

MANNA FIRE DETECTION: MODELO DE DETECÇÃO DE FOCOS DE INCÊNDIO

Luiz Gabriel Lopes da Silva (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Alisson R. Svaigen, Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientadora). E-mail: 136114@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciência da Computação/Sistemas de Computação

Palavras-chave: Internet das Coisas, Internet dos Drones, Inteligência Artificial.

RESUMO

O aumento da frequência de incêndios florestais, agravado por mudanças climáticas, secas prolongadas e ações humanas, demanda soluções eficientes para detecção precoce. Este trabalho apresenta o Manna Fire Detection, um modelo de detecção automática de fogo e fumaça baseado na arquitetura YOLO, treinado com bases de imagens rotuladas em diversos cenários. Como metodologia, foi desenvolvido um modelo de treinamento e teste. A partir do modelo foram realizadas uma série de experimentações, tendo como ponto de partida bases de dados relacionadas, na qual foram avaliadas diferentes métricas, como precision, recall e mean Average Precision (mAP). Para reduzir falsos positivos causados por elementos semelhantes ao fogo, como nuvens e reflexos, foi implementado um sistema de confirmação manual por popup. Os resultados demonstram potencial para aplicação do modelo em sistemas de monitoramento ambiental, com possibilidade de integração futura a plataformas IoT e IoD.

INTRODUÇÃO

O aumento da frequência e intensidade dos incêndios florestais é um problema global, impulsionado por mudanças climáticas, secas prolongadas e ações humanas, causando impactos ambientais, econômicos e sociais significativos (UNEP, 2022). Tecnologias como Inteligência Artificial (IA) e Visão Computacional surgem como estratégias para detecção e resposta rápidas. Modelos treinados para reconhecer padrões de fogo e fumaça têm avançado no monitoramento, embora ainda enfrentam o desafio de manter alta acurácia e baixo índice de falsos positivos em diferentes condições (SHAMSOSHOARA et al., 2020). Este trabalho apresenta o Manna Fire Detection, um modelo de detecção automática de fogo e fumaça baseado na arquitetura YOLO (*You Only Look Once*), visando aplicação em

ambientes urbanos e florestais, com possibilidade de integração futura a sistemas de Internet das Coisas (IoT) e Internet dos Drones (IoD) para resposta automatizada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos prévios investigam os desafios e a eficácia de modelos de IA para detecção automática de fogo e fumaça. Viseras et al. (2019) e Afghah et al. (2019) destacam o uso de drones para monitoramento e detecção em áreas remotas; Kinaneva et al. (2019) e Hüttner et al. (2017) aplicam *deep learning* para detecção de fogo em tempo real; Shamsoshoara et al. (2020) apresentam o conjunto de dados FLAME para identificação de queimadas. Essas referências fornecem a base técnica e conceitual que sustenta o desenvolvimento deste trabalho.

A pesquisa iniciou-se com a seleção de bases de imagens rotuladas contendo registros de fogo e fumaça em diferentes condições de iluminação, ângulos e cenários, incluindo ambientes urbanos e florestais para maior robustez no treinamento. O modelo YOLO foi escolhido por sua alta eficiência na detecção em tempo real, sendo treinado em Python com as bibliotecas PyTorch e Ultralytics. A biblioteca OpenCV foi utilizada para detecção em tempo real com câmera. Hiperparâmetros como taxa de aprendizado, número de épocas e batch size foram ajustados conforme a necessidade com base nos resultados. Durante o treinamento, foram monitoradas métricas de precision, recall e mAP.

O processo ocorreu em duas fases: inicialmente, em notebook com processador AMD Ryzen 5 5600U, GPU NVIDIA GeForce GTX 1650 e 16 GB de RAM; posteriormente, em servidor do Ecosystema Manna equipado com processador Intel Core i7-10700K, 126 GB de RAM e GPU NVIDIA GeForce RTX 4070 (12 GB), reduzindo significativamente o tempo de processamento e permitindo maior número de iterações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo treinado apresentou desempenho satisfatório na detecção de fogo e fumaça. A análise dos erros indicou que neblina, nuvens iluminadas e cores semelhantes às do fogo foram as principais causas de falsos positivos. Para mitigá-los, implementou-se um sistema de popup que exibe o frame capturado e solicita confirmação manual antes do registro do evento.

A Figura 1 ilustra um exemplo de detecção correta de foco de incêndio pelo modelo YOLO, evidenciando sua eficácia na identificação de padrões visuais em cenários reais. A Figura 2 apresenta a evolução das perdas (loss) e métricas durante o

treinamento e validação, com redução consistente das perdas de box, class e DFL. As métricas de precision e recall estabilizaram-se em torno de 0,82 e 0,75, enquanto mAP50 e mAP50-95 atingiram aproximadamente 0,78 e 0,50, confirmando boa capacidade de generalização em diferentes condições ambientais.

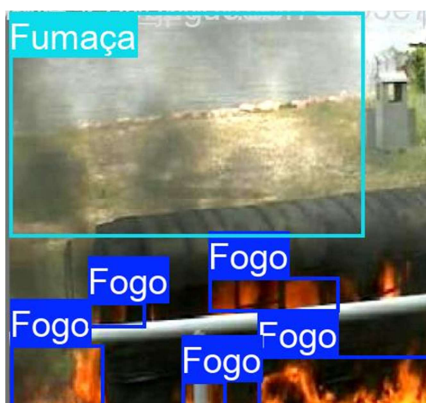


Figura 1 – Exemplo de detecção correta de foco de incêndio pelo modelo YOLO treinado.

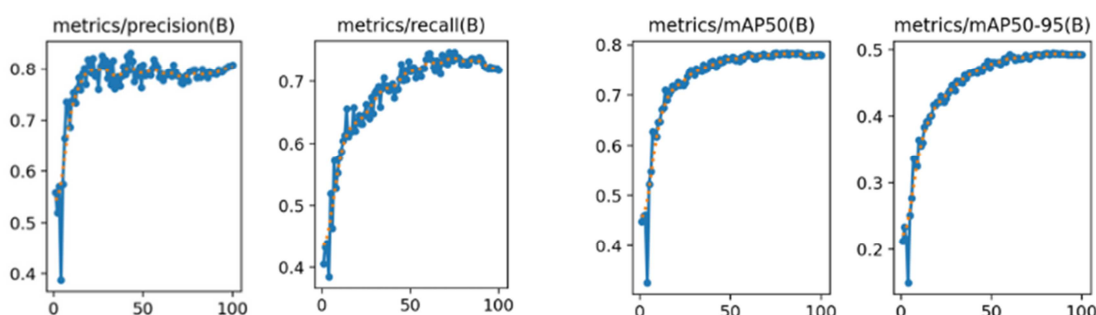


Figura 2 – Evolução das métricas de desempenho do modelo YOLO durante o treinamento e validação.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o Manna Fire Detection, um modelo baseado em YOLO para a detecção eficaz de fogo e fumaça em tempo real, atendendo aos requisitos iniciais de precisão e aplicabilidade. Como trabalho futuro, pode-se integrar o modelo a sistemas de monitoramento por drones e câmeras fixas, permitindo transmissão e análise contínua dos dados. Assim, a proposta apresenta potencial significativo para contribuir com o desenvolvimento de tecnologias na prevenção e mitigação de incêndios florestais e urbanos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ecossistema Manna Team pelo apoio e colaboração durante o desenvolvimento deste projeto. Também manifestamos nossa gratidão à Fundação Araucária para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (F.A.) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil pelo suporte nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- VISERAS, A.; MARCHAL, J.; SCHAAB, M.; PAGES, J.; ESTIVILL, L. Wildfire Monitoring and Hotspots Detection with Aerial Robots. In: **International Conference on Robotics and Automation (ICRA)**, 2019. p. 1-8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8848961> . Acesso em: 17 fev 2025.
- KINANEVA, D.; HRISTOV, G.; RAYCHEV, J.; ZAHARIEV, P. Early Forest Fire Detection Using Drones and Artificial Intelligence. In: **MIPRO Conference on Robotics and Automation**, 2019. p. 1-6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8756696> . Acesso em: 17 fev 2025.
- HÜTTNER, V.; STEFFENS, C. R.; BOTELHO, S. S. da C. First Response Fire Combat: Deep Learning-Based Visible Fire Detection. In: **International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)**, 2017. p. 1-6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8215312> . Acesso em: 17 fev 2025.
- AFGHAH, F.; RAZI, A.; CHAKARESKE, J.; ASHDOWN, J. Wildfire Monitoring in Remote Areas using Autonomous Unmanned Aerial Vehicles. In: **International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)**, 2019. p. 1-8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org> . Acesso em: 17 fev 2025.
- SHAMSOSHOARA, A.; AFGHAH, F.; RAZI, A.; ZHENG, L.; FULÉ, P. Z.; BLASCH, E. Aerial Imagery Pile Burn Detection Using Deep Learning: The FLAME Dataset. **arXiv preprint**, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2012.14036> . Acesso em: 13 fev 2025.
- UNEP (United Nations Environment Programme). **Spreading like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires**. 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires> . Acesso em: 12 fev 2025.