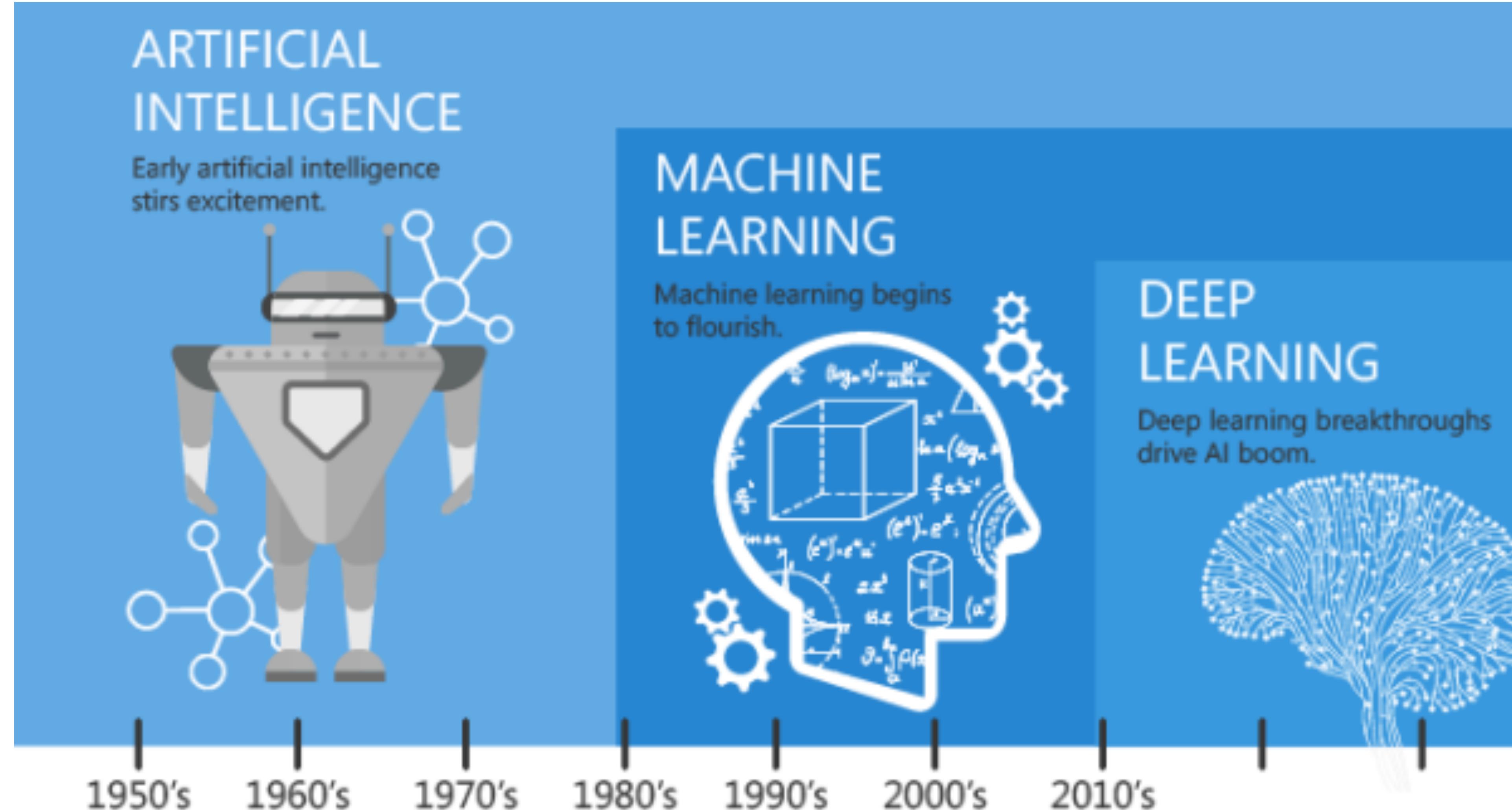


# Aula 1: Fundamentos e Contexto



Cap QEM Philipe **Borba** (1º CGEO)  
Gerente do Projeto DSGTools  
[borba.philipe@eb.mil.br](mailto:borba.philipe@eb.mil.br)

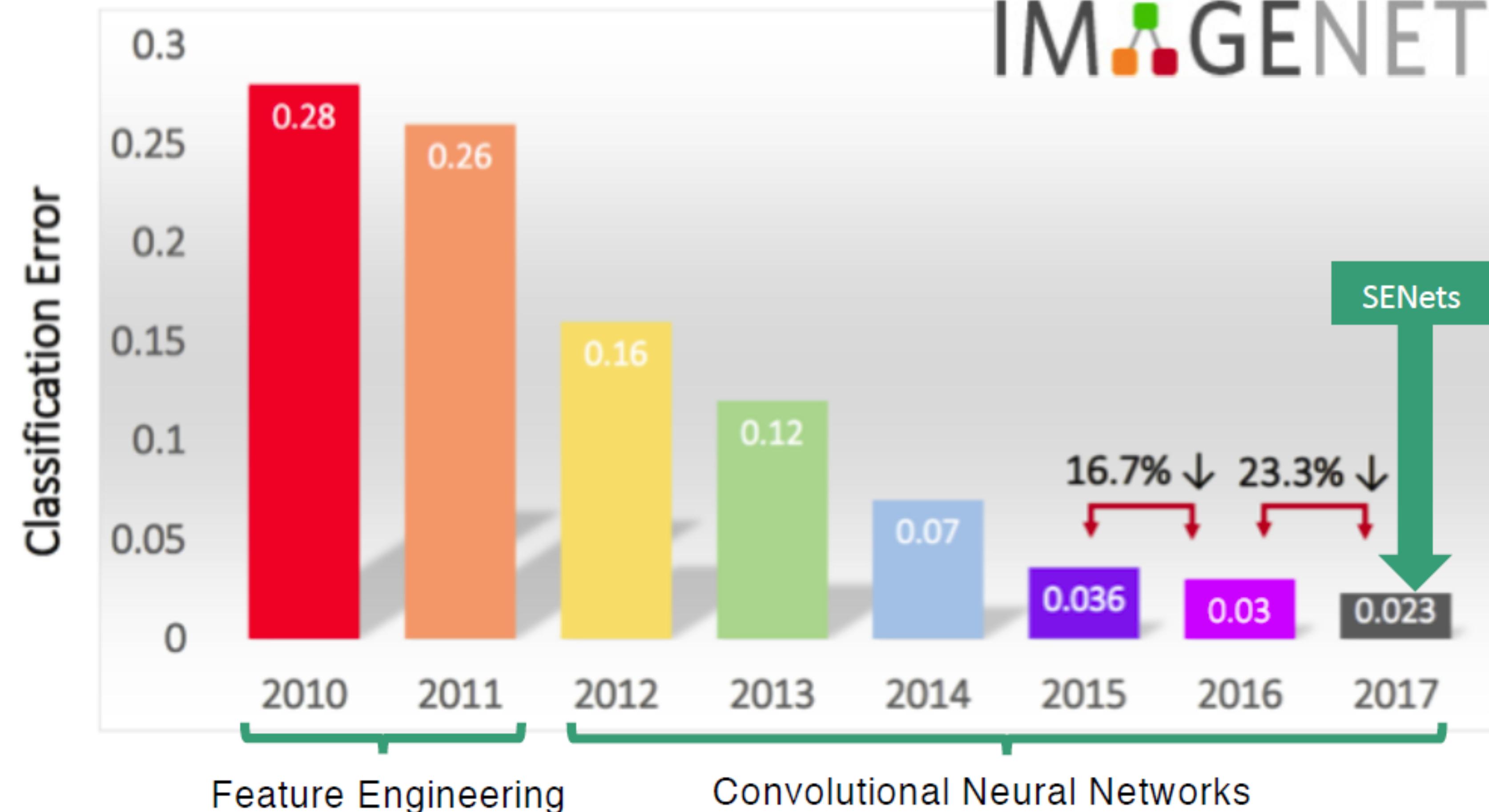
# Introdução: O que é Deep Learning?



<https://shawnnennis.com/wp-content/uploads/2018/06/ml-history.png>

- ⌚ Processos manuais demorados, em particular na etapa de extração, na qual os operadores extraem manualmente as informações de imagens de satélite;
- 📈 Alta demanda por dados geoespaciais atualizados;
- 💰 Custos elevados de imagens de alta resolução e de campanhas de campo para confirmação das informações (reambulação);
- 👥 Dependência de mão de obra altamente especializada; e
- 🎯 Necessidade de automatização e melhoria contínua dos processos.

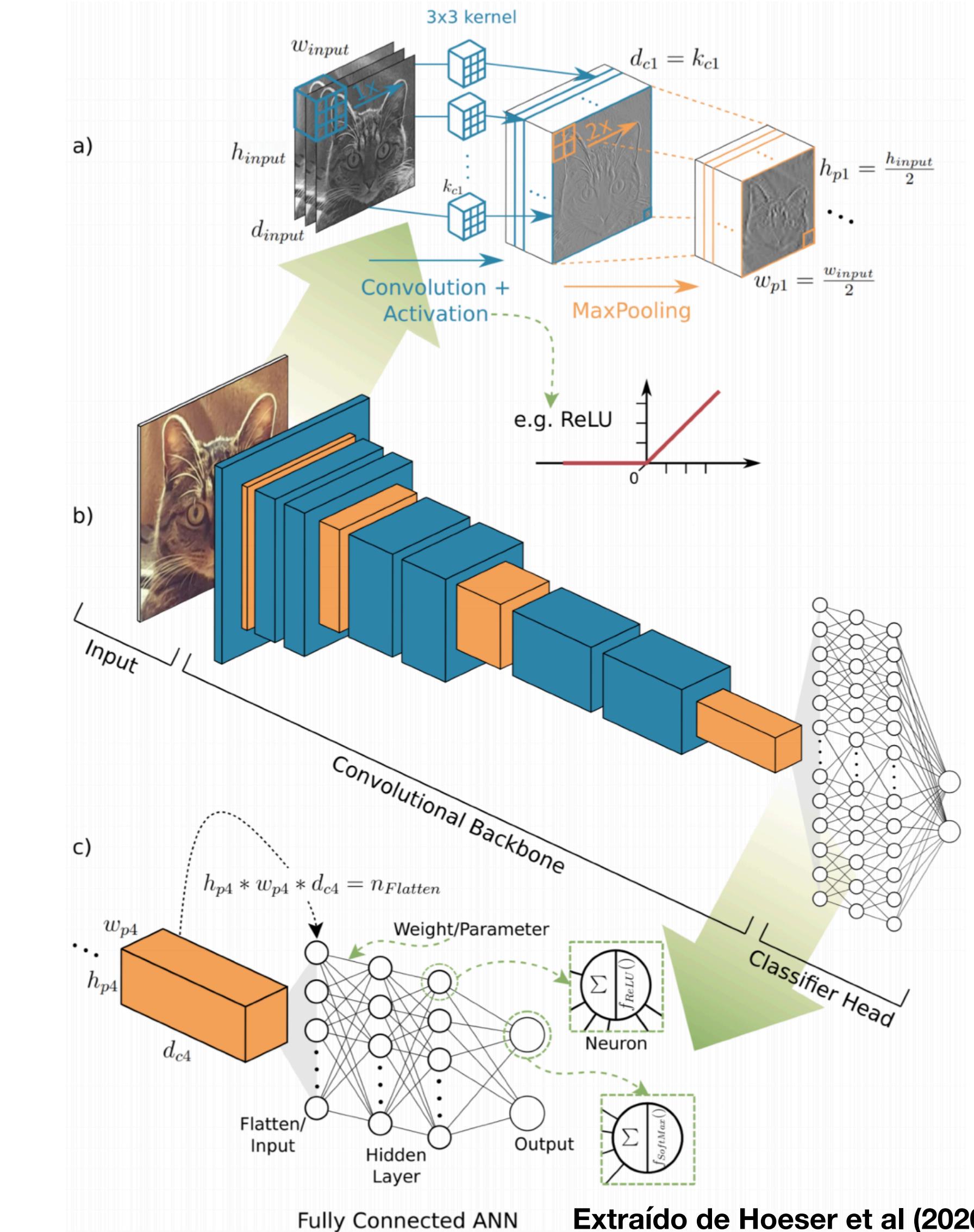
- Melhoria de hardware;
- Uso de programação na GPU: processamento em paralelo;
- Avanço do Estado da Arte de Inteligência Artificial, mais especificamente no campo de *Deep Learning*;



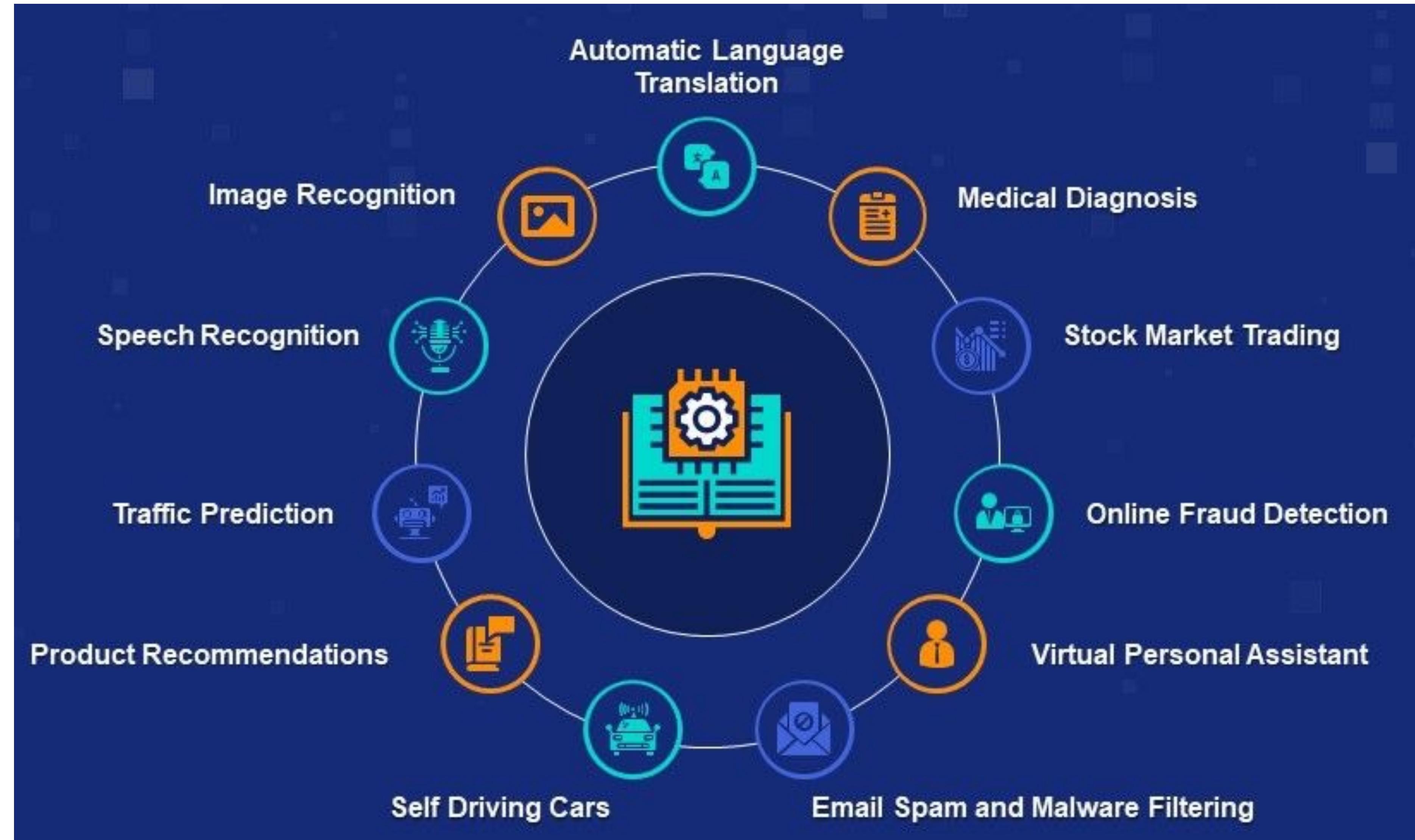
<https://towardsdatascience.com/review-senet-squeeze-and-excitation-network-winner-of-ilsvrc-2017-image-classification-a887b98b2883>

# Introdução: O que é Deep Learning?

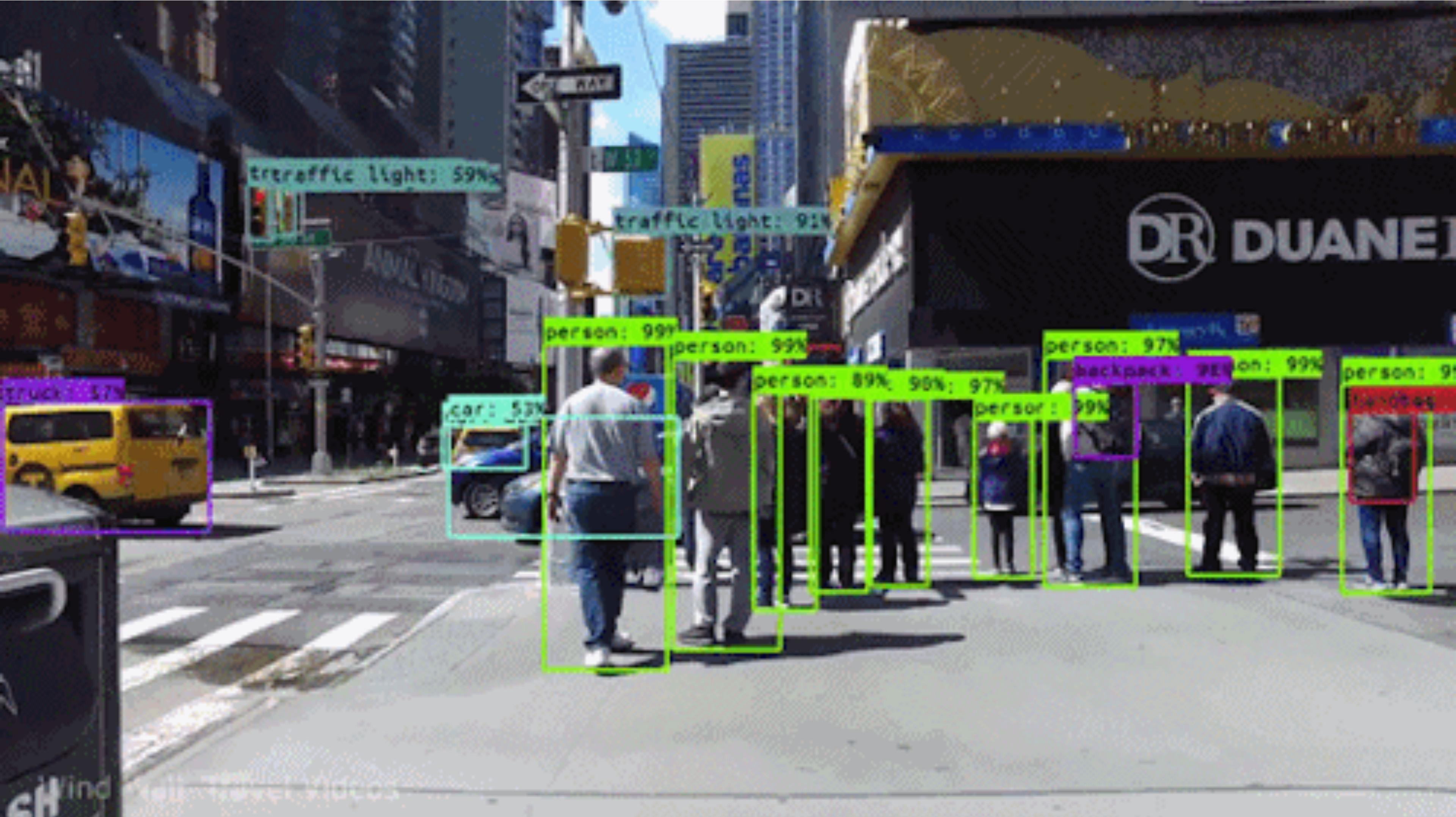
- Método se vale de múltiplas camadas de abstração obtidas por processos matemáticos não lineares que permitem a inferência de informações escondidas (Lecun et al, 2015); O conjunto dessas camadas é denominado rede neural.
- O treinamento de uma rede neural é feito por meio de um conjunto de dados (dataset), com entradas e saídas definidas;
- A partir da rede neural treinada, é possível realizar inferências em novos dados para extrair o tipo de informação que a rede foi treinada para identificar;
- Principais Frameworks: Tensorflow e PyTorch.



# Introdução: Aplicações de Deep Learning

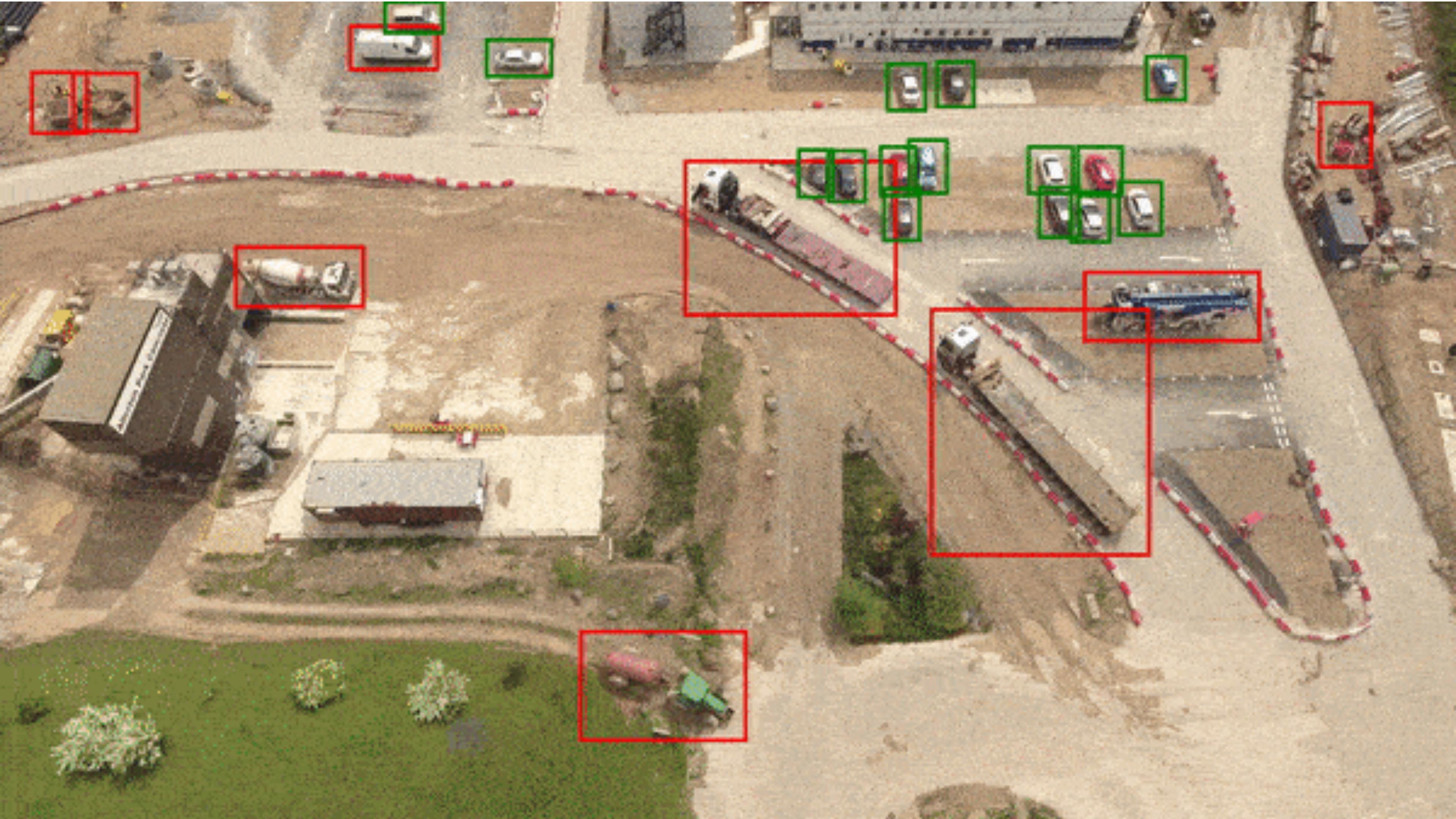


# Introdução: Aplicações de Deep Learning - detecção de objetos



<https://towardsdatascience.com/object-detection-using-deep-learning-approaches-an-end-to-end-theoretical-perspective-4ca27eee8a9a>

# Introdução: Aplicações de Deep Learning - detecção de objetos



<https://medium.com/nanonets/how-we-flew-a-drone-to-monitor-construction-projects-in-africa-using-deep-learning-b792f5c9c471>

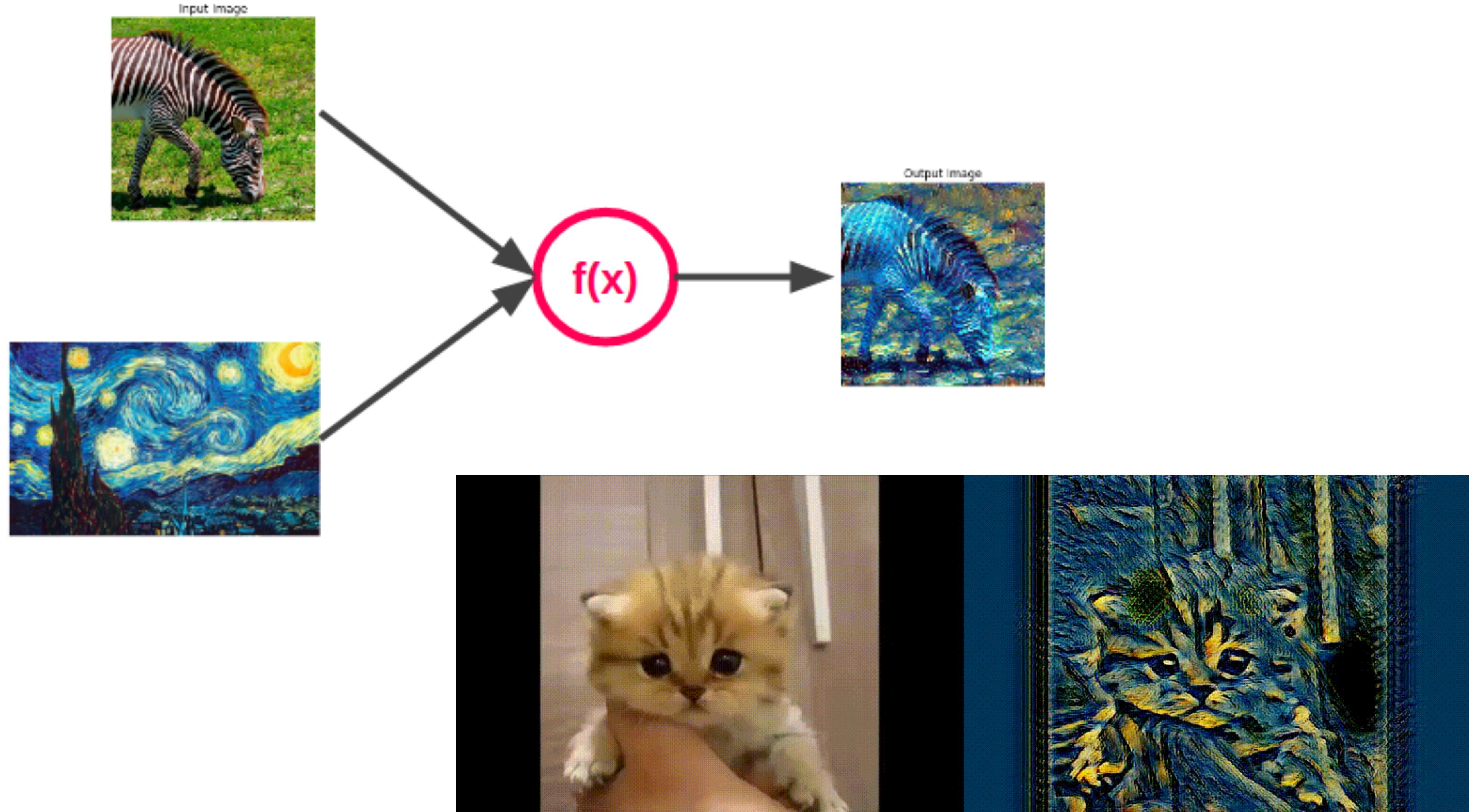


<https://4deepanalytics.com/portfolio/business-growth-6/>

# Introdução: Aplicações de Deep Learning - superresolução



[https://unsplash.com/@maviccbr?utm\\_source=unsplash&utm\\_medium=referral&utm\\_content=creditCopyText](https://unsplash.com/@maviccbr?utm_source=unsplash&utm_medium=referral&utm_content=creditCopyText)



<https://medium.com/analytics-vidhya/understanding-neural-style-transfer-3061cd92648>

# Introdução: Aplicações de Deep Learning para as geociências

Image Classification



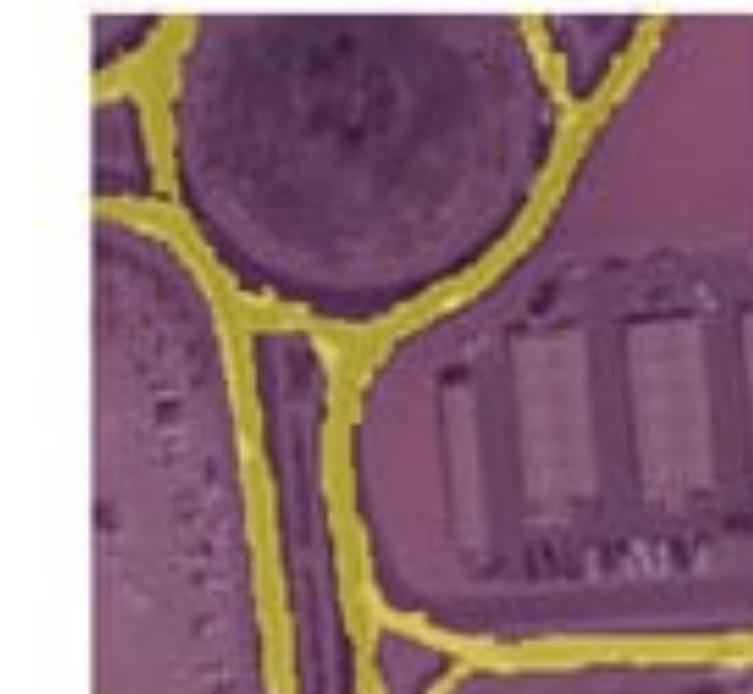
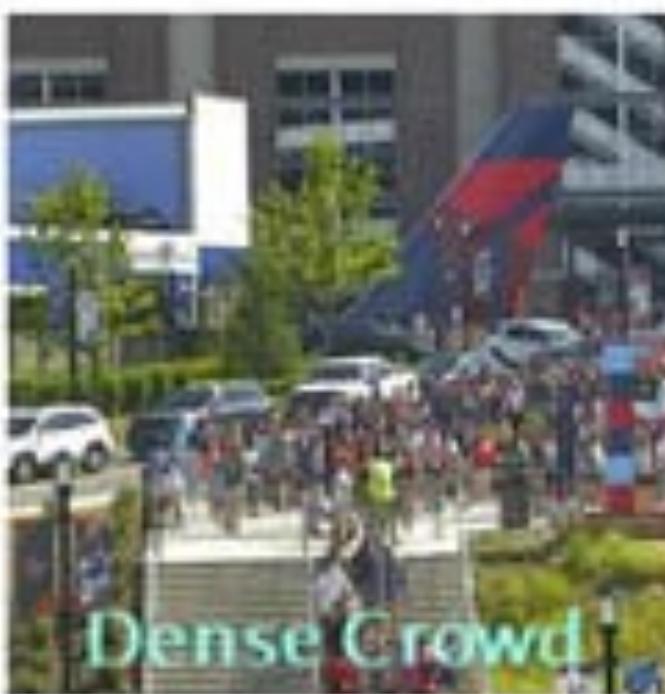
Object Detection



Semantic Segmentation



Instance Segmentation



Fonte: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcwatch/where-deep-learning-meets-gis/>

# Introdução: Aplicações de Deep Learning para as geociências - Detecção de objetos aplicado ao reconhecimento de estruturas

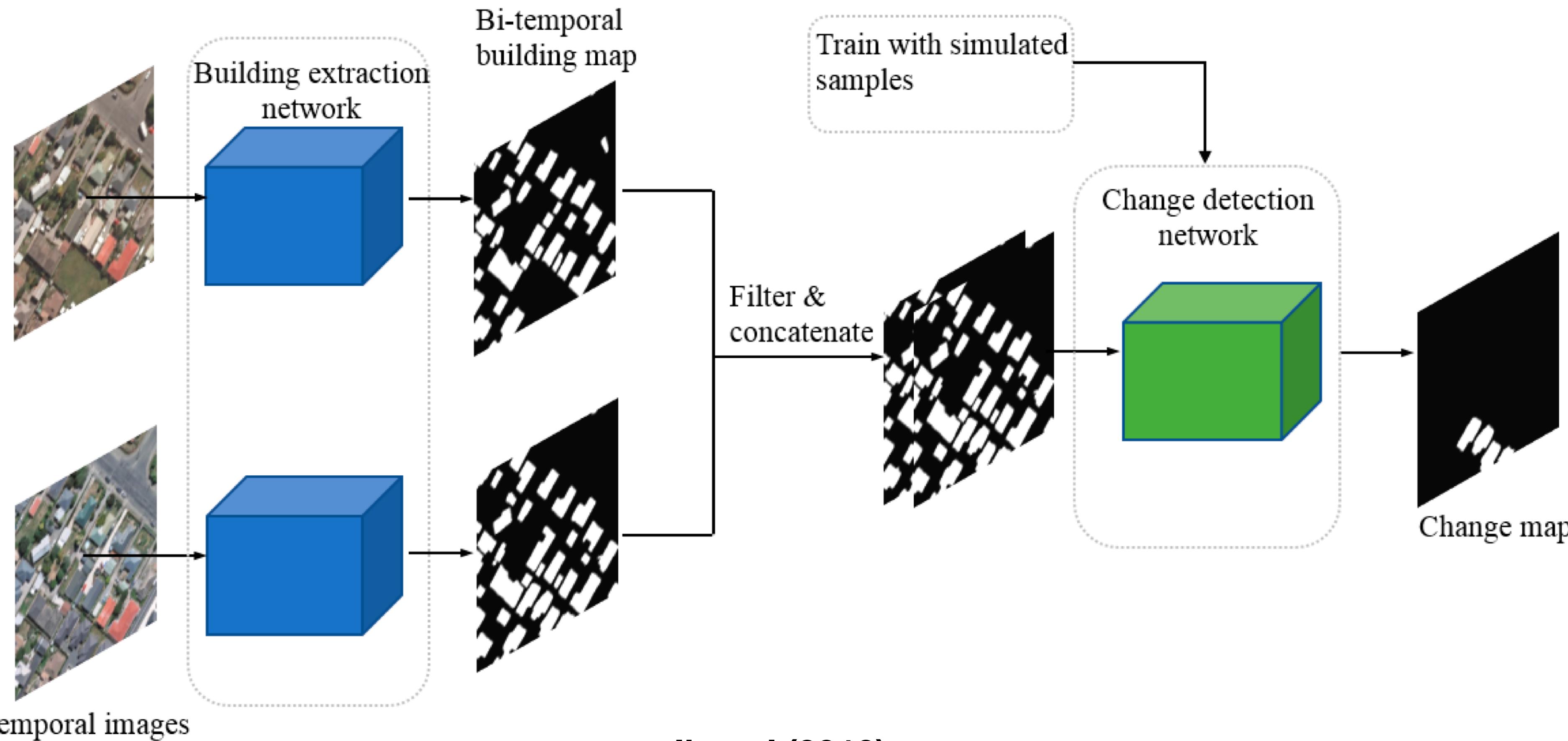


Li et al (2020)

# Introdução: Aplicações de Deep Learning para as geociências - superresolução de imagens de satélite



<https://mdl4eo.irstea.fr/2019/03/29/enhancement-of-sentinel-2-images-at-1-5m/>



Ji et al (2019)

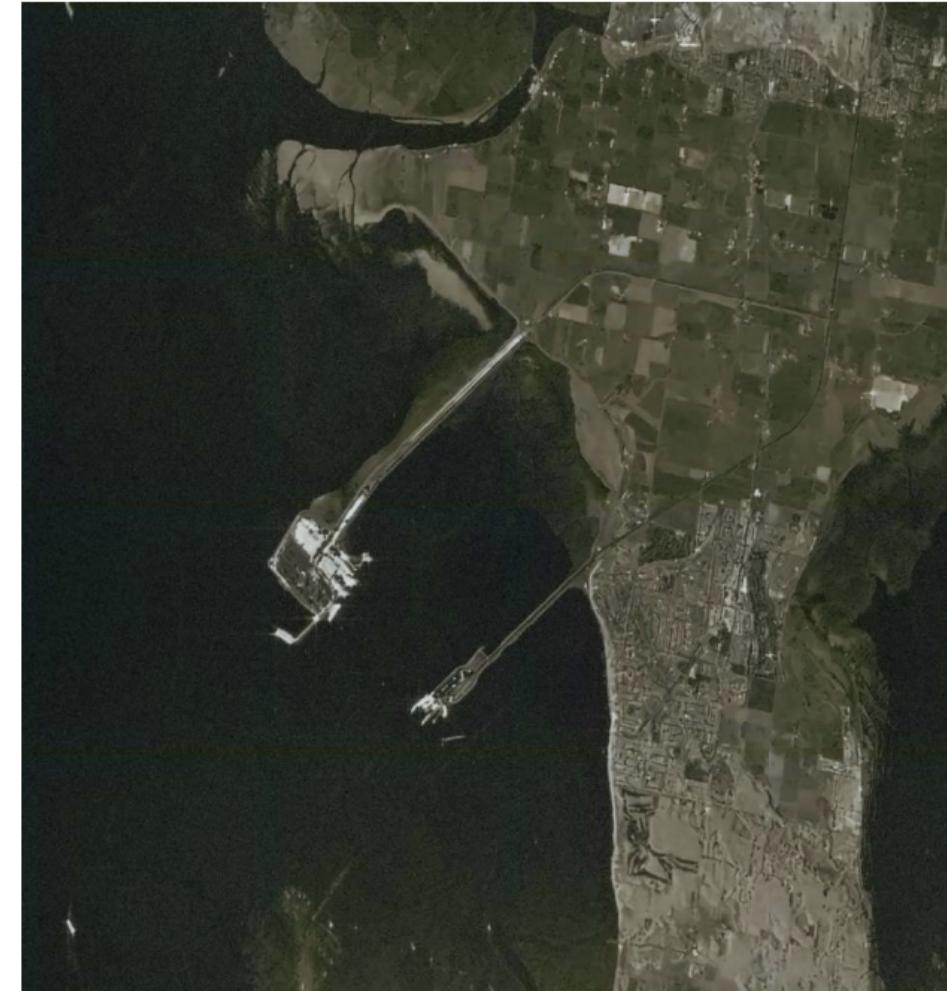
# Introdução: Aplicações de Deep Learning para as geociências - colorização por meio de Transferência de Estilo (Style Transfer)



(a) SAR image.



(b) despeckled image by SAR-GAN.



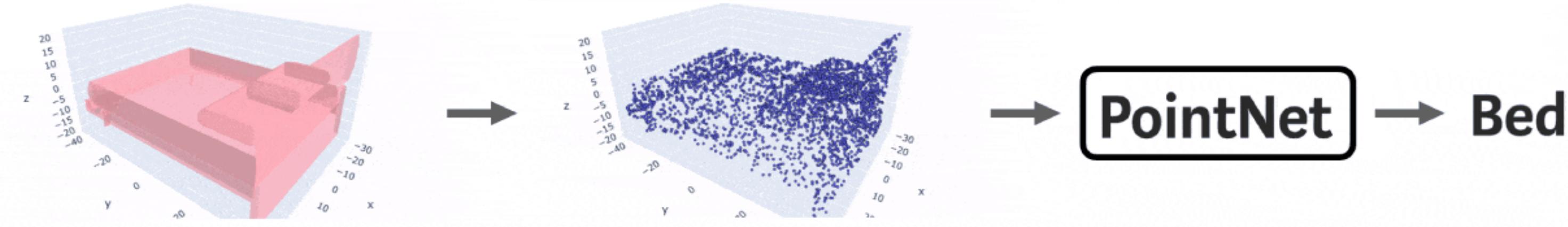
(c) Visible image by SAR-GAN.



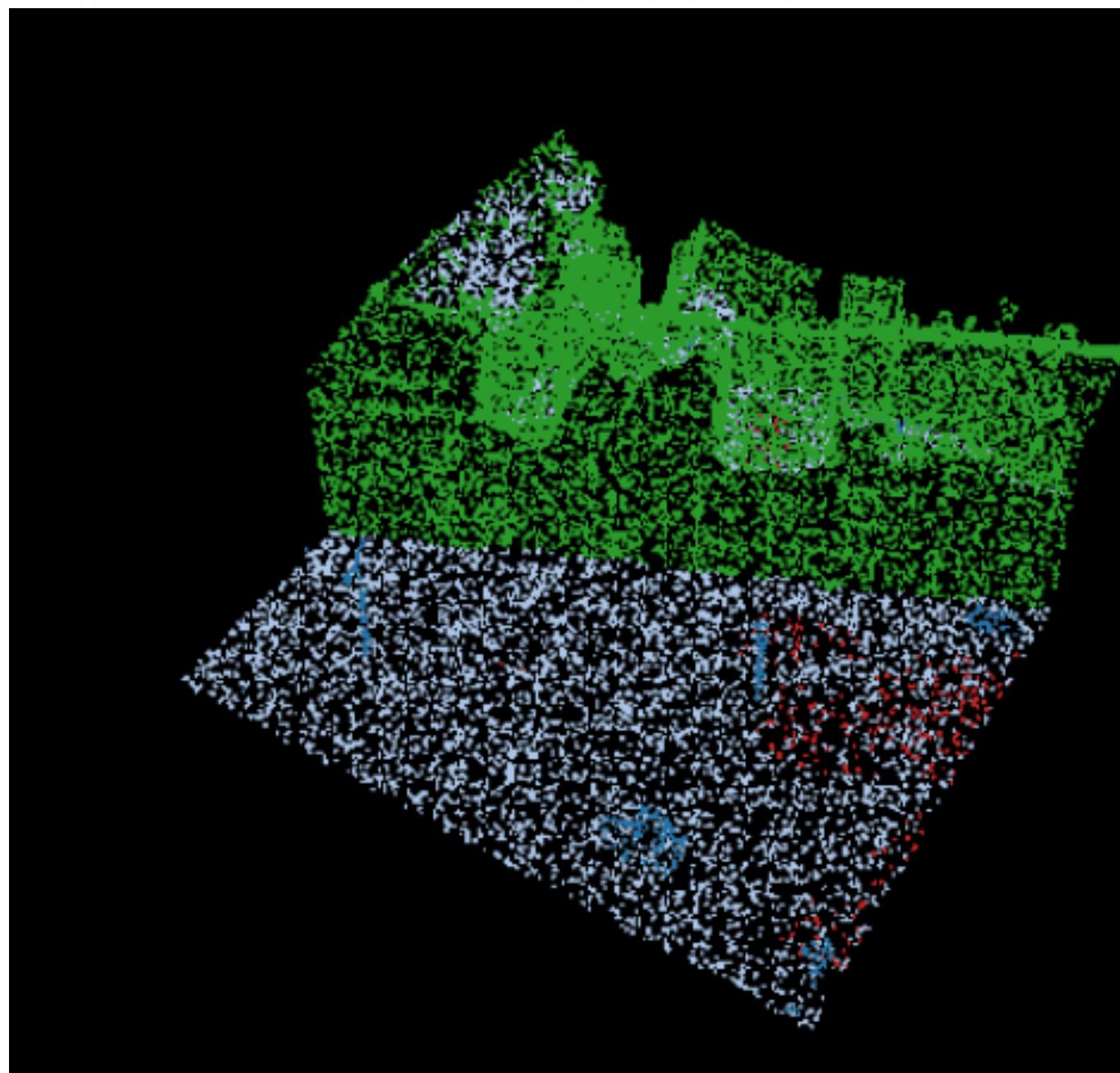
(d) Satellite image.

Wang & Patel (2018)

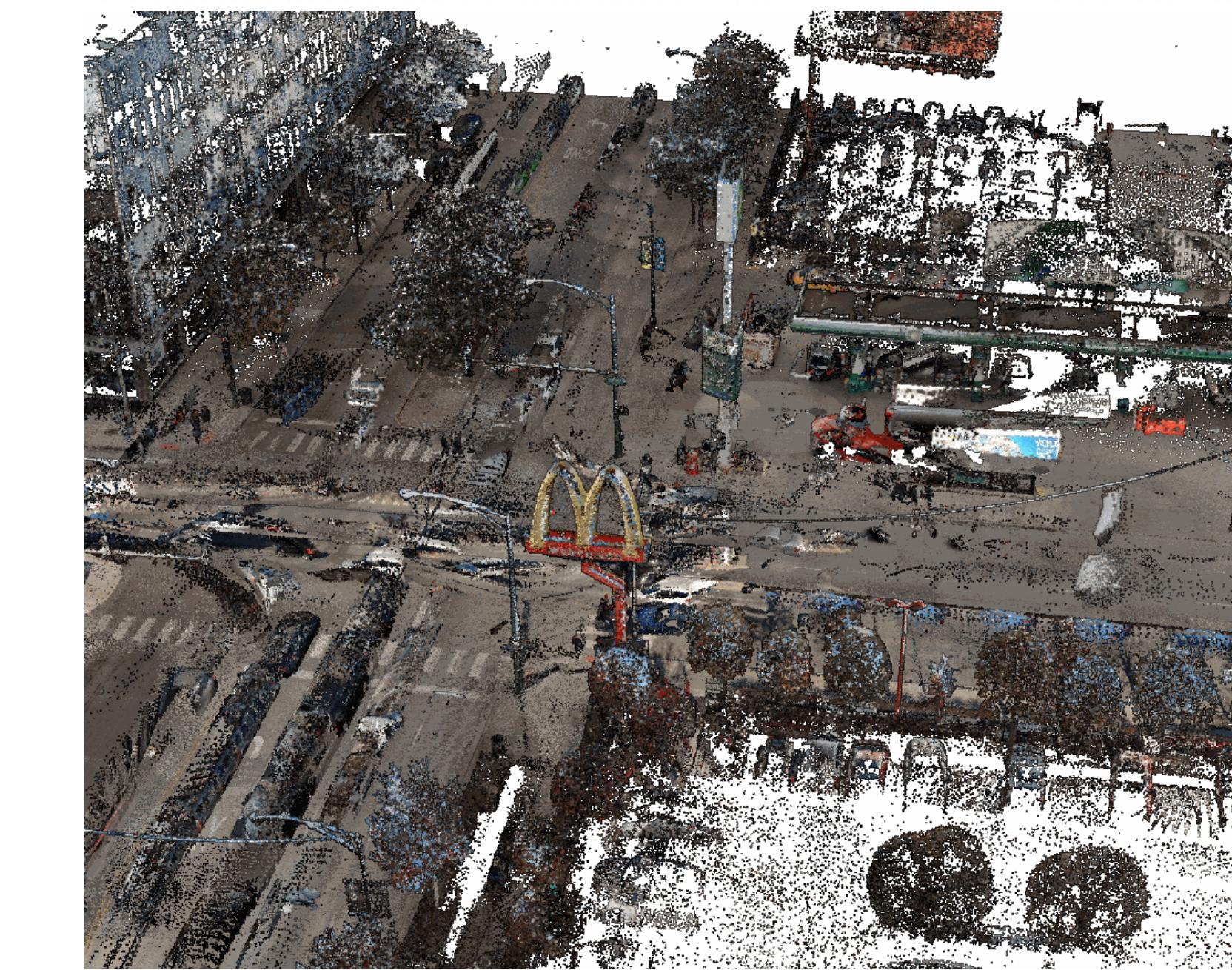
# Introdução: Aplicações de Deep Learning para as geociências - classificação de nuvem de pontos



<https://towardsdatascience.com/deep-learning-on-point-clouds-implementing-pointnet-in-google-colab-1fd65cd3a263>

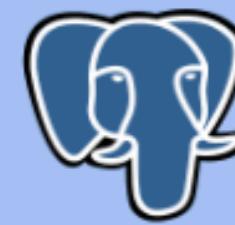


<https://medium.com/geoai/3d-cities-deep-learning-in-three-dimensional-space-29f9dafdf73>



<https://medium.com/geoai/object-extraction-from-mobile-lidar-point-clouds-with-machine-learning-cb15fcbb5597>

## Criação de datasets de treinamento

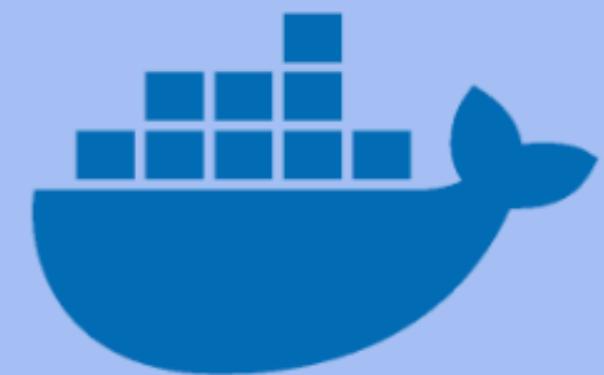


PostgreSQL



Spatial PostgreSQL

## Execução offline via container



docker



python™

PyTorch

## Hardware 1º CGEO

- 2 Processadores Xeon com 16 threads cada;
- 128 Gb de RAM;
- 2TB de SSD;
- 3 NVIDIA Tesla V-100, com 32Gb de memória cada;





# Super-Resolução de Imagens Sentinel 2

- Estado de maturação: em produção
- Limitações de disponibilidade de imagens de satélite de alta resolução devido ao alto custo;
- Busca de solução alternativa através de técnicas de super-resolução de imagens abertas (sem custo) como Sentinel 2;
- Modelo adaptado do ESRGAN; e
- Utilizado para a elaboração de cartas ortoimagem.



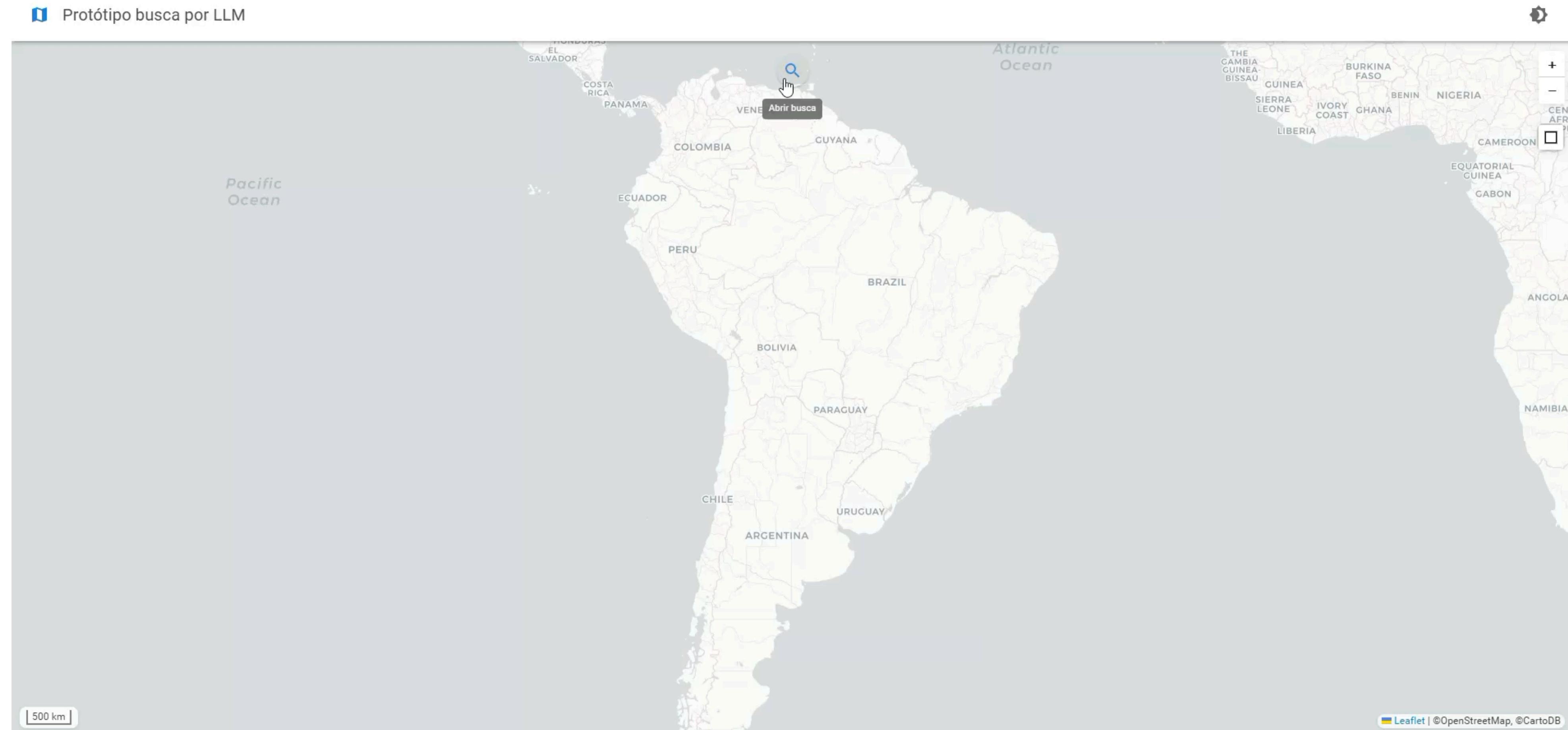
Sentinel 2



Super-Resolução Sentinel 2

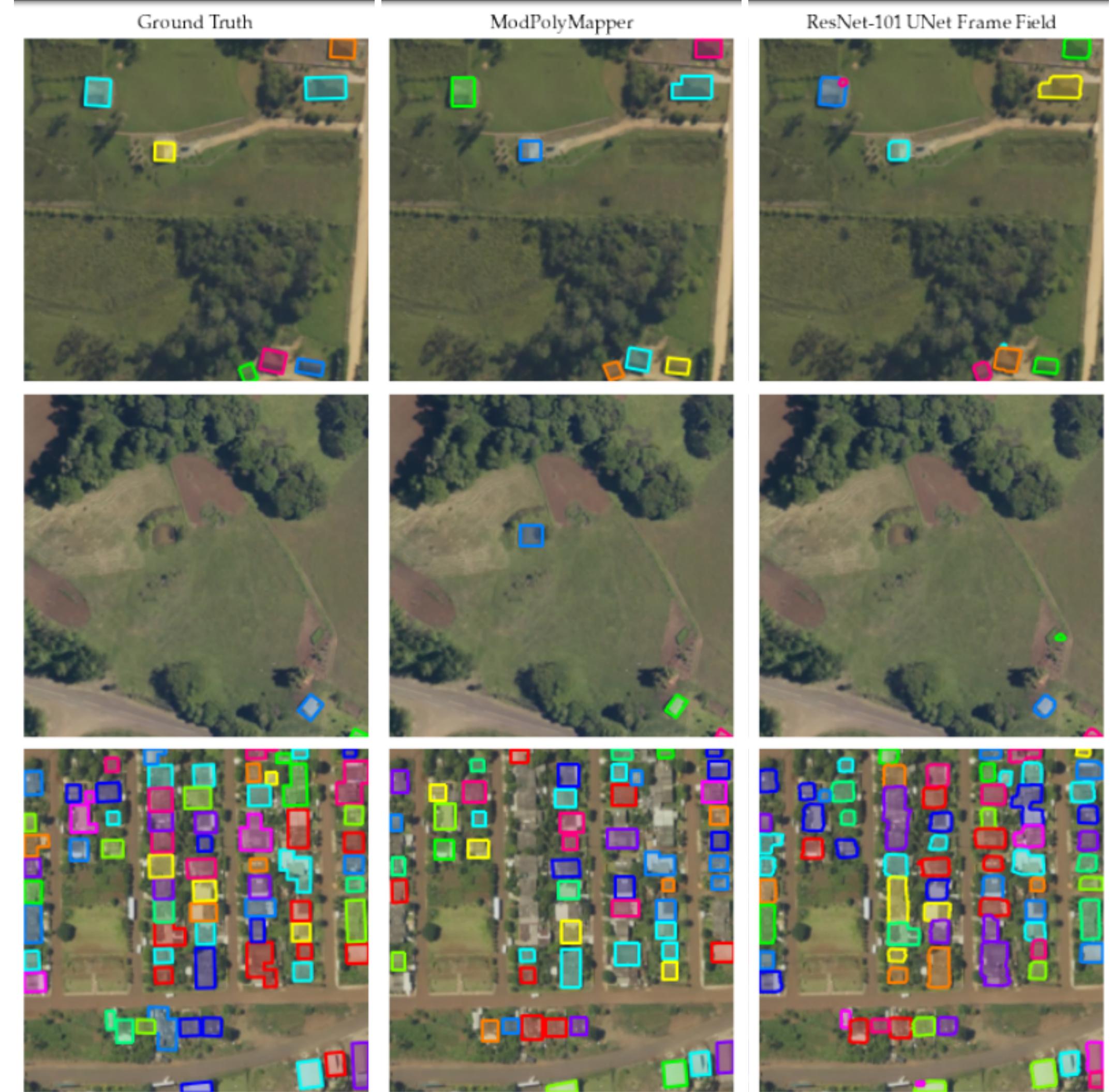
# LLMs para busca de produtos

- Estado de maturação: protótipo
- Uso de modelos LLM para buscar produtos por meios de texto livre;
- Exemplo de texto livre: carta orto 50k de salvador de 2024
- O sistema calcula a partir do texto livre filtros de localização, data, produto, escala e preenche a interface para o usuário finalizar a busca



# Extração de Edificações Utilizando IA

- Estado de maturação: em desenvolvimento;
- Pesquisa de Mestrado desenvolvida em parceria com a UnB;
- Métodos: UNet, Frame Field Learning e Mod Polymapper;
- Treinamento realizado com dataset próprio (1,5 milhões de edificações extraídas manualmente);
- Acurácia obtida compatível com a escala 1:10.000;
- É necessário realizar mais testes em produção (diferentes resultados em cenas urbanas e cenas rurais);



Adaptado de Borba (2022)

# Segmentação de Vegetação

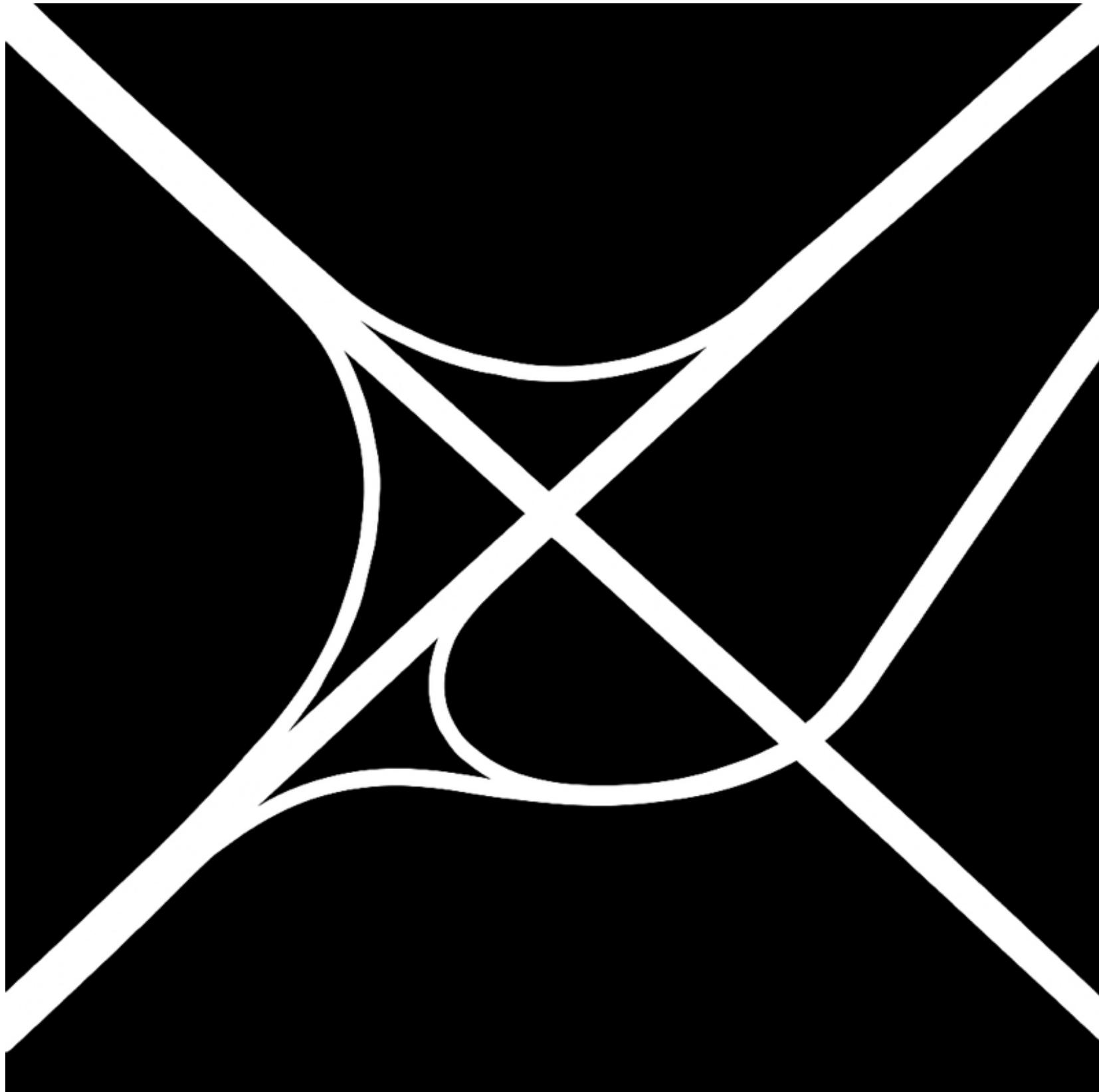
- Estado de maturação: estágio inicial
- Construção de dataset para a extração de vegetação a partir de imagens CBERS-4A/Planet utilizando dados existentes da DSG;
- Escala de trabalho: 1:50.000;
- Testes com a UNet em um primeiro momento;
- Um problema relacionado está sendo pesquisado em um mestrado em andamento em parceria com a UFPE: extração de somente corpos d'água



Representação esquemática de um par de imagem e máscara de segmentação.  
A imagem do exemplo é sintética e não corresponde a um lugar real.

# Segmentação de Rodovias

- Estado de maturação: estágio inicial
- Necessidade: extrair automaticamente a geometria de redes de transporte utilizando IA;
- Há dados da nossa produção cartográfica que podem ser utilizados para a construção de novos conjuntos de dados;
- Pesquisa Anterior: Doutorado na UNESP para utilizar Fusão com dados Lidar para melhorar a extração de redes UNets em situações de oclusões;
- Pesquisa em Andamento - Mestrado na UFRGS: Agrupar conjuntos de imagens por similaridade (calculada pelo image embedding) e treinar redes para cada grupo de imagens, com a finalidade de avaliar se tal agrupamento tem impacto tanto no tempo de treinamento, quanto na acurácia do resultado final.



Representação esquemática de um par de imagem e máscara de segmentação.  
A imagem do exemplo é sintética e não corresponde a um lugar real.

- Estado de maturação: estágio inicial;
- Pesquisa em Andamento - Mestrado na UFRGS;
- CLIP e SSL4EO para encontrar similaridade entre imagens;
- Aplicação: busca de estruturas estratégicas;

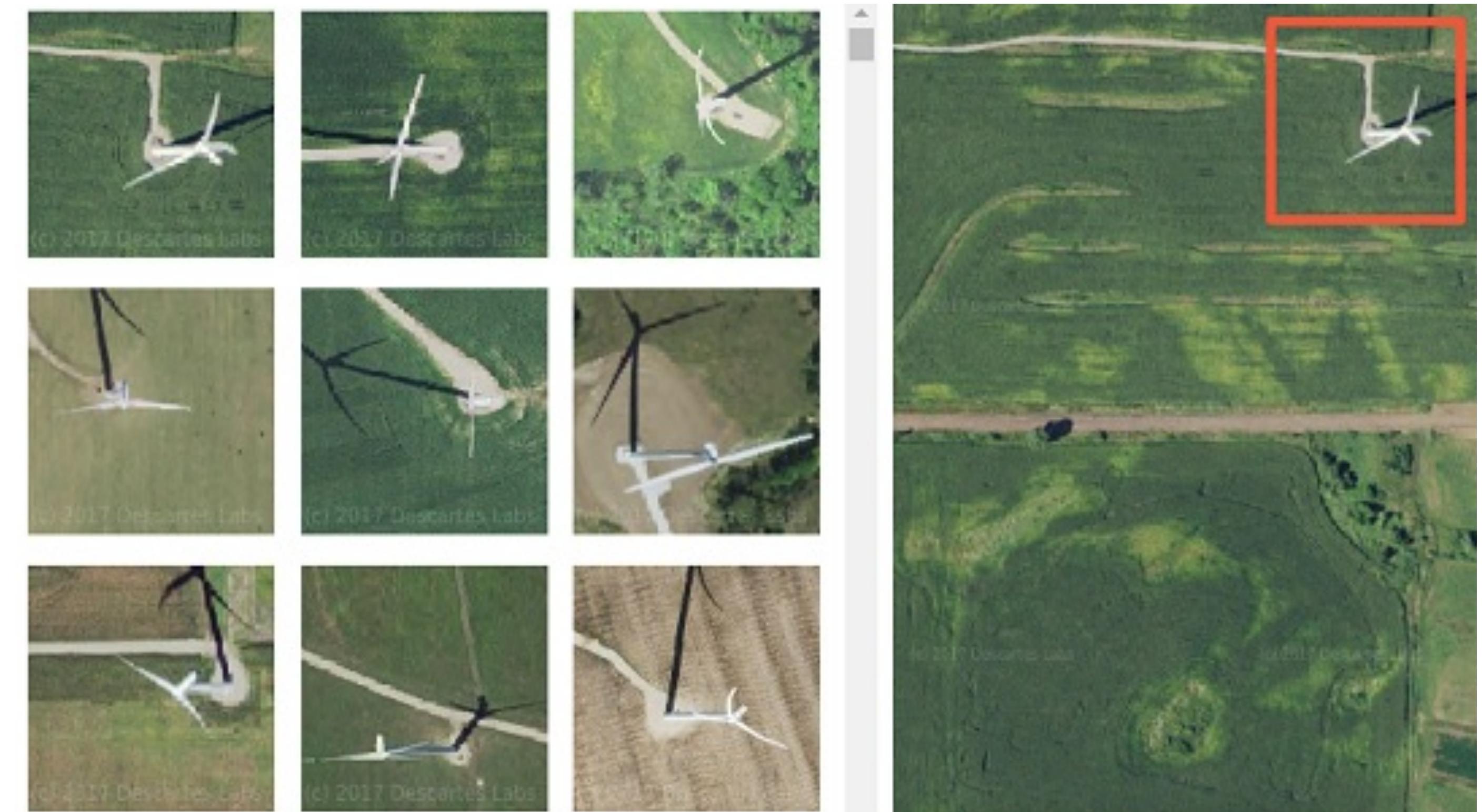
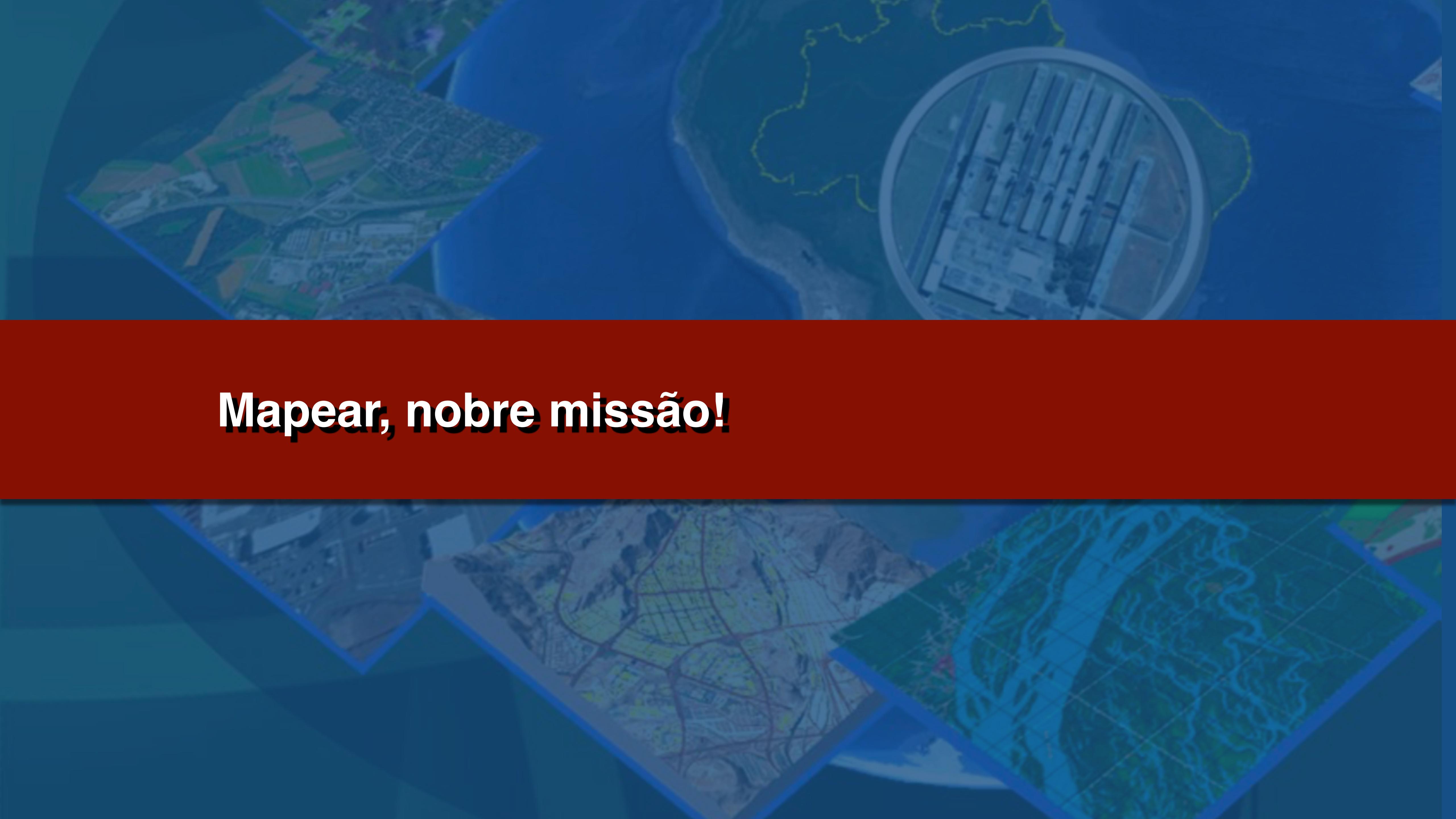


Figura adaptada de Descartes Labs (2023)

<https://medium.com/descarteslabs-team/annotating-imagery-at-scale-with-geovisual-search-97a7960f257f>

- Deep Learning é um ramo do conhecimento que apesar da elevada curva de conhecimento, possui diversas aplicações para a Produção Cartográfica, a saber:
  - Extração de feições utilizando segmentação semântica (edificações, feições da cobertura terrestre, rodovias, etc);
  - Detecção de objetos (silos, pontes, barragens, pista de pouso, viadutos, campos de futebol, etc);
  - Superresolução (ortoimagens e modelos de superfície);
  - Transferência de Estilo (*Style Transfer*): equalização de mosaicos e colorização;
- Existe a possibilidade de um ganho produtivo sem precedentes caso as pesquisas se mostrem frutíferas, porém é necessário bastante tempo para maturação das ideias;
- Os recentes avanços no campo da Inteligência Artificial revelaram enormes potencialidades para a automatização de extração de informações;
- A DSG possui know-how na área de IA obtido por meio de anos de investimento em capacitação de recursos humanos e pesquisa e desenvolvimento internos. A aplicação desses conhecimentos pode trazer benefícios para a produção de geoinformação desta diretoria.



**Mapear, nobre missão!**