

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM EXPLORAÇÃO MINERAL: USOS E APLICAÇÕES

**Gabriel Góes Rocha de Lima**

**Caetano Juliani**

IGc/USP

[gabrielgoes@usp.br](mailto:gabrielgoes@usp.br)

## Objetivos

O projeto de pesquisa objetivou o aprendizado dos conceitos de técnicas de Inteligência Artificial no tratamento de dados de sensores remotos e suas potenciais aplicabilidades à geologia econômica e exploração mineral, possibilitando a produção de mapas litológicos preditivos que podem auxiliar nas etapas iniciais da prospecção mineral. Com o material produzido pelo aluno foi possível criar um conteúdo didático na forma de cadernos de códigos comentados executáveis (Jupyter Notebooks) disponibilizados na plataforma GitHub.

## Métodos e Procedimentos

O projeto se iniciou como uma revisão bibliográfica dos artigos publicados sobre o tema nos últimos anos. Com o auxílio de palestras, cursos e eventos online sobre o tema foi possível construir um algoritmo capaz de armazenar as informações litológicas, tratar e interpolar dados aerogeofísicos que foram capazes de classificar as litologias com base nestas informações. Com o auxílio do programa de livre acesso QGIS foi construído uma malha cartográfica em escalas de 1:1.000.000, 100.000, 50.000 e 25.000 e nomeados sistematicamente de forma automatizada de acordo com o trabalho publicado por Carvalho, F. R. de. (1980). Esta automação sistemática das folhas de carta nomeia de forma organizada os dados interpolados possibilitando que o processo de

interpolação ocorra de forma automatizada para qualquer área do país de forma organizada. Com a base de dados geológicos online da CPRM foi possível adquirir os dados litológicos no formato shapefile e com algoritmos da biblioteca de códigos em python Geopandas foi possível construir uma base de dados local no formato geopackage que contém todas as informações litológicas descritas por geólogos em campanhas de mapeamento. Foi possível, também, adquirir os dados espacialmente discretos de levantamentos aerogeofísicos no formato .XYZ e interpolar os com um algoritmo da biblioteca de códigos em python Verde que faz parte do projeto Fatiando a Terra. Este algoritmo utiliza uma função que descreve a deformação de uma fina camada como um lençol sujeito a uma força vertical. A interpolação ocorre estimando forças que promovem deformações que comportam (fit) os dados observados no levantamento. Com isto, é possível avaliar os pontos interpolados em qualquer posição, sendo possível identificar quais os canais radiométricos que apresentam os melhores resultados através do método de validação cruzada. Foi utilizado o mesmo método para interpolar os dados aeromagnetométricos, porém, existe outra técnica mais específica para interpolar este tipo de dados com a biblioteca Harmônica que faz parte do mesmo projeto. Com os dados aerogeofísicos interpolados em grids sintéticos de 100m foi possível identificar qual a litologia presente descrita em diferentes escalas para cada um

dos pixels. Com isto, foi inserido no modelo 10% dos dados rotulados com as litologias e confrontados com o restante dos pixels com os algoritmos de classificação supervisionada Random Forests e Support Vector Machines e seus resultados comparados.

## Resultados

A área escolhida para aplicar o método de classificação supervisionada com o mapa geológico produzido por Freitas (2006) e os dados do aerolevantamento de código 1039 disponibilizado pela SGB localizada a sul do maciço de Guaxupé, região que registra esforços de zonas de cisalhamento de baixo ângulo seguida por intenso cisalhamento transcorrente de direção N-NE. A figura a seguir mostra a comparação entre o mapa litológico predito e o mapa produzido com inferências de campo e estudos prévios da região, figuras menores. Com isto, foi possível utilizar os dados remotos para classificar litologias de folhas vizinhas de mesma escala ainda não mapeadas evidenciadas pela primeira imagem da figura 1.

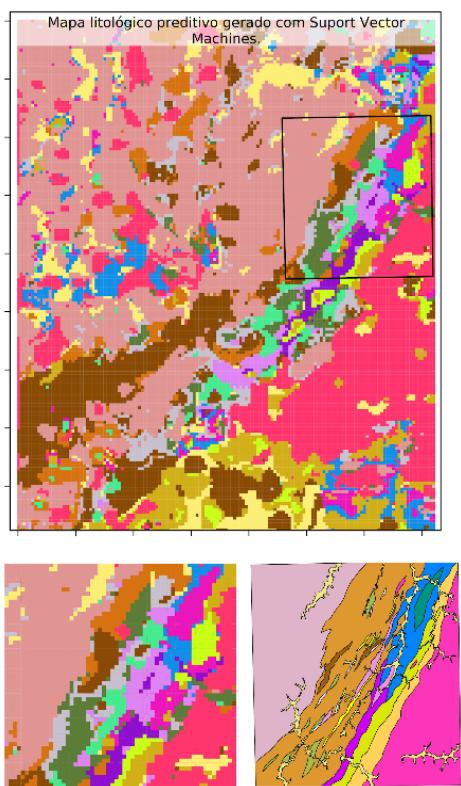


Figura 1: Resultados da classificação por SVM.

## Conclusões

Com o projeto de pesquisa, além do aprendizado das técnicas de inteligência artificial com algoritmos de classificação supervisionada, foi possível construir uma base dos conceitos e técnicas de computação uma forma automatizada para a nomeação das folhas de cartas, que possibilita a automação do processo em larga escala, bem como o aprendizado do sistema de versionamento **Git** que possibilita a produção de projetos em grupo com controle e organização sobre os conteúdos desenvolvidos no projeto. Com isto, é possível observar que as técnicas de inteligência artificial são promissoras para a área da prospecção mineral, porém, é necessário o aprimoramento dos processos já presentes no trabalho, tanto nas etapas interpolação quanto nos algoritmos de aprendizagem de máquina, para que se atinja um resultado ótimo e capaz de nos auxiliar no prospecto mineral. Algo essencial, também identificado como um problema no presente trabalho, é a falta de padronização das informações disponibilizadas, sendo necessária a criação de um banco de dados com os dados tratados e padronizados.

## Referências Bibliográficas

- F. C. Freitas, “Evolução metamórfica dos terrenos granulíticos de Socorro, Caconde (SP) e Cambuí (MG),” *Programa Pós-Graduação em Mineral. e Petrol.*, p. 259, 2006.
- R. Zuo and E. J. M. Carranza, “Support vector machine: A tool for mapping mineral prospectivity,” *Comput. Geosci.*, vol. 37, no. 12, pp. 1967–1975, 2011, doi: 10.1016/j.cageo.2010.09.014.
- Carvalho, F. R. de . (1980). Articulação sistemática de folhas de cartas. *Revista De Biblioteconomia De Brasília*, 8(2), 234–246.