

# APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS AGILE À MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA

Dora Alves<sup>1,2,\*</sup>; Andreia Santos<sup>1</sup>; Bruno Oliveira<sup>1</sup>; Emilio Alberto Camino<sup>1</sup>; Luís Andrade Ferreira<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Associação Centro de Competências Ferroviário, Porto, Portugal

<sup>2</sup> Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal

\*Corresponding author: [dora.alves@ccferroviario.pt](mailto:dora.alves@ccferroviario.pt)

**RESUMO:** A aplicação dos princípios Agile à manutenção possibilita uma abordagem dinâmica e flexível que permite enfrentar os desafios dos sistemas de transporte modernos. Os modelos mais tradicionais de manutenção podem apresentar limitações quando expostos às rápidas mudanças e complexas exigências da infraestrutura ferroviária, o que poderá promover ineficiências e vulnerabilidades. A manutenção Agile, ao incorporar ciclos iterativos, dados em tempo real e tomada de decisão colaborativa, proporciona melhorias na capacidade de resposta a imprevistos, priorização de intervenções e alocação de recursos. Esta abordagem fomenta práticas mais sustentáveis, pois permite um uso mais eficiente dos recursos disponíveis, reduzindo desperdícios e prolongando a vida útil da infraestrutura e equipamentos associados. A manutenção Agile potencia ainda a resiliência do sistema ao permitir a rápida adaptação às condições ambientais, eventos climáticos extremos e requisitos operacionais em evolução, resultando em menos e menores interrupções e melhorando a segurança da circulação. Este trabalho explora os princípios da manutenção Agile e propõe a aplicação de uma framework, AAPM, à infraestrutura ferroviária, sector onde a sua implementação poderá resultar em melhorias de eficiência, relação custo-benefício e impacto ambiental. Ao adotar práticas Agile, o setor fica mais bem preparado para lidar com as exigências do transporte moderno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção Agile, infraestrutura ferroviária, eficiência operacional, otimização de recursos, gestão de infraestrutura, sustentabilidade, resiliência.

## 1. Introdução

Este artigo propõe a aplicação dos princípios Agile à manutenção da infraestrutura ferroviária através de uma framework denominada *Agile Asset Performance Management* (AAPM). O objetivo desta framework é a incorporação dos princípios Agile na Gestão de Ativos. A metodologia Agile, originalmente desenvolvida no contexto do desenvolvimento de software, é aqui adaptada para responder aos desafios das alterações do contexto operacional e das complexas exigências associadas à manutenção da infraestrutura ferroviária.

## 2. Gestão de Ativos, Manutenção, Resiliência e Sustentabilidade na Infraestrutura Ferroviária

A gestão de ativos é essencial para as organizações responsáveis por infraestruturas complexas, como as ferroviárias. Tradicionalmente, a manutenção é realizada com recurso a metodologias mais convencionais, que nem sempre se revelam eficazes perante situações imprevistas. A metodologia Agile, com a sua flexibilidade e capacidade de adaptação, é apresentada como uma alternativa capaz de melhorar a disponibilidade do sistema, melhorar a sua segurança e reduzir custos.

Uma gestão eficiente dos ativos da infraestrutura ferroviária requer a coordenação de múltiplas atividades de forma a garantir a segurança, a eficiência e a sustentabilidade do sistema. Este processo abrange não só a manutenção, mas também a renovação e a melhoria da infraestrutura, visando otimizar o desempenho e reduzir o custo do ciclo de vida dos ativos. Estratégias como a RCM (*Reliability-Centred Maintenance*) e a utilização de sistemas CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) são fundamentais para garantir a fiabilidade e eficácia da manutenção.

### 3. Princípios Agile e a sua Aplicação à Manutenção

A manutenção Agile aqui apresentada baseia-se nos princípios Agile, originalmente desenvolvidos no setor do software, e adapta-os ao contexto da gestão de ativos para melhorar a capacidade de resposta a mudanças, otimizar processos e promover a colaboração. Esta abordagem assenta em ciclos iterativos de trabalho, na utilização de dados em tempo real e na tomada de decisões de forma colaborativa, isto permite uma resposta mais eficaz a imprevistos, uma melhor priorização das intervenções e uma alocação mais eficiente dos recursos. Os princípios Agile – como por exemplo orientação para o cliente, entrega frequente de valor, adaptação a alterações, colaboração e melhoria contínua – refletem-se na manutenção Agile, promovendo uma maior flexibilidade, cooperação entre equipas, entrega incremental de resultados e práticas mais sustentáveis, o que contribui para a redução de desperdícios e a extensão da vida útil da infraestrutura e dos equipamentos.

### 4. Framework para Integração de Agile na Manutenção da Infraestrutura Ferroviária

A framework AAPM, abordada neste artigo, é proposta como um modelo que tem por objetivo integrar os princípios Agile na gestão de ativos ferroviários. Esta abordagem estrutura-se em oito processos, os 8S da AAPM, que incluem: escolher os ativos, definir expectativas, especificar cenários, iniciar a análise, formar pacotes, padronizar a execução, supervisionar resultados e aperfeiçoar continuamente a *framework*. A AAPM visa melhorar a comunicação entre *stakeholders* e aumentar a eficiência operacional dos sistemas.

A implementação da AAPM inicia-se com a seleção criteriosa dos ativos a serem otimizados, dando prioridade àqueles com maior criticidade, menor desempenho e mais elevada prontidão. Segue-se a definição das expectativas, estas devem ser claras e realistas, baseadas em avaliações de desempenho e análises de risco. A especificação de cenários operacionais considera parâmetros estáticos e dinâmicos, permitindo uma adaptação contínua ao contexto. A análise de modos de falha e respetivas consequências gera uma lista de ações, organizadas em pacotes específicos. A execução padronizada dessas ações é integrada com sistemas CMMS, assegurando a qualidade dos dados e a melhoria contínua dos processos. A supervisão dos resultados recorre a metodologias RAM (*Reliability, Availability, and Maintainability*) para avaliar a eficácia das ações e identificar oportunidades de melhoria. Finalmente, o processo de aperfeiçoamento contínuo compara os resultados com as expectativas dos *stakeholders*, ajustando as ações sempre que necessário.

### 5. Conclusões e Trabalhos Futuros

A metodologia Agile apresenta benefícios significativos para a gestão de ativos e manutenção da infraestrutura ferroviária, nomeadamente maior flexibilidade, resposta mais ágil a mudanças, otimização de recursos e aumento da fiabilidade e sustentabilidade dos sistemas. A aplicação prática de uma framework baseada nos princípios Agile poderá resultar numa infraestrutura mais resiliente e eficiente, mais bem preparada para enfrentar os desafios do transporte atual. No entanto, a implementação da AAPM exige mudanças culturais e organizacionais para as quais nem todos estão predispostos.

A abordagem Agile promove maior colaboração entre as equipas de manutenção e os *stakeholders*, facilitando a comunicação e a integração das atividades com os objetivos estratégicos da organização. A entrega incremental de valor assegura que as melhorias sejam implementadas de forma contínua, permitindo a perceção dos benefícios ao longo do tempo. A framework AAPM destaca ainda a importância da padronização das ações de manutenção, garantindo consistência nas práticas e elevada qualidade dos dados recolhidos. A supervisão contínua dos resultados, com base em KPI (*Key Performance Indicators*), permite monitorizar a eficácia das ações e identificar áreas de melhoria. Este ciclo de melhoria contínua assegura que a metodologia se mantém alinhada com as necessidades operacionais e evolui com as novas exigências.

Em suma, a aplicação dos princípios Agile à manutenção da infraestrutura ferroviária, através da framework AAPM, constitui uma abordagem inovadora e eficaz. Com foco na flexibilidade, colaboração, entrega incremental de valor e melhoria contínua, a AAPM tem o potencial de transformar a gestão de ativos, promovendo uma infraestrutura ferroviária mais resiliente e sustentável. Apesar de exigir uma mudança de paradigma organizacional, os benefícios esperados fazem desta abordagem uma aposta promissora para as entidades gestoras.