

# A falta de manutenção das linhas elétricas como causa de incêndios florestais e falhas de fornecimento de eletricidade

## *Lack of maintenance of power lines as a cause of forest fires and power outages*

[10.29073/rae.v4i1.1291](#)

**Recebido:** 26 de agosto de 2026.

**Aprovado:** 23 de setembro de 2026.

**Publicado:** XX de mês de 20XX.

**Autor/a 1 (Correspondente):** Jorge Raposo , Universidade Lusófona, Portugal, [p7976@ulusofona.pt](mailto:p7976@ulusofona.pt).

**Autor/a 2:** Hugo Raposo , Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal, [hugo.raposo@isec.pt](mailto:hugo.raposo@isec.pt).

### Resumo

Este artigo analisa a Gestão de Ativos Físicos concretamente a relação entre a falta de manutenção das linhas elétricas e a ocorrência de incêndios florestais (IF). Os incêndios florestais representam uma ameaça crescente em regiões com vegetação densa e clima seco. Em Portugal, eventos como o de Pedrógão Grande (2017) e em outros pontos do globo demonstraram a vulnerabilidade das infraestruturas elétricas mal mantidas.

Através da análise da manutenção das linhas, operacionais e históricos, o estudo evidencia como a negligência na gestão da vegetação sob linhas de alta tensão pode ser um fator determinante nas falhas de fornecimento de eletricidade e na ignição de incêndios, especialmente em condições atmosféricas adversas. O artigo também compara o caso português com práticas e incidentes nos Estados Unidos e Austrália, propondo recomendações e a utilização de ferramentas de manutenção e de gestão de ativos que possam ajudar na prevenção e na mitigação dos incêndios.

**Palavras-Chave:** Gestão de Ativos Físicos; Incêndios Florestais; Linhas Elétricas; Manutenção; Proteção Civil.

### Abstract

This article analyzes Physical Asset Management, specifically the relationship between the lack of maintenance of power lines and the occurrence of forest fires (FF). Forest fires represent a growing threat in regions with dense vegetation and dry climates. In Portugal, events such as the Pedrógão Grande fire (2017) and in other parts of the globe have demonstrated the vulnerability of poorly maintained electrical infrastructure.

Through the analysis of line maintenance, operational and historical data, the study highlights how negligence in the management of vegetation under high-voltage lines can be a determining factor in power supply failures and the ignition of fires, especially in adverse atmospheric conditions. The article also compares the Portuguese case with practices and incidents in the United States and Australia, proposing recommendations and the use of maintenance and asset management tools that can help in the prevention and mitigation of fires.

**Keywords:** Civil Protection; Forest Fires; Maintenance; Physical Asset Management; Power Lines.

## 1. Introdução

Os incêndios florestais constituem uma das maiores ameaças ambientais e sociais em regiões com vegetação densa e clima seco. Em Portugal, episódios dos grandes incêndios como os de Pedrógão Grande de 2017 e complexo de incêndios de outubro de 2017, que vitimaram mais uma centena de pessoas, demonstraram a vulnerabilidade das infraestruturas elétricas mal mantidas e a sua ligação direta à ignição de fogos [1]. Outro incêndio grave foi em Monchique (2018) como podemos ver na Figura 1. A relação entre linhas elétricas e incêndios florestais é hoje reconhecida como um fator crítico na gestão de riscos, tanto a nível nacional como internacional.

**Figura 1:** Linha elétrica da EDP causou grande incêndio de Monchique (2018)<sup>1</sup>.



A literatura internacional confirma que os incêndios provocados por linhas elétricas não são um fenómeno isolado. Segundo dados da National Fire Protection Association (NFPA), entre 2011 e 2015, cerca de 14% dos incêndios em áreas florestais nos EUA tiveram origem em falhas elétricas [2]. Na Califórnia, entre 2017 e 2022, embora apenas 9% dos incêndios tenham sido atribuídos a linhas elétricas, estes representaram 67% dos custos totais (aproximadamente USD 2,4 mil milhões/ano) [3]. Estes números evidenciam que, apesar de não serem a principal causa em termos de frequência, os incêndios associados a infraestruturas elétricas são desproporcionalmente mais destrutivos e onerosos.

**Figura 2:** Linha elétrica da Southern California Edison (SCE) causou grande incêndio de californiana (EUA) (2025)<sup>2</sup>.



Tal como acontece com outros ativos, cuja fiabilidade depende de programas rigorosos de manutenção preventiva e corretiva [4] também as linhas elétricas exigem uma abordagem sistemática e estruturada. A Norma NP EN 13306:2007[5], distingue entre manutenção preventiva (programada, sistemática, condicionada ou preditiva) e corretiva (urgente ou diferida). Esta lógica pode ser transposta para as redes elétricas: inspeções periódicas das faixas de servidão, limpeza sistemática da vegetação, monitorização com sensores e drones, e intervenções imediatas após falhas ou incidentes.

Por exemplo a análise FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) permite identificar falhas críticas e priorizar ações [4]. Aplicada às linhas elétricas, esta metodologia pode identificar os modos de falha mais

<sup>1</sup><https://www.sulinformacao.pt/2019/11/pj-conclui-linha-eletrica-da-edp-causou-grande-incendio-de-monchique/>

<sup>2</sup><https://www.jn.pt/mundo/artigo/distribuidora-eletrica-admite-eventual-envolvimento-em-fogo-sem-vitimas-em-los-angeles/17846498>

relevantes: contacto da vegetação com cabos, falha de isoladores, queda de postes ou torres e proteção insuficiente dos sistemas de corte automático. A lógica difusa, usada para lidar com dados imprecisos nos veículos, pode igualmente ser aplicada às linhas elétricas, permitindo classificar a criticidade de falhas com base em variáveis como severidade, ocorrência e detetabilidade.

Outro aspeto relevante é a inevitabilidade técnica: como sublinha [3], nenhuma rede elétrica pode ser mantida em estado de falha zero. A vastidão dos sistemas, cabos, isoladores, torres, transformadores implicam que falhas aleatórias ocorram inevitavelmente. Uma fração destas resulta em ignições quando em contacto com vegetação seca. Assim, a questão não é apenas técnica, mas também económica e social. Nos EUA, os custos diretos dos incêndios florestais rondam os USD 11 mil milhões/ano, sem contabilizar os custos indiretos.

Do ponto de vista jurídico, podemos ainda pensar na responsabilidade civil. Enquanto vítimas de incêndios causados por linhas elétricas podem processar as empresas e obter compensações, vítimas de incêndios causados por raios ou fogueiras não têm mecanismos equivalentes. Esta assimetria gera injustiça social, pois a compensação depende da existência de uma entidade solvente a quem atribuir culpa. Por exemplo tal podia ser resolvido com a criação de um sistema de compensação sem culpa (no-fault), semelhante ao modelo de Workers' Compensation, assegurando indemnizações básicas independentemente da causa do incêndio. Em Portugal, embora exista legislação sobre faixas de gestão de combustível e servidões elétricas, a fiscalização e responsabilização são frequentemente insuficientes [6]. A comparação com a Califórnia revela diferenças significativas: enquanto nos EUA há normas técnicas rigorosas (como a exigência de resistência a ventos de até 225 km/h), em Portugal persistem lacunas na aplicação sistemática das normas e na responsabilização por omissões [7-8]

Deste modo, este artigo posiciona o problema em duas dimensões complementares: Técnica e operacional, a inevitabilidade das falhas e a necessidade de manutenção preventiva rigorosa. Económica e social, os custos desproporcionais dos incêndios com causas elétricas e a injustiça na distribuição ou sequer atribuição das compensações.

A análise que se segue procura integrar estas dimensões, comparando casos portugueses e internacionais, e propondo recomendações para uma política de manutenção tal como proposto em [9-10] que seja simultaneamente eficaz, justa e sustentável.

## **2. Contextualização Nacional e internacional**

### **2.1. Casos de Incêndios Nacionais**

Em Portugal, diversos episódios recentes evidenciam a estreita relação entre infraestruturas elétricas e a ocorrência de incêndios florestais. O caso de Mortágua, em 2005, ilustra de forma trágica como o contacto da vegetação com linhas de média tensão pode originar situações fatais, tendo resultado na morte de quatro bombeiros durante operações de combate. Já em 2017, o incêndio de Pedrógão Grande, considerado o mais mortal da história recente do país, com 66 vítimas fatais, foi associado a falhas na gestão das faixas de servidão elétrica, revelando fragilidades estruturais na manutenção preventiva das redes [1]. Outros episódios reforçam esta problemática. Em Amares, em 2022, um helicóptero colidiu com cabos de alta tensão durante o combate às chamas, agravando a propagação do fogo e demonstrando os riscos adicionais que estas infraestruturas representam em cenários de emergência. Mais recentemente, em Mértola, foram registadas pelo menos doze ignições sob linhas de alta tensão, levando a E-REDES a anunciar inspeções preventivas como resposta à crescente preocupação com a segurança da rede. No mesmo ano, em Canas, Coimbra, verificou-se a ignição por contacto da vegetação com cabos de alta tensão em condições meteorológicas adversas, temperaturas de 30 °C, ventos de 17 km/h e humidade relativa de 47%. Fatores que amplificaram a probabilidade de propagação rápida das chamas. Estes episódios revelam que a gestão da vegetação sob linhas elétricas constitui um elo fraco na prevenção de incêndios florestais. A conjugação de infraestruturas envelhecidas, práticas de manutenção insuficientes e condições meteorológicas extremas cria um cenário de elevada vulnerabilidade. Em dias de vento forte e baixa humidade, mesmo pequenos contactos entre vegetação e cabos podem transformar-se em focos

de incêndio com potencial devastador. Assim, torna-se evidente a necessidade de reforçar políticas de gestão integrada da rede elétrica, incluindo inspeções regulares, maior investimento em soluções tecnológicas de monitorização e, em determinados contextos, a substituição de linhas aéreas por subterrâneas. Apenas através de uma abordagem preventiva e sistemática será possível reduzir significativamente o risco de ignições associadas às infraestruturas elétricas e, consequentemente, mitigar os impactos dos incêndios florestais em Portugal.

## **2.2. Casos de Incêndios Internacionais**

Nos Estados Unidos, a empresa Pacific Gas and Electric (PG&E) foi responsabilizada por múltiplos incêndios devastadores, incluindo o Camp Fire (2018), que matou 85 pessoas e destruiu a cidade de Paradise (PG&E Corporation, 2021). Dados recentes mostram que apenas 9% dos incêndios na Califórnia foram atribuídos a linhas elétricas, mas representaram 67% dos custos totais (USD 2,4 mil milhões/ano) [4]. A PG&E gasta 1,5 mil milhões USD /ano em programas de gestão da vegetação, mas enfrenta limitações legais e operacionais para cortar árvores em propriedades privadas. O sistema jurídico norte-americano agrava os custos: a doutrina de *inverse condemnation* responsabiliza as empresas mesmo sem prova de negligência, levando a indemnizações importantes. No trabalho de Babrauskas [3] é proposta a criação de um sistema de compensação sem culpa (no-fault), assegurando indemnizações básicas independentemente da causa do incêndio. Em 2023, na ilha de Maui, Hawai, onde incêndios devastaram a cidade de Lahaina e resultaram em 115 mortes, configurando-se como o desastre mais mortal do gênero no país em mais de um século. Autoridades locais acusaram a Hawaiian Electric Company de negligência por não ter desligado a rede elétrica durante ventos fortes e condições de seca, circunstâncias que favoreceram a propagação das chamas. Testemunhas relataram faíscas provenientes das linhas elétricas, reforçando a hipótese de que a infraestrutura energética desempenhou um papel central na ignição do fogo [11]. Em 2025, na Califórnia, investigações apontaram uma torre de transmissão elétrica em Eaton Canyon como possível origem de incêndios em Los Angeles, evidenciando novamente a relação entre falhas na rede e a ocorrência de desastres [12]. Esses episódios se inserem em um contexto mais amplo de fragilidade estrutural, uma vez que cerca de 70% das linhas de transmissão e distribuição nos Estados Unidos encontram-se na segunda metade de sua vida útil, aumentando os riscos de falhas em situações de estresse climático [13]. Na Austrália, a temporada de incêndios de 2019–2020, conhecida como *Black Summer*, constitui outro exemplo paradigmático. Estima-se que cerca de 18,6 milhões de hectares tenham sido queimados, resultando na destruição de mais de 2500 residências e na morte de 34 pessoas de forma direta, além de aproximadamente 445 vítimas indiretas em decorrência da inalação de fumaça. Investigações posteriores identificaram que linhas elétricas caídas ou danificadas contribuíram para a ignição de parte dos focos de incêndios, especialmente nos estados de Nova Gales do Sul e Victoria, reforçando a necessidade de maior atenção à manutenção da infraestrutura energética em regiões propensas a incêndios [14-15].

## **2.3. Comparação**

A comparação entre os casos evidencia que, tanto nos Estados Unidos quanto na Austrália, as falhas em linhas elétricas desempenharam papel significativo na deflagração de incêndios de grandes proporções. Em ambos os países, os episódios resultaram em perdas humanas, ambientais e econômicas expressivas, além de processos judiciais contra empresas de energia. A modernização da infraestrutura elétrica e a adoção de protocolos de desligamento preventivo em situações de risco extremo têm sido discutidas como medidas essenciais para mitigar futuros desastres. Assim, a análise dos casos reforça a importância de políticas públicas voltadas para a resiliência energética e para a prevenção de incêndios florestais em contextos de crescente vulnerabilidade climática. Em ambos os contextos, a vegetação próxima às linhas é o elo fraco. A diferença está na resposta institucional: enquanto nos EUA há normas técnicas rigorosas e investimentos em infraestrutura subterrânea. Em Portugal, ainda há lacunas na fiscalização e na responsabilização.

**Tabela 1:** Casos de acidentes que resultaram em incêndios florestais relacionados com infraestruturas elétricas.

| Ano  | Local              | Causa Relacionada                           | Consequências                        |
|------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| 2005 | Mortágua, Portugal | Vegetação tocou linha de média tensão       | 4 bombeiros falecidos                |
| 2017 | Pedrógão Grande    | Falhas na gestão de servidões elétricas     | 66 mortos, desastre nacional         |
| 2018 | Califórnia, EUA    | Linha da PG&E causou o Camp Fire            | 85 mortos, cidade destruída          |
| 2020 | Oregon, EUA        | Falhas da PacifiCorp                        | Indemnizações muito avultadas        |
| 2022 | Amares, Portugal   | Helicóptero colidiu com cabos               | Piloto ferido, propagação agravada   |
| 2023 | Hawaii             | Rede elétrica com ventos fortes             | 115 mortes                           |
| 2025 | Mértola, Portugal  | Contato recorrente entre vegetação e linhas | 12 ignições registadas               |
| 2025 | Canas, Coimbra     | Toque de vegetação em linhas elétricas      | Incêndio florestal sob ventos fortes |

Os casos na Tabela 1 reforçam a importância de uma gestão rigorosa da vegetação e da manutenção preventiva das infraestruturas elétricas. Comparando com Portugal, verifica-se que, enquanto nos EUA existem normas técnicas rigorosas (linhas resistentes a ventos de até 225 km/h, programas de substituição por linhas subterrâneas), em Portugal persistem lacunas na fiscalização e responsabilização Casos Notáveis

### 3. Perspetiva da Gestão de Ativos

Silva et al. (2021), ao abordarem a manutenção de veículos de combate a incêndios florestais (VFCI), oferecem paralelos relevantes para a gestão de infraestruturas elétricas. Tal como os veículos exigem manutenção preventiva e corretiva para assegurar fiabilidade, disponibilidade e durabilidade, também as linhas elétricas devem ser alvo de programas estruturados de manutenção. Neste contexto, a manutenção preventiva programada corresponde à realização de inspeções periódicas das faixas de servidão, enquanto a manutenção sistemática implica a limpeza anual obrigatória das zonas de risco. A manutenção condicionada ou preditiva pode ser implementada através da utilização de sensores e drones para monitorizar cabos e isoladores, permitindo a deteção precoce de anomalias. Por sua vez, a manutenção corretiva refere-se às intervenções imediatas após falhas ou incidentes, garantindo a rápida reposição da segurança operacional.

A metodologia FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis), aplicada por Silva (2021) aos VFCI, revela-se igualmente pertinente para as linhas elétricas, possibilitando a identificação de falhas críticas como o contacto da vegetação com cabos, a falha de isoladores ou a proteção insuficiente dos sistemas de corte automático. Complementarmente, a aplicação de lógica difusa permite classificar a criticidade das falhas mesmo em cenários de dados incompletos, aumentando a robustez da análise de risco.

A adoção de tecnologias e boas práticas reforça a eficácia da prevenção. Inspeções com drones e câmaras térmicas (Figura 3), já implementadas em países como os Estados Unidos e Portugal, têm permitido a deteção precoce de isoladores danificados.

**Figura 3:** Inspeções com drones e câmaras térmicas.

A gestão sistemática da vegetação resultou numa redução dos incidentes com descargas em áreas rurais, tem impacto direto da manutenção preventiva. A substituição de linhas aéreas por subterrâneas, como ocorreu na Flórida (EUA), eliminou ignições em zonas críticas após tempestades, constituindo um exemplo de investimento estrutural com benefícios comprovados. Em Portugal, em 2023, inspeções levaram à substituição preventiva de cabos com isolamento comprometido em Aveiro, evitando potenciais falhas. Estes exemplos demonstram que a manutenção preventiva deve ser encarada como um investimento estratégico e não como um custo operacional. A integração de metodologias analíticas, tecnologias avançadas e práticas sistemáticas de gestão da vegetação e da infraestrutura elétrica constitui um caminho essencial para reduzir significativamente o risco de ignições e mitigar os impactos dos incêndios florestais.

#### 4. Conclusão

A análise dos casos em Portugal e nos Estados Unidos demonstra que a falta de manutenção das linhas elétricas constitui um fator crítico tanto na ignição de incêndios florestais como nas falhas de fornecimento de energia. A negligência neste domínio tem-se traduzido em tragédias humanas, perdas ecológicas de grande escala e custos económicos de dimensão astronómica, evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada e multidisciplinar.

A prevenção deve assentar em quatro pilares fundamentais. Em primeiro lugar, a gestão rigorosa da vegetação sob as faixas de servidão elétrica, que se revela o elo mais vulnerável na prevenção de ignições. Em segundo lugar, a inspeção tecnológica contínua, recorrendo a sensores, drones e sistemas de monitorização avançados, capazes de identificar precocemente falhas em cabos e isoladores. Em terceiro lugar, reformas regulatórias e jurídicas que assegurem a responsabilização das entidades gestoras e garantam compensações justas, reduzindo simultaneamente os custos litigiosos. Por fim, o envolvimento das comunidades locais, que desempenham papel essencial na vigilância territorial e na adoção de práticas preventivas.

Tal como nos veículos de combate a incêndios florestais, cuja fiabilidade depende de programas estruturados de manutenção preventiva e corretiva, também as linhas elétricas devem ser encaradas não apenas como infraestruturas de eficiência energética, mas como elementos centrais das políticas de proteção civil e ambiental. A sua manutenção preventiva deve ser entendida como investimento estratégico, capaz de reduzir riscos e mitigar impactos de desastres.

Deste modo, as recomendações prioritárias incluem: a revisão periódica das faixas de servidão sob linhas elétricas; a implementação de sensores para monitorização de contactos com vegetação; o investimento em linhas subterrâneas em zonas de alto risco; campanhas de sensibilização dirigidas a operadores e comunidades locais; a integração de dados meteorológicos em sistemas de alerta precoce; e reformas jurídicas que assegurem compensação justa e maior eficácia regulatória.

Em síntese, a prevenção de incêndios associados às infraestruturas elétricas exige uma visão sistémica que articule tecnologia, regulação, gestão ambiental e participação social. Apenas através desta abordagem integrada será possível reduzir significativamente a vulnerabilidade estrutural e garantir maior resiliência face aos desafios impostos pelas alterações climáticas e pela crescente pressão sobre os ecossistemas florestais.

#### Referências

- [1] Viegas, et al. (2017). *Relatório de análise aos incêndios Pedrógão Grande*. Universidade de Coimbra.
- [2] National Fire Protection Association. (2021). *Electrical fires: Causes and prevention*. NFPA.
- [3] Babrauskas, V. (2024). Electricity-caused wildland fires: Costs, social fairness, and proposed solution. *Fire*, 7(12), 442. <https://doi.org/10.3390/fire7120442>
- [4] Silva, F., Raposo, J., Farinha, J. T., Raposo, H., & Reis, L. (2023). Study of the condition of forest fire fighting vehicles. *Fire*, 6(7), 274. <https://doi.org/10.3390/fire6070274>

- [5] Raposo, H. D. N., Farinha, J. T., Fonseca, I., & Ferreira, L. A. (2019). Predictive maintenance based on condition of oil engines in urban buses – A case study. *Actuators*, 8(1), 14. <https://doi.org/10.3390/act8010014>
- [6] Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil. (2023). *Relatório anual de incêndios rurais*. ANEPC.
- [7] Agility Effect. (s.d.). *Nos Estados Unidos, uma rede elétrica sob tensão*. <https://www.theagilityeffect.com/br/article/nos-estados-unidos-uma-rede-eletrica-sob-tensao/>
- [8] PG&E Corporation. (2021). *Wildfire mitigation and safety progress report*. PG&E.
- [9] Raposo, J., et al. (2026). The importance of the correct use and management of aerial means of rotary wing in forest fires. In M. Singh et al. (Eds.), *Proceedings of the UNified Conference of DAMAS, InCoME VIII and TEPEN Conferences: UNified 2024* (Mechanisms and Machine Science, Vol. 181). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-93327-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-93327-1_11)
- [10] Raposo, H. D. N., Raposo, J. R. N., Farinha, J. T., & Pais, J. E. dAe. (2026). Emergency vehicles (ambulances): The importance of condition maintenance in the service quality. In M. Singh et al. (Eds.), *Proceedings of the UNified Conference of DAMAS, InCoME VIII and TEPEN Conferences: UNified 2024* (Mechanisms and Machine Science, Vol. 181). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-93327-1\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-031-93327-1_26)
- [11] BBC News. (2023, 25 de agosto). *Incêndios no Havaí: Hawaiian Electric é processada por suposta negligência em tragédia que matou mais de 100 pessoas*. <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cn0j9xg7d8do>
- [12] CNN Brasil. (2025, 6 de novembro). *Incêndio em Los Angeles pode ter sido causado por torre de transmissão elétrica*. <https://www.cnnbrasil.com.br>
- [13] National Interagency Fire Center. (2023). *Wildfire statistics and causes*. <https://www.nifc.gov>
- [14] Australian Government, Department of Agriculture, Water and the Environment. (2020). *Impacts of the 2019–2020 bushfires (Black Summer)*. <https://www.dccceew.gov.au>
- [15] The Guardian. (2020, 23 de janeiro). *Australia fires: Electricity lines blamed for bushfire ignition*. <https://www.theguardian.com>

### Declaração Ética

**Conflito de Interesse:** Nada a declarar. **Financiamento:** Nada a declarar. **Revisão por Pares:** Dupla-cega.



Todo o conteúdo da **RAE — Revista de Ativos de Engenharia** é licenciado sob [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.