

Uso de *Deep Learning* para Diferenciação de Carvão Proveniente de Espécies Nativas e Plantadas

Ester Freitas Laurengo, Daniel Freire Júnior, Moyses Naves de Moraes, Rodolpho Vilela Alves Neves, Angelica de Cassia Oliveira Carneiro, Benedito Rocha Vital

ODS12

Categoria: Pesquisa

Introdução

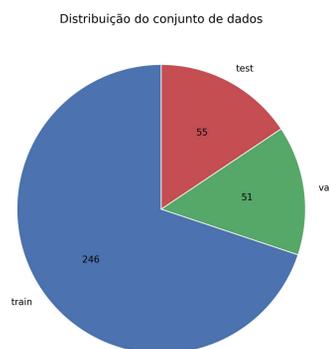
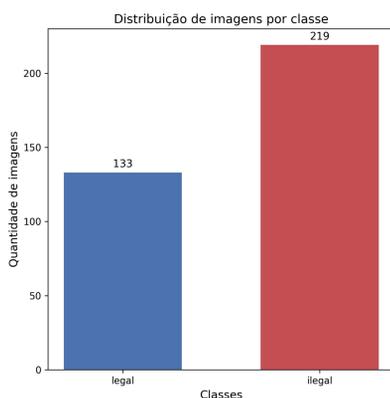
O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, utilizado principalmente pela indústria siderúrgica, com destaque para Minas Gerais como maior consumidor. Apesar dos avanços da silvicultura, ainda há uso significativo de madeira nativa, reforçando a necessidade de sistemas de rastreabilidade mais eficientes. Nesse cenário, redes neurais convolucionais (CNNs) surgem como alternativa promissora, permitindo classificação automatizada de padrões visuais. O presente trabalho propõe um modelo baseado na arquitetura VGG-16 para distinguir carvões oriundos de florestas nativas e de plantios comerciais a partir de imagens macroscópicas, buscando oferecer uma solução rápida, acessível e escalável para o setor.

Objetivos

Classificar a origem do carvão vegetal com CNNs (VGG-16) a partir de imagens macroscópicas.

Metodologia

O conjunto de dados utilizado foi disponibilizado pelo LAPEM/UFV e reuniu 385 imagens de carvão vegetal, sendo 219 classificadas como ilegais e 133 como legais. Para garantir imparcialidade na avaliação, o dataset foi dividido em três subconjuntos exclusivos: treinamento (246 imagens), validação (51 imagens) e teste (55 imagens). Considerando o desbalanceamento entre classes, aplicou-se a técnica de *class weighting* na função de perda, assegurando maior equidade no aprendizado.



As imagens passaram por um processo de pré-tratamento que incluiu o redimensionamento para 224×224 pixels e a normalização com a função *preprocess_input* da VGG16, compatibilizando os dados de entrada com o modelo base. Para ampliar a diversidade do conjunto de treino e reduzir o risco de sobreajuste, aplicou-se *data augmentation* em tempo real, com transformações como rotação de até 40° , zoom e *shear* de 20%, deslocamentos horizontais e verticais, além de espelhamento horizontal.

A arquitetura proposta seguiu o paradigma de *transfer learning* utilizando a VGG16 pré-treinada no ImageNet. Suas camadas convolucionais foram inicialmente congeladas para atuar como extrator de características, sobre as quais foram adicionadas camadas densas para a classificação binária: *Flatten*, *Dense* (256 neurônios, ReLU), *Dropout* de 50% e a camada de saída *Dense* com ativação Sigmoid.



O treinamento foi realizado com o otimizador Adam (taxa de aprendizado $1e-4$) e a função de perda Binary Cross-Entropy. Em seguida, procedeu-se ao *fine-tuning* das últimas camadas convolucionais da VGG16, liberadas para ajuste com taxa de aprendizado reduzida ($1e-5$), permitindo um refinamento gradual dos pesos. O processo foi monitorado por *EarlyStopping*, garantindo que apenas melhorias reais de generalização fossem incorporadas ao modelo.

Resultados

O modelo baseado na arquitetura VGG-16 obteve 96% de acurácia no conjunto de teste, confirmando sua alta capacidade de generalização. O desempenho foi detalhado por meio da matriz de confusão, além das métricas de precisão, revocação (recall) e F1-Score por classe, evidenciando consistência na classificação entre carvões de origem legal e ilegal.

Conclusões

O uso de CNNs (VGG-16) aplicado a imagens macroscópicas mostrou-se eficaz para distinguir carvões de origem legal e ilegal, alcançando 96% de acurácia. A abordagem reduz a dependência de análises microscópicas ou especialistas, oferecendo uma alternativa prática, escalável e de baixo custo para apoiar a rastreabilidade e a fiscalização da cadeia produtiva do carvão vegetal.

Bibliografia

NETO, Ricardo Rodrigues de Oliveira *et al.* Automatic identification of charcoal origin based on deep learning. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, v. 23, p. 1-12, 1 jan. 2021.

MARUAYAMA, T. M. *et al.* Automatic classification of native wood charcoal. *Ecological Informatics*, v. 46, p. 1-7, 1 jul. 2018.