

OTIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E CUSTO DO SKIDDER COM APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA APOIO AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS OPERAÇÕES FLORESTAIS

Isabela Fernanda Pereira Santos; Helen Vitaline de Castro Santos; Raiane Ribeiro Machado Gomes

ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura

Introdução

Os recursos florestais sempre se constituíram elemento fundamental para o desenvolvimento das sociedades (RODRIGUES et al., 2021). De acordo com a IBÁ (2023) o setor de árvores cultivadas para fins industriais tem ganhado relevância na economia brasileira, tanto no nível local, quanto internacionalmente. No ano de 2023, essa indústria subiu para o 5º lugar no PIB nacional, com um valor bruto da produção que alcançou R\$ 202,6 bilhões, apresentando um crescimento anual composto de 3,2% nos últimos dez anos (IBÁ, 2023). Dentre as atividades que compõe o setor florestal no processo produtivo, identifica-se a mecanização como peça fundamental para as operações de colheita (CRUZ, 2022). Um dos equipamentos amplamente utilizados nas operações florestais de colheita é o skidder, mas, apesar de sua reconhecida adequabilidade operacional, sua produtividade pode variar por diversos fatores, dentre eles a forma de disponibilização das toras no talhão (FREITAS, 2024).

Objetivos

Aplicar algoritmos de aprendizado supervisionado para prever a produtividade efetiva (m^3/h) e o custo operacional ($R\$/m^3$) do Skidder, visando apoiar o planejamento e a gestão das operações florestais por meio de simulações.

Metodologia

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizada uma base de dados a partir de operações reais de uma empresa do setor de celulose. Essa base inicial, já bastante expressiva, reúne aproximadamente 6 milhões de registros organizados em seis tabelas, cada uma correspondente a um tipo de solo. Entre as variáveis coletadas estão potência da máquina, diâmetro médio, peso da carga, distância de extração, inclinação do terreno, área da garra e coeficientes de aderência, rolamento e arraste. Essa diversidade e volume de informações garantem representatividade e confiabilidade às análises realizadas, servindo como fundamento sólido para o treinamento e teste dos modelos de aprendizado de máquina. Até o momento, foram desenvolvidos e avaliados modelos de aprendizado de máquina supervisionados, utilizando XGBoost Regressor e MLP Regressor, após etapas de pré-processamento que incluíram padronização, remoção de valores ausentes, normalização e limpeza dos dados. O desempenho foi medido por meio do coeficiente de determinação (R^2), do erro absoluto médio (MAE) e do tempo de execução.

Resultados e/ou Ações Desenvolvidas

Os resultados apresentados são parciais, correspondendo à etapa de desenvolvimento e avaliação dos modelos de aprendizado de máquina. Até o momento, tanto o XGBoost Regressor quanto o MLP Regressor mostraram alta precisão na previsão da produtividade (R^2 entre 0,95 e 0,97). Para o custo, o XGBoost se destacou pela maior robustez (R^2 até 0,91 e MAE < 2), enquanto o MLP apresentou maior variação, especialmente em solos arenosos úmidos. Em relação ao tempo de execução, o XGBoost foi mais eficiente, levando cerca de 6 minutos por solo contra até 20 minutos do MLP.

Conclusões

O uso de aprendizado de máquina supervisionado demonstrou ser uma estratégia eficaz para modelar e prever indicadores operacionais relevantes em colheita florestal. O XGBoost destacou-se como a melhor alternativa por sua alta acurácia, estabilidade nos resultados e eficiência computacional, sendo indicado como ferramenta de apoio à tomada de decisão em sistemas Full-Tree. O uso desses modelos permite maior previsibilidade, otimização de recursos e redução de riscos, contribuindo diretamente para o aumento da competitividade no setor florestal. Ressalta-se que este é um trabalho em andamento: os resultados apresentados correspondem à etapa atual da pesquisa. O próximo passo será aplicar um modelo de otimização, integrando os resultados preditivos para apoiar decisões operacionais mais precisas e estratégicas.

Bibliografia

- CRUZ, Jocemar da Silva. Estudo de caso sobre os custos de manutenção mecânica de um Harvester na região do Planalto Sul Catarinense. 2022. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão do Agronegócio) – Instituto Federal de Santa Catarina, Lages, 2022.
- FREITAS, Larissa Lara Moreira da Silva. Análise de rendimento em operações de arraste simples e arraste duplo na colheita florestal. 2024. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2024.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES-IBÁ. Relatório anual. 2024. Disponível em: <<https://iba.org/wp-content/uploads/2025/05/relatorio2024.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2025.
- RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos et. al. Eucalipto no Brasil: Expansão geográfica e impactos ambientais. Uberlândia: Composer, 2021. 179 p. ISBN 978-65-990365-5-2.