

# FMEA na manutenção: potencial da aplicação da teoria axiomática

F. A. Chindula, T. A. N. Silva

f.chindula@campus.fct.unl.pt; tan.silva@fct.unl.pt

<sup>1</sup> UNIDEMI, Department of Mechanical and Industrial Engineering, NOVA School of Science and Technology, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal.

<sup>2</sup> LASI – Laboratório Associado de Sistemas Inteligentes, Portugal.

## 1. NOTA INTRODUTÓRIA

O desenvolvimento de *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) é uma abordagem estabelecida no âmbito da manutenção centrada na fiabilidade (*Reliability-Centered Maintenance* – RCM). A base da FMEA é constituída pela definição dos modos de falha de cada ativo ou sistema. Este trabalho pretende evidenciar o potencial da Teoria Axiomática de Projeto (AD) na melhoria da FMEA, pela definição estruturada dos modos de falha a monitorizar e pela análise prévia à observabilidade destes, através da definição da sensorização necessária.

## 2. FMEA COMO METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO

A norma NP EN 13306: 2021 define manutenção como a “*combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um ativo, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida*”. Ao longo das últimas décadas, as estratégias de manutenção evoluíram bastante, com base em técnicas de manutenção corretiva, para estratégias mais sofisticadas, como a manutenção preventiva condicionada, até à abordagem RCM.

O processo de manutenção em RCM procura identificar sistematicamente todas as funções e falhas funcionais dos ativos, identificando também as causas mais prováveis para essas falhas. Em RCM, os efeitos da ativação de cada modo de falha são identificados e a sua severidade é ponderada (Moble, 2008). É então fundamental desenvolver FMEA, para se implementar a estratégia de manutenção RCM.

A metodologia FMEA compreende a definição clara e exaustiva de todos os modos de falha associadas aos componentes e acessórios de um ativo selecionado para análise (Stamatis 2003). Criada pelo exército americano nos anos 50, a metodologia FMEA

focou-se na análise de falhas de sistemas e equipamentos, onde era avaliada a sua eficiência, tendo por base o impacto sobre uma missão ou o sucesso de defesa pessoal de cada soldado. Na década de 60, FMEA foi aprimorada e desenvolvida pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), quando foi tomando espaço nos setores aeroespaciais. Porém, desde 1976 vem sendo usada no ramo automobilístico e atualmente constitui uma ferramenta imprescindível para as empresas fornecedoras deste segmento (Bastos, 2006).

### 2.1. Teoria Axiomática de Projeto (AD)

Desde a primeira publicação em 1978, a AD evoluiu para se tornar uma das teorias de projeto de engenharia mais versáteis para desenvolvimento de projetos de ordem diversa. Criada por Nam P. Suh, a AD surgiu da necessidade de estruturar e fundamentar cientificamente as opções de projeto, eliminando a subjetividade associada a esta área (Farid & Suh, 2016).

A característica mais distintiva da AD é a utilização de axiomas para guiar o projetista ao longo do processo de conceção de um produto ou serviço. A partir dos axiomas de independência e de informação foram derivados teoremas e corolários, estabelecendo uma base teórica que facilita o avanço na atividade de projeto. Suh define formalmente projeto como a criação de soluções

sintetizadas na forma de produtos, processos ou sistemas que satisfaçam o domínio dos requisitos das partes interessadas, através de um modelo lógico de decomposição funcional e de um fluxo de relações entre requisitos funcionais do sistema (*FR*) e parâmetros de projeto ou componentes (*DP*). Acresce ainda um segundo nível de correspondência entre variáveis de processo (*PV*) e componentes do sistema (Farid & Suh, 2016).

## 3. PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DE FMEA & AD

A literatura existente é abundante em trabalhos na aplicação de FMEA, mas mais limitada quanto à definição de modos de falha. Quanto à AD, a sinergia desta teoria na área de manutenção é quase inexistente, havendo, no entanto, vantagem no desenvolvimento de uma abordagem integrada FMEA-AD.

A proposta de integração FMEA-AD, na perspetiva deste estudo, refere-se ao processo que combina a FMEA e a AD para uma identificação abrangente, estruturada e sistemática de modos de falha em equipamentos mecânicos. Assim, a abordagem visa o controlo da condição de equipamentos através de um diagnóstico integrado com a FMEA, resultando no potencial aumento da disponibilidade dos equipamentos por via da implementação da proposta de FMEA axiomática.

### 3.1. Potencial sinérgico

A AD fornece uma estrutura de projeto que permite a implementação sistemática do projeto de manutenção, enquanto a FMEA analisa a fiabilidade global do sistema baseada nos modos e riscos de falha e oferece uma avaliação quantitativa da severidade associada a esses modos de falha (Rausand et al., 2021). A FMEA tradicional analisa e elenca modos de falha com uma abordagem *bottom-up* (do componente para o equipamento), que pode ser inadequada em sistemas complexos. No entanto, a AD visa



**FMEA-AD: a FMEA axiomática com vista à identificação abrangente, estruturada e sistemática de modos de falha.**