

IMPORTANTE

A apresentação do projeto de pesquisa nesse formato é **OBRIGATÓRIA** para participação no Edital **PROPPG 22/2022**.

O modelo de Proposta de projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico deverá ter no máximo 20 páginas.

Utilizar no documento Fonte Times New Roman, tamanho 12, com espaçamento 1,5, respeitando os títulos indicados e os limites de página propostos para cada item.

Deve-se usar margens esquerda e superior de 3 cm; e margens direita e inferior de 2 cm.

Todos os textos que estão grafados em azul neste modelo visam orientar o proponente quanto ao preenchimento do projeto. Após finalizar o projeto estes textos devem ser removidos.

O desrespeito a essas normas poderá implicar na **ELIMINAÇÃO DO PROPONENTE NO EDITAL**.

Aplicação de Redes Neurais Profundas para Classificação de Imagens de Ultra-Alta resolução para Monitoramento da Disseminação de Pinos no Ecossistema dos Campos Gerais
<Nome do Coordenador>

Mauren Louise Sguario Coelho de Andrade

ÁREA: (assinalar apenas uma opção sob pena de eliminação da Proposta)

- Agricultura & Agronegócio;
- Biotecnologia & Saúde;
- Energias Inteligentes;
- Cidades Inteligentes;
- Educação, Sociedade & Economia.
- Desenvolvimento Sustentável;
- Transformação Digital;
- área de conhecimento que apresenta aderência ao NAPI _____ **(preencher o nome do NAPI, caso seja esta a opção assinalada)**

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) - www.odsbrasil.gov.br. (assinalar pelo menos uma opção sob pena de eliminação da Proposta)

- ODS 1 – Erradicação da pobreza.
- ODS 2 – Fome zero e agricultura sustentável.
- ODS 3 – Saúde e bem-estar.
- ODS 4 – Educação de qualidade.
- ODS 5 – Igualdade de gênero.
- ODS 6 – Água potável e saneamento.

- () ODS 7 – Energia limpa e acessível.
- () ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico.
- () ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura.
- () ODS 10 – Redução das desigualdades.
- () ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis.
- () ODS 12 – Consumo e produção responsáveis.
- () ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima.
- () ODS 14 – Vida na água.
- (X) ODS 15 – Vida terrestre.
- () ODS 16 – Paz, justiça e instituições eficazes.
- () ODS 17 – Parcerias e meios de implementação.

RESUMO DO PROJETO (máximo de 200 palavras)

- Este projeto visa a realização de ações integradas para processamento, classificação, análise de imagens e disponibilização de resultados em um sistema on-line para o monitoramento do avanço de árvores de *Pinus taeda* na região dos Campos Gerais, no Paraná, visando aprimorar os instrumentos de gestão e detecção da perda da biodiversidade da região. Neste sentido, o projeto envolve as seguintes atividades: a) Captura de dados e informações em imagens de sensoriamento remoto; b) Processamento de imagens georreferenciadas obtidas; c) Geração de orto-mosaico de imagens; d) Classificação da espécie *Pinus taeda* proveniente das informações das orto-imagens; e) Verificação em campo, para ajustes e validação das classes, inclusive das diversas tipologias de vegetação, definidas em laboratório; f) Levantamento e espacialização de outras informações relativas ao território extraídas das orto-imagens, das bases cartográficas e informações geográficas existentes; g) Geração de novo Mapa Digital; i) Disponibilização para instituições e sociedade via web e/ou aplicativo de celular.
- Palavras Chaves: Sensoriamento remoto, redes neurais artificiais, machine learning

INTRODUÇÃO

De origem norte americana, região leste do Texas, no sul do EUA, as árvores de *Pinus taeda* possuem grande relevância para o setor de árvores cultivadas. No Brasil foram introduzidas no Estado de São Paulo em 1948 as espécies *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e *P. taeda*, denominadas "pinheiros amarelos". As espécies *P. elliottii* e *P. taeda* são de fácil trato e rápido crescimento com forte reprodução no Sul e Sudeste do Brasil (Shimizu, 2008).

Diferentes produtos, tais como, produção de celulose, papel, painéis de madeira e pisos laminados, entre outros, são gerados a partir da madeira extraído das árvores de *Pinus*. Com isso, motivando o crescimento das áreas cultivadas, em 17,6% do valor bruto da produção do setor de árvores cultivadas no Brasil, somente em 2020 (Iba, 2021).

Entretanto, o *Pinus* é uma espécie exótica invasora que se propaga sem a necessidade de assistência humana. Neste caso, podendo alterar e impactar na cobertura vegetal nativa próxima ou até distantes da planta-mãe. Portanto, o monitoramento da disseminação do *Pinus* pode auxiliar ambientalistas, autoridades e silvicultores na tomada

de decisão sobre o controle, corte e/ou poda das árvores em áreas em que a cobertura vegetal nativa é prejudicada.

Infelizmente, o monitoramento do avanço descontrolado de árvores de *Pinus* é uma tarefa que demanda mão de obra especializada e as tecnologias frequentemente empregadas, tais como veículos aéreos não tripulados - VANTs, são caros e de difícil manuseio.

O sensoriamento remoto, por outro lado, surge como uma alternativa de baixo custo, que possibilita o monitoramento de áreas de difícil acesso, com longas distâncias e em diferentes épocas. Com novos dados de satélite sendo disponibilizados diariamente, o monitoramento da disseminação de árvores de *Pinus*, pode ser realizada de forma periódica e por diferentes organizações, responsáveis pelo controle e proteção de áreas e reservas ambientais.

A aplicação de redes neurais artificiais em sensoriamento remoto vem se tornando uma alternativa eficiente em diferentes áreas de atuação, tais como, monitoramento de queimadas, qualidade da água, desmatamento, crescimento urbano, entre outras. Portanto, este trabalho propõe o uso de redes neurais artificiais na segmentação semântica, identificação e classificação de árvores de *Pinus taeda*, por meio de imagens de sensoriamento remoto. Para tanto, um sistema computacional será desenvolvido para a demarcação, o acompanhamento e a localização espacial e temporal de áreas afetadas pela espécie invasora na região dos Campos Gerais, no Paraná.

Como resultado, este trabalho pretende ainda, desenvolver uma página na internet e/ou aplicativo de celular que possa ser utilizada livremente por pesquisadores e/ou pela sociedade em geral, como agente fiscalizador e protetor das áreas afetadas, contribuindo desta forma na prevenção e detenção da perda da biodiversidade da região.

Objetivos

Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal, o desenvolvimento de uma página na internet e/ou aplicativo de celular para a segmentação semântica, identificação e classificação de árvores de *Pinus taeda*, na região dos Campos Gerais, no Paraná, por meio de uma nova metodologia baseada em redes neurais artificiais.

Objetivos específicos

- Para atingir-se o objetivo principal é fundamental que se atinja os seguintes objetivos específicos:
- Levantar as arquiteturas de redes neurais artificiais mais utilizadas na segmentação de imagens de sensoriamento remoto;
- Geração de base de imagens das áreas de interesse, para treinamento de redes neurais;
- Propor uma nova metodologia baseada em redes neurais artificiais para segmentação semântica e identificação de árvores na base de imagens;
- Classificar as árvores de *Pinus taeda* segmentadas e identificadas;

- Criar um sistema online de informações georreferenciadas para disponibilizar publicamente os dados gerados;

Justificativa da área de enquadramento da Proposta

O desenvolvimento sustentável e a manutenção da qualidade de vida dependem do equilíbrio entre questões ambientais, econômicas e sociais. Em função disso, é necessário o desenvolvimento de ações integradas para obter um levantamento atualizado do avanço descontrolado de espécies exóticas invasoras na região dos Campos Gerais via imagens de sensoriamento remoto. Consequentemente, possibilitando que ambientalistas, autoridades e silvicultores possam tomar decisão quanto ao controle, corte e/ou poda das árvores invasoras em áreas em que a cobertura vegetal nativa é prejudicada. A geração de orto-mosaicos e a classificação das árvores de *Pinus taeda* na região de interesse nas orto-imagens é um problema complexo, que pode ser tratado do ponto de vista de segmentação semântica, sendo a motivação para essa pesquisa.

Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)

A presente proposta se enquadra no objetivo 15 do ODS, tal seja, vida terrestre: proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade. Uma vez que, como resultado esperado pretende-se desenvolver uma página na internet e/ou aplicativo de celular que poderá ser utilizada livremente por pesquisadores e/ou pela sociedade em geral, contribuindo desta forma na prevenção e detenção da perda da biodiversidade da região.

REVISÃO DA LITERATURA

A área de sensoriamento remoto tem como um dos objetivos a dedução de informações úteis de imagens de satélite. No contexto de monitoramento do avanço de plantas exóticas, o objetivo é discriminar quais pixels em uma imagem indicam a presença da espécie e, com isso, saber a localização, extensão e data do evento.

O grande volume de dados de SR, a complexidade da paisagem em uma área de estudo, bem como dados de treinamento limitados, e geralmente não balanceados, tornam a classificação de imagens de SR uma tarefa desafiadora. A eficiência e o custo computacional da classificação de imagens de SR também são influenciados por diferentes fatores, como algoritmos de classificação (DURO, 2012; HEYDARI, 2019; JOZDANI et al., 2019); tipos de sensores (TIAN et al., 2016; TURNER et al., 2018); técnicas de pré e pós-processamento (PHIRI et al., 2018; SAHADEVAN et al., 2016); tipo de classes alvo e desempenho esperado do produto final (CAMARGO et al., 2019); assim como a escolha das amostras de treinamento (FOODY; MATHUR, 2006; HEYDARI; MOUNTRAKIS, 2018).

Tradicionalmente, as imagens de SR são interpretadas computacionalmente usando métodos estatísticos — isso pode incluir até mesmo os métodos baseados em limiares, que podem ser obtidos por técnicas como regressão linear, ou simples cálculos de média e desvio padrão sobre um conjunto de amostras. Porém, nos últimos anos, técnicas de machine learning como algoritmos genéticos e SVM (do acrônimo em inglês para Support Vector Machines), rede neurais artificiais têm gerado grandes avanços (MOHAN et al., 2021). Estas técnicas também possuem fundamentação estatística, mas podem resultar

em modelos mais complexos e com maior número de parâmetros, o que por um lado pode permitir melhor desempenho nas previsões, mas por outro lado pode dificultar, ou inviabilizar, a interpretação do modelo e da relação entre suas variáveis e parâmetros.

Segundo Maxwell et al. (2018), o ML tem potencial para classificação eficaz e eficiente de imagens de SR, tendo como pontos fortes a capacidade de lidar com dados de alta dimensionalidade e podendo mapear classes com características muito complexas. A classificação de imagens de SR por meio de ML é uma tendência de pesquisa, com trabalhos relevantes nas últimas décadas (PAL; MATHER, 2003; PAL; MATHER, 2005; PAL, 2005; BELGIU; DRaGU, t ~, 2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho será realizado nos Campos Gerais do Paraná, ou Região dos Campos Gerais, localizada no centro-leste do estado do Paraná, no Brasil, com 19.060 km². Na região dos Campos Gerais observa-se a presença de gramíneas baixas descontínuas com bosques de mata de Araucária e matas de galeria. Além de formações do tipo cerrado (savanas).

Na primeira etapa do Projeto serão adquiridas imagens dos sistemas sensores MultiSpectral Instrument (MSI), a bordo dos satélites da Constelação Sentinel-2 e/ou LandSat 8 da região dos Campos Gerais, Paraná.

A segunda etapa, com início no primeiro semestre, prevê a geração dos orto-mosaicos e classificação das árvores de Pinus taeda, na área acima definida. Faremos uso de técnicas recentes que desenvolvemos em segmentação semântica via redes convolucionais. Novas metodologias serão desenvolvidas para tratar problemas de escala, sombra e acentuada variabilidade intra-classe. A geração do banco de treinamento demandará técnicas tradicionais de segmentação de imagens. Pesquisadores da Universidade Estadual de Ponta Grossa deverão ser consultados para verificar em campo se as classes de interesse da área dos Campos Gerais estão sendo adequadamente definidas pelo processo.

A terceira etapa usará as informações da etapa anterior, e demais dados obtidos, para elaboração da página na internet e/ou aplicativo de celular com Mapas de localização e avanço da espécie Pinus taeda, nos Campos Gerais, com a disponibilização dos mapas para as instituições e sociedade.

RESULTADOS ESPERADOS

Apesar dos avanços decorrentes da aplicação de aprendizagem profunda em problemas relacionados, a atualização dos mapas digitais de localização e avanço Pinus taeda, nos Campos Gerais, utilizando imagens de sensoriamento remoto implica em desafios específicos com relação a classificação dos diferentes tipos de vegetação e de utilização do solo. Problemas derivados de sombras na vegetação serão recorrentes. Além disso, na escala considerada, a variabilidade intra-classe é muito acentuada, trazendo também desafios próprios. Neste contexto, a execução desse projeto terá impacto em análise de imagens via redes neurais profundas.

Para tanto, nossa estratégia está fundamentada nas seguintes ações:

- Publicação de artigos em congresso e revistas científicas;
- Disponibilização de um sistema de informação na Web e/ou aplicativo de celular contendo mapas que poderão incluir informações complementares da biodiversidade na região para democratizar o acesso a estas informações por parte de toda comunidade;
- Elaboração de atividades na Semana Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação;
- Os orto-mosaicos gerados neste projeto, juntamente com os mapas digitais de localização e avanço Pinus taeda, nos Campos Gerais, poderão ser utilizados em ferramentas iterativas para a população em geral e escolas, com o objetivo de estimular a preservação e o conhecimento da biodiversidade da região.

Também, espera-se com este trabalho que a página e/ou aplicativo de celular seja utilizado como ferramenta fiscalizadora e protetora das áreas afetadas, contribuindo desta forma na prevenção e detenção da perda da biodiversidade da região.

Esse projeto vai contribuir nas duas frentes que esse Edital visa apoiar:

- Científica: O projeto vai fomentar novas pesquisas em aprendizagem de máquina e processamento de imagens para resolver problemas derivados de sombras na vegetação, diferentes escalas e variabilidade intra-classe acentuada.
- Tecnológica: O ponto central neste item é o desenvolvimento de um sistema integrado de gestão contendo os mapas com informações atualizadas sobre a localização e avanço Pinus taeda, nos Campos Gerais. Esse sistema permitirá gestão ambiental adequada, fornecendo subsídios para desenvolvimento sustentável da região.

INDICAÇÃO DE COLABORAÇÕES OU PARCERIAS JÁ ESTABELECIDAS COM OUTROS CENTROS DE PESQUISA E/OU EMPRESAS NA ÁREA, QUANDO HOVER

Além dos participantes da equipe desta proposta, citamos também as seguintes colaborações:

UFMG: Estamos colaborando com o grupo do Prof. Jefersson Alex dos Santos o qual trabalha na área de reconhecimento de padrões e geoprocessamento. Prof. Jefersson é orientador de pós-doutoramento da pesquisadora doutora jovem doutora.

LNCC: Colaboração com o Prof. Gilson Antonio Giraldo em redes profundas para geoprocessamento. Prof. Gilson tem experiência em ciência da Computação, com ênfase em visão computacional.

UEPG: Colaboração com a Profa. Alaine Margarete Guimarães com vasta experiência em geoprocessamento e aprendizagem de máquina.

POTENCIAL DE INOVAÇÃO

Este projeto está fundamentado nas seguintes expertises: (a) Aquisição de imagens de sensoriamento remoto e mapeamento da área de interesse; (b) Produção de orto-mosaicos; (c) Processamento e classificação de imagens; (d) Sistemas de informação. Com destaque, para este último, ou seja o desenvolvimento de um sistema integrado de gestão contendo

os mapas com informações atualizadas sobre a localização e avanço *Pinus taeda*, por meio de imagens de sensoriamento remoto.

RECURSOS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

Custeio:

Uma Placa de vídeo 24 GB R\ \$ 9.499,99 (nove mil quatrocentos e noventa e nove reais).
Justificativa: Atualizar máquinas que necessitam de melhoramento de desempenho.

Capital:

Computador intel i5 com Monitor R\ \$ 4.699,98 (quatro mil, seiscentos e noventa e nove reais e noventa e oito centavos). Justificativa: Hardware para geoprocessamento e desenvolvimento de algoritmos de processamento de imagens, geração de orto-mosaicos e classificação via técnicas baseadas em aprendizado de máquina.

CRONOGRAMA PARA EXECUÇÃO DO PROJETO

As seguintes atividades deverão ser executadas neste projeto:

- Atividade 1: Revisão bibliográfica;
- Atividade 2: Adquirir e processar imagens de sensoriamento remoto disponibilizadas em páginas da web;
- Atividade 3: Aplicação de métodos tradicionais de processamento de imagens para segmentação semi-automática das orto-imagens;
- Atividade 4: Desenvolvimento de metodologia para Classificação automatizada das árvores de *Pinus taeda*, na área especificada;
- Atividade 5: Verificar a adequação da metodologia de classificação automatizada;
- Atividade 6: Teste das redes neurais com verificação exaustiva dos resultados;
- Atividade 7: Classificar as árvores de *Pinus taeda*, na área especificada;
- Atividade 8: Elaborar os mapas digitais de localização e avanço *Pinus taeda*, nos Campos Gerais atualizado e georreferenciado;
- Atividade 9: Criar um sistema online de informações georreferenciadas para disponibilizar publicamente os dados gerados.
- Atividade 10: Escrita de artigo científico para publicação em eventos e revistas especializadas.

A tabela abaixo resume o cronograma das atividades acima definidas.

Atividade	Bimestre					
	1	2	3	4	5	6
Atividade 1, 2, 3 e 4	x	x	x			
Atividade 5, 6 e 7		x	x	x		
Atividade 8, 9 e 10				x	x	x

REFERÊNCIAS

CAMARGO, Flávio F.; SANO, Edson E.; ALMEIDA, Cláudia M.; MURA, José C.; ALMEIDA, Tati. A comparative assessment of machine-learning techniques for land use and land cover classification of the Brazilian tropical savanna using ALOS-2/PALSAR-2 polarimetric images. *Remote Sensing*, v. 11, n. 13, 2019. ISSN 2072-4292. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/13/1600>.

BELGIU, Mariana; DRAGU, Lucian. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 114, p. 24–31, 2016. ISSN 0924-2716. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271616000265>

DURO, Dennis C.; FRANKLIN, Steven E.; DUBÉ, Monique G. A comparison of pixel-based and object-based image analysis with selected machine learning algorithms for the classification of agricultural landscapes using SPOT-5 HRG imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 118, p. 259–272, 2012. ISSN 0034-4257. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425711004172>.

HEYDARI, Shahriar S.; MOUNTRAKIS, Giorgos. Effect of classifier selection, reference sample size, reference class distribution and scene heterogeneity in per-pixel classification accuracy using 26 Landsat sites. *Remote Sensing of Environment*, v. 204, p. 648–658, 2018. ISSN 0034-4257. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717304601>.

HEYDARI, Shahriar S.; MOUNTRAKIS, Giorgos. Meta-analysis of deep neural networks in remote sensing: A comparative study of mono-temporal classification to support vector machines. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 152, p. 192–210, 2019. ISSN 0924-2716. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271619301121>.

FOODY, Giles M.; MATHUR, Ajay. The use of small training sets containing mixed pixels for accurate hard image classification: Training on mixed spectral responses for classification by a SVM. *Remote Sensing of Environment*, v. 103, n. 2, p. 179–189, 2006. ISSN 0034-4257. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425706001350>.

IBÁ, Relatório anual 2020. Instituto Brasileiro de Economia, Fundação Getúlio Vargas, 2021.

JOZDANI, Shahab Eddin; JOHNSON, Brian Alan; CHEN, Dongmei. Comparing deep neural networks, ensemble classifiers, and support vector machine algorithms for object-based urban land use/land cover classification. *Remote Sensing*, v. 11, n. 14, 2019. ISSN 2072-4292. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/14/1713>.

MAXWELL, Aaron E.; WARNER, Timothy A.; GUILLÉN, Luis Andrés. Accuracy assessment in convolutional neural network-based deep learning remote sensing studies—part 1: Literature review. *Remote Sensing*, v. 13, n. 13, 2021. ISSN 2072-4292. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/13/2450>.

MOHAN, Amrita; SINGH, Amit Kumar; KUMAR, Basant; DWIVEDI, Ramji. Review on remote sensing methods for landslide detection using machine and deep learning.

Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, Wiley Online Library, v. 32, n. 7, p. e3998, 2021.

PAL, Mahesh. Random forest classifier for remote sensing classification. International Journal of Remote Sensing, Taylor & Francis, v. 26, n. 1, p. 217–222, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431160412331269698>.

PAL, Mahesh; MATHER, Paul M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. Remote Sensing of Environment, v. 86, n. 4, p. 554–565, 2003. ISSN 0034-4257. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703001329>.

PAL, Mahesh; MATHER, Paul M. Support vector machines for classification in remote sensing. International Journal of Remote Sensing, Taylor & Francis, v. 26, n. 5, p. 1007–1011, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431160512331314083>.

PHIRI, Darius; MORGENROTH, Justin; XU, Cong; HERMOSILLA, Txomin. Effects of pre-processing methods on landsat oli-8 land cover classification using obia and random forests classifier. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 73, p. 170–178, 2018. ISSN 0303-2434. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243418303453>.

RENAN MACARI FALLEIROS, RAFAEL DUDEQUE ZENNI, SILVIA RENATE ZILLER. Invasão e Manejo de Pinus taeda em Campos de Altitude do Parque Estadual do Pico Paraná, Paraná, Brasil. Floresta, Curitiba, PR. 2011

SAHADEVAN, Anand S.; ROUTRAY, Aurobinda; DAS, Bhabani S.; AHMAD, Saquib. Hyperspectral image preprocessing with bilateral filter for improving the classification accuracy of support vector machines. Journal of Applied Remote Sensing, SPIE, v. 10, n. 2, p. 1 – 17, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.10.025004>.

TIAN, Shaohong; ZHANG, Xianfeng; TIAN, Jie; SUN, Quan. Random forest classification of wetland landcovers from multi-sensor data in the arid region of xinjiang, china. Remote Sensing, v. 8, n. 11, 2016. ISSN 2072-4292. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/8/11/954>.

TURNER, Darren; LUCIEER, Arko; MALENOVSKÝ, Zbynek; KING, Diana; ROBINSON, Sharon A. Assessment of antarctic moss health from multi-sensor uas imagery with random forest modelling. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 68, p. 168–179, 2018. ISSN 0303-2434. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243418300321>.

SHIMIZU, J. Y. Pínus na Silvicultura Brasileira. Embrapa Florestas. 2008.

ANEXOS – ORÇAMENTOS (não contabilizado na quantidade máxima de páginas exigida)