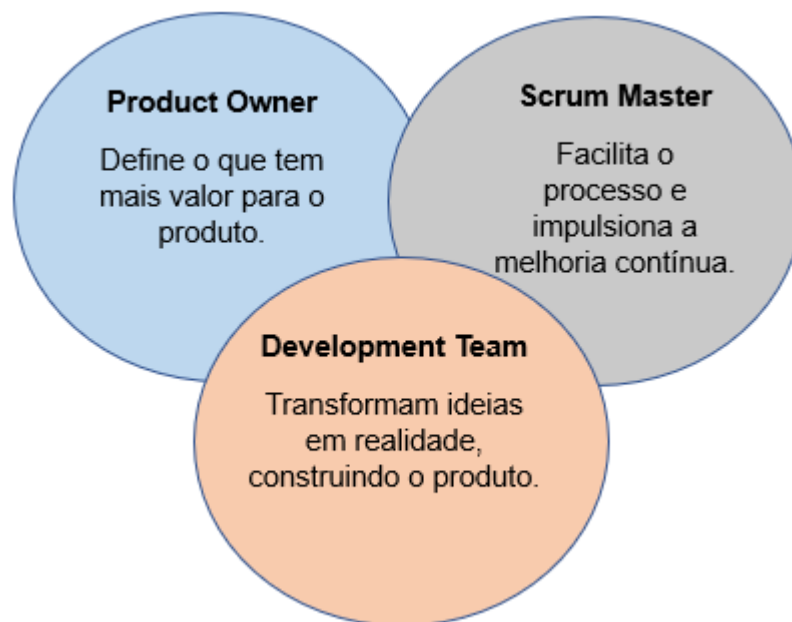
- *Product Owner* (Dono do Produto): É o responsável por maximizar o valor do produto desenvolvido pela equipe. Para isso, gerencia o *Product Backlog* — uma lista dinâmica e priorizada que contém todas as funcionalidades, melhorias e correções a serem implementadas. Cabe ao *Product Owner* definir o “o quê” será desenvolvido, priorizando os itens com base em critérios de valor de negócio, riscos e necessidades dos stakeholders. Ele também garante que o *Backlog* esteja visível, transparente e compreensível para toda a equipe envolvida no projeto.
- *Scrum Master*. Atua como um líder servil, ou seja, um facilitador que promove a compreensão e correta aplicação do *Scrum*. Sua função não é a de um gerente tradicional, mas de um *coach*, responsável por remover impedimentos, proteger a equipe contra interferências externas e garantir que os princípios do *framework* sejam respeitados. Além disso, o *Scrum Master* auxilia tanto o

Product Owner quanto a equipe de desenvolvimento a trabalharem de maneira colaborativa e contínua.

- *Development Team* (equipe de desenvolvimento): É composta por profissionais multidisciplinares que possuem todas as competências necessárias para entregar os incrementos do produto ao final de cada sprint. Trata-se de uma equipe auto-organizada, que decide como executar o trabalho e distribui internamente as tarefas. O *Scrum* não define um número fixo de integrantes, mas recomenda times pequenos (geralmente entre 3 e 9 pessoas) para manter a agilidade, a comunicação eficaz e a coesão entre os membros.

A partir dos conceitos acima, na Figura 8 é possível verificar os papéis principais do *Scrum* interligados.

Figura 8 – Papeis principais do *Scrum*.



Fonte: Autor (2025).

2.6.2 Eventos do Scrum

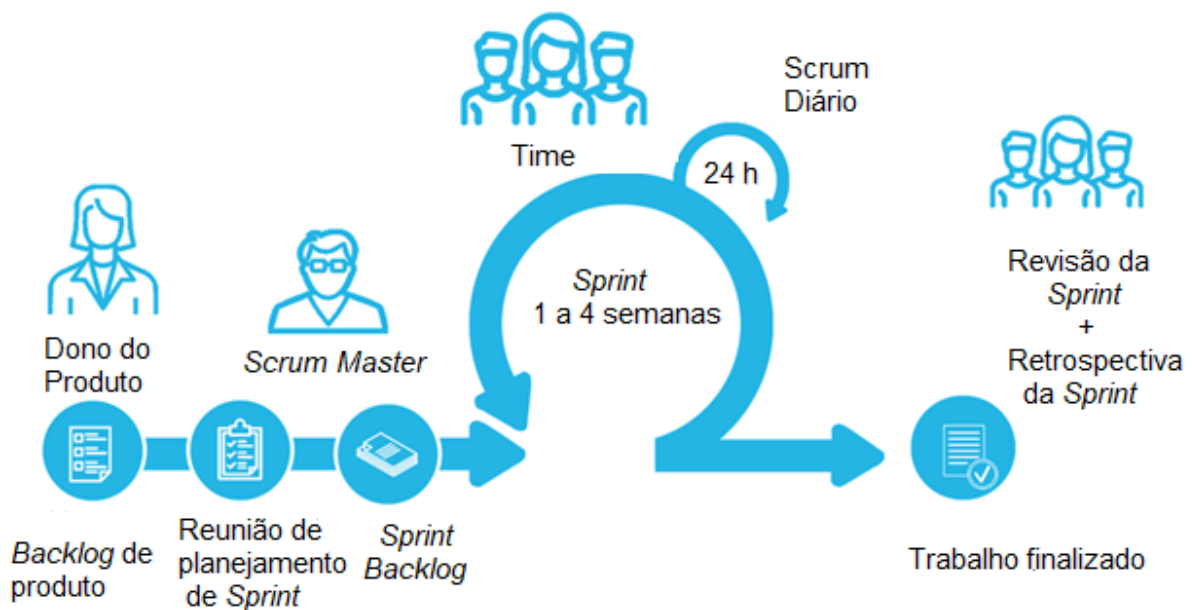
O *Scrum* organiza o trabalho por meio de eventos com duração fixa (*time-boxed*) que ocorrem de forma cíclica. Esses eventos têm como propósito estabelecer cadência, facilitar a inspeção e promover a adaptação contínua do processo, evitando desperdícios e garantindo entregas frequentes (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020; MASSARI, 2018). De acordo com Massari (2018) e o PMI (2017), cada evento possui uma finalidade clara e contribui para manter o foco, a colaboração e a entrega contínua de valor. São eles:

- *Sprint*: Trata-se do ciclo de trabalho principal no *Scrum*. Cada *Sprint* tem duração fixa — tipicamente entre 1 e 4 semanas — e representa um compilado de todas as atividades necessárias para entregar um incremento funcional do produto. Durante a *Sprint*, não são feitas alterações que comprometam seu objetivo, o que garante foco e previsibilidade. A conclusão de cada *Sprint* deve resultar em uma entrega potencialmente utilizável, mesmo que parcial (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).
- Planejamento da *Sprint* (*Sprint Planning*): É a reunião que inicia cada *Sprint*. Nela, o *Product Owner* apresenta os itens mais importantes do *Product Backlog*, e a equipe de desenvolvimento define quais tarefas serão realizadas, construindo o *Sprint Backlog*. Além do "o quê", também é discutido o "como" o trabalho será executado. A reunião deve considerar a capacidade da equipe e os objetivos do produto (MASSARI, 2018).
- Reunião Diária (*Daily Scrum*): É uma reunião de 15 minutos realizada todos os dias, na qual os membros da equipe compartilham o progresso das tarefas, apontam possíveis impedimentos e alinham as atividades do dia. Essa prática mantém a equipe sincronizada e promove a transparência e a auto-organização (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).
- Revisão da *Sprint* (*Sprint Review*): Realizada ao final da *sprint*, essa reunião permite à equipe apresentar os incrementos desenvolvidos aos *stakeholders*. É um momento para demonstrar o que foi concluído, colher *feedback* direto e avaliar se os objetivos da *sprint* foram alcançados. A partir dessa revisão, o *Product Backlog* é atualizado, mantendo-se o alinhamento com os objetivos de negócio (PMI, 2017; MASSARI, 2018).

- Retrospectiva da Sprint (*Sprint Retrospective*): É a última reunião do ciclo e tem como foco a melhoria contínua. A equipe analisa o que funcionou bem, o que pode ser aprimorado e propõe ações concretas para tornar a próxima *Sprint* mais eficiente. Essa prática fortalece o aprendizado coletivo e a maturidade do time ao longo do projeto (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).

Esses eventos são a base para que o *Scrum* opere como um sistema iterativo e incremental, permitindo entregas frequentes, aprendizagem contínua e capacidade de adaptação frente a mudanças — características essenciais para o ambiente industrial e, especialmente, para a engenharia automotiva. A estrutura e a relação entre esses eventos estão representadas na Figura 9, que ilustra o fluxo cíclico do *framework Scrum*. Nela, observa-se como cada evento se conecta de forma a promover cadência, transparência e inspeção contínua ao longo de cada *Sprint*.

Figura 9 – Processo do *Scrum*.



Fonte: Adaptado pelo Autor de Ciclo de desenvolvimento do Scrum. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Ciclo-de-desenvolvimento-do-Scrum_fig1_347567574.

Acesso em: 01 ago. 2025.

2.7 Contexto dos veículos híbridos e suas classificações

Como o projeto analisado neste estudo está diretamente relacionado ao desenvolvimento de um módulo eletrônico para veículos híbridos, é necessário apresentar um breve panorama técnico sobre as diferentes arquiteturas híbridas disponíveis no mercado automotivo. Essa contextualização permite compreender as exigências específicas do sistema, bem como os critérios técnicos que influenciaram nas decisões de projeto.

O avanço das tecnologias de propulsão elétrica tem impulsionado a adoção de veículos híbridos no mercado automotivo global. Esses veículos combinam um motor de combustão interna com pelo menos um motor elétrico, buscando melhorar a eficiência energética, reduzir emissões e oferecer melhor desempenho em determinadas condições de uso (DIAS; HIRANO, 2020).

Embora compartilhem o princípio básico da hibridização, os veículos híbridos se dividem em diferentes categorias, conforme o grau de eletrificação e a forma como a energia é gerenciada e armazenada. As principais classificações são: MHEV (*Mild Hybrid Electric Vehicle*), HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) e PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*).

Os veículos híbridos leve (MHEV) possuem um sistema elétrico auxiliar de baixa ou média tensão (geralmente 48V), que não traciona o veículo de forma autônoma. O motor elétrico funciona como um gerador de partida (*start-generator*), apoiando o motor a combustão em momentos de maior carga, como partidas, retomadas ou subidas. Ele também atua na regeneração de energia durante frenagens. A bateria tem capacidade limitada e não é recarregável externamente (BOSCH, 2019).

Já os veículos híbridos convencionais (HEV) conseguem operar tanto com o motor a combustão quanto com o motor elétrico, isoladamente ou em conjunto. A gestão entre os modos de propulsão é feita automaticamente por um sistema de controle eletrônico, visando eficiência máxima. O sistema elétrico é recarregado por regeneração ou pelo próprio motor a combustão. Modelos como o Toyota Prius popularizaram esse tipo de arquitetura (ANDRADE; LOPES, 2022).

Por fim, os veículos híbridos plug-in (PHEV) são equipados com baterias de maior capacidade que pode ser recarregada externamente, por meio de conexão à rede elétrica. Isso permite que o veículo opere por distâncias maiores apenas com

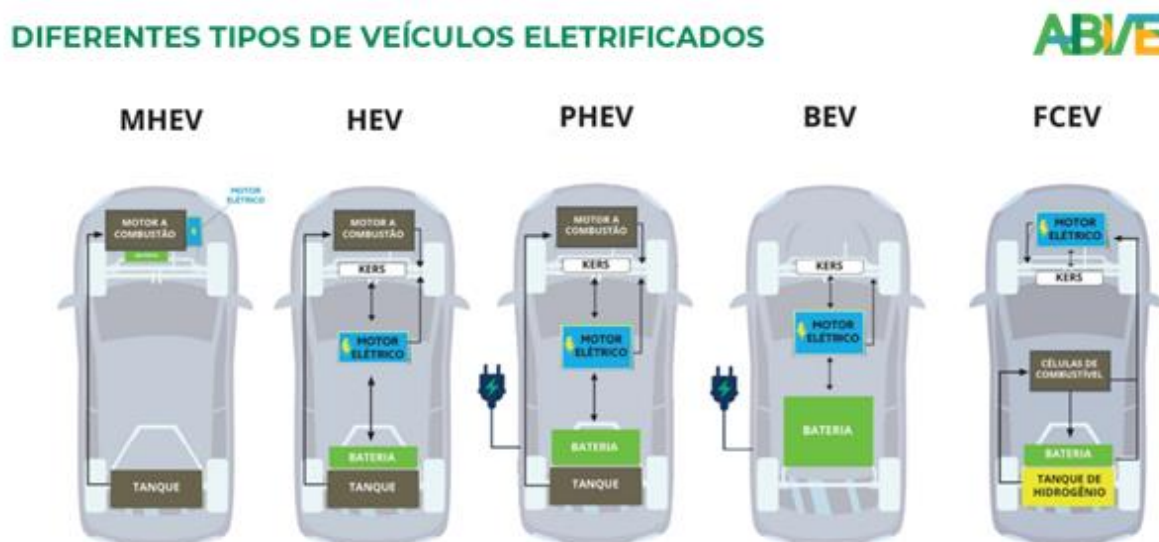
propulsão elétrica. Quando a bateria se esgota, o motor a combustão assume a tração. Essa arquitetura oferece maior autonomia elétrica, mas exige infraestrutura de recarga (SOUZA *et al.*, 2021).

Cada tipo de arquitetura híbrida traz exigências específicas para os sistemas eletrônicos embarcados. No caso dos MHEVs, por exemplo, há a necessidade de módulos especializados em gerenciamento de energia em redes de 48V. Esses módulos controlam a carga da bateria auxiliar, a comunicação com a ECU central do veículo e o suporte ao sistema start-stop, além de monitorar o fluxo de energia em tempo real.

A correta compreensão dessas classificações é essencial para orientar o desenvolvimento de soluções de engenharia que atendam às demandas de eficiência, segurança funcional e integração entre sistemas.

A variedade de arquiteturas híbridas e elétricas pode ser visualizada de forma comparativa na Figura 10, que apresenta as principais categorias de veículos eletrificados, incluindo MHEV, HEV, PHEV, BEV e FCEV. A imagem ilustra os principais componentes de cada sistema, bem como o grau de eletrificação e o tipo de armazenamento de energia envolvido.

Figura 10 – Diferentes tipos de veículos eletrificados.



Fonte: Adaptada pelo Autor de ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico (2022).

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para a realização do estudo, contemplando a análise entre metodologias de gerenciamento de projetos, a caracterização do projeto analisado e a forma como se deu a aplicação da abordagem ágil *Scrum*. A opção metodológica baseou-se na realização de um estudo de caso com abordagem qualitativa, buscando compreender, de forma contextualizada, os impactos da adoção do *framework Scrum* em um projeto real da indústria automobilística.

3.1 Análise entre metodologias tradicionais x metodologias ágeis

A principal distinção entre as abordagens, observada após a fase de estudo que originou o Capítulo 2, está na forma como lidam com mudanças e entregas. Por meio da tabela comparativa a seguir, é possível observar os principais pontos entre as metodologias tradicionais e metodologias ágeis.

Tabela 1 – Análise entre a metodologia tradicional e a metodologia ágil em projetos

Critério	Metodologia Tradicional	Metodologia Ágil
Estrutura do Projeto	Sequencial e rígida (fases bem definidas)	Iterativa e incremental (entregas parciais e cíclicas)
Planejamento	Planejamento detalhado no início, difícil de mudar	Planejamento adaptável e contínuo ao longo do projeto
Flexibilidade	Baixa – mudanças são difíceis de incorporar	Alta – mudanças são esperadas
Envolvimento do Cliente	Pontual – geralmente no início e na entrega final	Contínuo – feedback frequente a cada ciclo
Entrega de Valor	Apenas no final do projeto	Entregas parciais e contínuas de valor
Visibilidade do Progresso	Baixa – foco em documentos e marcos	Alta – uso de quadros, sprints, reuniões e métricas visuais
Riscos	Detectados tardiamente, mais difíceis de mitigar	Detectados precocemente, com possibilidade de ajuste rápido
Comunicação da Equipe	Formal, baseada em relatórios	Direta e frequente (reuniões diárias)

Autonomia da Equipe	Estrutura hierárquica, decisões centralizadas	Equipes auto-organizadas, com alta autonomia
Documentação	Extensa, obrigatória em todas as fases	Essencial apenas, foco no produto funcional
Tempo de Resposta	Mais lento frente a mudanças do mercado ou tecnologia	Rápido, com adaptações constantes
Adequação a Projetos Complexos	Mais eficaz em projetos estáveis e com poucos riscos de mudança.	Favorece a gestão adaptativa de projetos complexos

Fonte: Elaborada pela autora com base em Pressman (2011), Highsmith (2002), Massari (2018) e Schwaber e Sutherland (2020).

A análise do referencial teórico, sintetizada na Tabela 1, evidencia que, embora as metodologias tradicionais ainda sejam amplamente aplicadas em projetos com escopo bem definido e requisitos estáveis, as abordagens ágeis demonstram maior eficácia em ambientes marcados por alta incerteza, mudanças frequentes e necessidade de inovação contínua — características típicas dos projetos de engenharia na indústria automotiva contemporânea. Essa constatação, apoiada por autores como Highsmith (2002) e Larman (2004), reforça a adequação das metodologias ágeis à complexidade e dinamicidade dos contextos atuais.

As metodologias tradicionais, como o modelo cascata ou o PMBOK, são baseadas em uma estrutura sequencial e fortemente orientada ao planejamento prévio. Essa característica proporciona maior previsibilidade, controle e padronização, aspectos fundamentais em setores como construção civil, engenharia pesada, infraestrutura e setores regulados (como energia, saúde e aeroespacial), onde falhas podem resultar em altos custos ou riscos operacionais. A ampla documentação, os processos formais e a estrutura hierárquica oferecem segurança na tomada de decisões, rastreabilidade das entregas e clareza sobre os marcos do projeto (PRESSMAN, 2011). Além disso, a abordagem tradicional favorece a gestão de contratos, estimativas de custo precisas e uma clara divisão de responsabilidades (PMI, 2017).

Por outro lado, as metodologias ágeis, como o *Scrum*, oferecem maior flexibilidade, adaptabilidade e foco em entregas incrementais e de valor contínuo. No ambiente da engenharia de desenvolvimento automotivo, por exemplo, há exigência de integração entre diversas disciplinas (*hardware*, *software*, eletrônica, sistemas de controle), prazos curtos, constantes revisões de requisitos técnicos e forte pressão

por inovação. Nessas situações, a capacidade de realizar entregas incrementais, adaptar o planejamento de forma contínua e manter o cliente envolvido ao longo do projeto favorece resultados mais alinhados com as expectativas do mercado e com as necessidades técnicas do produto (HIGHSMITH, 2002; MASSARI, 2018).

A adoção de metodologias ágeis também contribui para o aumento da autonomia e motivação das equipes, promove melhor comunicação entre áreas e possibilita ajustes rápidos frente a falhas ou mudanças de escopo (CERVONE, 2011; SCHWABER; SUTHERLAND, 2020). No entanto, essa abordagem exige alto grau de maturidade organizacional, comprometimento contínuo das partes interessadas e disponibilidade de recursos para ciclos iterativos de entrega. Em contextos onde não há essa maturidade, ou em projetos com dependência externa significativa, a abordagem ágil pode enfrentar desafios para manter o alinhamento e a consistência.

Portanto, não se trata de escolher entre metodologias “boas ou ruins”, mas sim de avaliar qual abordagem é mais adequada à natureza, complexidade, riscos e exigências específicas de cada projeto. No caso específico do desenvolvimento de módulos de controle eletrônico para veículos híbridos — caracterizado por incertezas técnicas, requisitos em constante evolução e necessidade de integração entre diferentes áreas de conhecimento — a metodologia ágil, especialmente o *Scrum*, mostra-se mais alinhada às demandas do setor. Essa escolha favorece entregas mais rápidas, maior capacidade de adaptação e maior proximidade com o cliente. Ainda assim, elementos das metodologias tradicionais, como o planejamento estruturado e a documentação de requisitos, podem ser integrados como complementos importantes, especialmente em fases de homologação, validação técnica ou tratativas contratuais.

3.2 Estratégia de pesquisa e descrição do caso

A estratégia metodológica adotada neste trabalho foi o estudo de caso, por possibilitar uma investigação contextualizada sobre a aplicação da metodologia ágil *Scrum* em um projeto real conduzido no setor de engenharia de desenvolvimento automotivo.

A pesquisa foi realizada com base em um projeto de 2024 em uma empresa do ramo automotivo que atua no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, especialmente voltadas para novas motorizações. A companhia vem se destacando

no desenvolvimento de soluções para veículos híbridos (HEV), cuja presença tem crescido significativamente no mercado global.

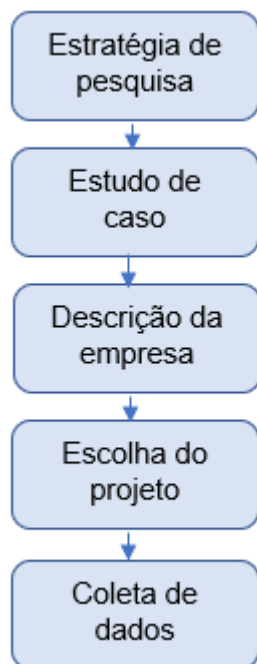
O projeto analisado corresponde ao desenvolvimento de um módulo de controle eletrônico para a gestão de energia em veículos híbridos, contemplando funcionalidades como monitoramento da bateria, gerenciamento térmico e comunicação com a unidade central do veículo. A equipe técnica envolvida era composta por profissionais das áreas de *hardware*, *software*, validação e integração de sistemas, e o tempo estimado para sua conclusão era de aproximadamente dois anos.

A coleta de dados foi realizada por meio de análise documental, incluindo relatórios técnicos, cronogramas, atas de reunião e registros operacionais. Esses documentos foram organizados e analisados de forma qualitativa, com o objetivo de identificar padrões de comportamento da equipe, benefícios percebidos, dificuldades enfrentadas e lições aprendidas ao longo do desenvolvimento do projeto.

É importante destacar que esta descrição foi elaborada com base na vivência profissional da autora, que participou diretamente das atividades do projeto analisado. A experiência prática permitiu uma visão sobre os processos, desafios e adaptações realizadas na aplicação do *Scrum*, enriquecendo a análise e proporcionando uma compreensão mais detalhada do contexto estudado.

O processo metodológico adotado no estudo está sintetizado no fluxograma apresentado na Figura 11, o qual ilustra as principais etapas do trabalho.

Figura 11 – Etapas metodológicas da pesquisa.



Fonte : Elaborado pelo Autor (2025).

3.3 Concepção do projeto automotivo

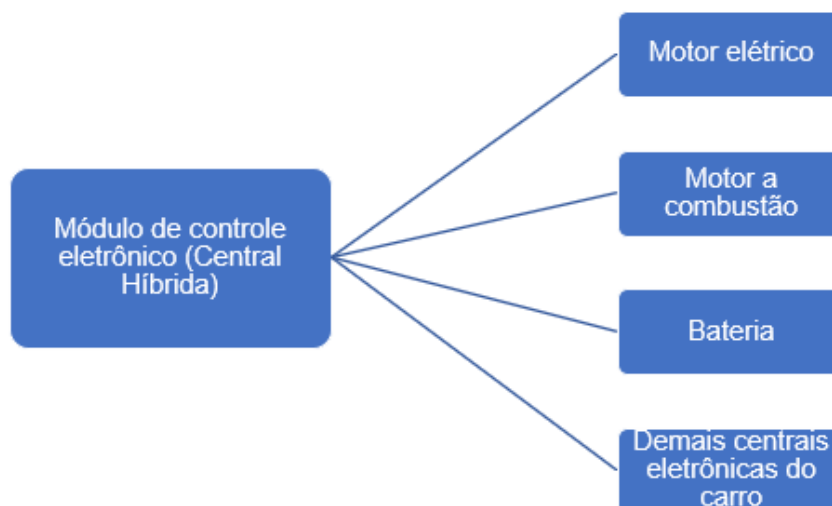
A concepção do projeto analisado neste estudo teve origem a partir de uma demanda estratégica da Engenharia de Produto da empresa, motivada por análises de mercado e *benchmarking* com concorrentes. Tendo em vista o crescimento do segmento de veículos eletrificados, foi identificada a necessidade de adaptar um modelo já existente no portfólio da empresa para que fosse compatível com a tecnologia híbrida do tipo HEV (*Hybrid Electric Vehicle*).

Diante disso, a Engenharia de Produto formalizou uma solicitação ao time de Engenharia de Desenvolvimento, com o objetivo de viabilizar tecnicamente essa nova funcionalidade no veículo. A partir desse direcionamento, coube à engenharia a responsabilidade de viabilizar a integração dos sistemas híbridos à arquitetura já existente do veículo, respeitando as limitações estruturais e eletrônicas do modelo original.

A principal solução técnica identificada para permitir essa transição foi o desenvolvimento de uma central híbrida, um módulo de controle eletrônico responsável por gerenciar a energia proveniente das diferentes fontes de propulsão — motor a combustão e motor elétrico. Esse módulo atua como interface central entre

os subsistemas de bateria, motor elétrico, unidade de controle do motor a combustão (*Engine Control Unit* – ECU) e demais elementos embarcados, sendo fundamental para garantir a eficiência energética, a segurança funcional e a conformidade regulatória do sistema, representado resumidamente pela Figura 12.

Figura 12 – Módulo de controle eletrônico.



Fonte : Elaborado pelo Autor (2025).

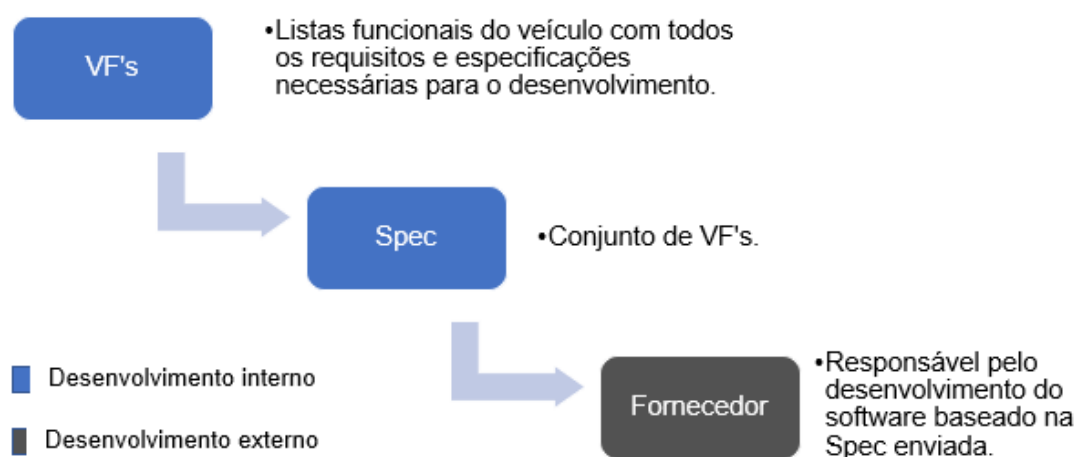
Para viabilizar a criação deste módulo, o time de engenharia foi incumbido de elaborar todos os requisitos e especificações técnicas que definiriam seu funcionamento. Esses documentos técnicos, chamados VF's (*Vehicle Functional List* – Lista funcional do veículo) constituem a base para o desenvolvimento posterior do *software* embarcado, e devem conter detalhes como funcionalidades esperadas, modos de operação, parâmetros de entrada e saída, requisitos de comunicação, protocolos utilizados, critérios de desempenho e testes de validação. Com a junção dessas listas funcionais de cada central do carro, formamos a *SPEC* que é o conjunto de toda a funcionalidade do carro em último nível.

É importante destacar que, conforme prática comum na indústria automotiva, a implementação do *software* propriamente dito não é realizada internamente, mas sim por fornecedores terceirizados especializados, que atuam como parceiros de desenvolvimento. Assim, a precisão e clareza dos requisitos fornecidos pela equipe de engenharia são determinantes para o sucesso do projeto. Esses documentos devem ser padronizados e validados antes de serem enviados aos fornecedores,

garantindo que todas as funcionalidades essenciais estejam contempladas e que os requisitos sejam compreendidos sem ambiguidades.

Portanto, a etapa de concepção técnica do projeto representou não apenas a tradução das necessidades de negócio em soluções de engenharia, mas também o ponto de partida para toda a estruturação do trabalho colaborativo entre a empresa e sua cadeia de fornecimento. Esse fluxo entre o trabalho interno e o fornecedor é apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Criação do módulo novo.



Fonte : Elaborado pelo Autor (2025).

3.4 Estruturação do projeto e escolha metodológica

Após a definição do escopo técnico pela Engenharia de Produto, o líder de projeto, em conjunto com a equipe de engenharia, precisou estabelecer a melhor abordagem metodológica para conduzir o desenvolvimento do novo módulo eletrônico híbrido. Essa decisão foi fortemente influenciada pelas experiências obtidas em projetos anteriores conduzidos com metodologias tradicionais, nas quais se observaram dificuldades na adaptação a mudanças de requisitos, falhas de integração tardias e comunicação fragmentada entre os times.

Diante desse cenário e considerando as particularidades do projeto — alto grau de complexidade técnica, necessidade de validações frequentes, incertezas no início do desenvolvimento e múltiplas interfaces entre áreas — optou-se por utilizar o *framework* ágil *Scrum* como base metodológica. Contudo, sua aplicação se deu de

forma adaptada à realidade da empresa e à sua cultura organizacional. Elementos de metodologias tradicionais também foram incorporados em momentos específicos, como a utilização de gráficos de *Gantt* em etapas de planejamento macro, contribuindo para o alinhamento com áreas externas ao time ágil e facilitando a comunicação com a gestão executiva.

O *Scrum* se mostrou particularmente atrativo por permitir a estruturação do trabalho em sprints curtas, com definição clara de entregas a cada ciclo, reuniões frequentes para alinhamento e foco em entregas incrementais de valor. A abordagem também favorece a auto-organização da equipe, o envolvimento constante do cliente (nesse caso, a Engenharia de Produto), e a rápida identificação de impedimentos.

Essa estrutura metodológica híbrida — com o *Scrum* como estrutura principal e complementações pontuais de práticas tradicionais — foi essencial para garantir maior adaptabilidade, visibilidade contínua do progresso e ciclos de entrega iterativos que permitissem correções de rota ao longo do caminho.

3.5 Artefatos do *Scrum* e estratégias de execução

Com a escolha do *framework Scrum* como base metodológica, foi necessário estruturar a utilização dos seus principais artefatos e eventos adaptados ao contexto do projeto. Os seguintes elementos foram utilizados ativamente durante a execução:

- *Product Backlog*: lista priorizada de funcionalidades e requisitos definidos pelo *Product Owner*, com base nas demandas iniciais da Engenharia de Produto. Esse *backlog* permaneceu em constante evolução ao longo do projeto, sendo refinado com frequência. (Schwaber; Sutherland, 2020).
- *Sprint Backlog*: conjunto de tarefas selecionadas a cada *Sprint*, com base na capacidade de entrega da equipe. Essas tarefas eram detalhadas, estimadas e distribuídas durante a reunião de planejamento (*Sprint Planning*). (Cohn, 2010).
- Quadro de acompanhamento visual: utilizado para controle e visualização do fluxo de trabalho, com colunas que representavam os estágios de cada tarefa, permitindo à equipe monitorar gargalos e redistribuir esforços quando necessário. (Kniberg; Skarin, 2010).
- Gráfico *Burndown*: ferramenta utilizada para visualizar o ritmo de execução das tarefas planejadas e o esforço restante em cada *Sprint*. O gráfico era atualizado

diariamente e servia de base para decisões sobre ajustes no *Sprint*. (Highsmith, 2002).

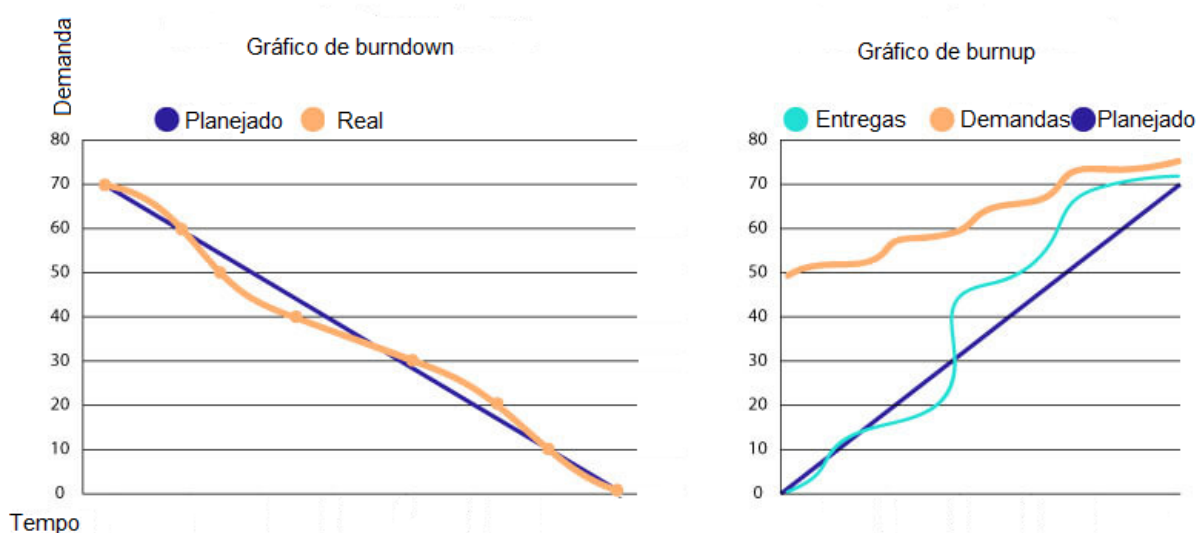
- Tabela de acompanhamento percentual: ferramenta complementar, desenvolvida em planilha, que permitia acompanhar o percentual de avanço de cada *Sprint*. (Kerzner, 2017).

Apesar do uso consistente dos principais artefatos, alguns elementos do *Scrum* tradicional não foram utilizados integralmente, principalmente por questões culturais e limitações do ambiente corporativo:

- Gráfico *Burnup*: ferramenta que poderia ter complementado o acompanhamento visual do progresso, mostrando o trabalho entregue acumulado *versus* o total planejado. Apesar de sua utilidade, não foi incorporado formalmente ao projeto. (Silva et al., 2022)
- Definição formal de "*Definition of Done*" (DoD): embora critérios de aceitação tenham sido utilizados em tarefas-chave, o conceito estruturado de DoD não foi formalmente adotado por toda a equipe. (Rubin, 2012).

A Figura 14 representa os dois gráficos citados acima como artefatos do *Scrum*, o Gráfico *Burndown* e o Gráfico *Burnup* respectivamente.

Figura 14 – Gráfico de *Burndown* e Gráfico de *Burnup*.



Fonte : Adaptado pelo Autor de Gráficos de Burndown e Burnup: o que são e quais as diferenças.

Disponível em: <https://artia.com/blog/graficos-de-burndown-e-burnup-o-que-sao-para-que-servem-e-quais-as-diferencas/>. Acesso em: 04 ago. 2025.

Uma das práticas adotadas no *Scrum* tradicional para estimar o esforço das tarefas é o uso do *Planning Poker*, também conhecido como jogo de cartas para estimativa (Grenning, 2002; Mahnič, 2012). Essa técnica visa promover a participação coletiva da equipe no momento da estimativa de esforço de cada item do *Product Backlog*.

O *Planning Poker* funciona da seguinte forma: cada membro da equipe recebe um conjunto de “cartas” com valores numéricos (geralmente da sequência de Fibonacci: 1, 2, 3, 5, 8, 13, etc.), que representam o nível de esforço necessário para realizar uma tarefa. Durante o planejamento da sprint, o *Product Owner* apresenta uma funcionalidade, e todos os membros escolhem, em silêncio, a carta que julgam representar o esforço necessário. Em seguida, todos revelam suas cartas ao mesmo tempo. Quando há discrepâncias significativas entre os votos, o grupo discute os motivos dessas diferenças até chegar a um consenso (Schwaber; Sutherland, 2020). Essa abordagem promove alinhamento, transparência e compreensão compartilhada das atividades, e é ilustrada pela Figura 15.

Figura 15 – *Plannig Poker*.

0	½	1	2
3	5	8	13
20	40	100	?

Fonte : Adaptado pelo Autor de Planning Poker. Disponível em:
<https://voitto.com.br/blog/artigo/planning-poker>. Acesso em: 01 ago. 2025.

Além do *Planning Poker*, diversas outras técnicas de estimativa têm sido adotadas para auxiliar no planejamento e organização das entregas. A escolha da técnica ideal depende do grau de maturidade da equipe, da complexidade do projeto e do tempo disponível para o planejamento. A seguir, são descritas algumas das principais abordagens complementares:

- *T-Shirt Sizing* (Estimativa por Tamanho de Camiseta): consiste em classificar os itens do *Product Backlog* em categorias como PP, P, M, G e GG, representando esforços relativos. Essa técnica é útil para estimativas rápidas e de alto nível, especialmente em fases iniciais do projeto ou quando há pouca clareza sobre os requisitos (COHN, 2010).
- *Affinity Estimation* (Estimativa por Afinidade): técnica que agrupa tarefas com níveis de esforço semelhantes antes de atribuir pontuações específicas. Ela acelera o processo de estimativa quando o volume de itens a estimar é elevado, além de reduzir discussões extensas (LEFFINGWELL, 2011).
- *Dot Voting* (Votação por Pontos): utilizada para priorizar ou estimar esforço de forma colaborativa, permitindo que cada integrante da equipe vote em itens utilizando pontos ou marcadores. Essa técnica facilita decisões coletivas e rápidas, sendo útil em reuniões com muitos participantes (KNIBERG, 2010).
- *Three-Point Estimation* (Estimativa PERT): baseada em três cenários – otimista, pessimista e mais provável – para gerar uma média ponderada da estimativa. É recomendada quando há incertezas significativas ou projetos com risco elevado (PMI, 2017).

Entretanto, no projeto analisado neste trabalho, essa prática foi adaptada à realidade da equipe e ao ambiente corporativo em que o projeto estava inserido. A estimativa de esforço das tarefas foi realizada principalmente pelo líder técnico do projeto, considerando a experiência em outros projetos anteriores, a maturidade da equipe com as tecnologias envolvidas, as dependências técnicas entre as atividades e a carga de trabalho acumulada da equipe.

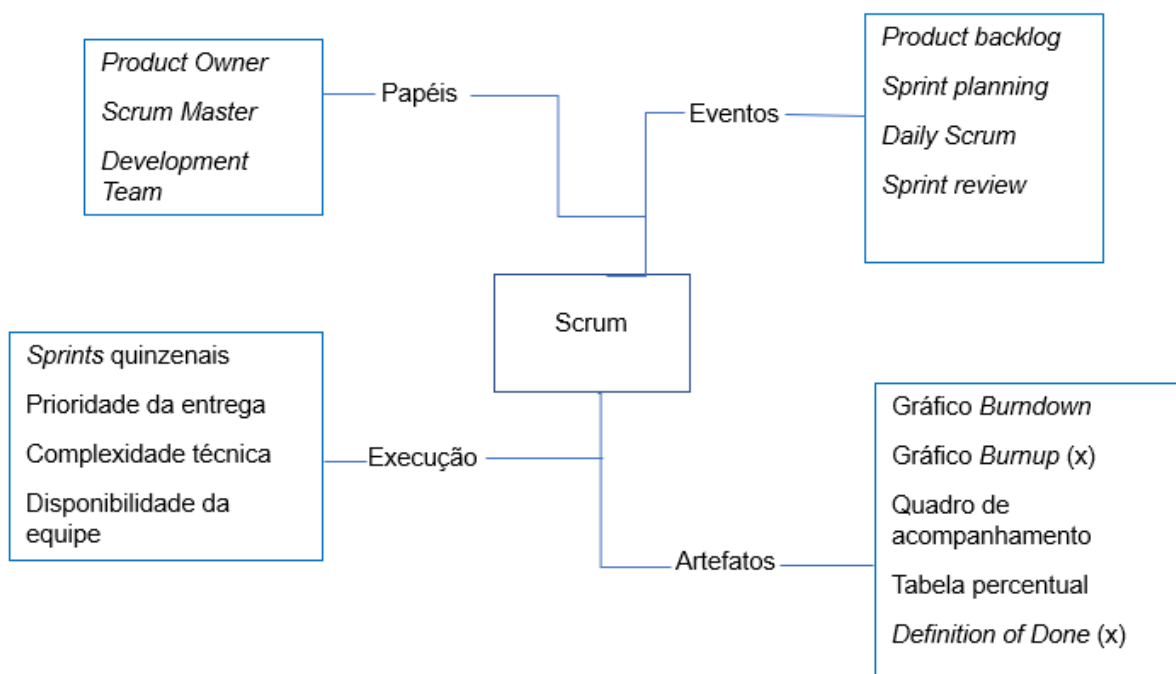
No projeto em questão, definiu-se por *Sprints* quinzenais, por serem adequadas ao ritmo de validações técnicas exigidas e à complexidade das tarefas. O tempo estimado para cada tarefa era definido durante a reunião de planejamento da *Sprint* (*Sprint Planning*), com base na complexidade técnica e na capacidade de entrega da equipe.

As tarefas eram divididas em blocos menores e distribuídas entre os membros da equipe conforme as suas competências técnicas. O time de desenvolvimento tinha autonomia para definir “como” realizar cada tarefa, enquanto o *Product Owner* determinava “o quê” deveria ser priorizado com base no valor de negócio. A divisão das tarefas em cada *Sprint* foi feita com base na prioridade de entrega, na

complexidade técnica e na disponibilidade dos integrantes da equipe. Durante a reunião de *Sprint Planning*, a equipe analisava os itens do *backlog* e realizava a estimativa de esforço, com o apoio do líder técnico. O tempo de execução de cada tarefa era determinado considerando referências de projetos anteriores, a maturidade da equipe com as tecnologias envolvidas e as dependências técnicas entre as atividades.

Essa abordagem mais direta se mostrou adequada ao contexto da empresa, oferecendo agilidade na definição das *Sprints*, especialmente considerando o envolvimento de múltiplos setores e a necessidade de alinhamento com cronogramas externos. Ainda assim, a equipe de desenvolvimento mantinha autonomia para distribuir internamente as tarefas e sinalizar a necessidade de ajustes caso surgissem impedimentos ou mudanças de escopo. Na Figura 16, é apresentado um mapa mental simplificado, mostrando as principais considerações que foram feitas na fase de concepção do projeto.

Figura 16 – Mapa mental do *Scrum*.



Fonte : Elaborado pelo Autor (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aplicação da metodologia ágil

Devido à alta complexidade do projeto — que envolvia requisitos dinâmicos, possibilidade de mudanças ao longo da execução e a necessidade de integração entre diferentes times — a equipe responsável avaliou que a adoção de uma metodologia ágil seria a abordagem mais eficaz para sua condução.

Optou-se, portanto, por utilizar o *Scrum* majoritariamente como base metodológica, realizando as devidas adaptações ao contexto e à cultura da empresa e mesclando com algumas características pontuais de outras metodologias. O projeto foi estruturado em sprints quinzenais, possibilitando entregas incrementais e maior capacidade de resposta às alterações de escopo.

Além disso, foram definidos os papéis centrais do *framework*: *Product Owner*, responsável por maximizar o valor do produto; *Scrum Master*, atuando como facilitador do processo; e o *Development Team*, encarregado da execução das tarefas técnicas e da entrega dos incrementos planejados. As principais práticas adotadas incluíram: 2 reuniões semanais de 30 minutos (*daily meetings*), revisões de sprint com demonstração de funcionalidades integradas, retrospectivas com avaliação do processo e definição de melhorias contínuas além de *backlog* refinado com critérios de aceitação bem definidos.

4.2 Definição da equipe do projeto

Inicialmente foi levantado todo o escopo inicial do projeto e definido as expectativas do projeto. O *Product Owner* apresentou o projeto que foi definido pela Engenharia de Produto da empresa para toda a equipe através de arquivos detalhados contendo todo o escopo do projeto e requisitos pré-definidos.

Na sequência, foi escolhido o *Scrum Master*, que seria o líder do projeto e o responsável por ser um facilitador do time. Segundo Vieira, Denisson (2025) o *Scrum Master* “age como um *Coach*, executando a liderança do projeto e ajudando a equipe a desenvolver sua própria abordagem de *Scrum*, que tenha a melhor performance, respeitando as particularidades da organização”.

Por fim foi definida o *Development Team*, que seria um grupo de pessoas que tinham o conhecimento técnico necessário para o desenvolvimento do projeto. Conforme definição de Schwaber e Sutherland (2020), esse time deve ser “pequeno o suficiente para se manter ágil e grande o suficiente para completar uma parcela significativa do trabalho dentro dos limites da *Sprint*”.

A performance da equipe influencia diretamente nos rumos do projeto, podendo inclusive ser reestruturada quando o rendimento estiver abaixo do esperado. Nesse caso, sugere-se que essas trocas de recursos da equipe não sejam realizadas durante a execução de uma *Sprint* e sim somente ao final, após a reunião de Retrospectiva, a fim de minimizar os impactos na produtividade, que decairá até que se alcance o estado de auto-organização novamente (OLIVEIRA, 2003).

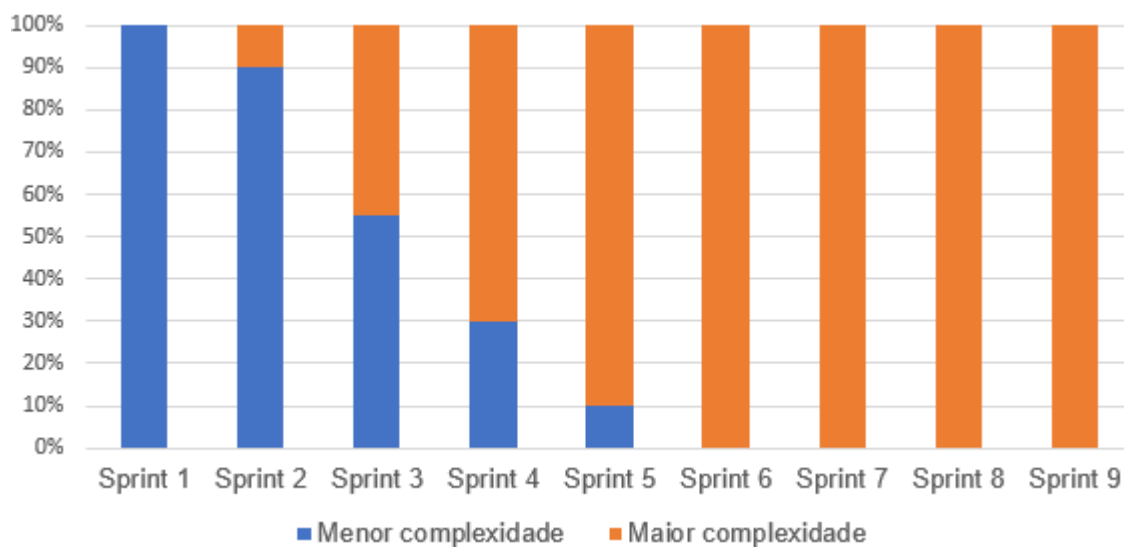
4.3 *Sprints* do projeto

Realizou-se uma reunião colaborativa com toda a equipe (*Sprint Planning*) para definir e organizar as atividades de cada sprint com base na sua complexidade e prioridade. Na ocasião, foi estabelecido que o projeto seria dividido em nove *Sprints*, com duração estimada entre duas a três semanas cada.

As primeiras *Sprints* foram dedicadas a entregas de menor complexidade, envolvendo itens classificados como *carry over*, ou seja, funcionalidades herdadas de projetos anteriores que necessitavam apenas de adaptações ao novo contexto do veículo híbrido. Essa estratégia permitiu ganhos iniciais de produtividade e foco na consolidação do ambiente de desenvolvimento.

Já as *Sprints* finais foram direcionadas às atividades mais complexas, que exigiam maior esforço de desenvolvimento e validação. Essa distribuição progressiva levou em consideração o entendimento de que, à medida que o projeto avançasse, a equipe estaria mais familiarizada tecnicamente com as demandas específicas do sistema híbrido. Dessa forma, seria possível aplicar as lições aprendidas nas etapas iniciais para otimizar a execução nas etapas mais desafiadoras do projeto. Na Figura 17 é possível observar essa divisão de complexidade das atividades de forma percentual em cada bloco de *Sprint*.

Figura 17 – Divisão de complexidade das atividades.



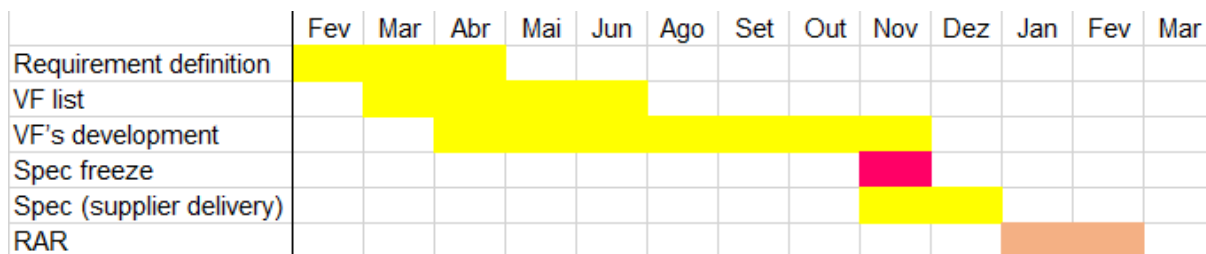
Fonte : Elaborado pelo Autor (2025).

A organização das atividades ao longo do projeto, bem como seu respectivo cronograma de execução, estão representados na Tabela 2 e Figura 18 respectivamente. Essa visualização contribui para o acompanhamento do progresso e evidencia a estratégia gradual de desenvolvimento adotada ao longo do projeto. Para o foco do estudo de caso, está sendo analisado um recorte do projeto que está definido pelas atividades de *VF list* e *VF's development*, onde foi analisado e levantado os critérios técnicos necessários para a factibilidade do desenvolvimento do projeto, além da necessidade da produção de 400 documentos funcionais ao todo para o veículo.

Tabela 2 - Plano integrado de atividades planejadas.

Plano Integrado de Atividades		
Atividade	Tradução	Objetivo
<i>Requirement definition</i>	Definição de requisitos	Definição do escopo do projeto
<i>VF list</i>	Lista de documentos funcionais que vão ser adaptados	Definir quais documentos precisarão ser trabalhados
<i>VF's development</i>	Desenvolvimento de documentos funcionais do veículo	Desenvolver as funcionalidades técnicas do projeto
<i>Spec freeze</i>	Congelamento do conjunto de documentos técnicos do projeto	Estabelecer um congelamento de todos os documentos necessários ao projeto em último nível
<i>Spec (supplier delivery)</i>	Envio da <i>Spec</i> para os fornecedores	Enviar para o fornecedor os requisitos técnicos para ele desenvolver o software
<i>RAR</i>	Apontamento de possíveis problemas identificados pelo fornecedor	Reescrever algum documento em que foi detectado um eventual erro pelo fornecedor
<i>VF list</i>	Lista de documentos funcionais que vão ser adaptados	Definir quais documentos precisarão ser trabalhados

Fonte: Adaptado pelo Autor com base em dados do projeto (2025).

Figura 18 – Gráfico de *Gantt* para atividades listadas na Tabela 2.

Fonte: Adaptado pelo Autor com base em dados do projeto (2025).

Esse plano integrado foi confeccionado com a ajuda da ferramenta do *Excel* e compartilhado com toda a equipe, sendo passível de ajustes ao longo do projeto, conforme as necessidades fossem surgindo.

4.4 Evolução do projeto

De posse das informações iniciais necessárias para o início do projeto, a equipe deu início ao desenvolvimento das atividades técnicas. Para acompanhar a evolução do trabalho e identificar possíveis pontos de bloqueio (*blocking points*), eram realizadas duas reuniões semanais, uma às segundas-feiras e outra às quintas-feiras, promovendo alinhamento contínuo e maior controle sobre o andamento das entregas.

Para facilitar o monitoramento do progresso, o *Scrum Master* adotou o uso de uma tabela de acompanhamento em tempo real, construída em planilha eletrônica, na qual era possível visualizar o percentual de avanço de cada *Sprint*. Nelas, é possível observar a distribuição das entregas planejadas para cada ciclo, com destaque para a ordem crescente de complexidade adotada pela equipe, conforme discutido anteriormente. À medida que os integrantes finalizavam suas tarefas, atualizavam o controle interno da equipe. Com base em fórmulas previamente definidas, a planilha calculava automaticamente o progresso consolidado de cada ciclo.

A Figura 19 ilustra um exemplo dessa ferramenta, demonstrando um recorte de como o progresso das *Sprints* era visualizado de forma quantitativa e atualizada, contribuindo para a transparência, auto-organização e tomada de decisão durante o projeto. Embora o projeto tenha sido dividido em nove sprints, a Figura 19 apresenta um recorte que contempla apenas os cinco primeiros ciclos. Essa seleção foi feita para fins de ilustração do progresso parcial do time, servindo como apoio para análise de desempenho inicial.

Figura 19 – Tabela de acompanhamento do progresso do projeto.

	CW1	CW2	CW3	CW4	CW5	CW6	CW7	CW8	CW9	CW10	CW11	CW12	CW13	CW14	CW15	CW16	CW17	CW18	CW19	
Sprint 1									100%											
Sprint 2										100%										
Sprint 3														88%						
Sprint 4																		60%		
Sprint 5																				

Fonte: Adaptado pelo Autor com base em dados do projeto (2025).

Esses *Sprints* foram divididos de forma a englobar todas as atividades planejadas do projeto, demonstradas pela Tabela 2 do plano integrado. Após cada *Sprint* concluído, realizava-se no fim da semana uma retrospectiva dos pontos

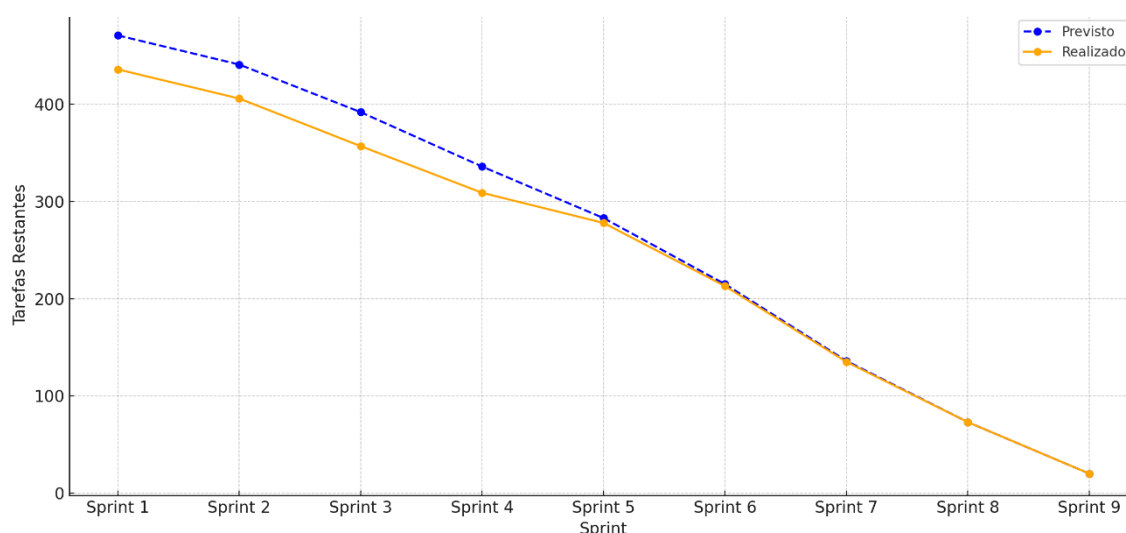
entregues, com a conferência dos documentos, possíveis pontos de correção e melhoria para a próxima atividade a ser desenvolvida e depois de concluída, o processo seguia de forma cíclica.

Outra ferramenta empregada no projeto para aprimorar o acompanhamento das entregas de forma visual e dinâmica foi o *Gráfico Burndown*. Este recurso é amplamente utilizado em projetos ágeis, especialmente no *framework Scrum*, e tem como principal função exibir, de forma clara e contínua, a quantidade de trabalho restante em relação ao tempo disponível para a sprint ou para o projeto como um todo (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020).

O gráfico foi construído com base em um eixo horizontal que representa o tempo da *Sprint* e um eixo vertical que indica a quantidade total de tarefas ou esforço estimado. Através dessa ferramenta, foi possível identificar potenciais desvios de ritmo, ou bloqueios, possibilitando que ajustes rápidos no planejamento fossem feitos.

A Figura 20 apresenta o *Gráfico Burndown* utilizado no projeto, evidenciando como o time monitorava o andamento das *Sprints* em tempo real. A linha azul representa a tendência ideal de trabalho, ou seja, o ritmo planejado que se espera para a conclusão das tarefas. Já a linha laranja corresponde ao desempenho real do trabalho e entrega de documentos.

Figura 20 – Gráfico *Burndown* aplicado ao projeto.



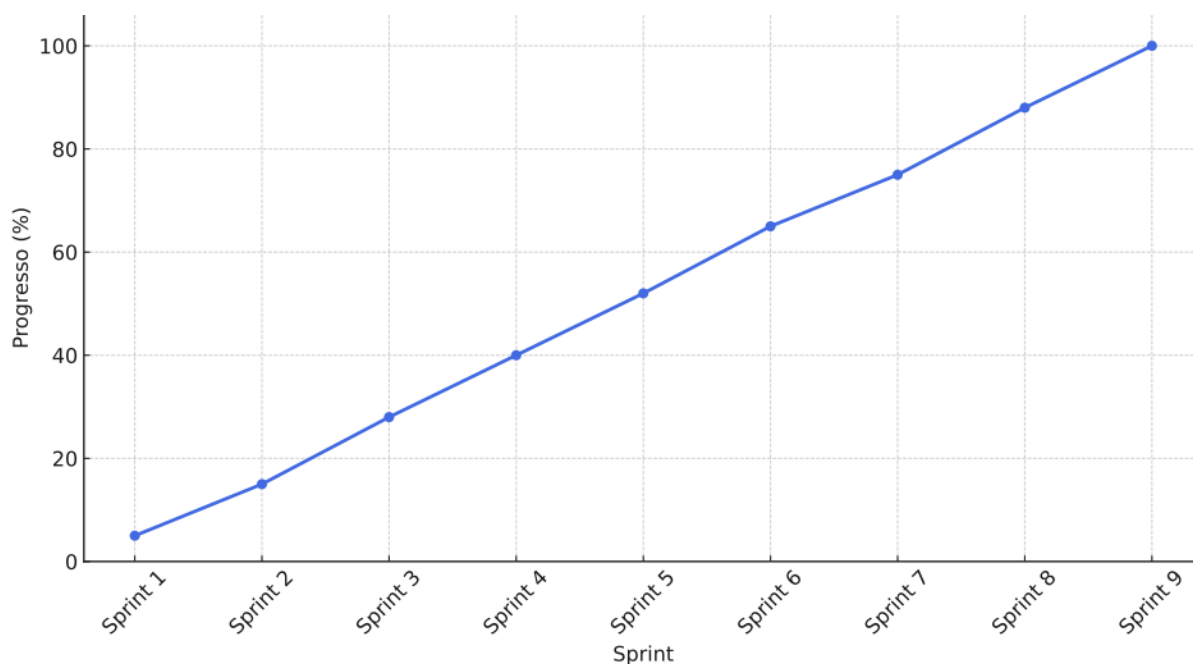
Fonte: Adaptado pelo Autor com base em dados do projeto (2025).

É possível observar pelo *Gráfico Burndown* (Figura 20) que, ao longo das *Sprints* 3 e 4, a equipe enfrentou maiores dificuldades em manter o ritmo planejado

de entregas, resultando em um acúmulo de documentos pendentes, como indicado pela diferença entre a linha azul (planejada) e a laranja (real). Esse desvio estava relacionado à complexidade das tarefas e à inclusão de novos itens no escopo, no entanto, nas *Sprints* subsequentes, observa-se uma tendência de recuperação no desempenho da equipe, com redução gradual, que pode ser observada principalmente depois do *Sprint 5*.

Para facilitar o acompanhamento do progresso do projeto como um todo, além do *Gráfico de Burndown* podemos destacar também o gráfico de progresso acumulado das *Sprints*, representado pela Figura 21, que embora não se trate da aplicação formal de um *Gráfico de Burnup*, sua estrutura adaptada permite representar a evolução percentual das entregas ao longo do tempo até a conclusão. Pode-se observar uma tendência contínua de avanço, com aceleração nas etapas finais, refletindo o amadurecimento do time e o refinamento dos requisitos ao longo do desenvolvimento.

Figura 21 – Progresso acumulado ao longo do projeto.



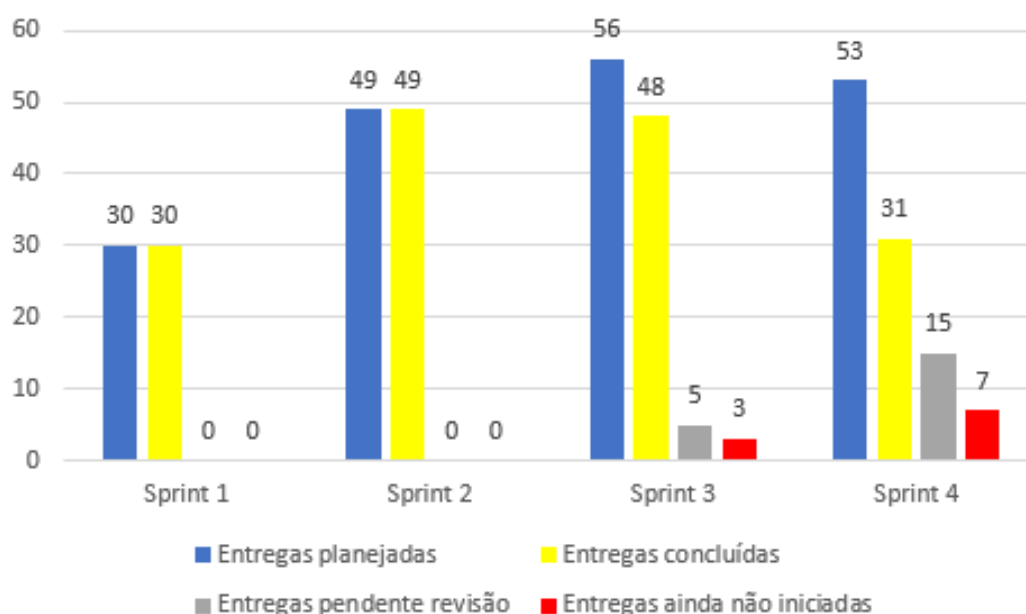
Fonte: Adaptado pelo Autor com base em dados do projeto (2025).

4.5 Desafios enfrentados

Ao longo da execução do projeto, foi necessário realizar ajustes pontuais no escopo em função da inviabilidade técnica de alguns requisitos inicialmente propostos. Determinadas funcionalidades precisaram ser reavaliadas, substituídas ou removidas, ao passo que novos requisitos foram adicionados para atender às demandas reais do sistema híbrido. Essas alterações impactaram diretamente o cronograma, gerando pequenos atrasos que foram prontamente identificados durante as reuniões semanais e discutidos até que se encontrassem soluções viáveis e alinhadas com os objetivos do projeto.

A Figura 22 ilustra esse cenário ao apresentar a comparação entre a quantidade planejada e a quantidade efetivamente entregue de documentos por *Sprint*. Observa-se que, na *Sprint 3*, havia a expectativa de entrega de 56 documentos, mas apenas 48 foram concluídos dentro do prazo, assim como na *Sprint 4* que previa a entrega de 53 atividades, mas apenas 31 foram concluídas no prazo. Esse desvio de desempenho foi justificado pela necessidade de revisão técnica de parte dos requisitos, fator que foi prontamente comunicado ao líder do projeto e tratado nas reuniões semanais.

Figura 22 – Entregas planejadas x entregas realizadas.



Fonte: Adaptado pelo Autor com base em dados do projeto (2025).

4.6 Experiência anterior

Antes da adoção da metodologia ágil *Scrum* no projeto atual, a empresa havia conduzido um projeto semelhante, também voltado ao desenvolvimento de um módulo eletrônico para gerenciamento de energia, porém aplicado a veículos MHEV, diferentemente do novo projeto, que tem como foco a tecnologia HEV.

No projeto anterior, do ano de 2022, foi empregada uma metodologia tradicional do tipo cascata, com um planejamento inicial sequencial e estruturado em etapas bem definidas. O cronograma previa entregas específicas em pontos fixos do projeto, com designações de responsabilidades e marcos predefinidos. No entanto, não foram adotados mecanismos de acompanhamento contínuo, validação iterativa ou adaptação ao longo da execução, características que poderiam ter reduzido os impactos das mudanças ocorridas durante o desenvolvimento.

Assim como no projeto atual, os requisitos técnicos passaram por diversas alterações ao longo do tempo. Contudo, a natureza linear da abordagem tradicional impôs dificuldades na incorporação dessas mudanças, comprometendo a eficácia do processo. O cronograma original não foi revisado durante o projeto, e a ausência de *checkpoints* periódicos impediu a identificação precoce de atrasos e desvios. Como consequência, muitos gargalos só foram percebidos nas fases finais, resultando em retrabalho significativo e replanejamento tardio. Também se observou uma comunicação fragmentada entre os setores, dificultando o alinhamento técnico entre as áreas de *hardware*, *software* e testes.

O impacto mais significativo foi o atraso de aproximadamente três meses na entrega final, cujo lançamento, inicialmente previsto para outubro de 2022, foi adiado para janeiro do ano seguinte. Esse atraso decorreu, principalmente, da identificação tardia de falhas de integração entre os componentes — situações que poderiam ter sido mitigadas com um processo mais iterativo e validado progressivamente. Além disso, houve baixa visibilidade do progresso por parte dos *stakeholders*, o que comprometeu a tomada de decisões e gerou insatisfação com os resultados intermediários.

Um ponto de aprendizado que se destaca no projeto anterior, é a evidência de que além da escolha da metodologia, a forma como ela é aplicada é determinante para o sucesso do projeto. A simples adoção de uma abordagem tradicional, sem o acompanhamento contínuo, sem adaptação às mudanças e sem o envolvimento ativo

das equipes, comprometeu significativamente os resultados. Esse aprendizado reforça que a eficácia na gestão de projetos está diretamente ligada à disciplina na execução e ao comprometimento dos envolvidos.

4.7 Percepções da aplicação da metodologia

A análise entre os dois projetos, ainda que baseada em uma amostragem limitada, revelou diferenças significativas nos resultados obtidos. A adoção da adaptação do *Scrum* no projeto atual demonstrou-se mais eficaz em contextos caracterizados por alta complexidade técnica, incertezas recorrentes e mudanças frequentes de escopo — cenários típicos do desenvolvimento de tecnologias emergentes como os sistemas híbridos automotivos.

A aplicação da metodologia ágil contribuiu para uma gestão de riscos mais eficiente, promovendo a previsibilidade das entregas, o engajamento da equipe e uma maior visibilidade do progresso ao longo do ciclo de desenvolvimento. Destaca-se, ainda, a capacidade de adaptação rápida frente a requisitos que foram sendo redefinidos durante o projeto, sem que isso compromettesse de forma significativa o cronograma previamente estabelecido.

Entre os benefícios observados, destaca-se a redução de retrabalho, favorecida pela abordagem iterativa e pela identificação precoce de falhas. A metodologia também potencializou a integração entre áreas técnicas, como *hardware*, *software* e validação, promovendo uma comunicação mais fluida e eficaz. Além disso, a estrutura de *Sprints* e cerimônias ágeis contribuiu para um ambiente de trabalho mais colaborativo, refletido em maior motivação e autonomia dos membros da equipe.

A possibilidade de realizar entregas parciais e incrementais ao longo do projeto permitiu testes e validações frequentes, o que impactou diretamente na qualidade final do produto. Esse aspecto foi especialmente relevante diante do desafio de desenvolver uma solução inédita para veículos HEV, segmento ainda recente no mercado e com poucas referências técnicas consolidadas.

Esses aprendizados e lições aprendidas serão fundamentais para nortear futuros projetos dentro da organização, contribuindo para o fortalecimento de uma cultura de melhoria contínua e para a construção de um modelo de gestão mais eficiente, flexível e alinhado aos objetivos técnicos e estratégicos da empresa.

Na Tabela 3, é possível observar de forma sintetizada essas percepções em relação ao projeto anterior com a metodologia cascata.

Tabela 3 - Percepções observadas dos projetos analisados.

Critério Avaliado	Projeto 2022 (cascata)	Projeto 2024 (Scrum)
Visibilidade do Progresso	Baixa	Alta
Comunicação entre equipes	Fragmentada	Fluida e integrada
Adaptação a mudanças de requisitos	Limitada	Rápida e contínua
Gestão de riscos	Reativa	Proativa
Entregas parciais	Não realizadas	Frequentes e validadas
Engajamento da equipe	Moderado	Elevado
Retrabalho	Significado	Reduzido
Atendimento ao cronograma	Atrasado (3 meses)	Dentro do previsto (com pequenos ajustes)

Fonte : Elaborado pelo Autor (2025).

5 CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia ágil *Scrum* no desenvolvimento do módulo de controle eletrônico para gerenciamento de energia em veículos híbridos demonstrou-se eficaz e altamente benéfica para o contexto da engenharia automobilística. O projeto, caracterizado por alta complexidade técnica, múltiplas interfaces e requisitos em constante evolução, exigia uma abordagem flexível, iterativa e colaborativa – premissas fundamentais do *Scrum*.

Ao longo do projeto, foi possível observar uma série de melhorias em comparação com um projeto anterior conduzido sob metodologia tradicional. Destacam-se a maior adaptabilidade às mudanças de escopo, a redução de retrabalho técnico, o aumento na frequência das validações e a elevação no nível de engajamento da equipe. Além disso, a visibilidade constante do progresso e a entrega contínua de funcionalidades permitiram tomadas de decisão mais rápidas e assertivas por parte dos *stakeholders*.

O time *Scrum*, composto pelo *Product Owner*, *Scrum Master* e o *Development Team*, mostrou-se coeso e eficiente ao longo dos sprints, contribuindo para o cumprimento dos prazos estabelecidos e para a entrega de um produto com qualidade superior. O uso de ferramentas como o backlog do produto, gráficos *Burndown* e reuniões semanais se mostrou decisivo para garantir alinhamento e foco contínuo nas prioridades do projeto.

Apesar de alguns desafios iniciais, os resultados obtidos comprovam que a metodologia *Scrum* é viável e vantajosa para projetos de engenharia complexos, especialmente em ambientes que exigem inovação, integração de áreas e resposta ágil às mudanças.

Por fim, este estudo reforça que a aplicação eficaz de qualquer metodologia de gestão — seja tradicional ou ágil — depende do comprometimento dos times envolvidos, da adaptação à cultura organizacional e do monitoramento constante do progresso. O *Scrum*, mais do que um conjunto de cerimônias, exige envolvimento ativo, transparência e colaboração genuína. Assim, a experiência relatada neste trabalho não apenas validou a viabilidade da abordagem ágil, mas também apontou caminhos para sua aplicação mais madura em futuros projetos de engenharia na indústria automotiva e futuros estudos.

REFERÊNCIAS

- ÅGREN, M.; HOLMGREN, L.; GORSCHER, T. **Agile Beyond Teams and Feedback Beyond Software in Automotive Systems**. In: *Proceedings of the 2022 IEEE/ACM International Conference on Software and System Processes (ICSSP)*. ACM, 2022.
- ANDERSON, D. J. **Kanban: successful evolutionary change for your technology business**. Blue Hole Press, 2010.
- ANDRADE, L. R.; LOPES, M. P. **Sistemas de propulsão veicular: do convencional ao elétrico**. Rio de Janeiro: LTC, 2022.
- BECK, K. *et al.* **[Manifesto for Agile Software Development]**. 2001. Disponível em: <https://agilemanifesto.org>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- BECK, K. **Extreme Programming Explained: Embrace Change**. 2. ed. Addison-Wesley, 2000.
- BOSCH. **Automotive Electrics and Electronics: Systems and Components, Networking and Hybrid Drive**. 6. ed. Stuttgart: Springer Vieweg, 2019.
- CERVONE, H. F. Understanding agile project management methods using Scrum. *OCLC Systems & Services: International Digital Library Perspectives*, v. 27, n. 1, p. 18–22, 2011.
- COHN, M. **Succeeding with agile: software development using Scrum**. Addison-Wesley, 2010.
- CORDEIRO, T. R. *et al.* **Aplicação do Scrum em ambientes industriais: um estudo de caso na indústria de equipamentos**. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 4, n. 1, p. 45–56, 2019.
- DESENVOLVIMENTOÁGIL. **Scrum**. 2014. Disponível em: <http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/>. Acesso em: 25 jul. 2024.
- DIAS, F. M.; HIRANO, S. Y. **Veículos híbridos e elétricos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2020.
- FERNANDES, C. B. *et al.* **Utilização de metodologias ágeis em projetos industriais de inovação: um estudo em empresas brasileiras**. *Revista Gestão Industrial*, v. 16, n. 2, p. 33–49, 2020.
- GASNIER, D. **Guia prático para gerenciamento de projetos**. São Paulo: IMAM, 2000.

GRAY, C. F.; LARSON, E. W. **Gerenciamento de projetos: o processo gerencial**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

GRENNING, James. **Planning Poker or How to Avoid Analysis Paralysis While Release Planning**. *Agile Journal*, 2002. Disponível em: <https://www.agilealliance.org/resources/experience-reports/planning-poker/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

HIGHSMITH, J. **Agile project management: creating innovative products**. Boston: Addison-Wesley, 2002.

HOSSEINI, S. **Xcrum: A Synergistic Approach Integrating Extreme Programming with Scrum**. arXiv, 2023.

KERZNER, Harold. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. 12. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017.

KETTUNEN, P. **Adopting key lessons from agile manufacturing to agile software product development: a comparative study**. *Technovation*, v. 29, n. 6–7, p. 408–422, 2009.

KNIBERG, Henrik; SKARIN, Mattias. **Kanban and Scrum - Making the Most of Both**. InfoQ, 2010. Disponível em: <https://www.infoq.com/minibooks/kanban-scrum-minibook/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

LARMAN, C. **Agile and iterative development: a manager's guide**. Boston: Addison-Wesley, 2004.

LEFFINGWELL, Dean. **Agile Software Requirements: Lean Requirements Practices for Teams, Programs, and the Enterprise**. Boston: Addison-Wesley, 2011.

LEITE, C. M.; NASCIMENTO, R. F.; COSTA, P. R. **Aplicação da metodologia ágil Scrum no desenvolvimento de sistemas embarcados automotivos: estudo de caso em uma montadora nacional**. *Revista Brasileira de Engenharia de Produção*, v. 27, n. 2, p. 102–118, 2021.

MAHNIČ, Viljan. **A Capstone Course on Agile Software Development Using Scrum**. *IEEE Transactions on Education*, v. 55, n. 1, p. 99-106, 2012. DOI: 10.1109/TE.2011.214.

MASSARI, L. V. **Gerenciamento ágil de projetos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

OLIVEIRA, E. S. **Uso de metodologias ágeis no desenvolvimento de software**. 2003. Dissertação (Graduação em Informática) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PMI – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 6. ed. Pennsylvania: PMI, 2017.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. 7. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

ROYCE, W. W. Managing the development of large software systems. *Proceedings of IEEE WESCON*, 1970.

SCHWABER, K. **Guia do Scrum**. Scrum Alliance, 2009.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **The Scrum Guide: the definitive guide to Scrum: the rules of the game**. Scrum.org, 2020.

SILVA, D.; SOUZA, I.; CAMARGO, T. **Metodologias ágeis para o desenvolvimento de software: aplicação e o uso da metodologia Scrum em contraste ao modelo tradicional de gerenciamento de projetos**. *Computação Aplicada*, v. 2, n. 1, 2013.

SOUZA, R. M. de *et al.* **Infraestrutura de recarga para veículos elétricos e híbridos plug-in: desafios e perspectivas**. *Revista Brasileira de Mobilidade Elétrica*, v. 8, n. 1, p. 23–34, 2021.

VIEIRA, D. **Scrum: a metodologia ágil explicada de forma definitiva**. Disponível em: <http://www.mindmaster.com.br/scrum/>. Acesso em: 16 maio 2025.