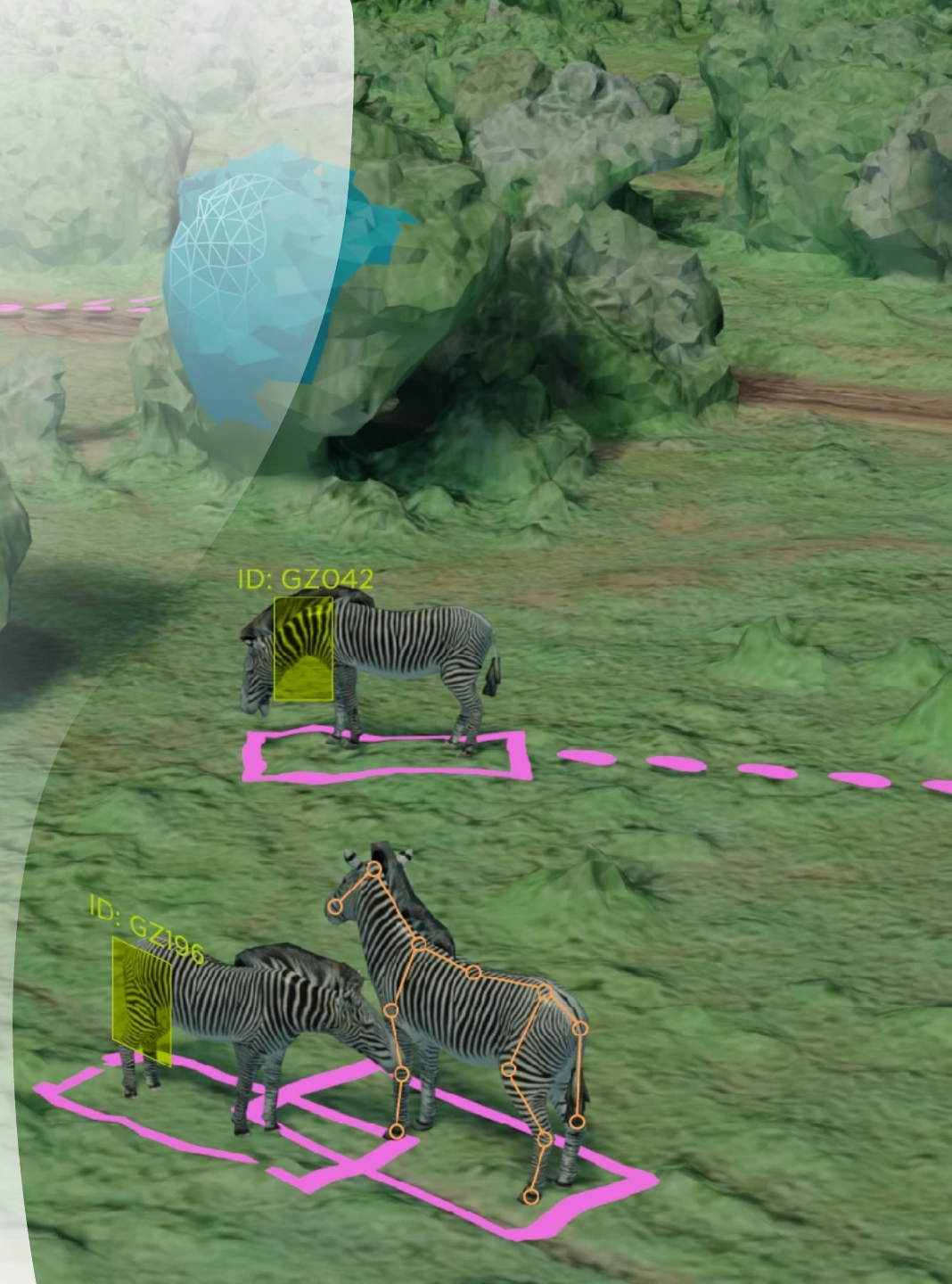
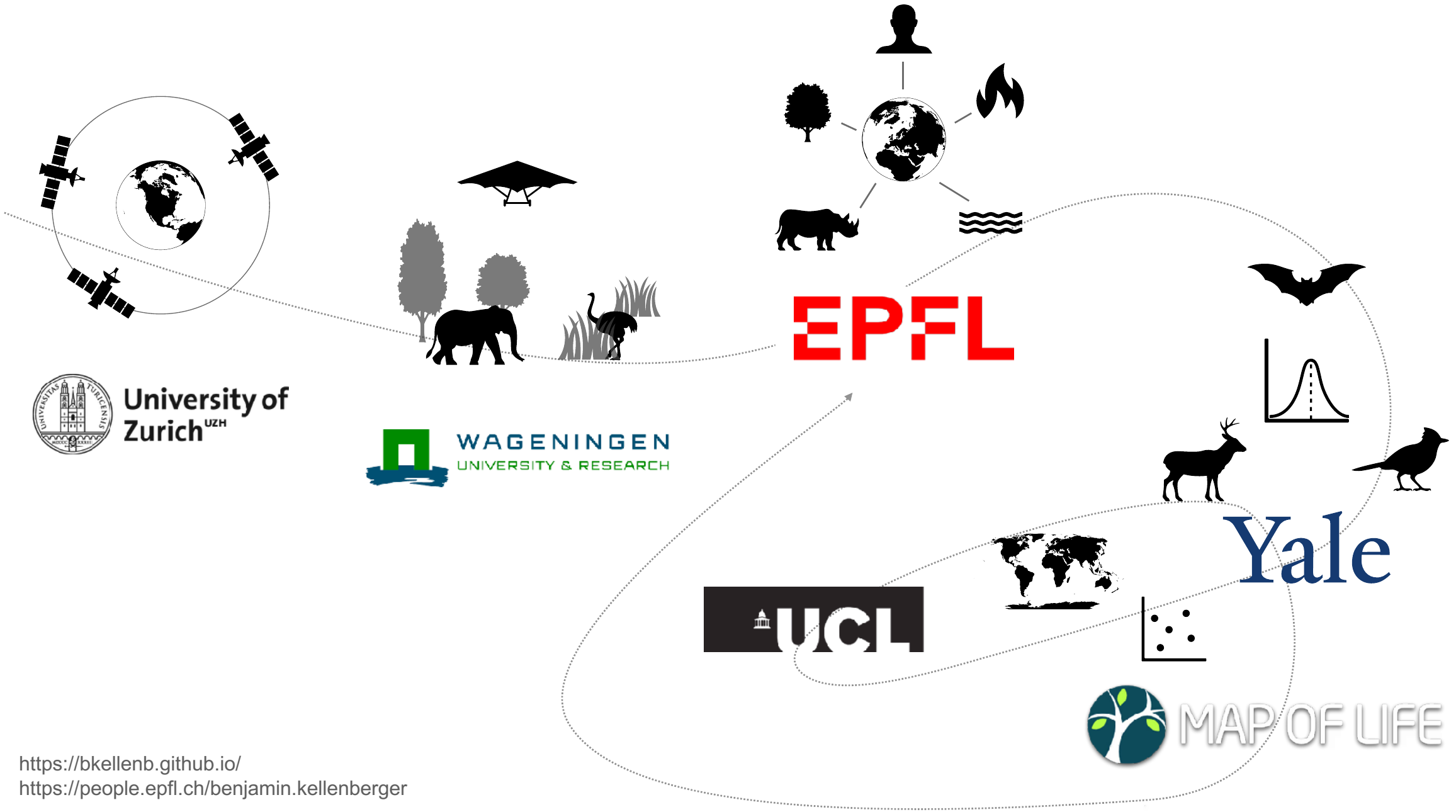
IA para a biodiversidade e os ecossistemas

Escola de verão Climate Change AI
Semana 5 · Setorial IV



Benjamin Kellenberger | 2026-08-17



https://bkellenb.github.io/
https://people.epfl.ch/benjamin.kellenberger



P: o que é “biodiversidade”?

E como medi-la?



> “Biodiversidade são todas as diferentes formas de vida que encontramos em uma área”
>
> – WWF, 2026

Medindo a biodiversidade:

- número de espécies
- número de indivíduos por espécie
- distribuição das espécies
- interações: tipo (predação, simbiose etc.), frequência
- dinâmica:
  - reprodução
  - deslocamentos de distribuição
- resposta às mudanças:
  - clima
  - perda de habitat
    - grilagem de terras (p. ex., desmatamento; conversão em áreas agrícolas)
    - degradação da terra
  - espécies invasoras
- ...

A biodiversidade é complexa

O sistema mais complexo que a humanidade conhece: a Terra

Nunca vamos compreendê-lo por completo

Mas temos…

…conhecimento

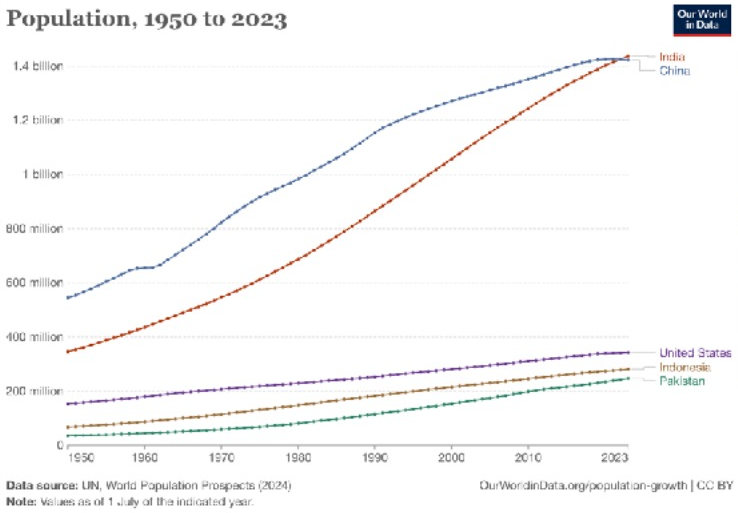
…sabedoria

…observações



Mariposa de Darwin (Xanthopan praedicta). Foto © Robert Clark

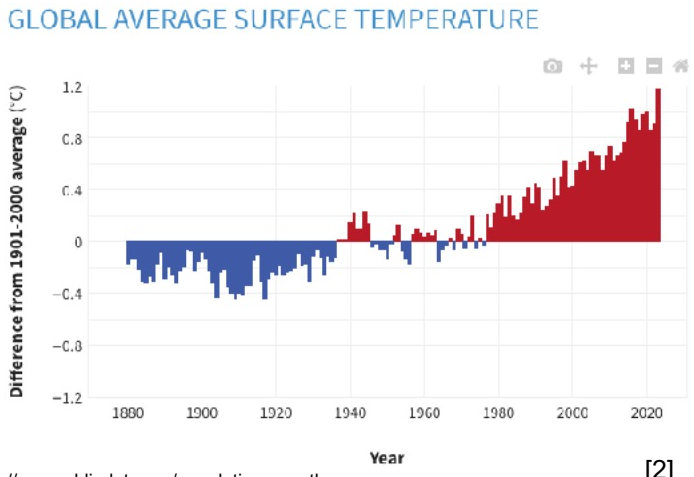
Desafios ambientais



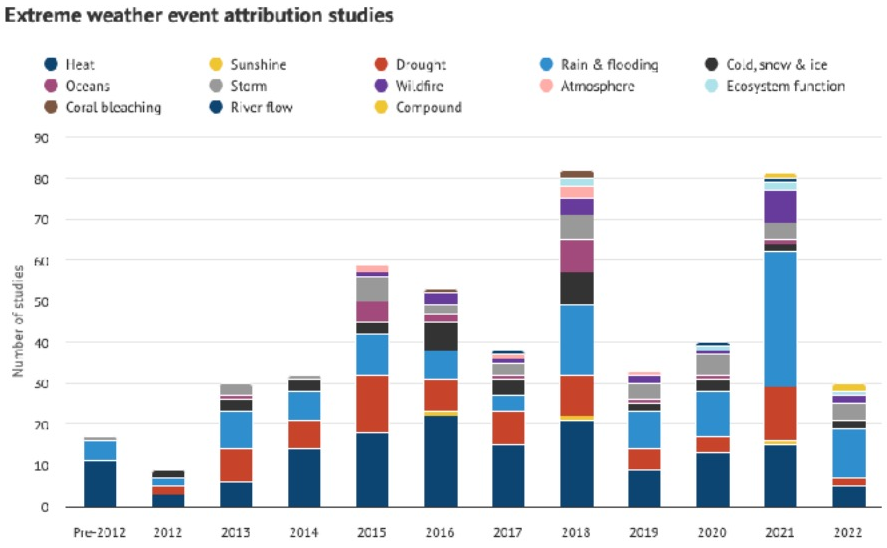
[1]



[3]



[2]



[4]



[5]

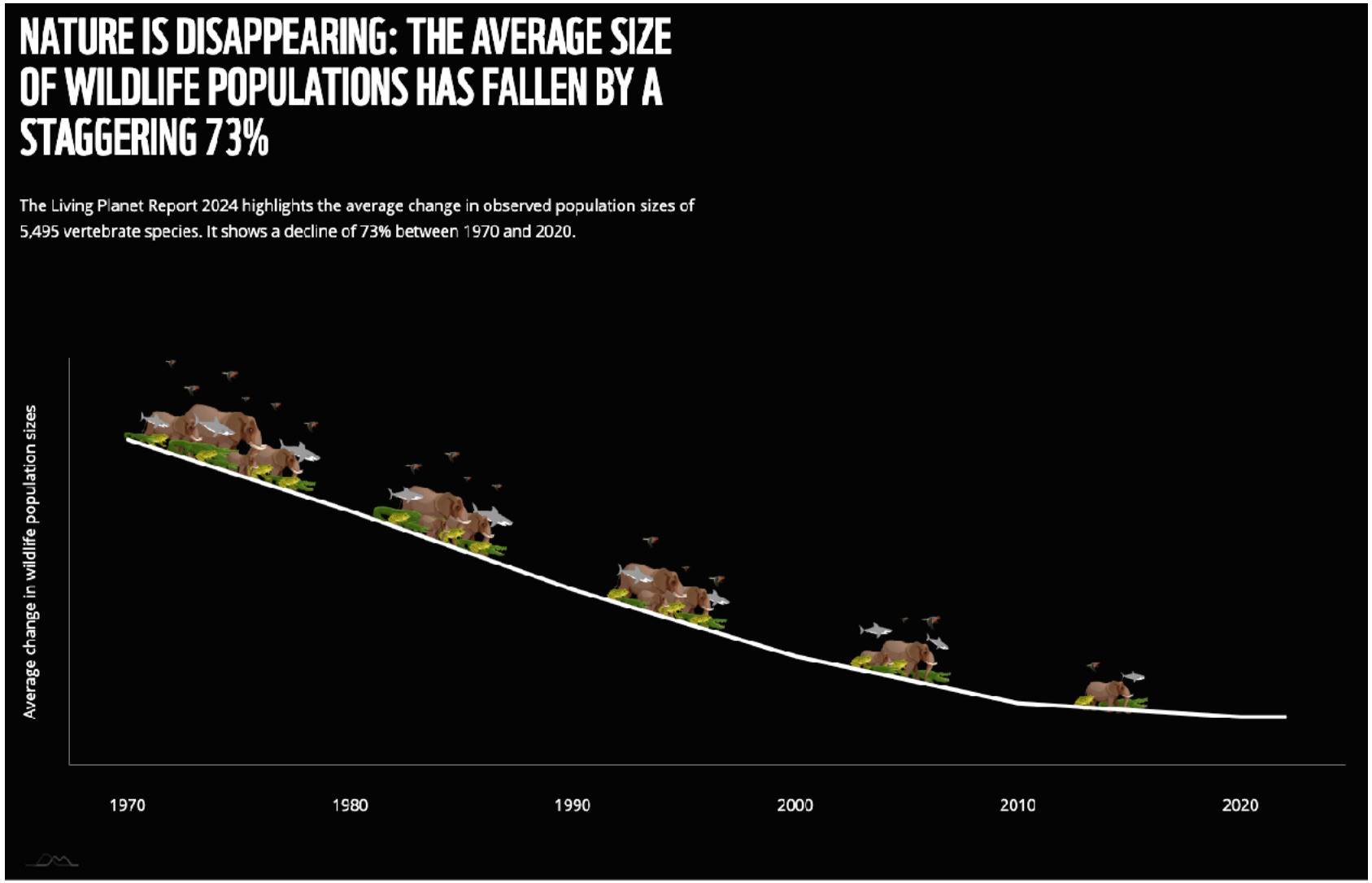


[6]

[1] https://ourworldindata.org/population-growth
[2] https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature
[3] https://www.flightradar24.com/
[4] https://www.carbonbrief.org/mapped-how-climate-change-affects-extreme-weather-around-the-world/
[5] https://www.theguardian.com/world/2024/oct/30/spain-floods-torrential-rain-deaths
[6] https://www.theguardian.com/world/2026/jul/27/france-and-spain-race-to-contain-huge-wildfires-before-fresh-heatwave-begins

Desafios para a biodiversidade

Perda de espécies



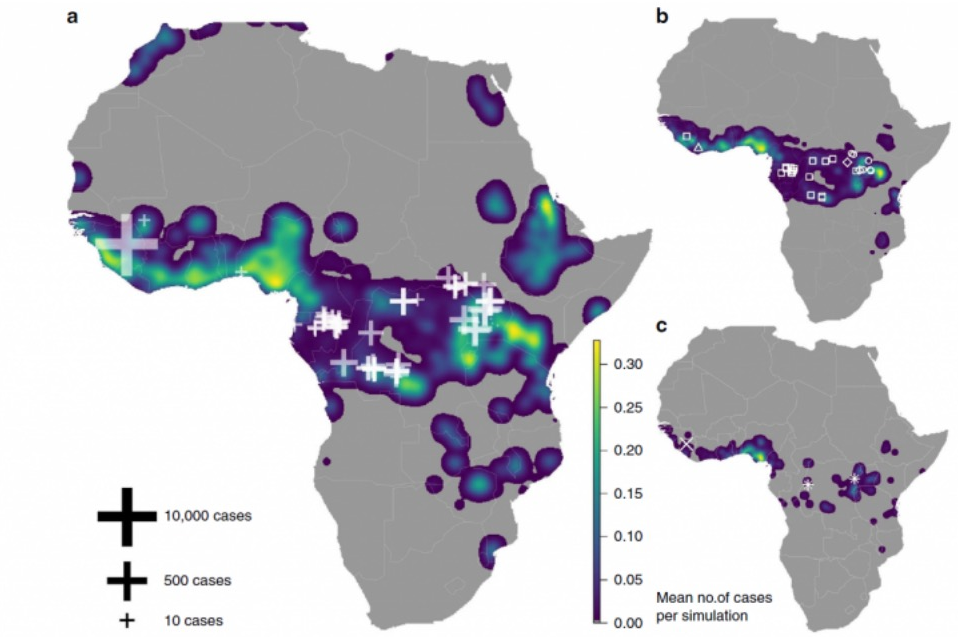
https://livingplanet.panda.org/

Desafios para a biodiversidade

Invasões biológicas



https://freerangestock.com/photos/65509/gypsy-moth-infestation.html



Redding et al., 2019: Impacts of environmental and socio-economic factors on emergence and epidemic potential of Ebola in Africa. Nature Communications 10, 4531. https://doi.org/10.1038/s41467-019-12499-6

Desafios para a biodiversidade

Degradação e destruição de habitats



Photo © Harley Kingston



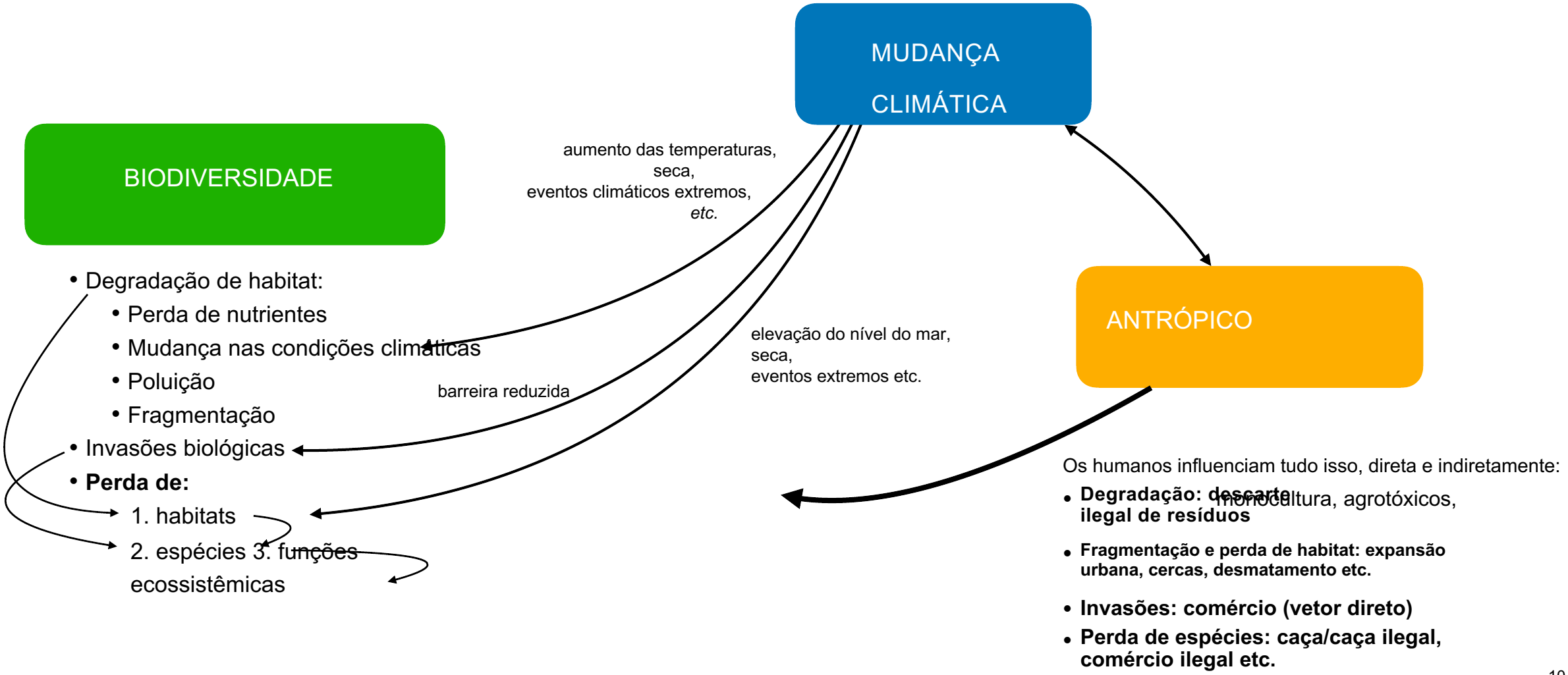
Photo © GRID-Arendal



Photo © The Ocean Agency / XL Catlin Seaview Survey / Richard Vevers

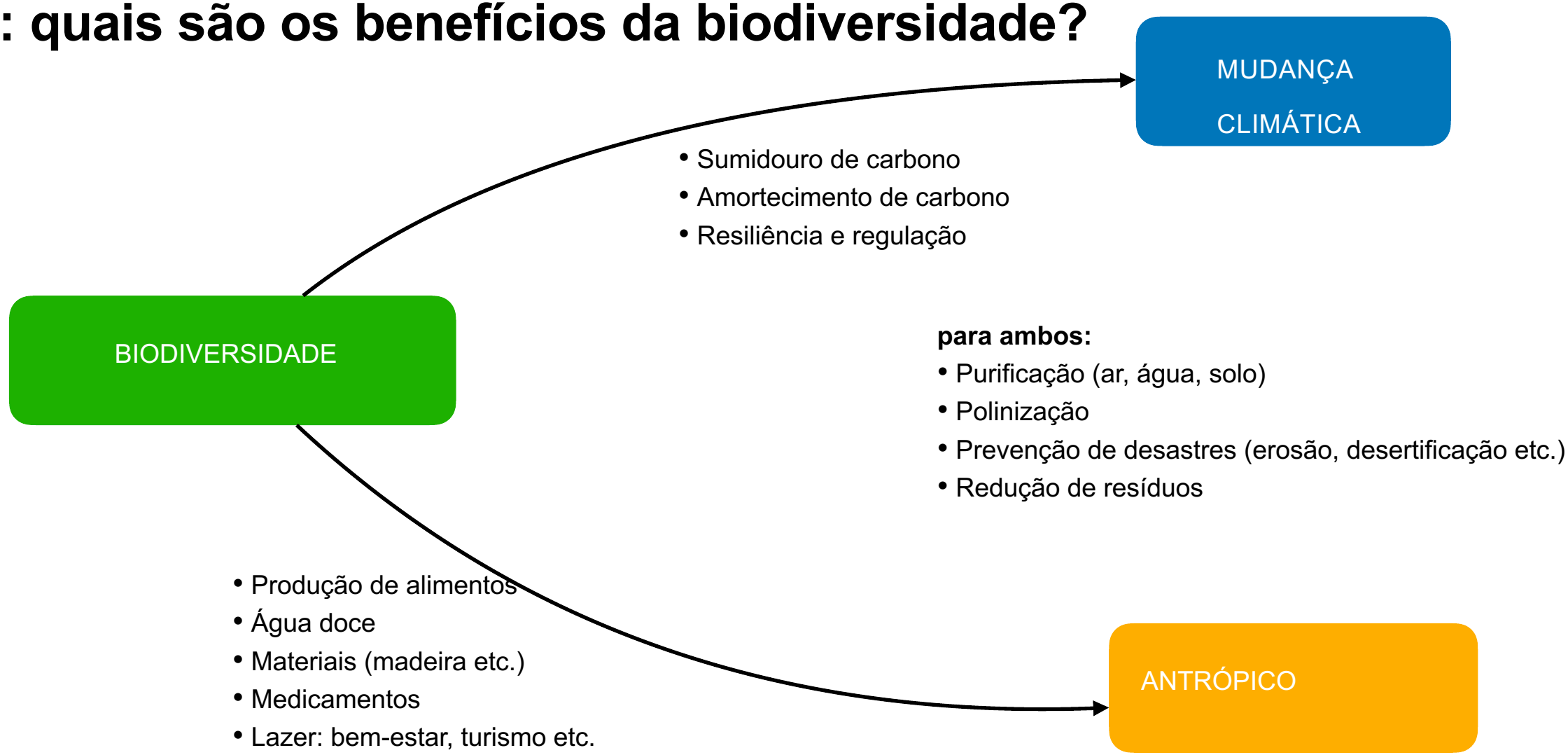
Desafios para a biodiversidade

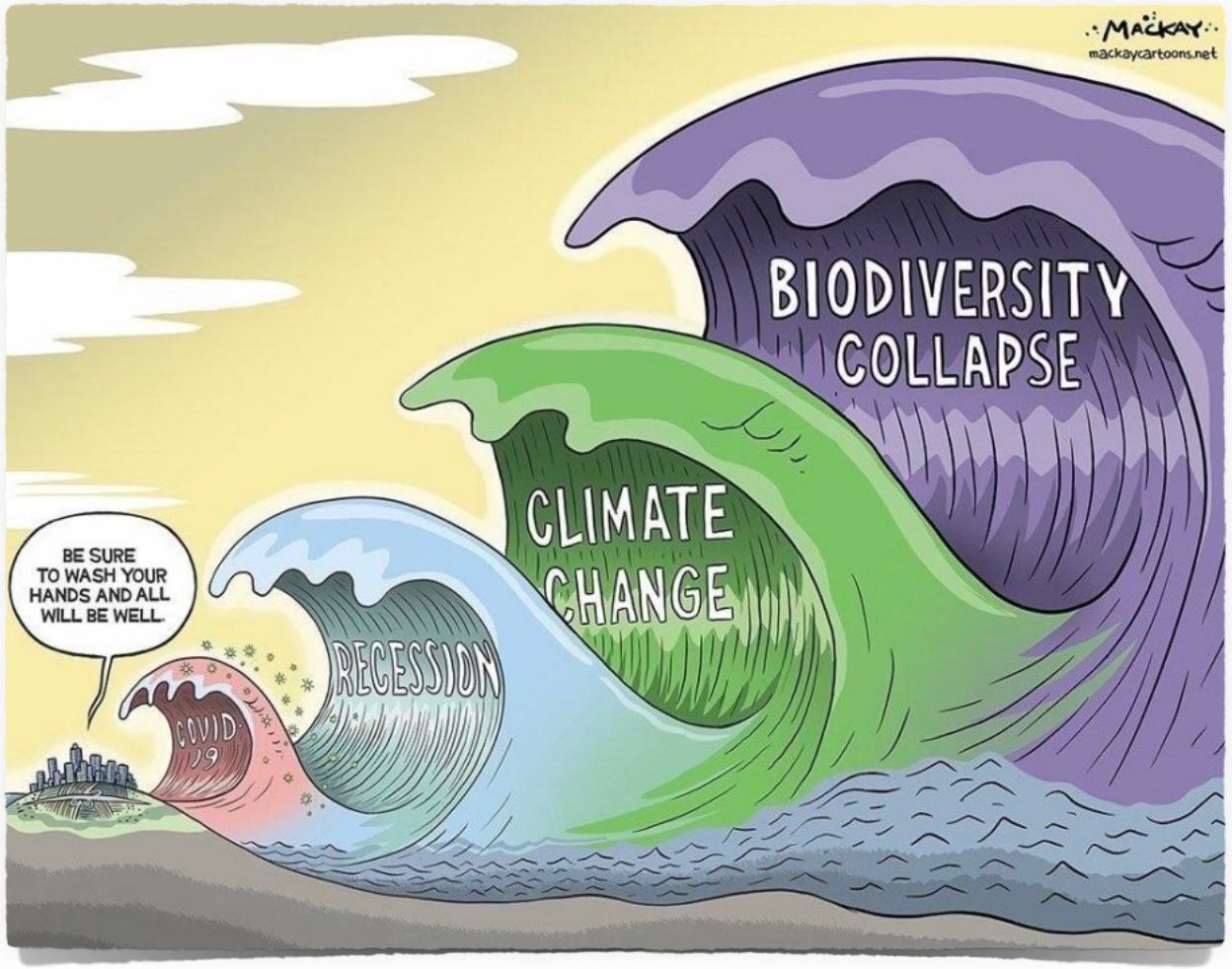
P: quais são os fatores e vetores negativos?



Desafios para a biodiversidade

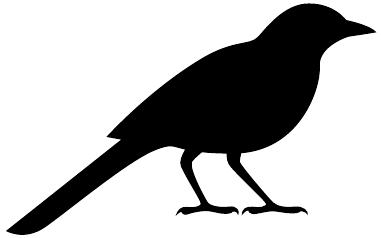
P: quais são os benefícios da biodiversidade?





Biodiversidade é vida. Sem ela, não estaríamos aqui.

IA e biodiversidade

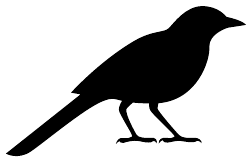


I. Como monitorar o indivíduo?

IA e biodiversidade

I. Monitorando o indivíduo





Armadilhas fotográficas

- Desenvolvidas para a caça:
  - Sensores fotográficos:
    - RGB (câmera comum)
    - Infravermelho térmico (visão noturna)
  - Sensor de movimento: dispara só com movimento (animal passando)
  - Resistentes ao tempo (na natureza)
  - Camufladas (observar sem interferir)



Photo © Axel Fassio

Armadilhas fotográficas



Photo © Axel Fassio



Imagens do Snapshot Kgalagadi (https://lila.science/datasets/snapshot-kgalagadi)

Armadilhas fotográficas



Photo © Axel Fassio

Desafios



(1) Illumination



(2) Blur



(3) ROI Size



(4) Occlusion



(5) Camouflage



(6) Perspective

Beery, 2023

Armadilhas fotográficas
com IA



Photo © Axel Fassio

“em pé” “canguru”

“Joey, o canguru”

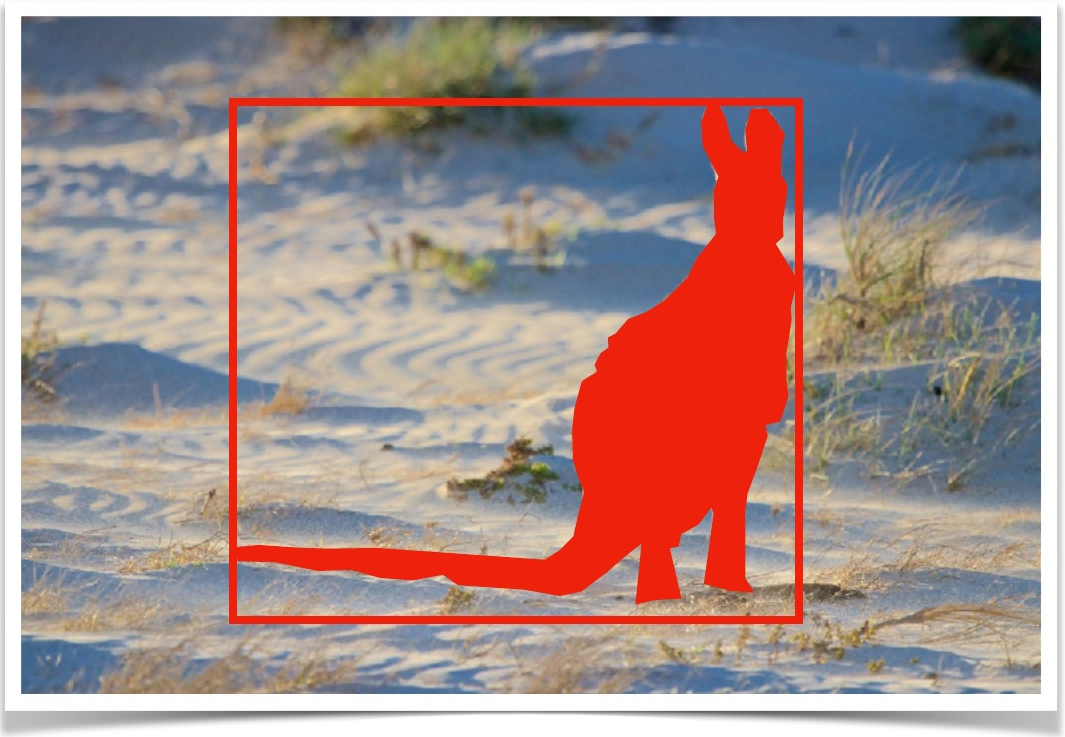


Photo © Benjamin Kellenberger

1. Classificação de espécies
2. Classificação de comportamento
3. Detecção
4. Identificação individual
5. Segmentação de instâncias
    - Idade
    - Sexo
    - Saúde
    - etc.

Armadilhas fotográficas
com IA



Photo © Axel Fassio

“limpeza”

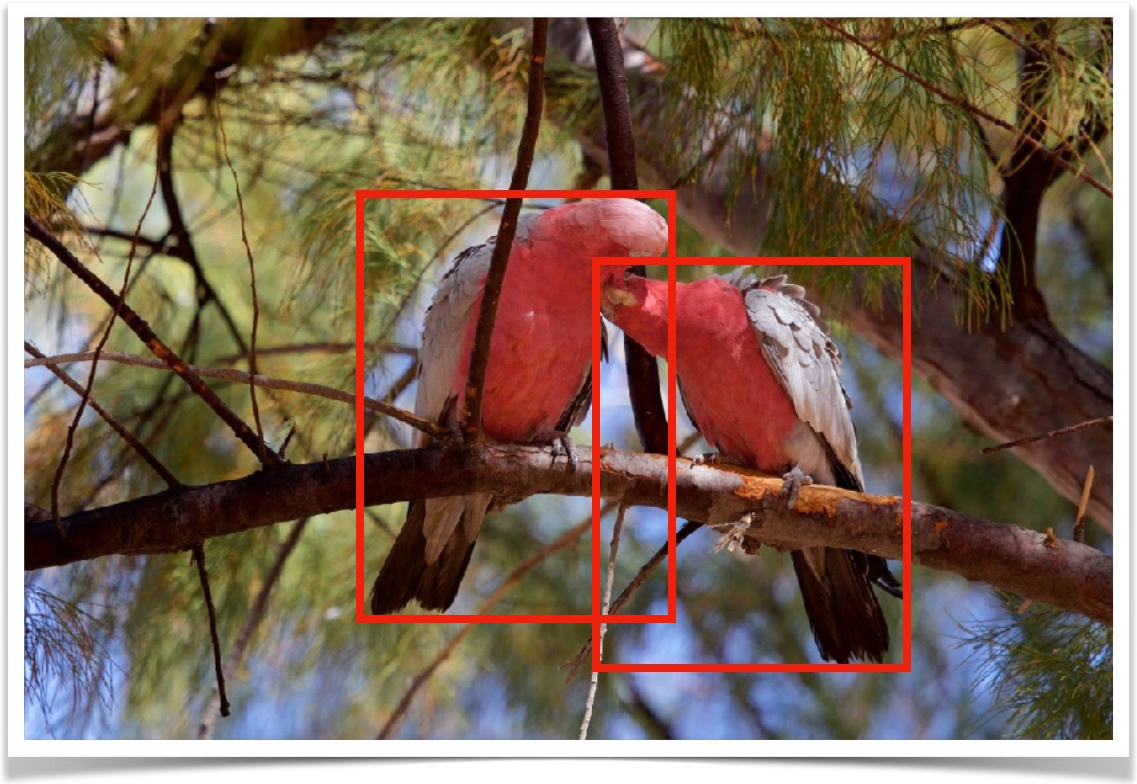


Photo © Benjamin Kellenberger

Interações ➔ comportamento coletivo

Armadilhas fotográficas

MegaDetector: o modelo de referência (Beery, 2023)

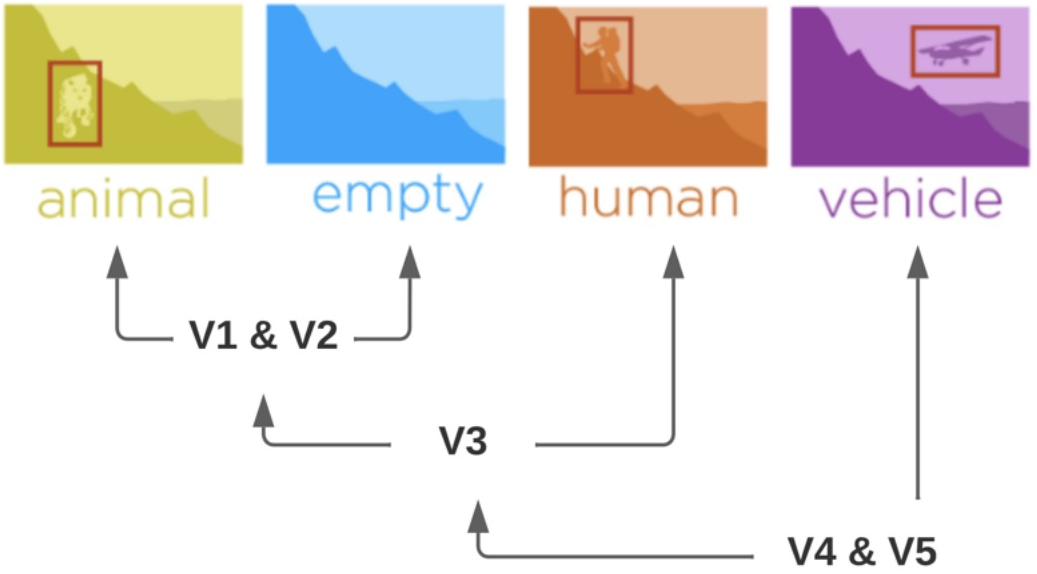


Photo © Axel Fassio

O padrão de fato para a análise automatizada inicial de imagens de armadilhas fotográficas

2 ramos ativos:

- https://microsoft.github.io/MegaDetector/
- https://github.com/agentmorris/MegaDetector



Armadilhas fotográficas

MegaDetector: o modelo de referência (Beery, 2023)



Photo © Axel Fassio

Superfácil de usar!

Computador local

```
pip install PytorchWildlife
```

```
from PytorchWildlife.models import detection as pw_detection

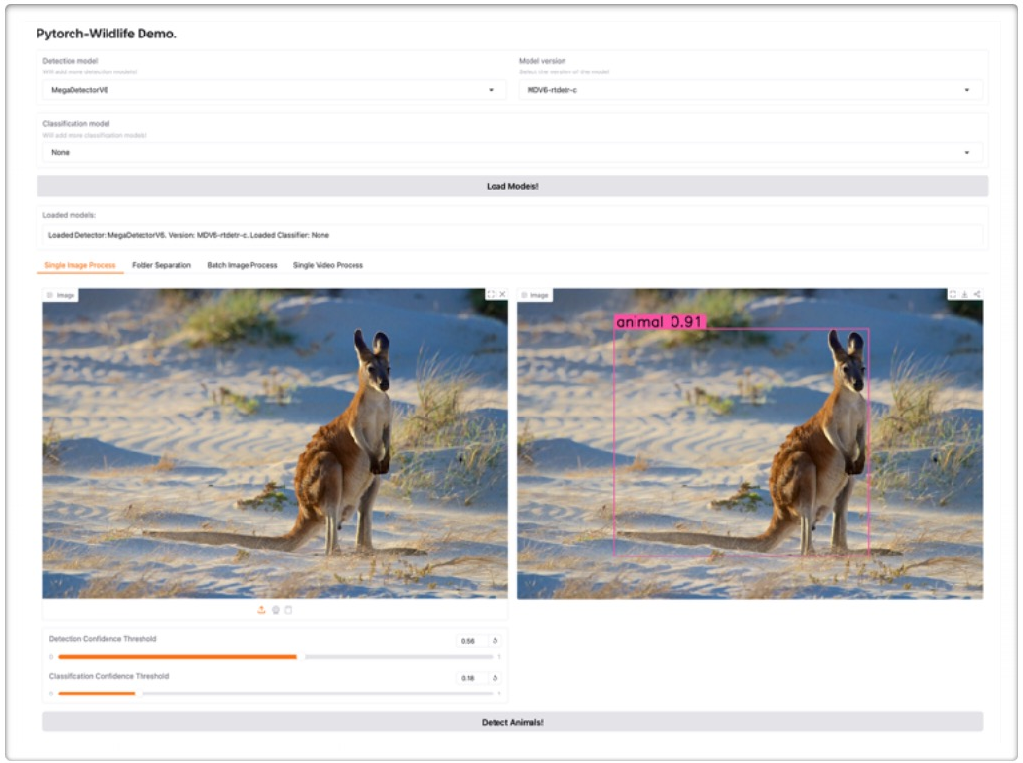
# Load MegaDetectorV6 (weights download automatically)
model = pw_detection.MegaDetectorV6()

# Detect in a single image
results = model.single_image_detection("path/to/camera_trap_image.jpg")

# Detect across a whole folder
results = model.batch_image_detection("path/to/image_folder/")
```

https://microsoft.github.io/MegaDetector/

Navegador

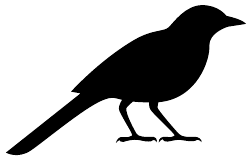


https://huggingface.co/spaces/ai-for-good-lab/pytorch-wildlife

IA e biodiversidade

I. Monitorando o indivíduo





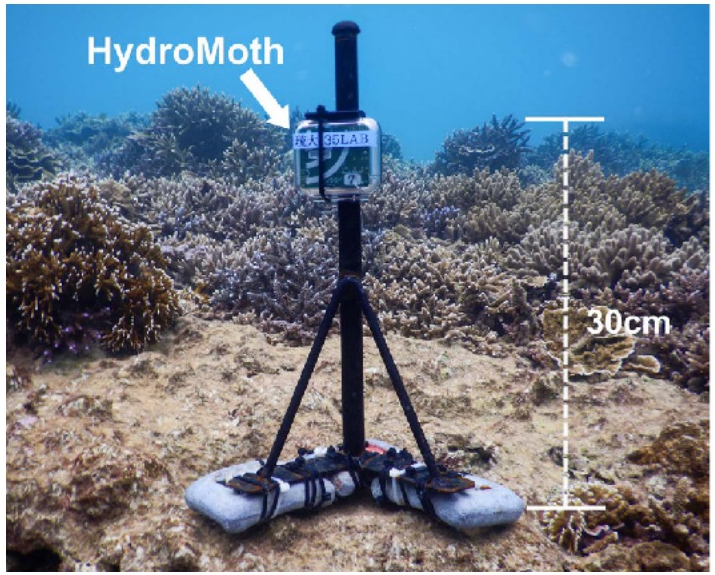


Gravadores acústicos

- Gravação contínua de som



AudioMoth.
Foto: https://www.openacousticdevices.info/



HydroMoth.
Foto: Kimura et al., 2024

Gravadores acústicos

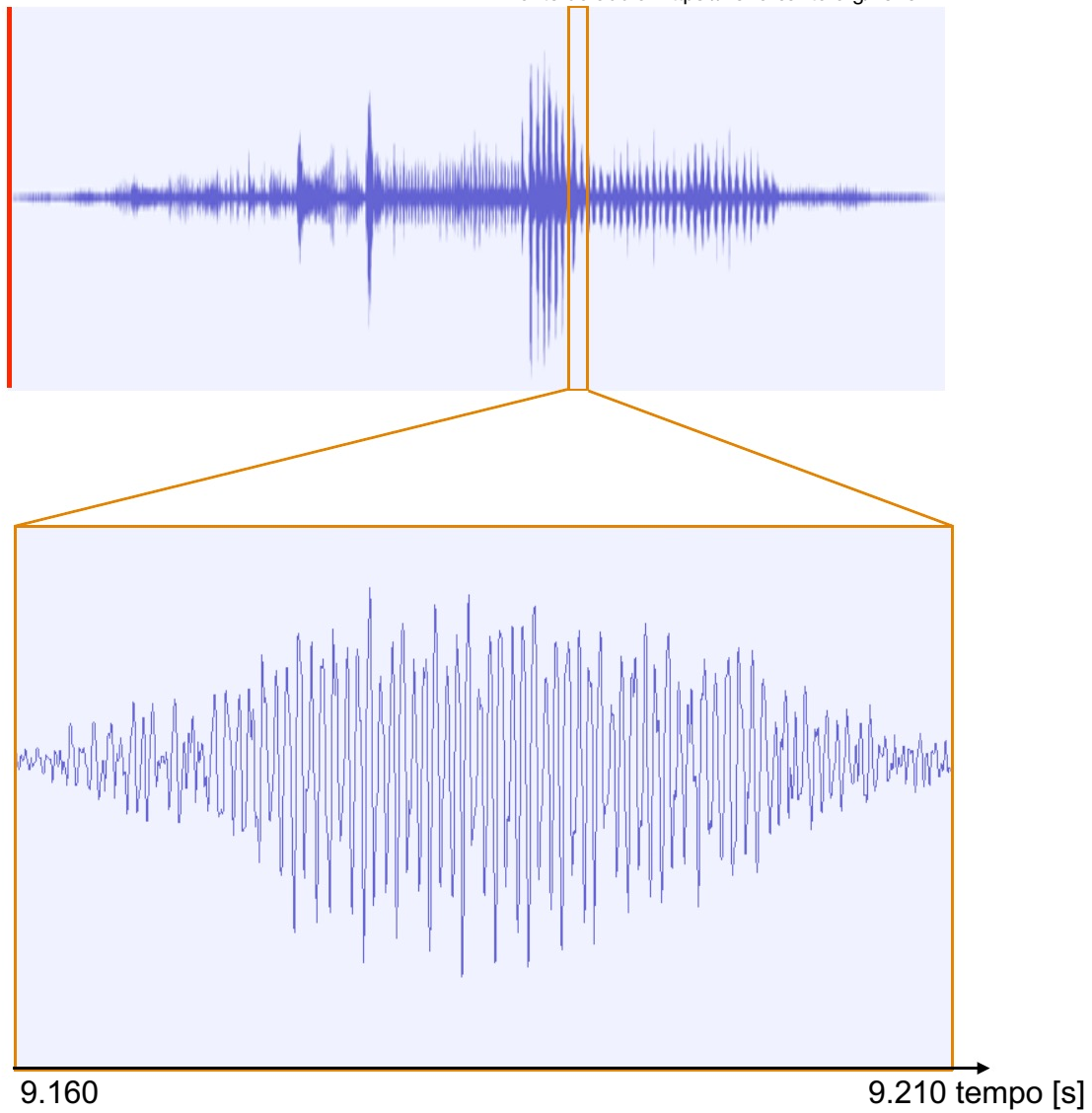
Cucaburra-risonho
(Dacelo novaeguineae)



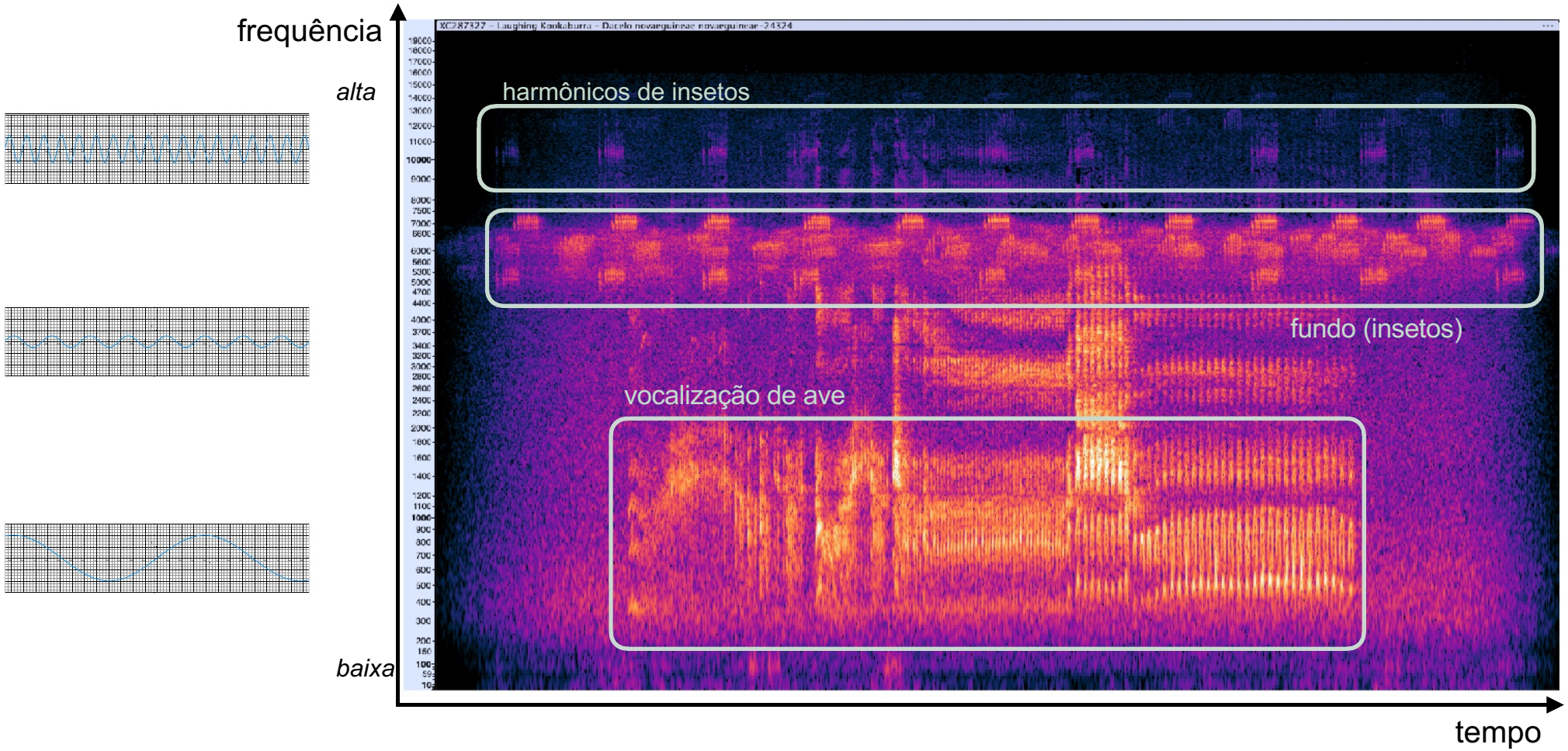
https://ebird.org/species/laukoo1



fonte do áudio: https://xeno-canto.org/287327



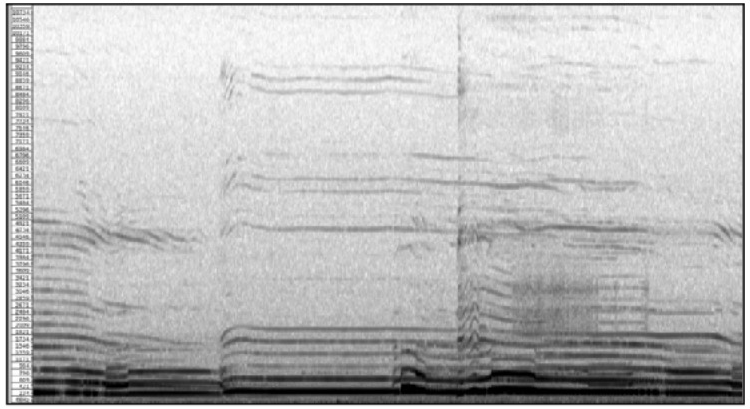
Espectrogramas



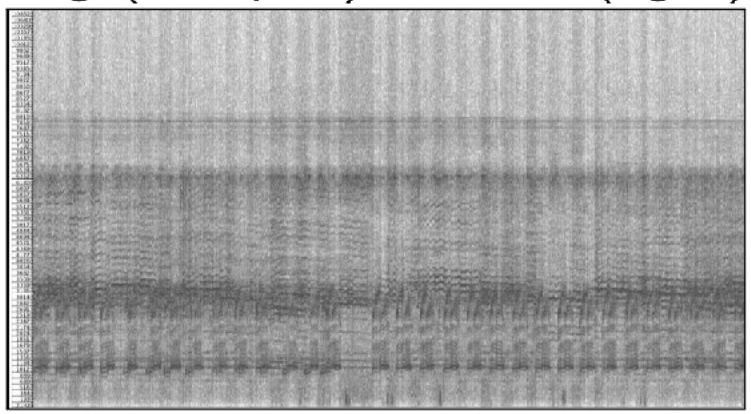
Espectrogramas

Exemplos:

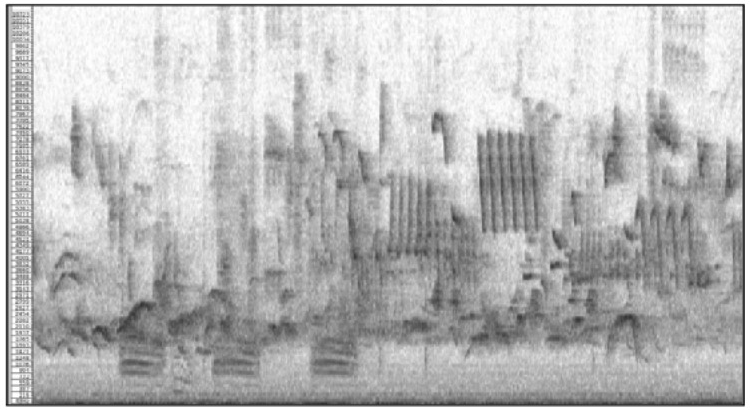
Small pack of wolves howling together



Frogs (lower pitch) and insects (higher)



"Dawn chorus" of many bird species



Risso's & Pacific White-sided dolphins

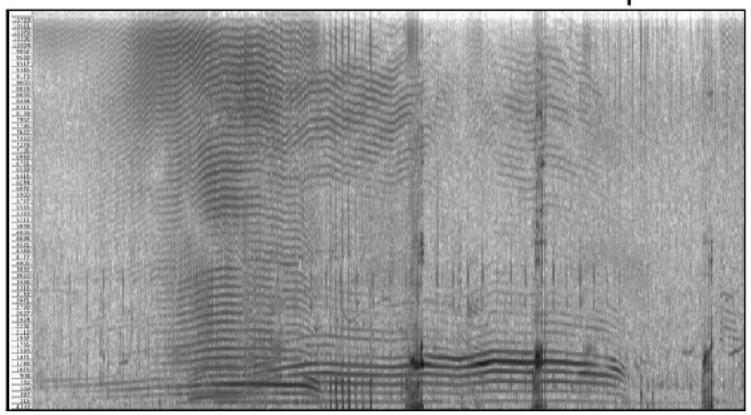
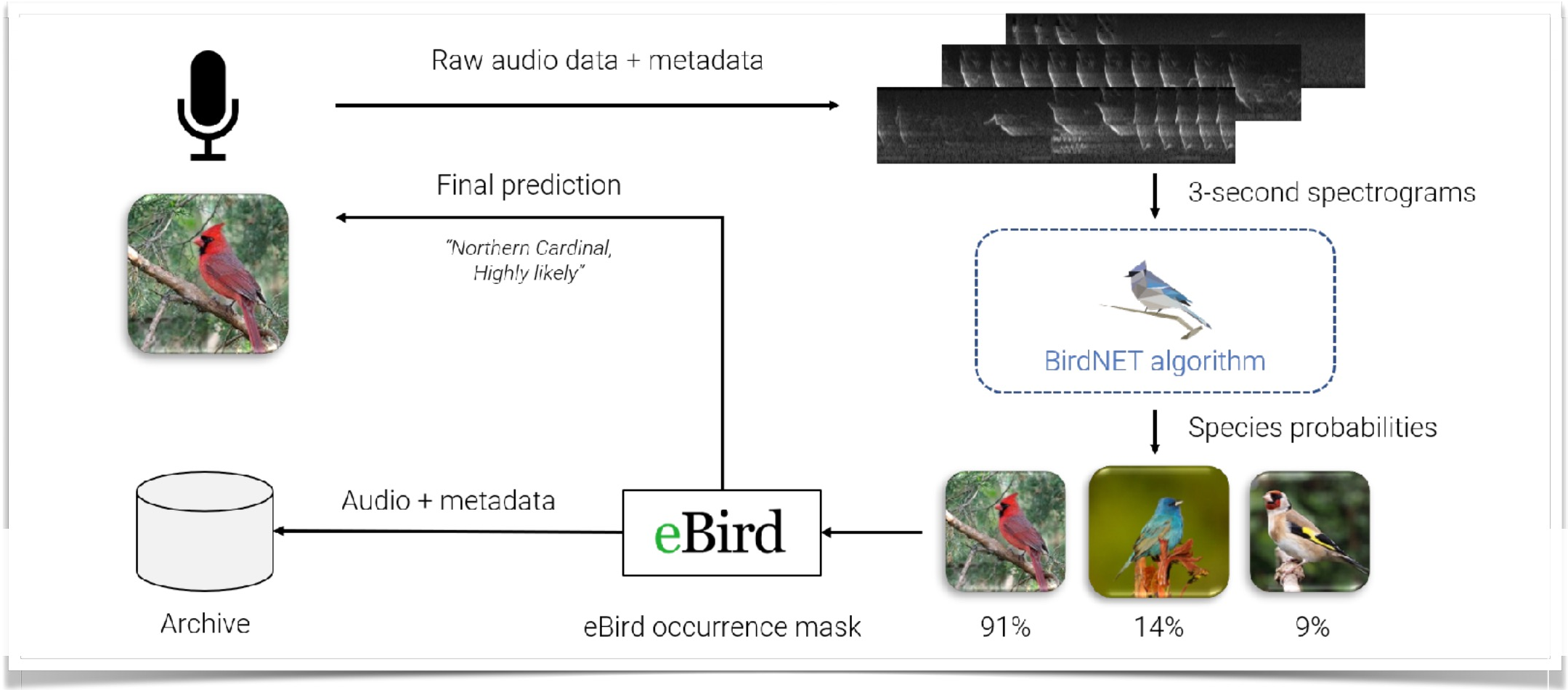


Imagem © Dan Stowell / Naturalis

Paisagens sonoras

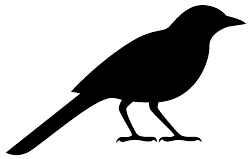
Modelo de exemplo: BirdNET (https://birdnet.cornell.edu/)



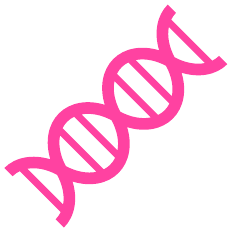
IA e biodiversidade

I. Monitorando o indivíduo

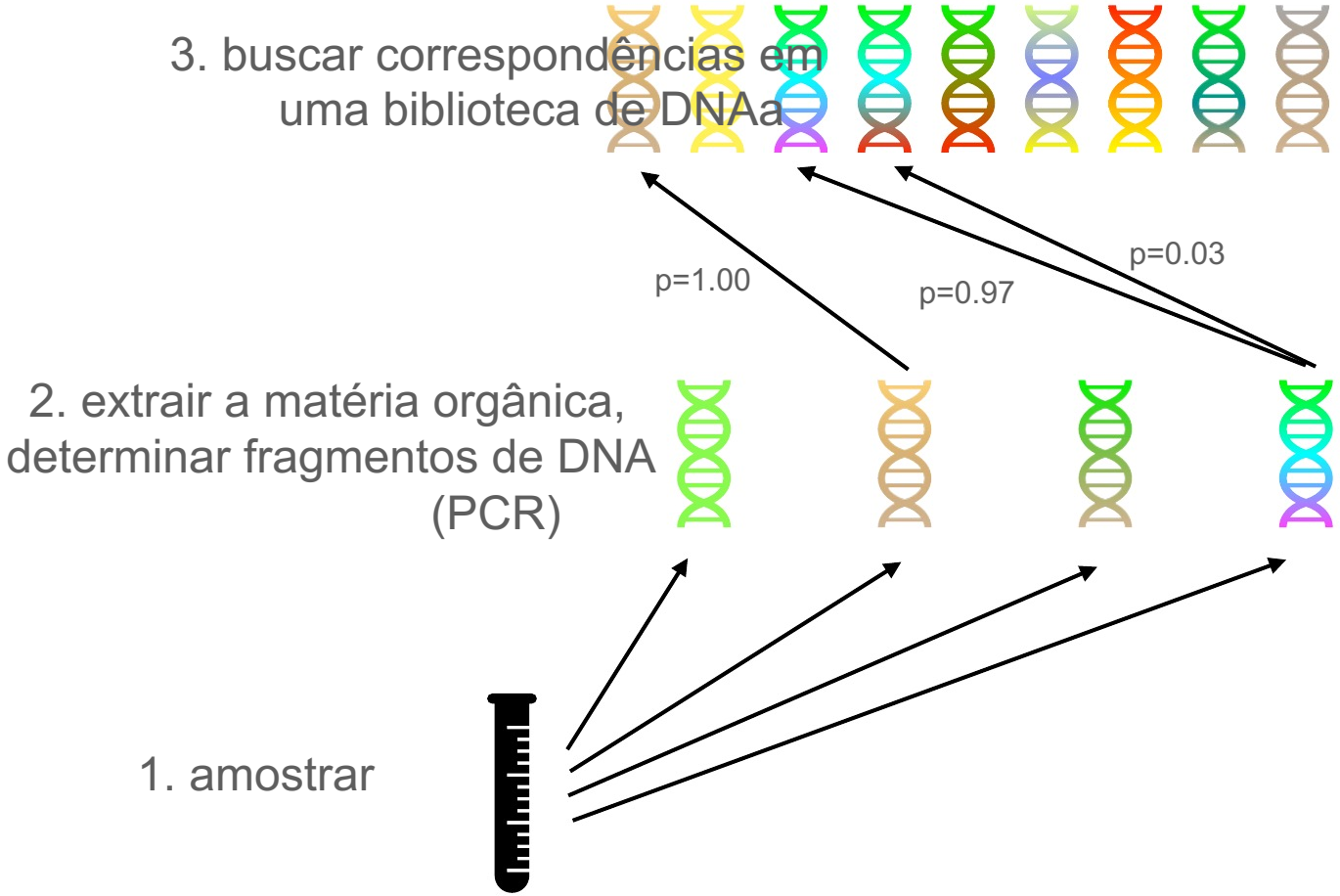








DNAa



ar

terrestre

aquático

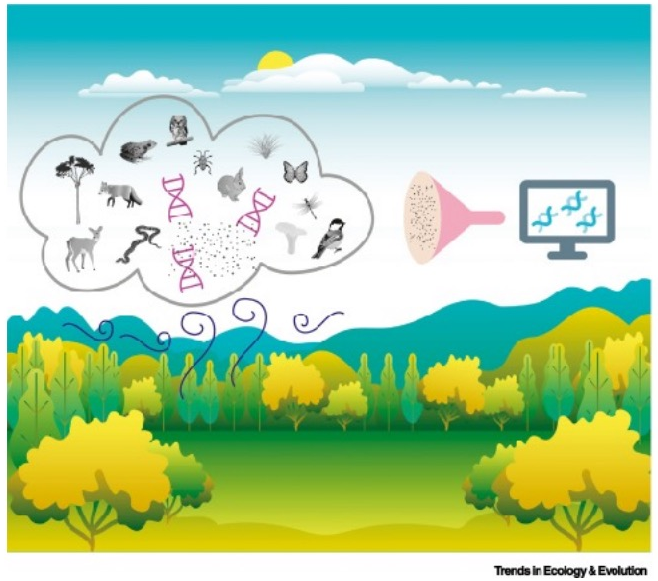


Imagem: Bohmann e Lynggaard, 2023

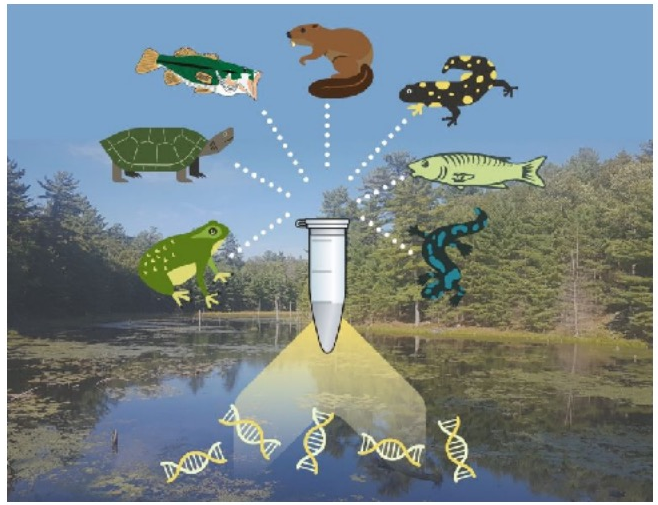
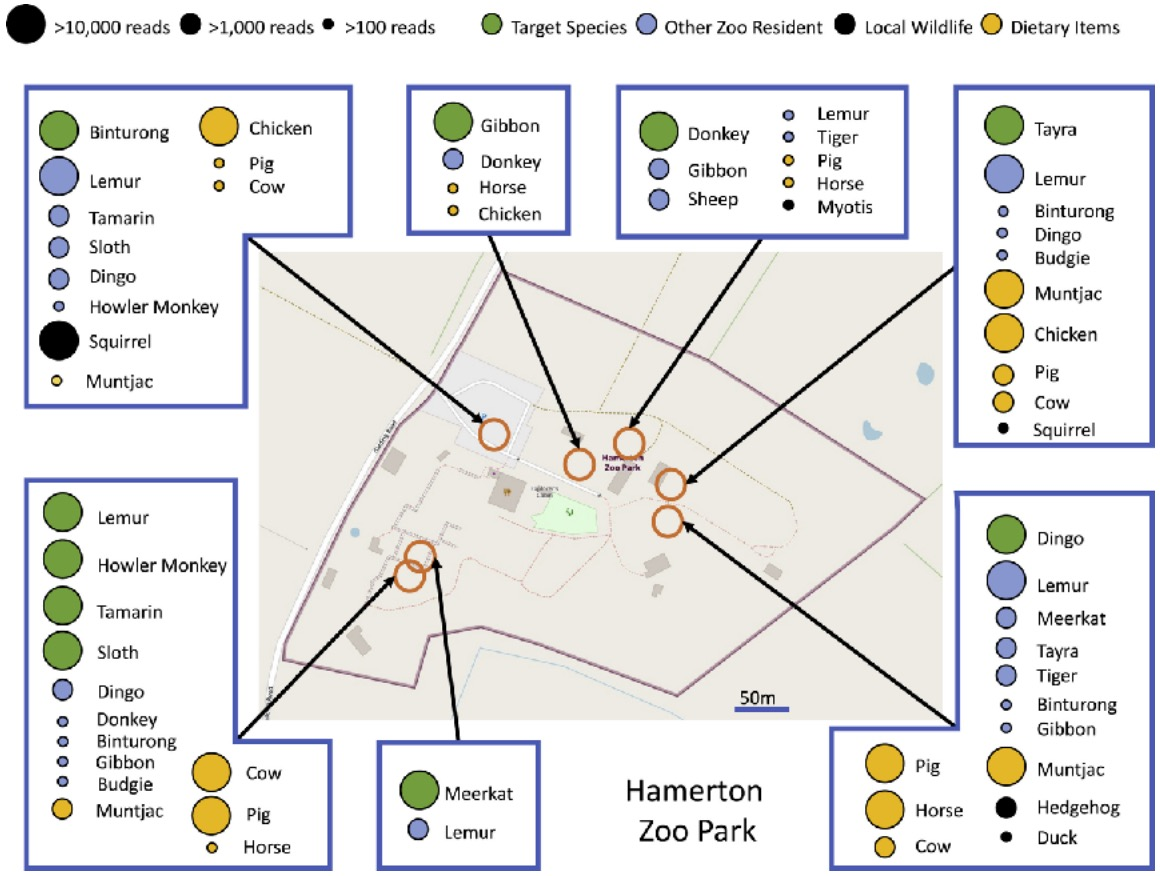
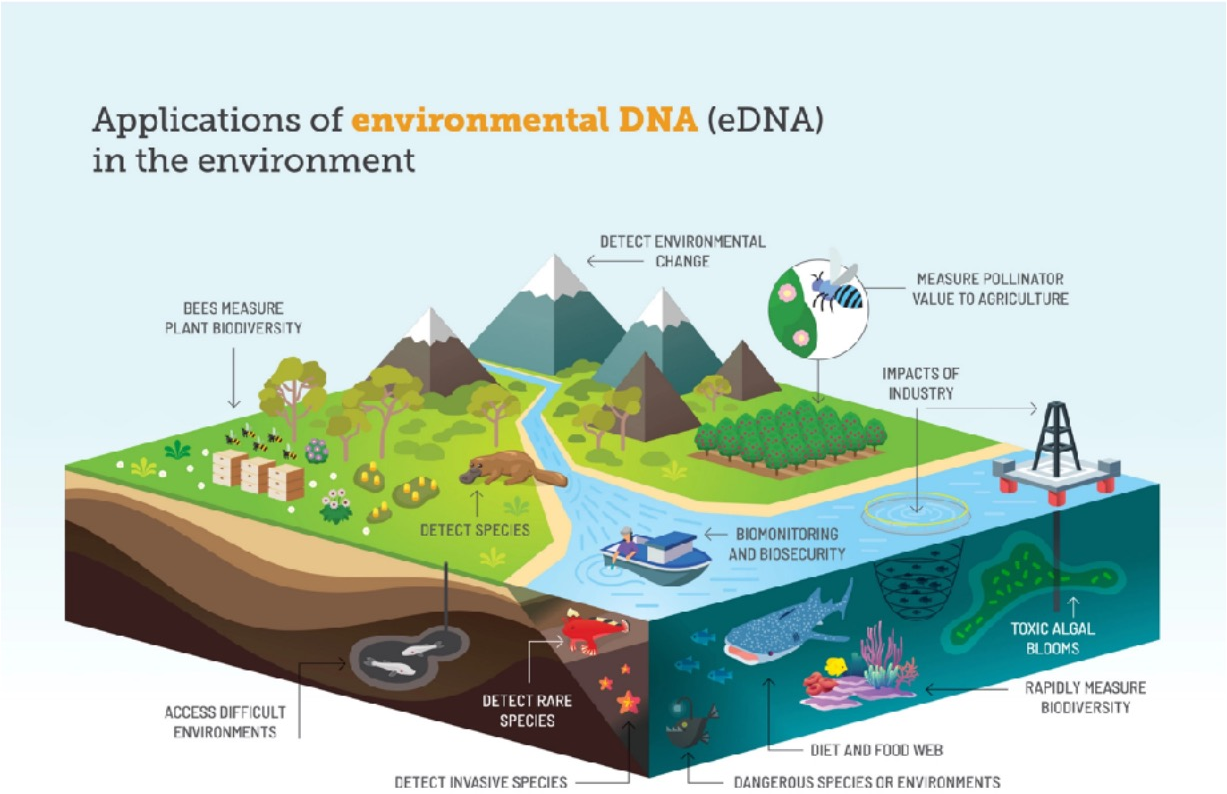


Imagem: https://stateofthebay.ca/

DNAa



[1]

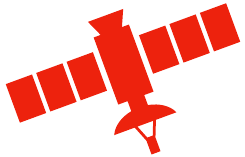


[2]

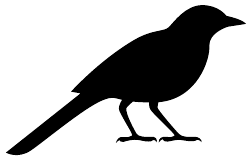
[1] Clare, E.L., Economou, C.K., Bennett, F.J., Dyer, C.E., Adams, K., McRobie, B., Drinkwater, R. and Littlefair, J.E., 2022. Measuring biodiversity from DNA in the air. Current Biology, 32(3), pp.693-700.
[2] Berry, O., Jarman, S., Bissett, A., Hope, M., Paeper, C., Bessey, C., Schwartz, M.K., Hale, J. and Bunce, M., 2021. Making environmental DNA (eDNA) biodiversity records globally accessible. Environmental DNA , 3 (4), pp.699-705.

IA e biodiversidade

I. Monitorando o indivíduo









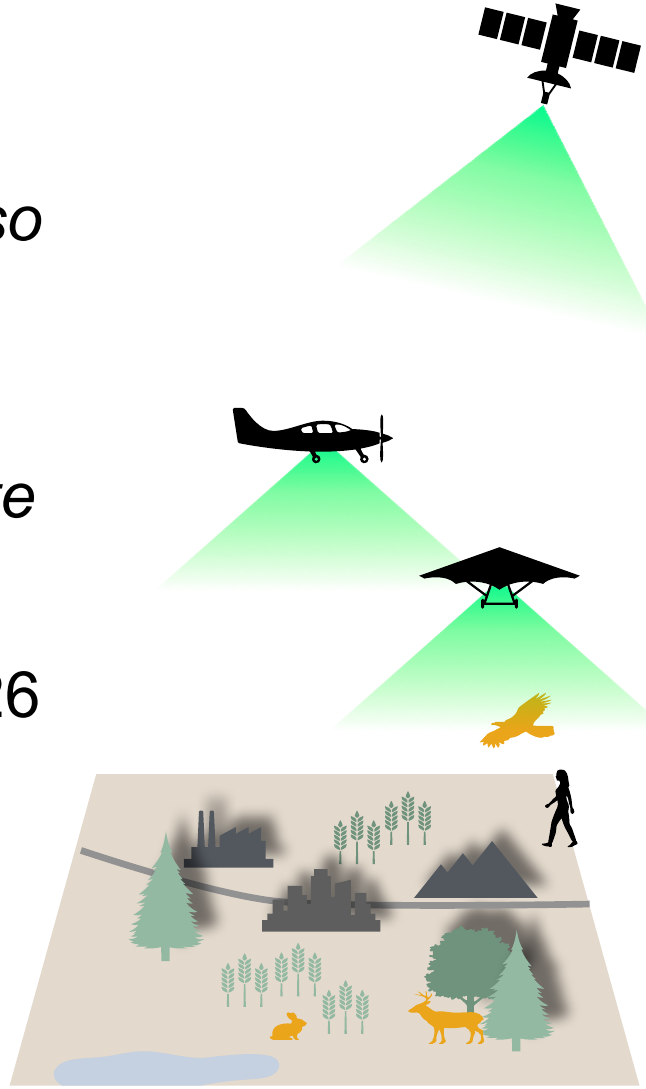


Sensoriamento remoto

“O sensoriamento remoto é o processo de detectar e monitorar as características físicas de uma área medindo, a distância, a radiação refletida e emitida (em geral de satélite ou aeronave)

USGS, 2026

Observação da Terra



espacial (satélite, ônibus espacial, ISS etc.)

aéreo (avião, drone, balão)

em solo (medições de campo)

Sensoriamento remoto

Detecção aérea da fauna



Image © Friedrich Fedor Reinhard



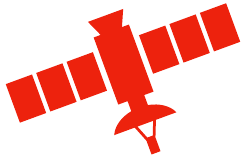
Q

Onde estão os animais?

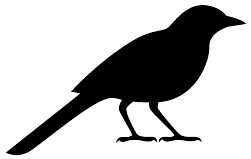


IA e biodiversidade

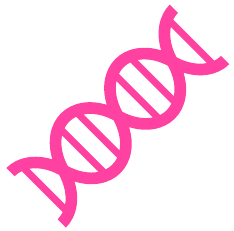
I. Monitorando o indivíduo











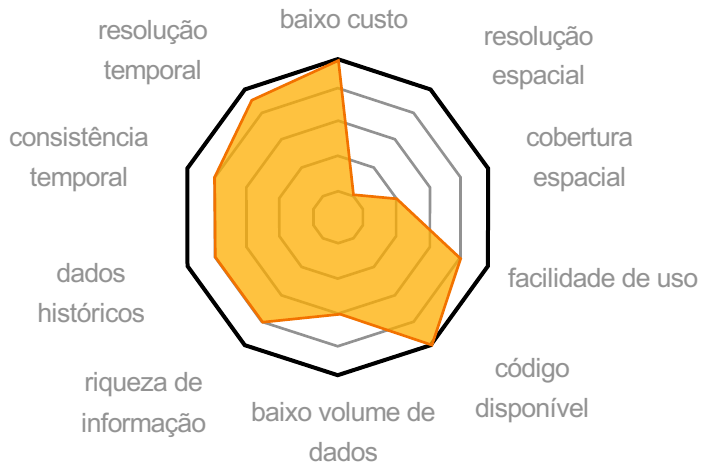
Rede de observação da biodiversidade



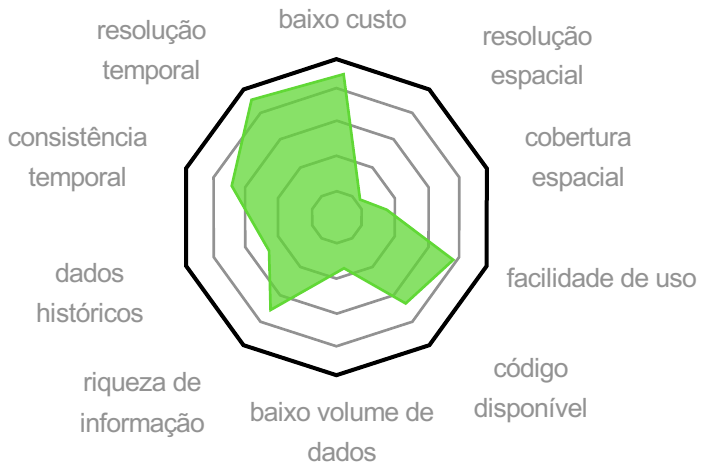
Tuia, Kellenberger, Beery, Costelloe et al., 2022

Trade-offs entre sensores

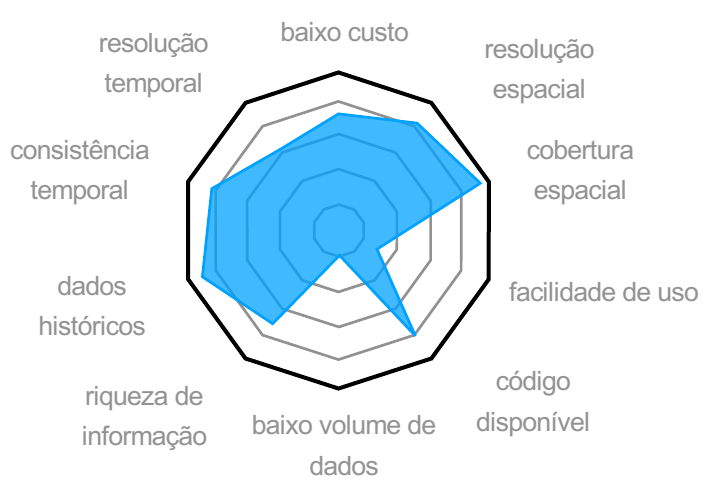
Armadilhas fotográficas



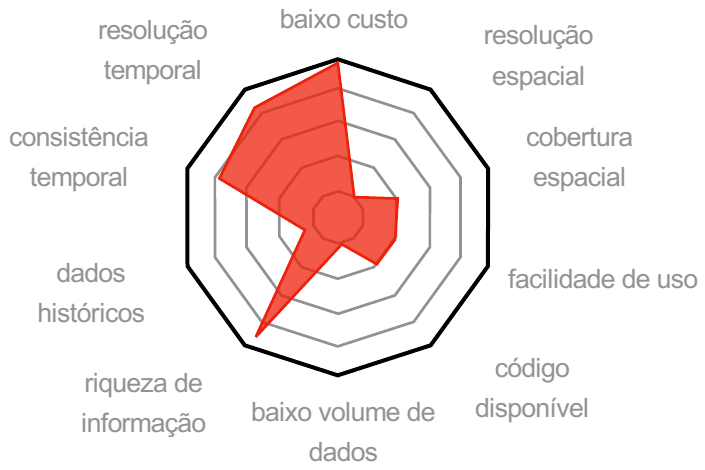
Gravadores acústicos



Sensoriamento remoto por satélite



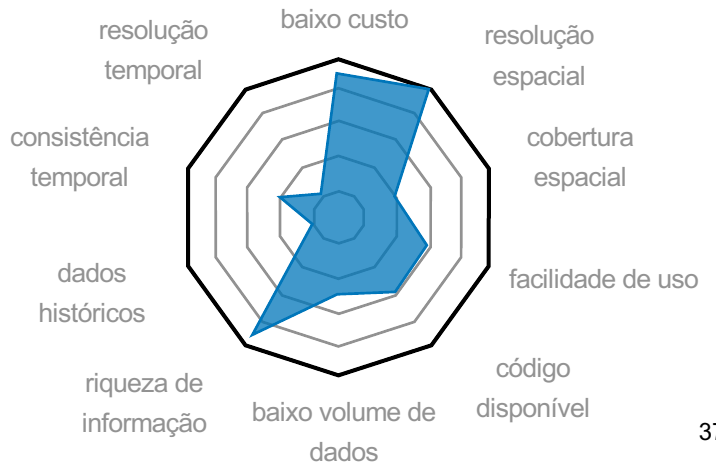
Armadilhas de vídeo



DNAa



Sensoriamento remoto por drone



Detecção da fauna

O que usar e quando



Sensoriamento remoto por satélite
+ cobertura até global séries
+ temporais contínuas muitas vezes
+ mais bandas espectrais gratuito
+ (se baixa resolução bastar)

– baixa resolução
– nuvens
– sem vídeo (rastreamento!)



Imagens de drone/VANT
+ resolução altíssima
+ seguro barato
+

– área pequena
– não vê sob as árvores



Imagens de avião
+ altíssima resolução
– caro
– perigoso

Armadilhas fotográficas
+ séries temporais contínuas
+ close-up: semanticamente rico

– só localização pontual



Levantamentos de campo
+ muitas vezes única fonte de dados
+ históricos pode ver sob a vegetação
– pontuais
– possivelmente ambíguos

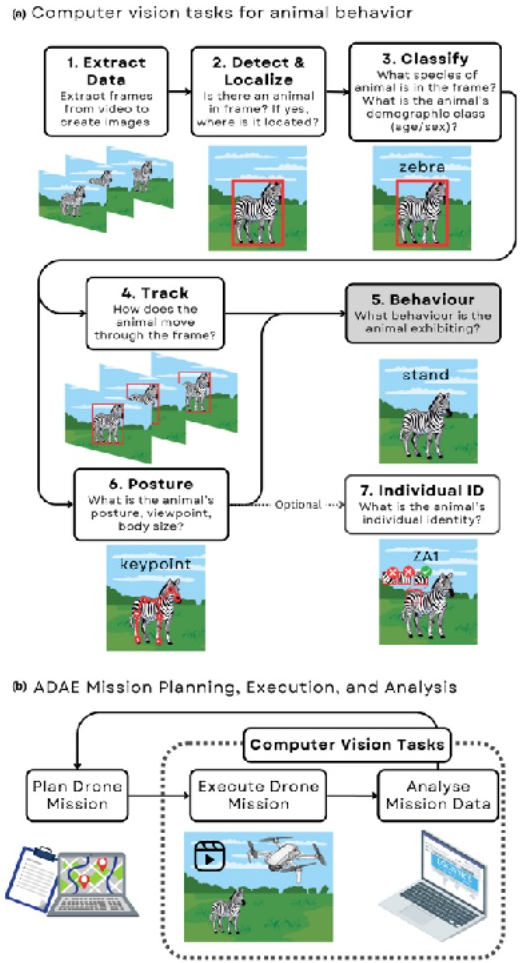


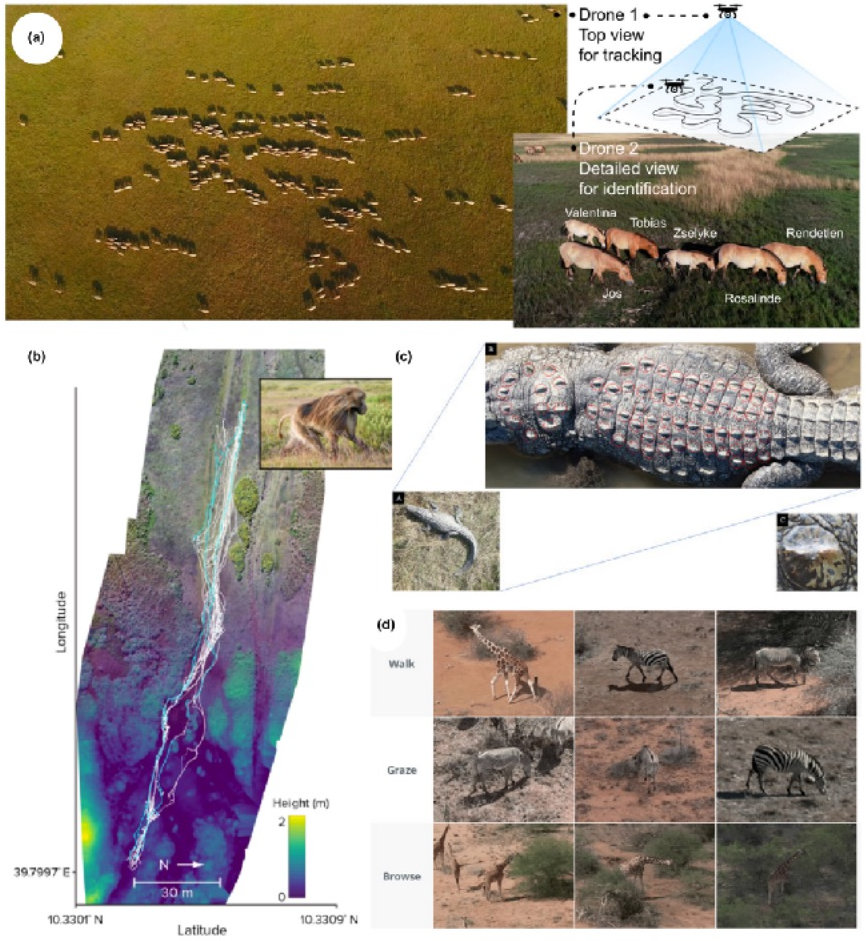


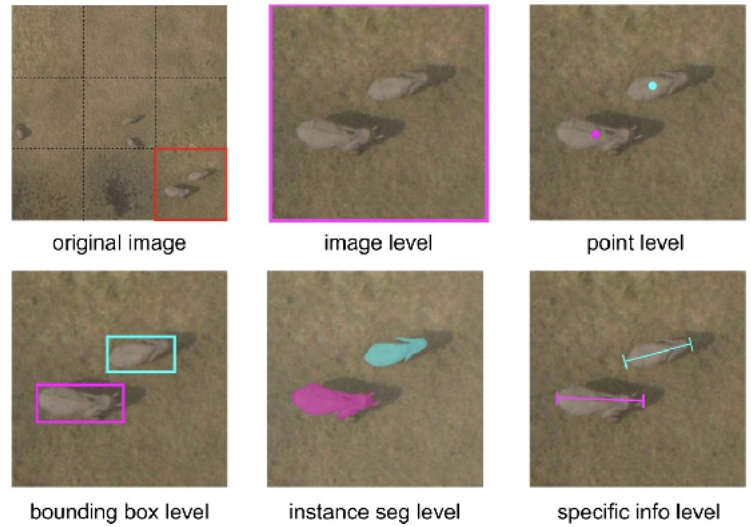
Image © Friedrich Fedor Reinhard

Conservação da fauna

Além da detecção





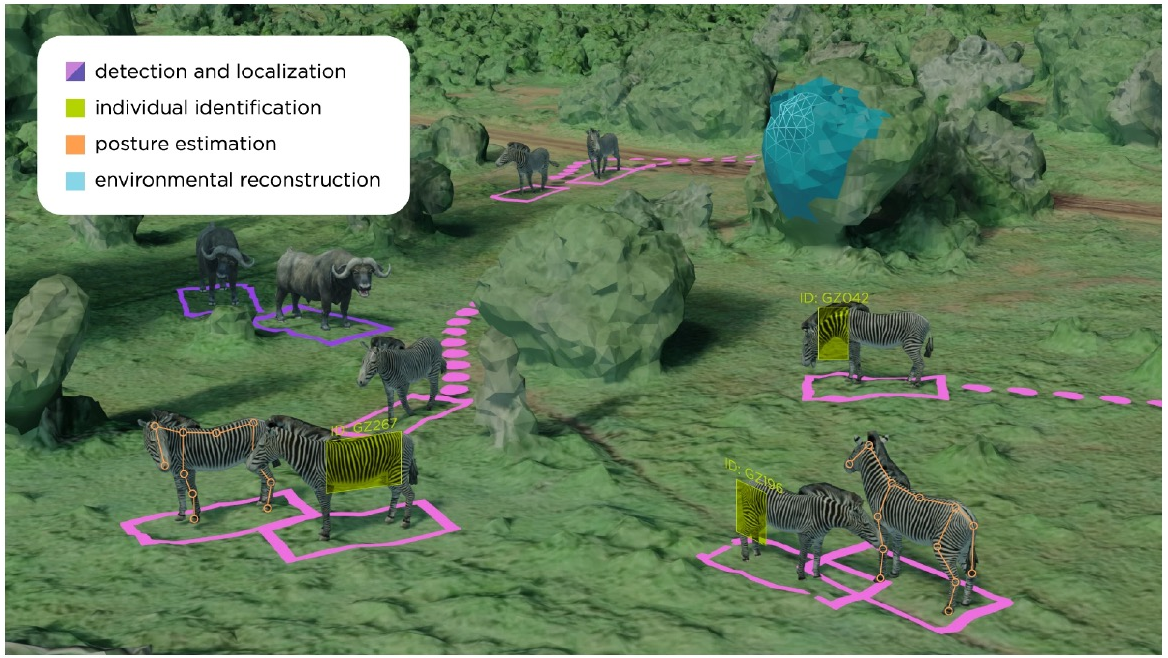


Kline et al., 2025

Conservação da fauna

Além da detecção

- Censos de fauna: quantos animais (por espécie)
- Distribuição: onde estão (e por quê)
- Saúde animal
- Saúde ambiental
- Prevenção da caça ilegal
- etc.



Tuia, Kellenberger, Beery, Costelloe et al., 2022

➔ A ciência de dados pode ajudar em todos esses casos!

IA e biodiversidade

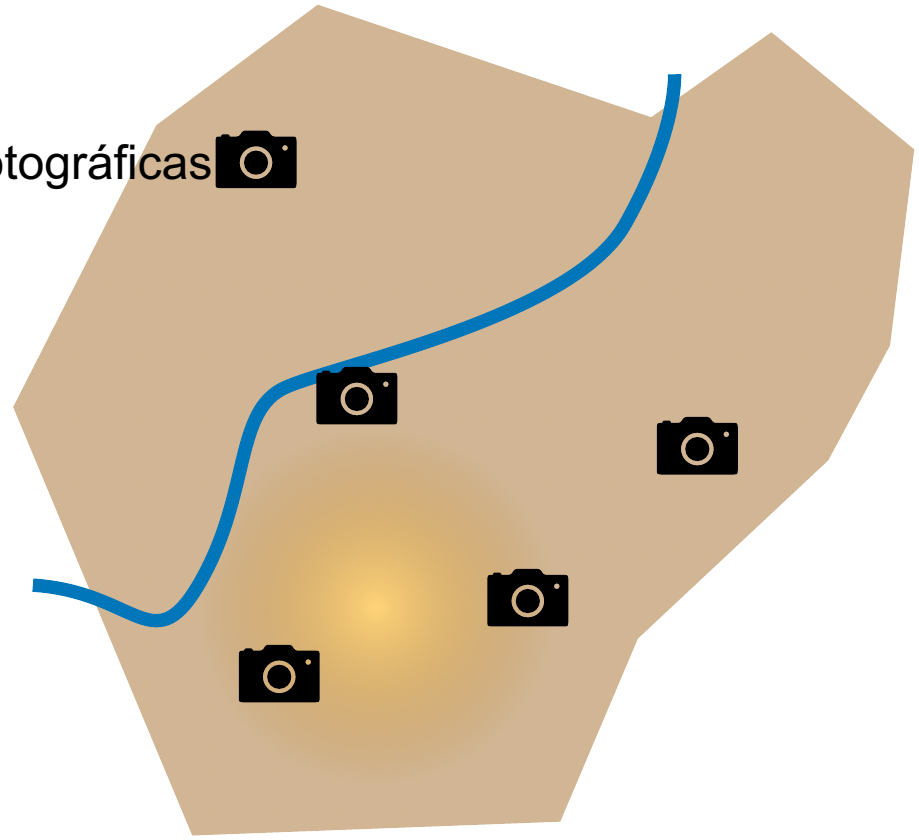
II. Dos indivíduos às comunidades

IA e biodiversidade

II. Dos indivíduos às comunidades

levantamentos com drone

rede de armadilhas fotográficas

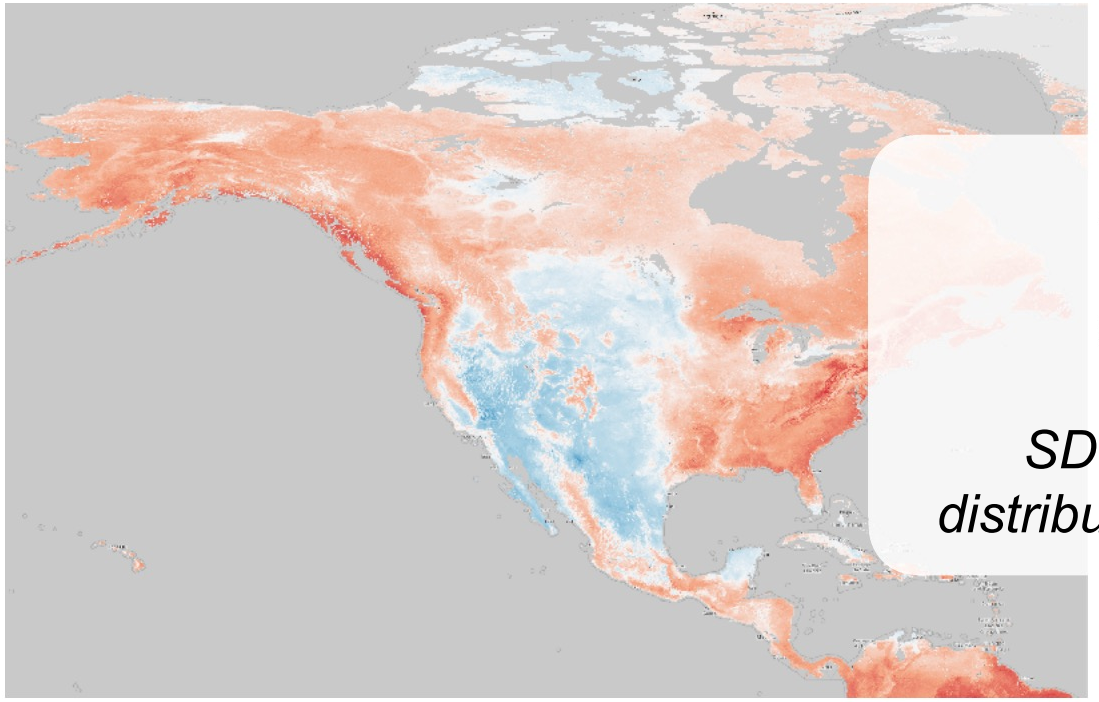


área de estudo

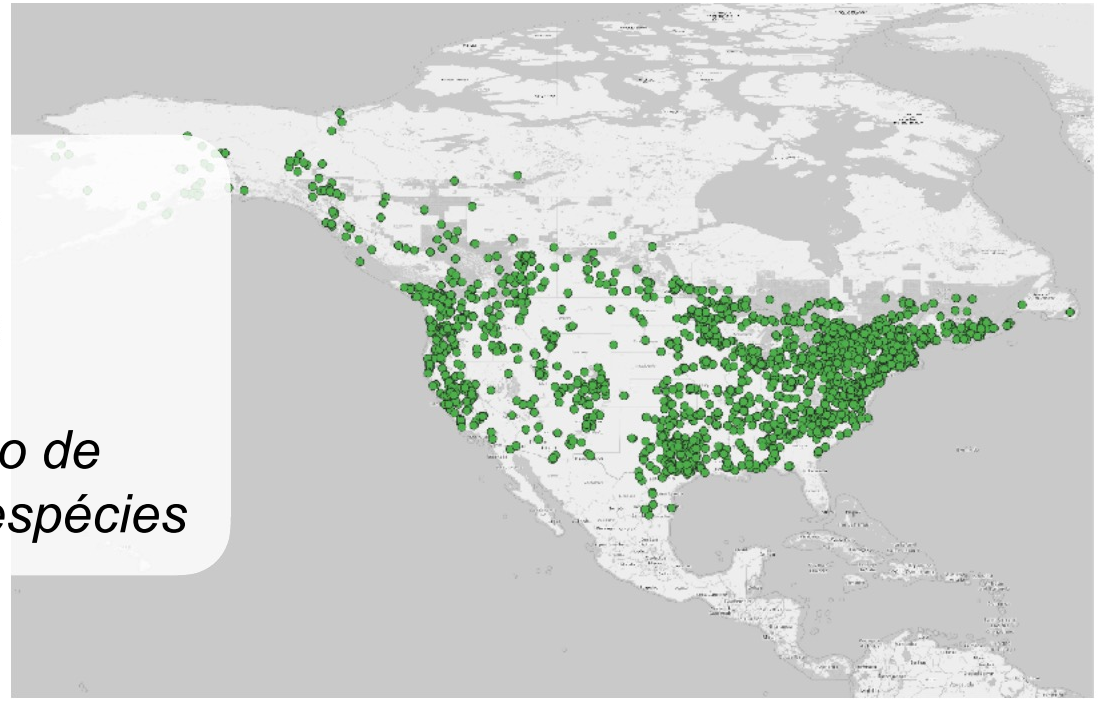
Onde as espécies ocorrem?

E por quê?

SDM: modelagem de distribuição de espécies



SDM: modelo de distribuição de espécies



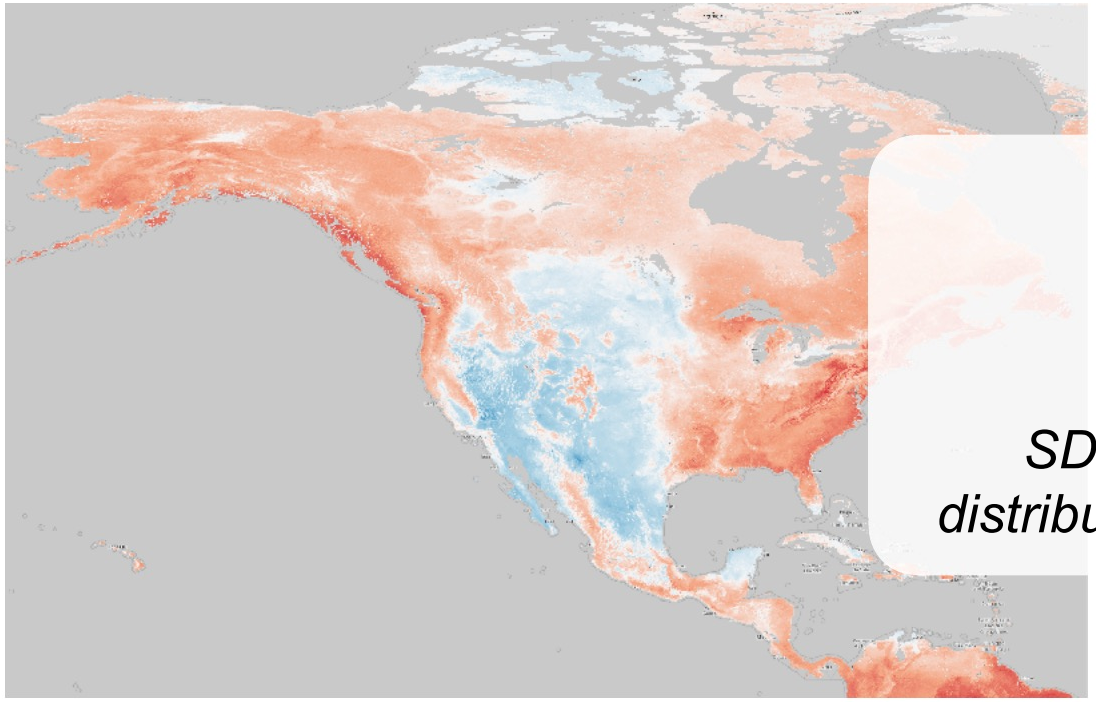
covariáveis ambientais

- temperatura anual
- precipitação
- pH do solo
- ...

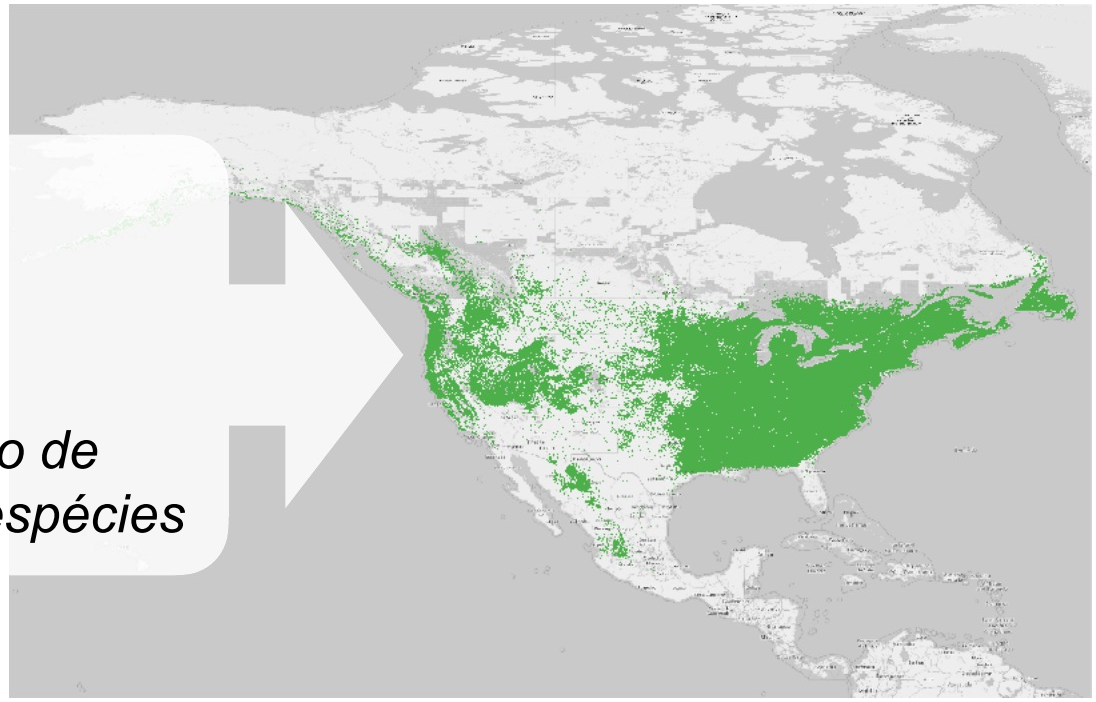
observações de espécies

- levantamentos de campo
- mapas de ocorrência de especialistas
- iNaturalist, eBird etc.

SDM: modelagem de distribuição de espécies



SDM: modelo de distribuição de espécies



covariáveis ambientais

- temperatura anual
- precipitação
- pH do solo
- ...

adequabilidade prevista

Ingredientes de um SDM

A. Observações de espécies

- Levantamentos de campo
- Plataformas de ciência cidadã:
  - iNaturalist (https://www.inaturalist.org/)
  - GBIF (https://gbif.org/)
  - eBird (https://ebird.org/)
  - etc.
- Sensores:
  - Armadilhas fotográficas
  - Imagens aéreas
  - gravações acústicas (georreferenciadas)



Ingredientes de um SDM

B. Descritores ambientais



➔ Sensoriamento remoto

Produtos populares:

- climáticos: CHELSA (https://www.chelsa-climate.org/)
- pedológicos: SoilGrids (https://soilgrids.org/)
- altitude:
  - ASTER GDEM (https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp)
  - SRTM (https://www.earthdata.nasa.gov/data/instruments/srtm)
- produtividade:
  - índices de vegetação: p. ex., MODIS EVI, Landsat NDVI etc.

Famílias de SDM

A. Mecanicistas

Regras feitas à mão

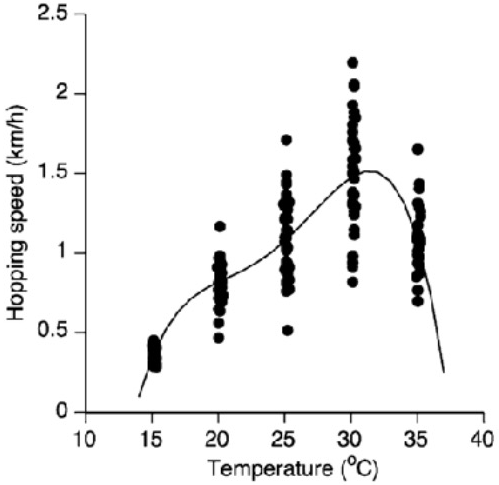
Exemplo: Kearney et al. (2008):

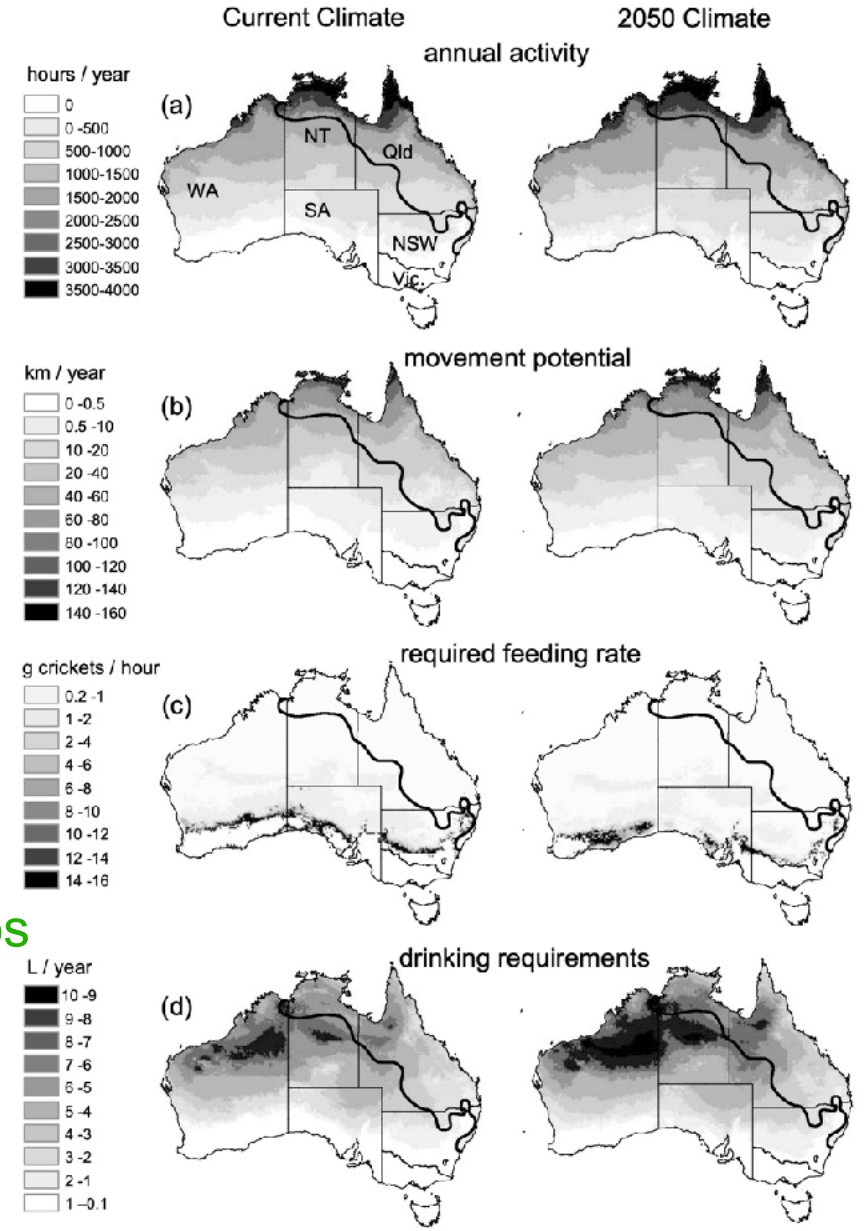
$$Q_{solar} + Q_{IRin} + Q_{metab} = Q_{resp} + Q_{evap} + Q_{IRout} + Q_{conv} + Q_{cond} \quad (1)$$

As regras (fórmulas) podem ser derivadas de observações

+ Precisos, baseados em conhecimento, transparentes, robustos

– Muito difíceis de formular





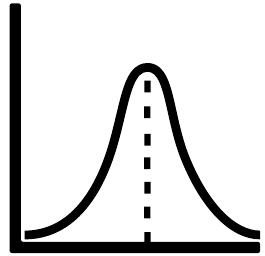
Famílias de SDM

B. Correlativos

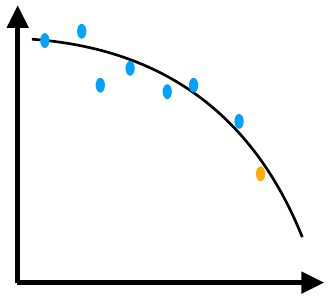
A grande maioria dos SDMs

+ “Fáceis” de construir; orientados por dados

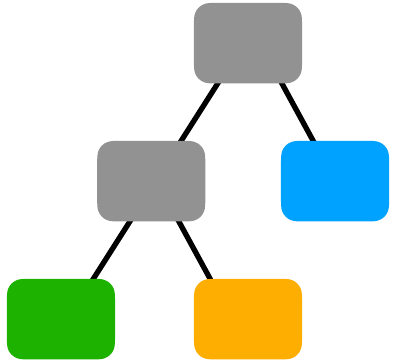
– Orientados por dados: sujeitos a vieses, pouco transparentes



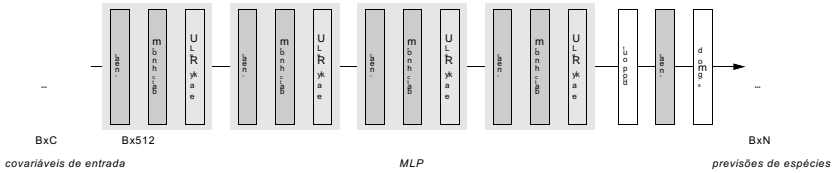
Máxima entropia
(MaxEnt)



GLM, GAM etc.



Árvores de decisão; florestas
aleatórias, BRTs etc.



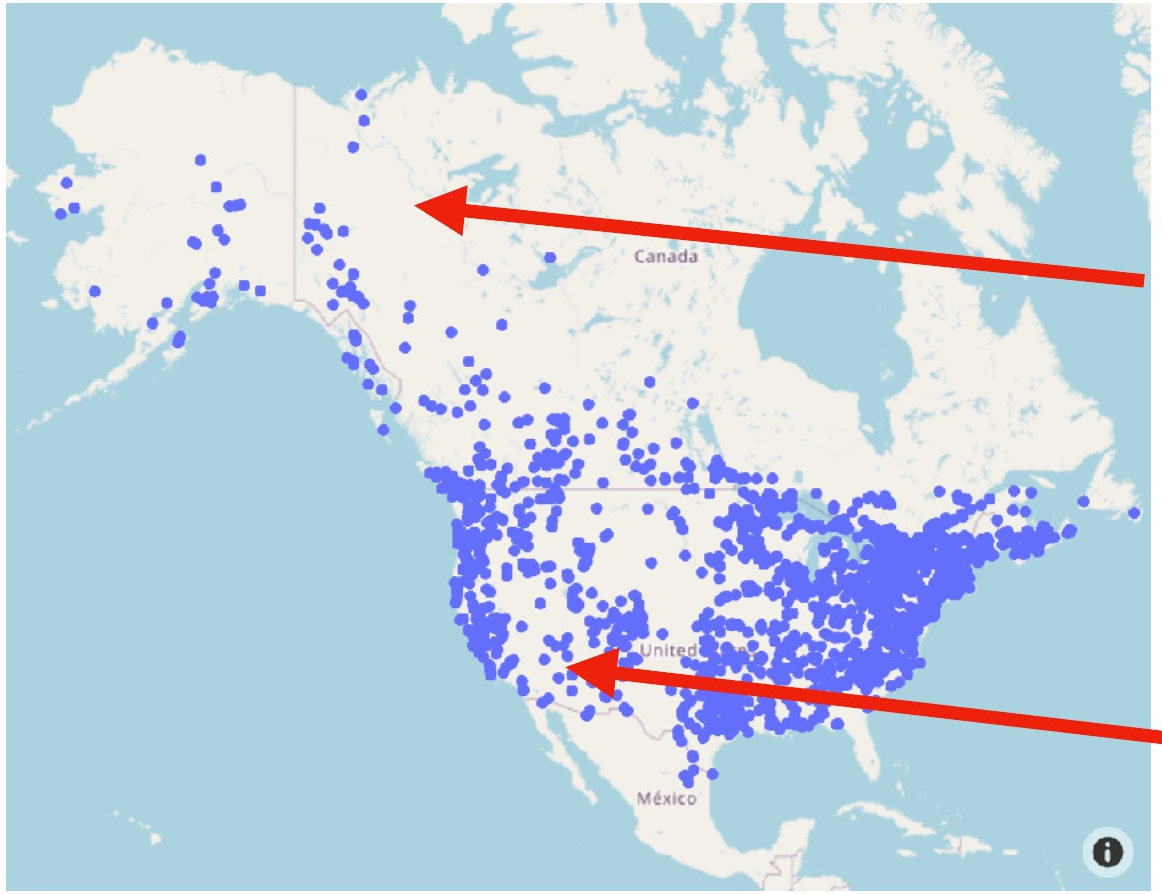
Aprendizado profundo

Desafios dos SDMs

A. Observações de espécies

Castor-americano (Castor canadensis)





iNaturalist

observações



mapa de ocorrência de especialistas

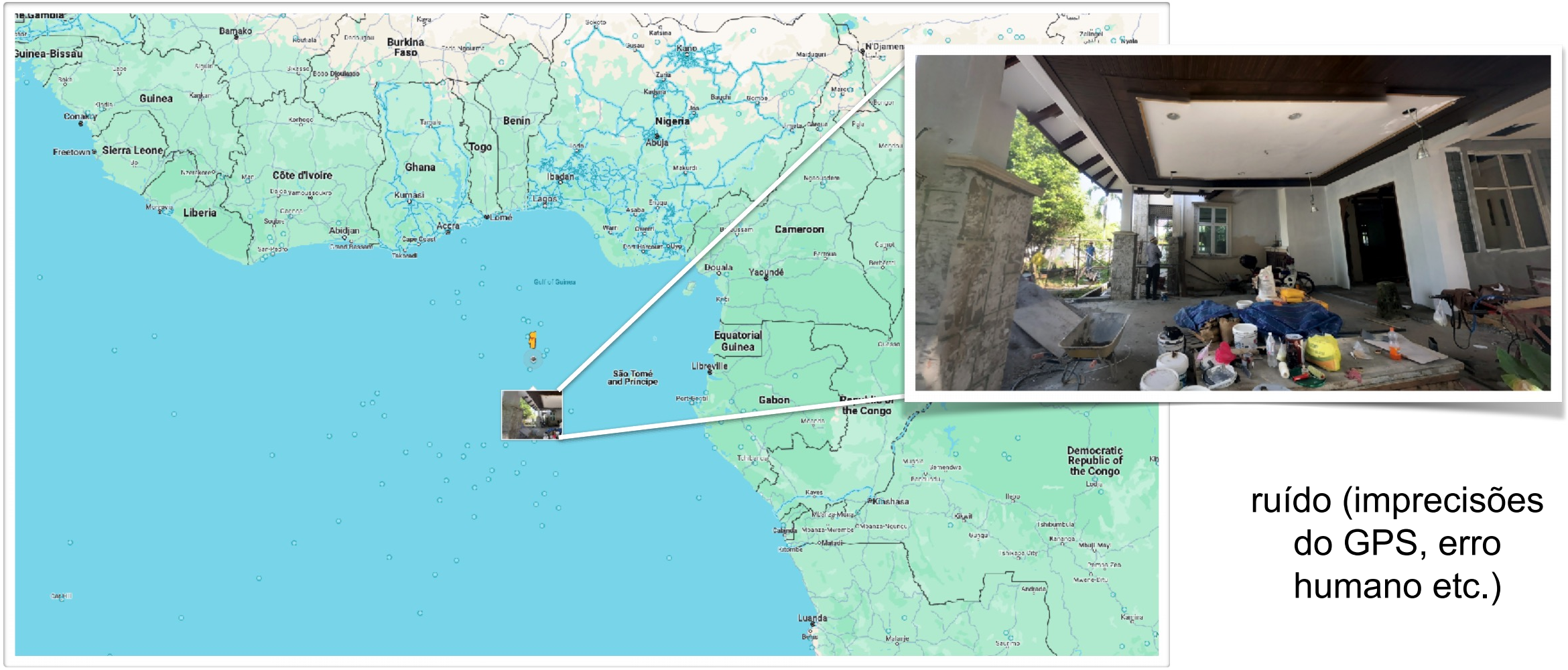
MOL MAP OF LIFE

Desafios dos SDMs

A. Observações de espécies

Castor-americano (Castor canadensis)





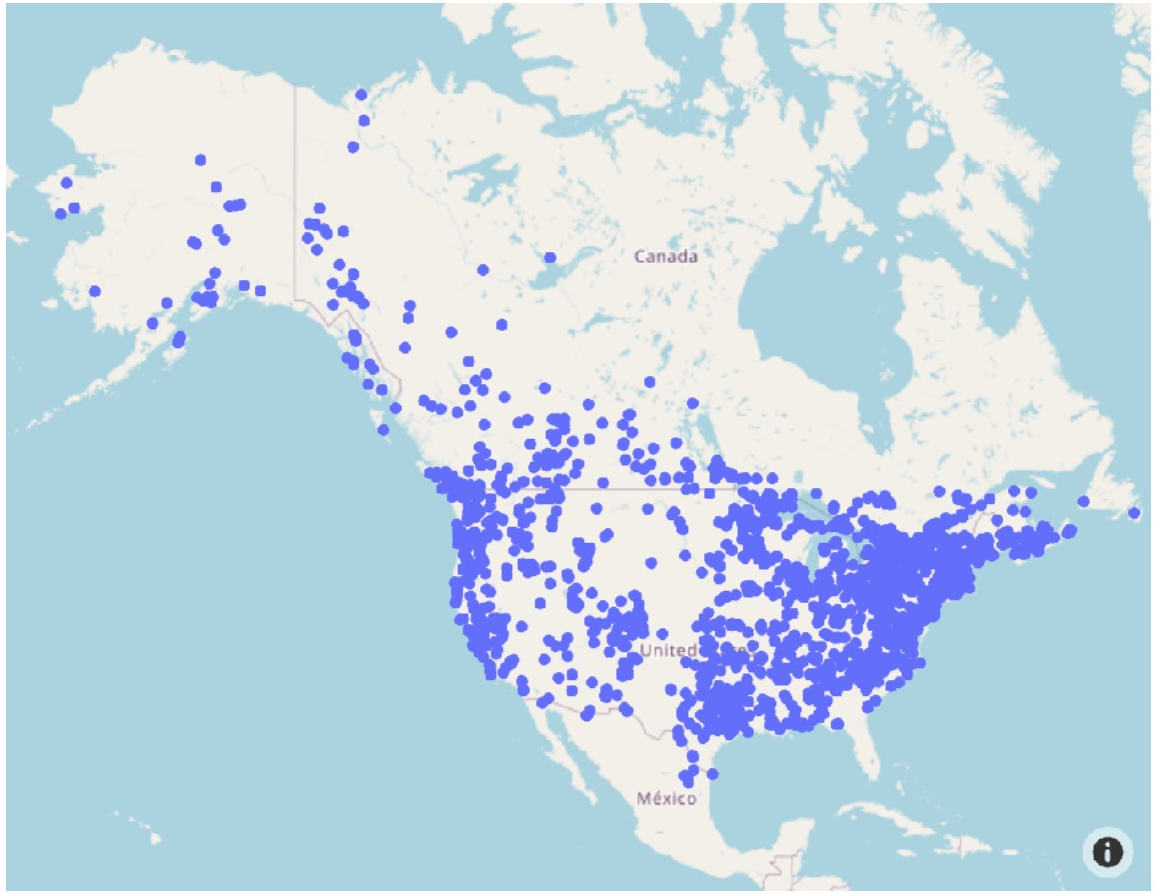
ruído (imprecisões do GPS, erro humano etc.)

Desafios dos SDMs

A. Observações de espécies

Castor-americano (Castor canadensis)





iNaturalist

"Sabemos" onde a espécie está.

Mas onde ela não está?

Ausências são difíceis de obter.

→ pseudoausências:

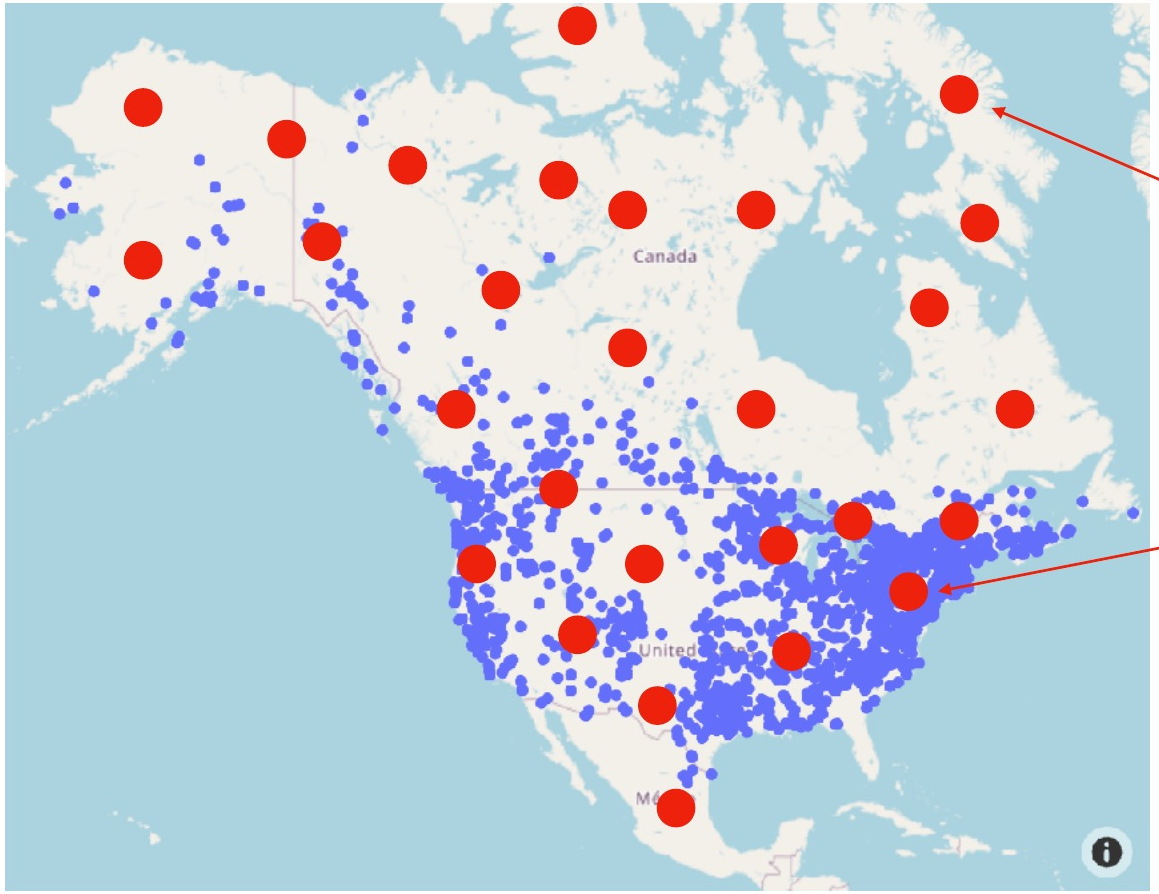
- Onde?
- Quantas?
- Quão confiáveis?

Desafios dos SDMs

A. Observações de espécies

Castor-americano (Castor canadensis)





iNaturalist

Aleatório uniforme

qual a utilidade de pontos como este?

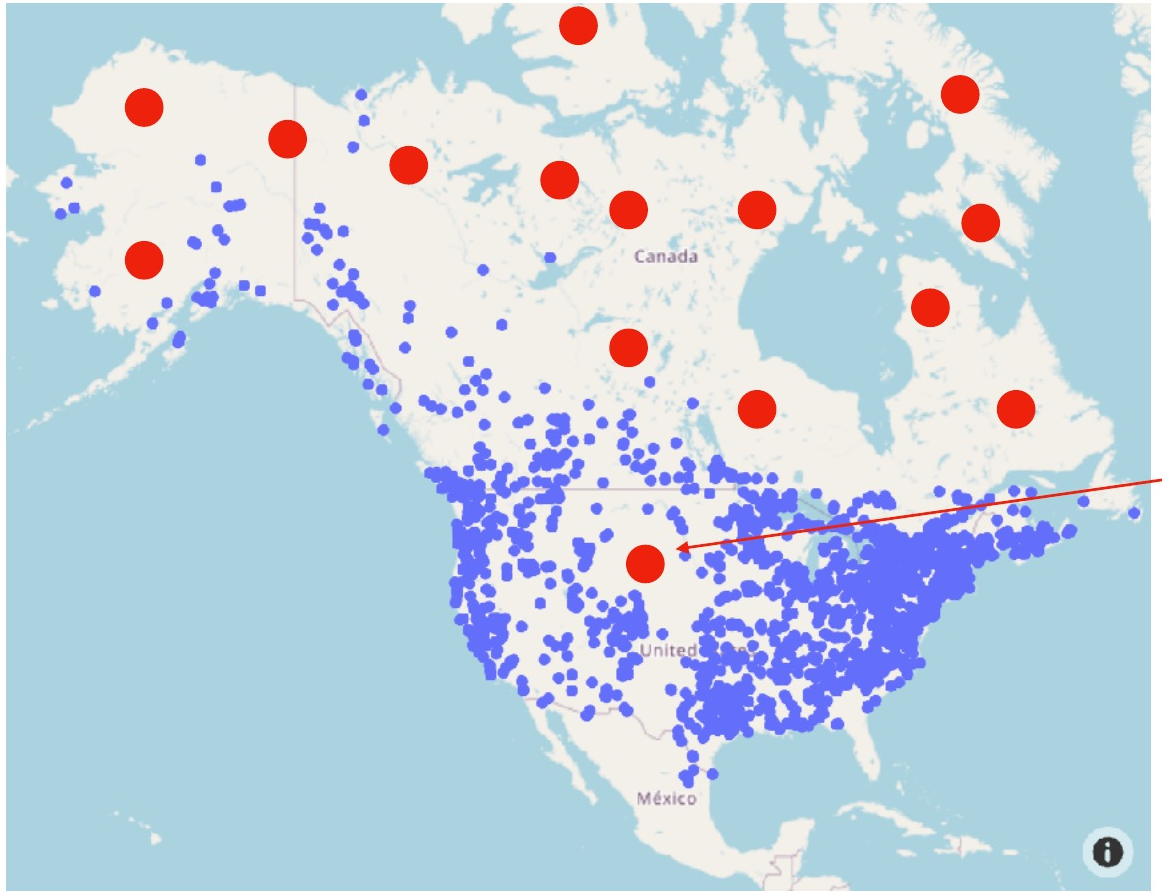
o que o modelo faz em um caso assim?

Desafios dos SDMs

A. Observações de espécies

Castor-americano (Castor canadensis)





iNaturalist

Aleatório uniforme, fora do “domínio da espécie”

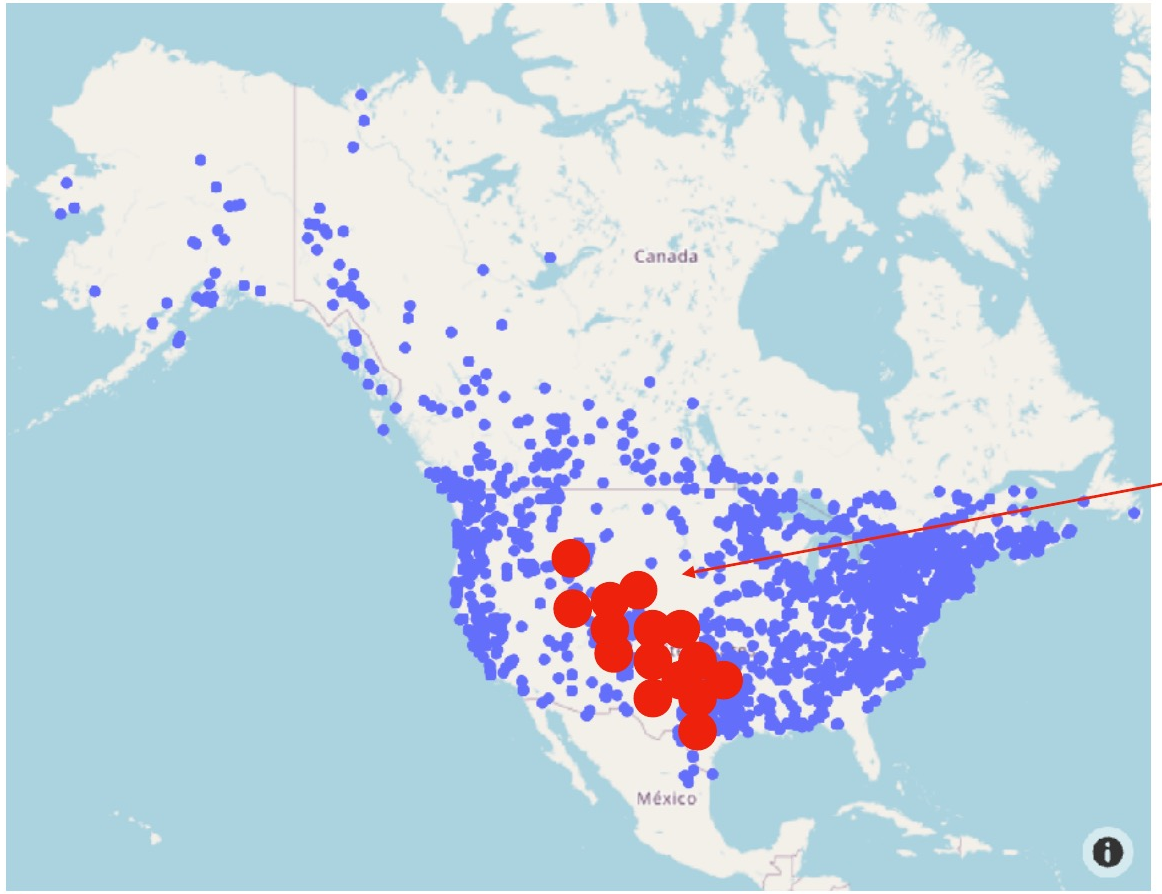
quão longe é “longe o suficiente”?

Desafios dos SDMs

A. Observações de espécies

Castor-americano (Castor canadensis)





iNaturalist

Fundo do grupo-alvo

→ ausências = presenças de outras espécies

Corrige o viés de amostragem! Mas e se as áreas das espécies não se sobrepuserem?

Desafios dos SDMs

B. Descritores ambientais



Enhanced Vegetation Index (EVI) anual

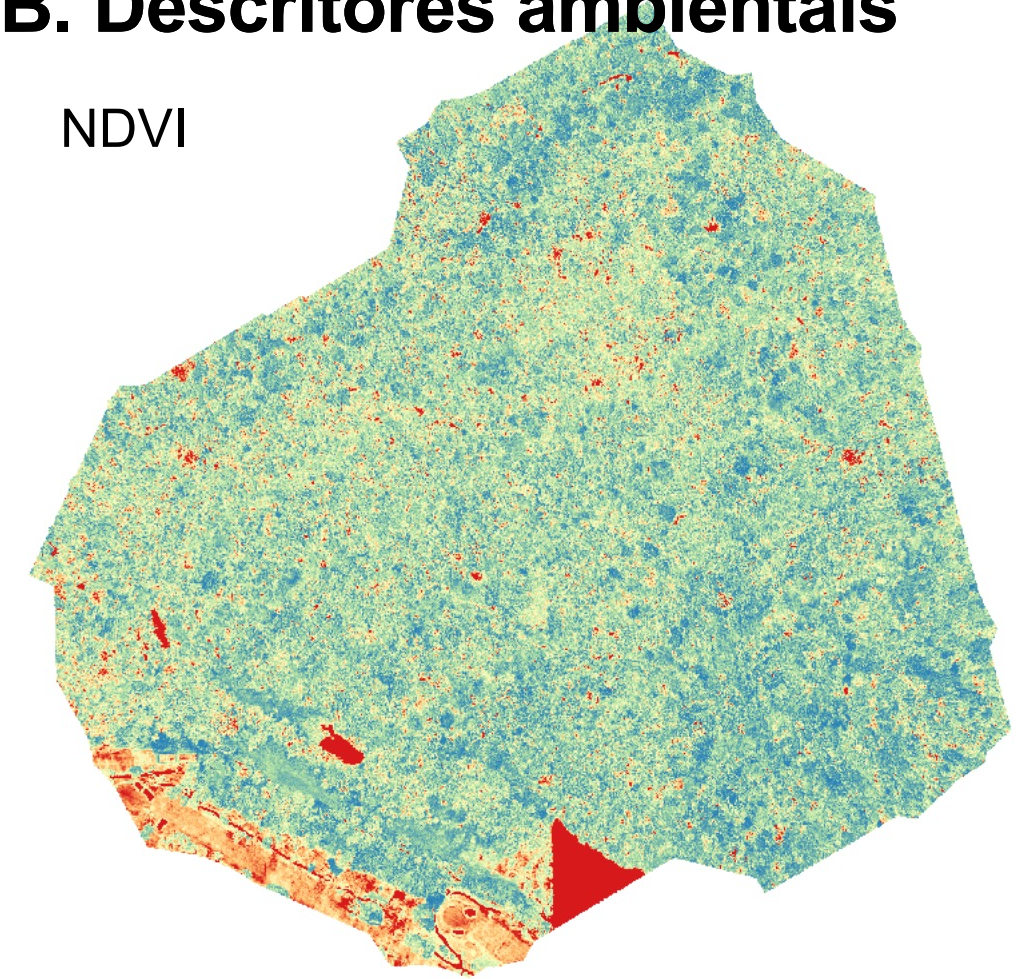
índice topográfico de umidade

“precipitação média mensal do trimestre mais chuvoso, 1984-2016”

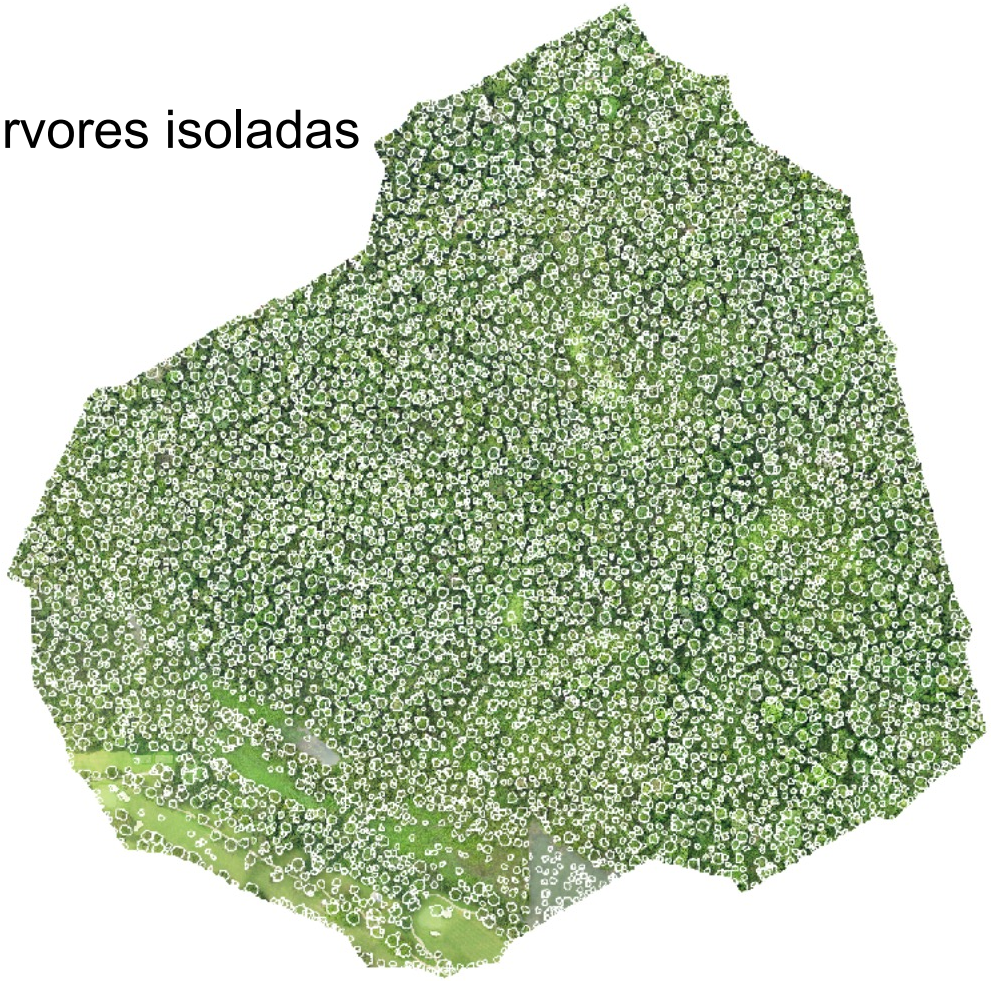
Desafios dos SDMs

B. Descritores ambientais

NDVI



árvores isoladas



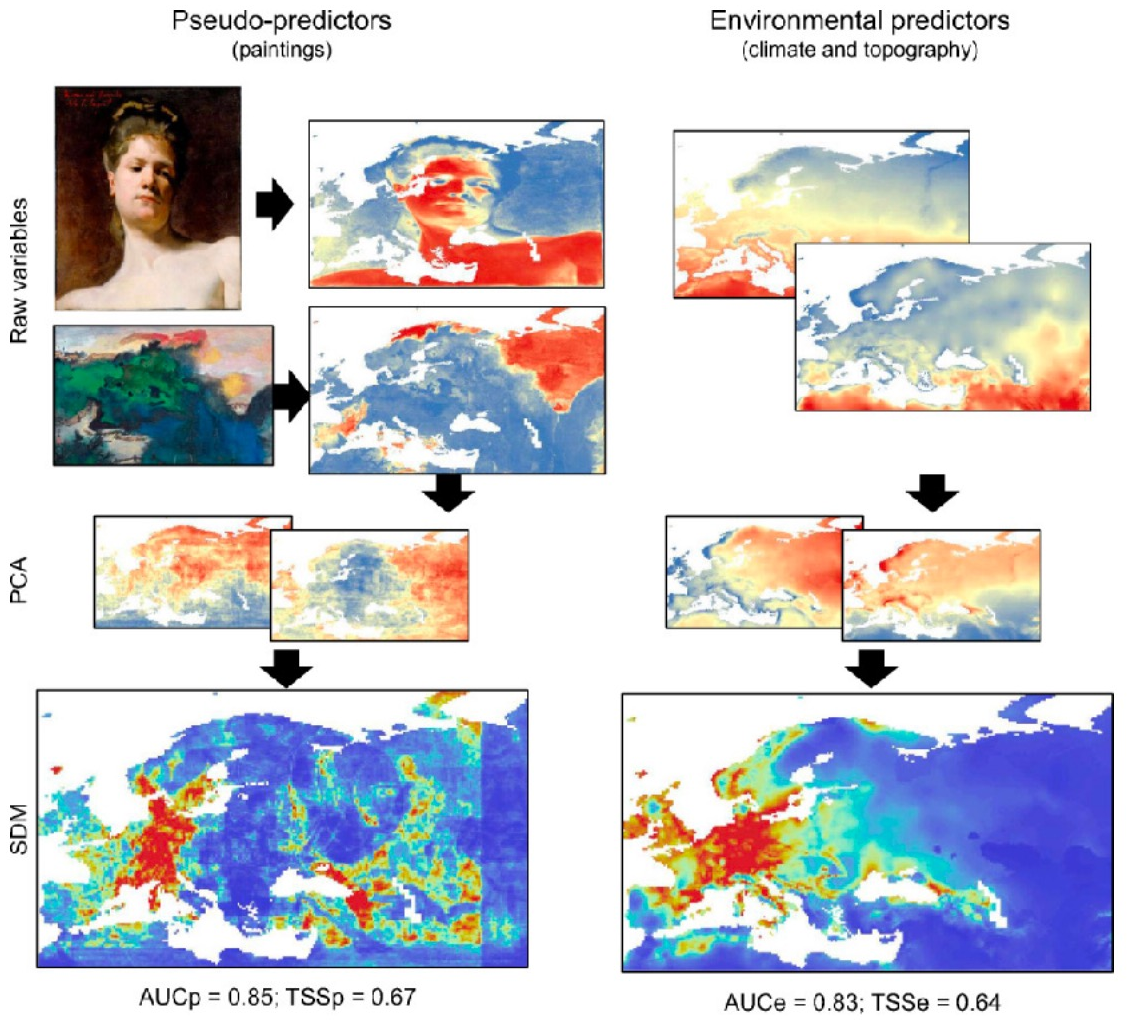
Estamos mapeando o habitat ou a própria espécie?

cf. Bradley et al., 2012

Desafios dos SDMs

B. Descritores ambientais

Cuidado com correlações espúrias!

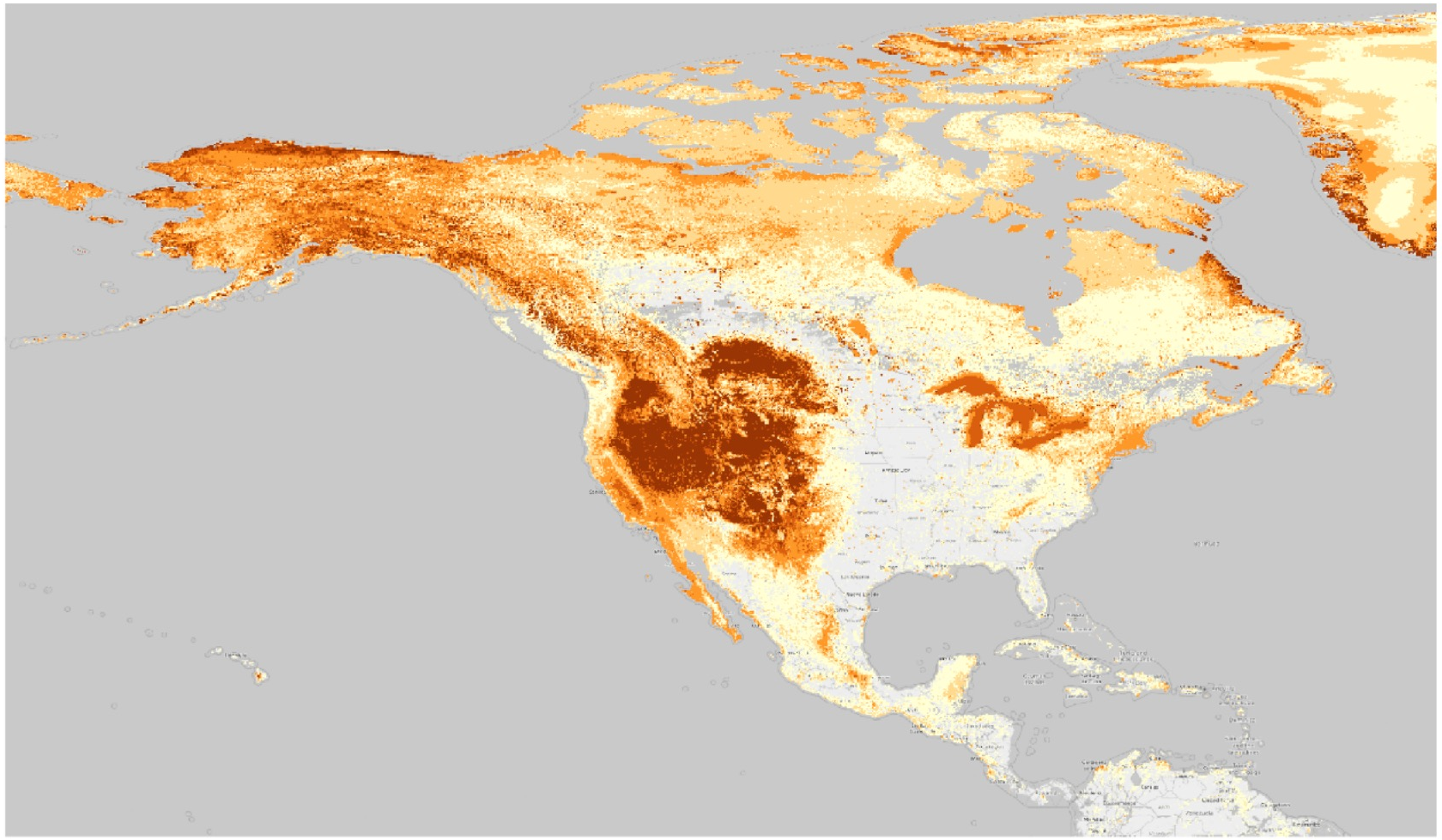


Fourcade et al., 2018

Desafios dos SDMs

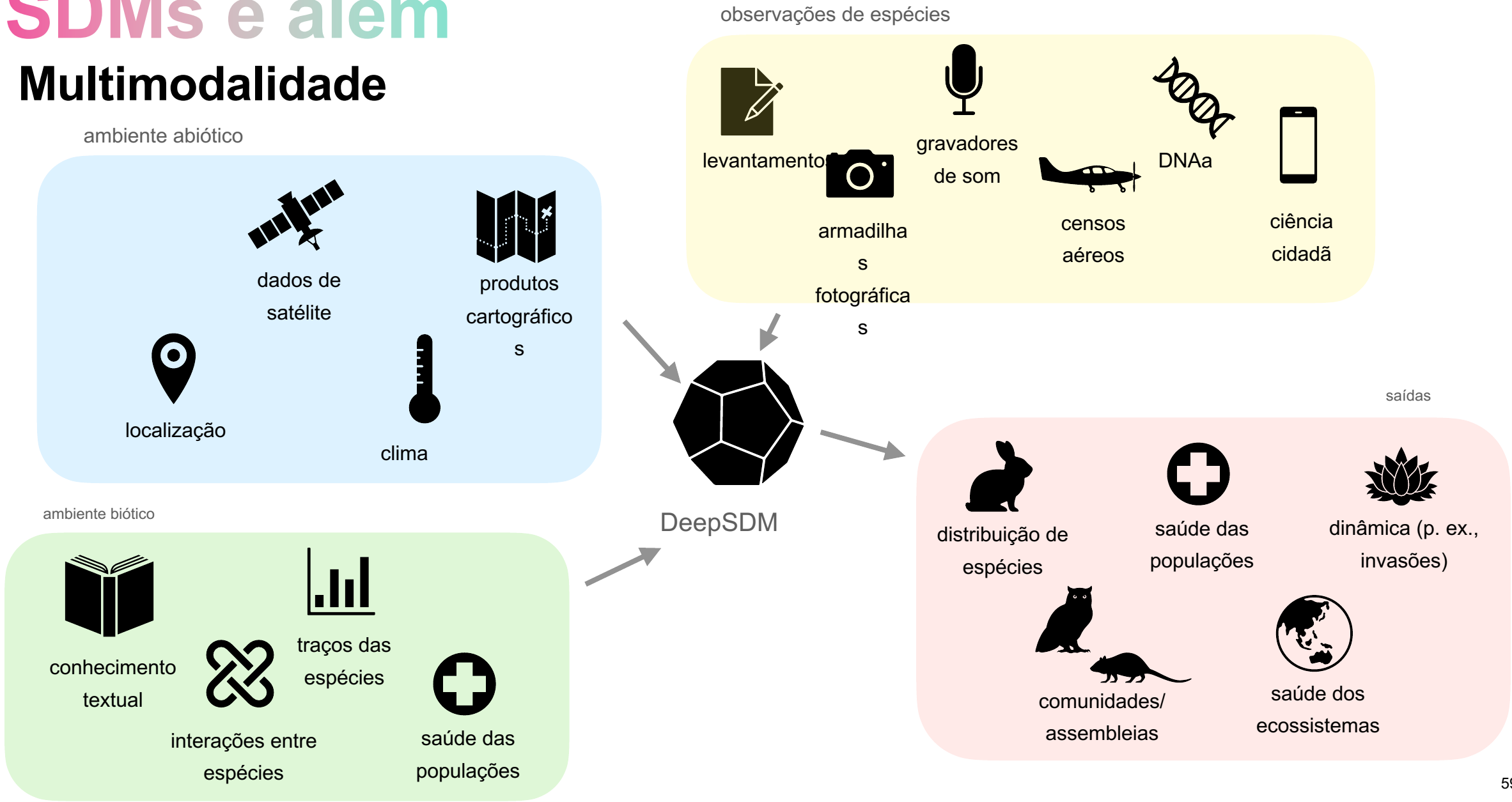
C. Saída do modelo

Este mapa de previsão é bom?



SDMs e além

Multimodalidade



intervalo:
IA multimodal



IA multimodal

Exemplos

TaxaBind (Sastry et al., 2025)



Armadilhas fotográficas, smartphones, ciência cidadã

Sensoriamento remoto

Conhecimento textual

Gravadores acústicos

Sensoriamento remoto

IA multimodal

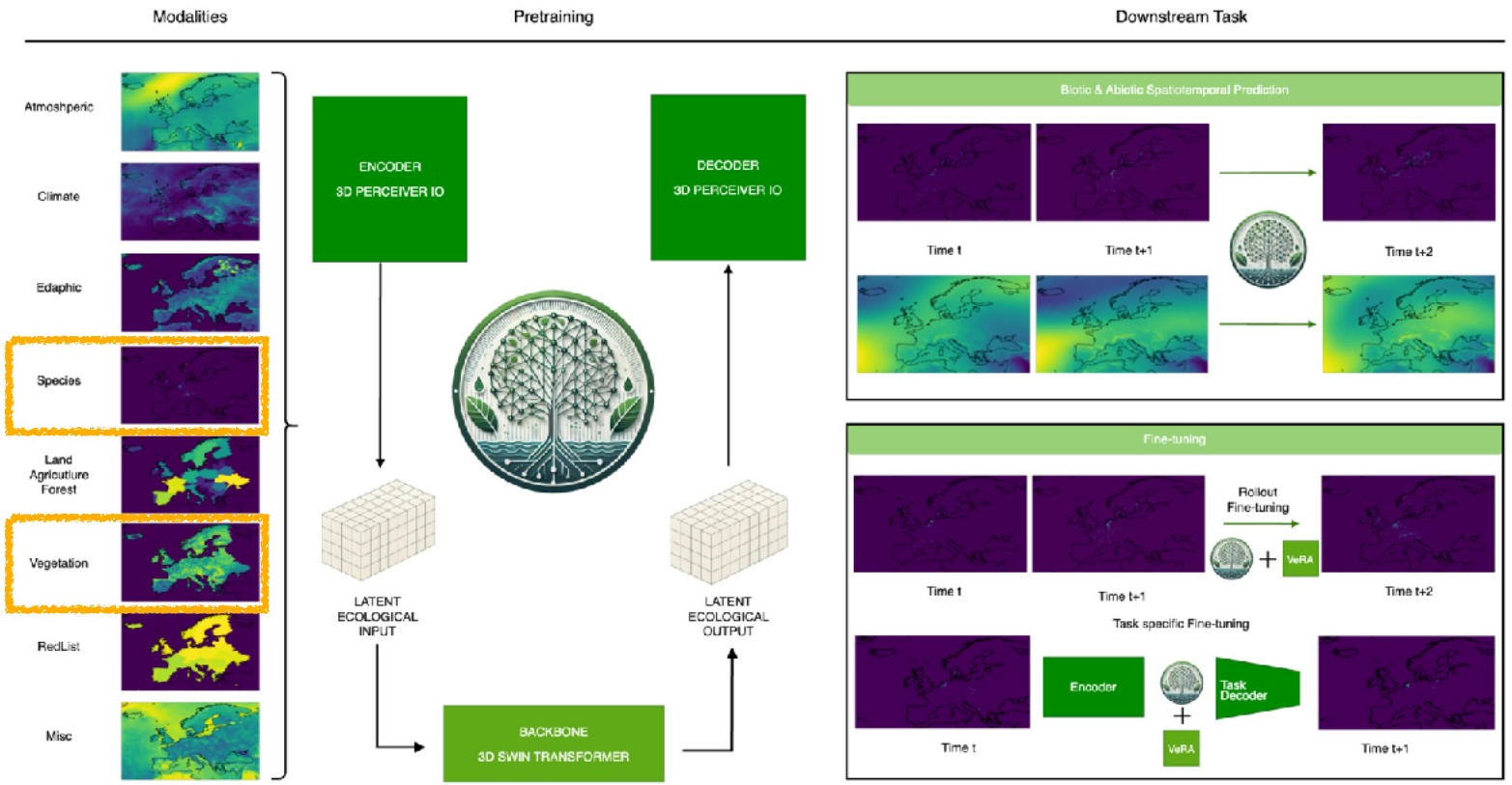
Exemplos

BioAnalyst (Trantas et al., 2025)

Em geral:

Use com cuidado!

Aliás, isso vale também para o Google AlphaEarth…

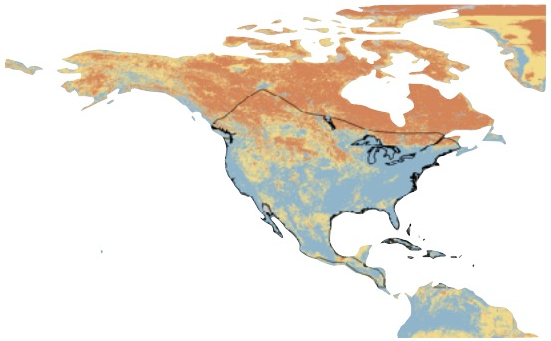


IA e biodiversidade

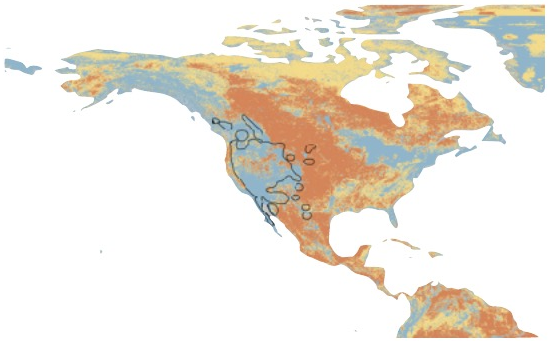
III. Das comunidades aos ecossistemas

IA e biodiversidade

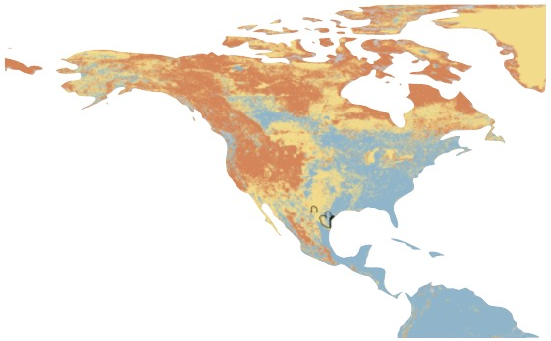
III. Das comunidades aos ecossistemas



espécie A



espécie B



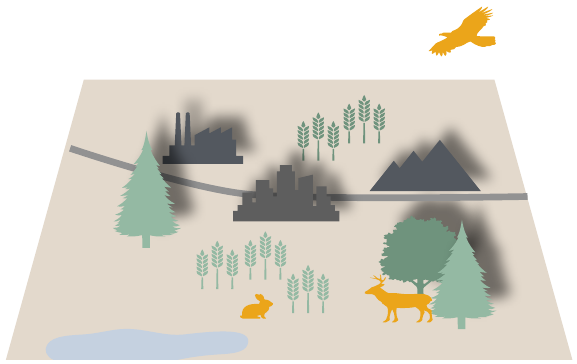
espécie C

- Conseguimos detectar espécies e mapear sua distribuição
- Mas:
  - Qual é a saúde delas e do seu ambiente?
  - Onde estarão no futuro?

IA e biodiversidade

Dinâmica dos ecossistemas

indivíduos: sensores + IA
distribuição: SDM ambiente: sensoriamento remoto



mudança climática: 1. deslocamento da distribuição: simulações

(p. ex., SDMs + ERA5)



espécies invasoras: modelos gráficos

agora



[2]

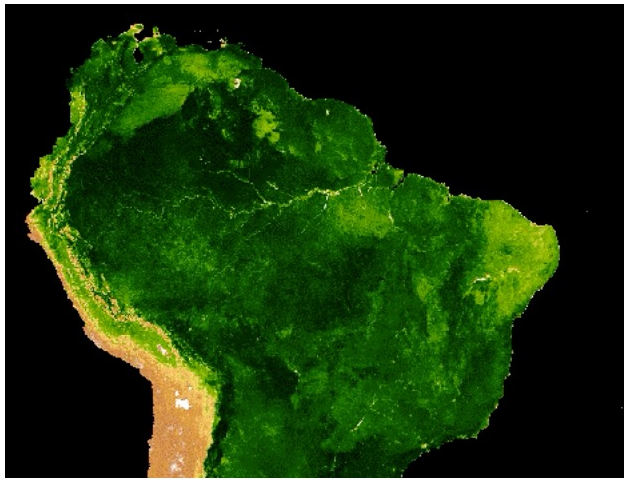
IA e biodiversidade

Ambiente

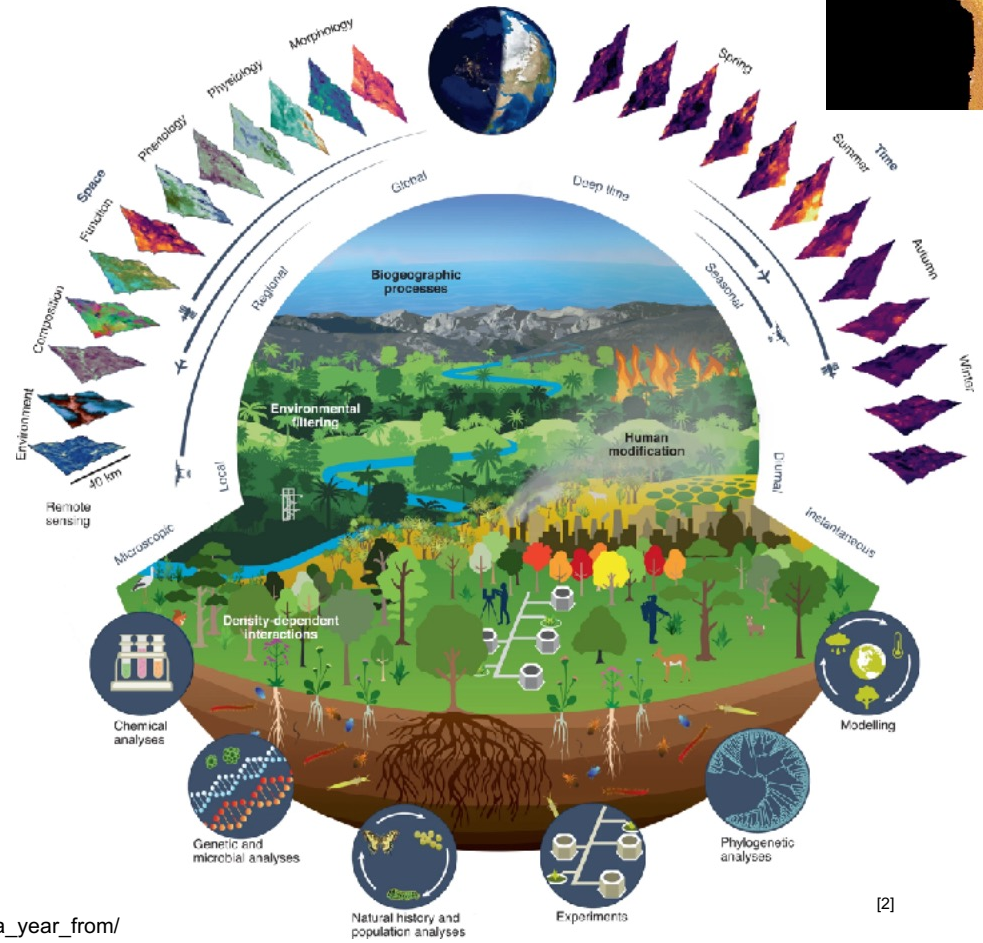
Exemplos de produtos de sensoriamento remoto:

- Traços funcionais das plantas
- Saúde das plantas
- Ciclos fenológicos

NDVI 2021–2022



[1]

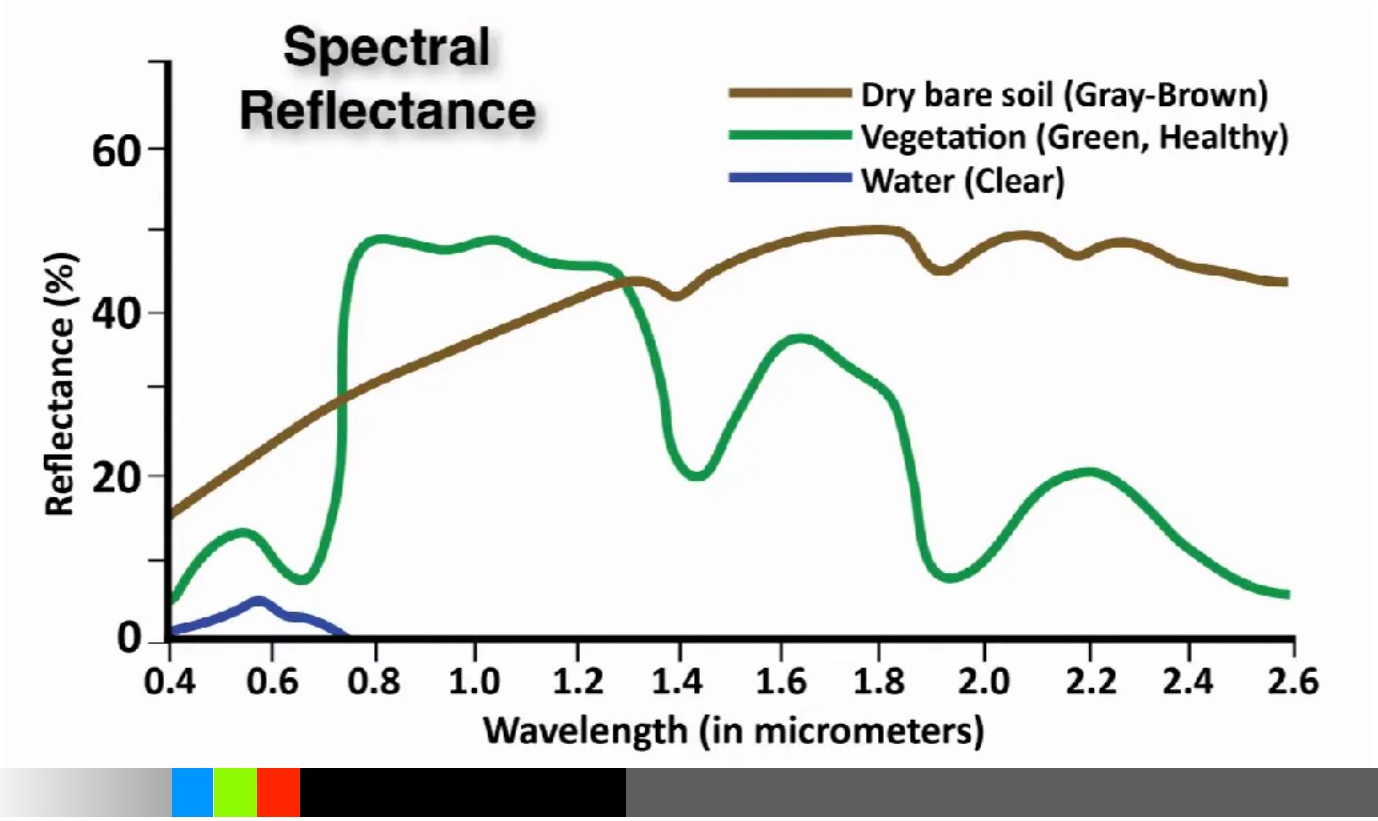


[2]

[1] https://www.reddit.com/r/dataisbeautiful/comments/s5ca95/amazon_vegetation_index_ndvi_over_a_year_from/
[2] Cavender-Bares et al., 2022

IA e biodiversidade

Ambiente



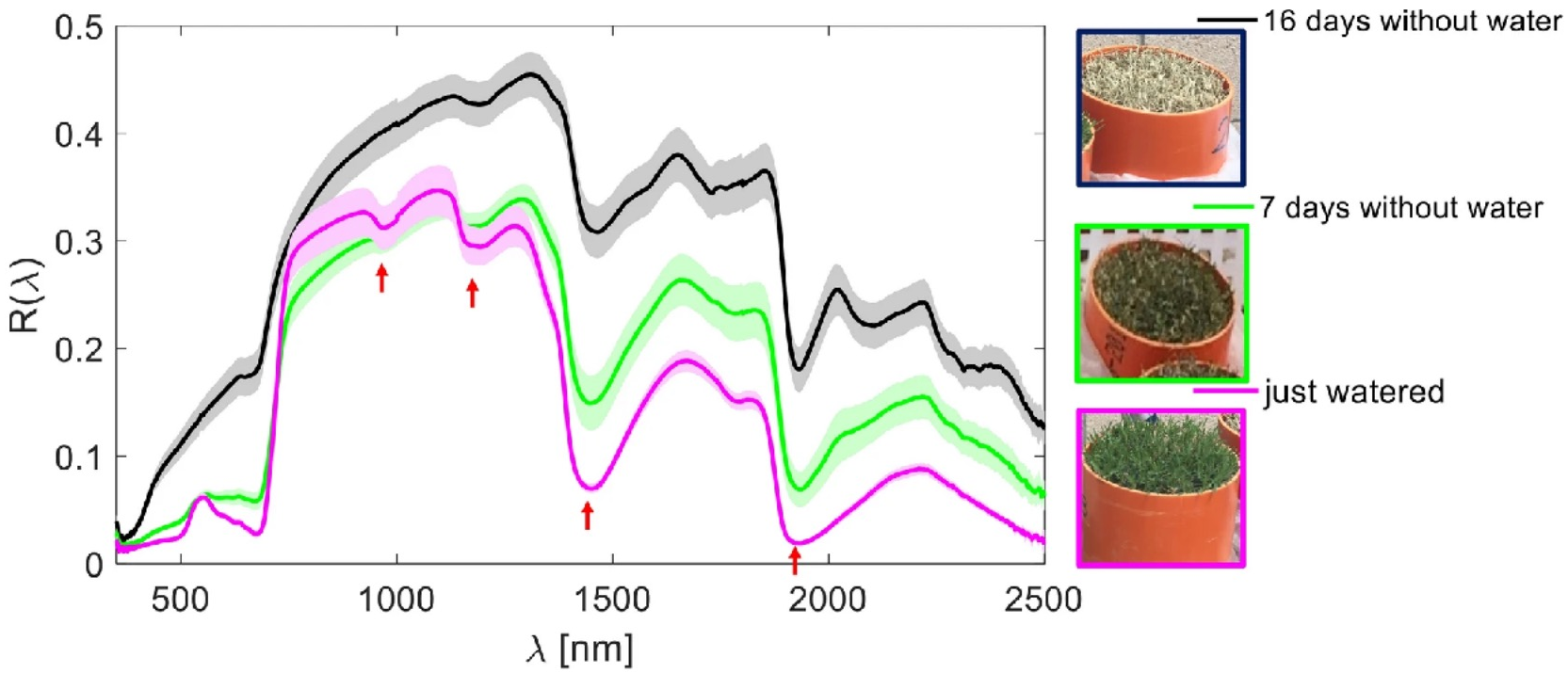
UV visível próximo ondas curtas térmico

infravermelho

Ilustração: https://mapscaping.com/understanding-spectral-reflectance-in-remote-sensing/

IA e biodiversidade

Ambiente





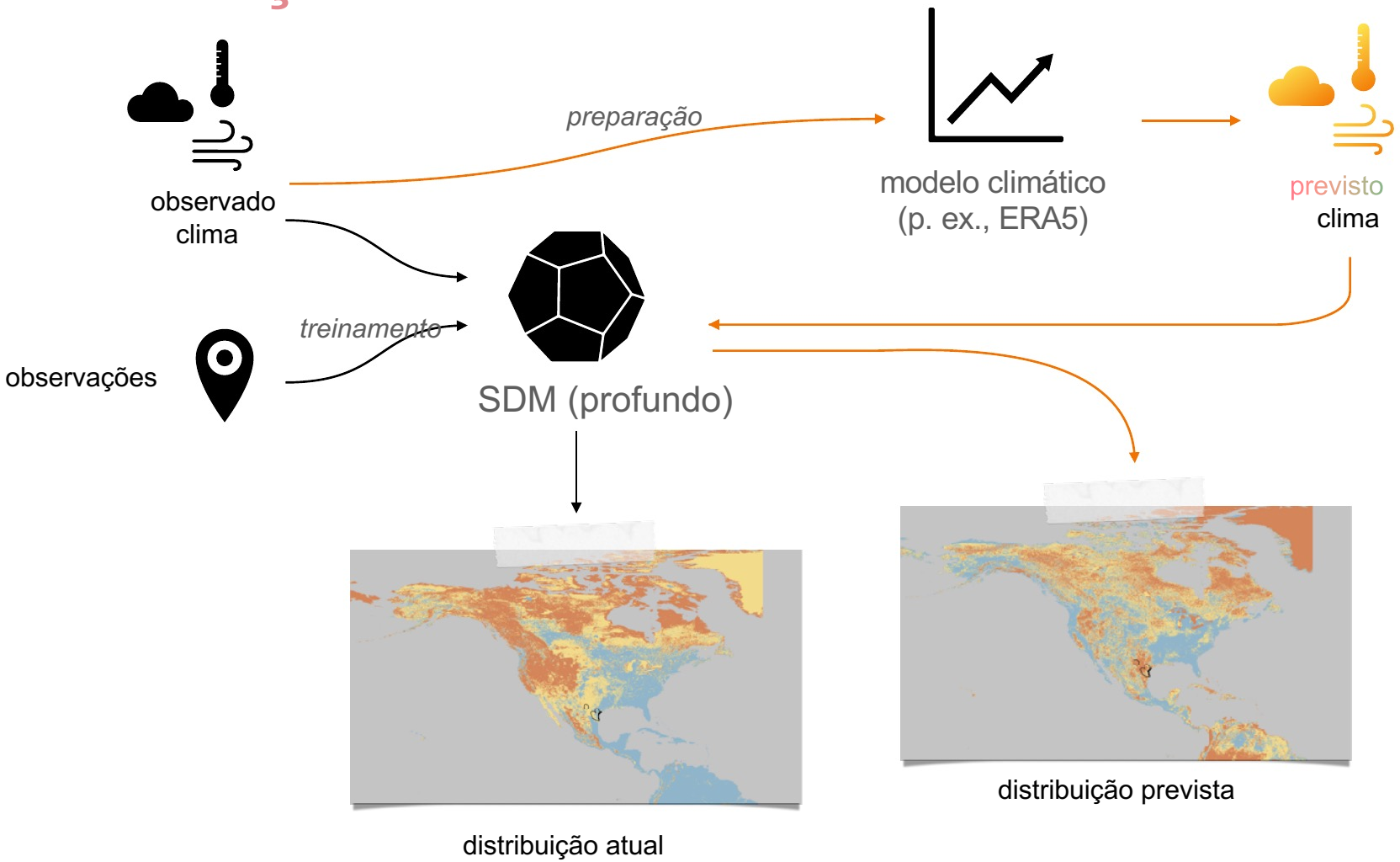
UV visível próximo ondas curtas térmico

infravermelho

Ilustração: https://www.nature.com/articles/s41598-020-72006-6/figures/1

IA e biodiversidade

Mudança climática



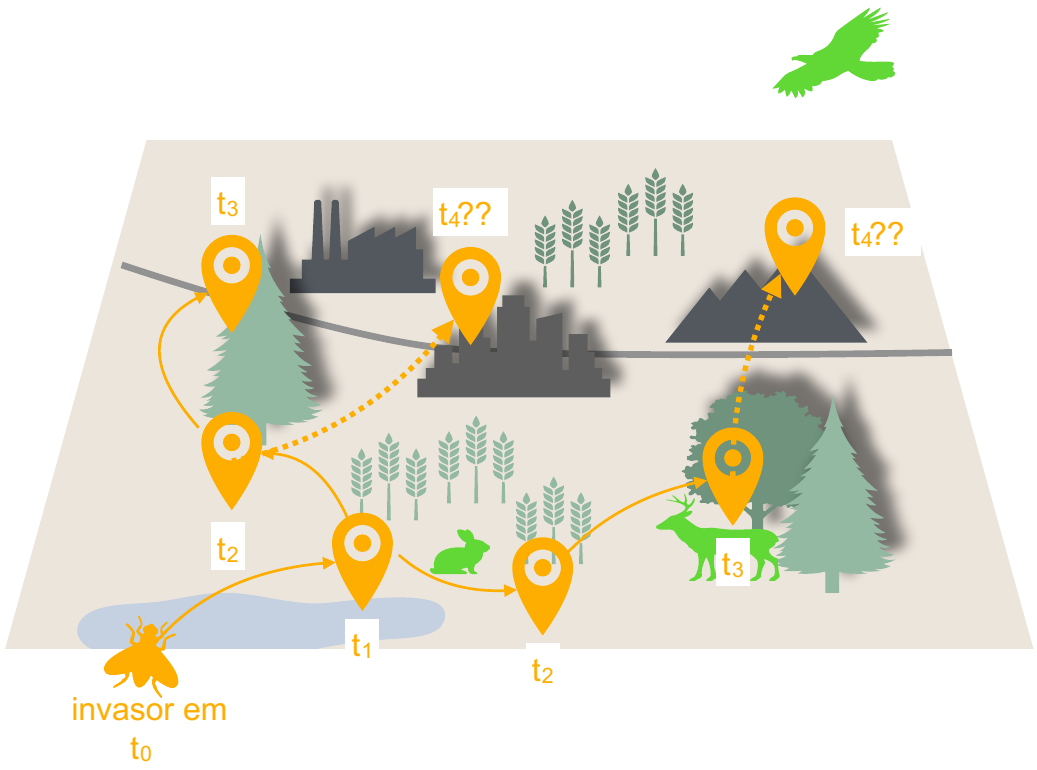
P: problemas

- qualidade do modelo climático
- qualidade do SDM
- fatores ignorados:
  - outros fatores abióticos
  - barreiras à dispersão
  - interações bióticas
  - redes de retroalimentação
  - influência humana
- etc.

Todas são questões em aberto!

IA e biodiversidade

Invasões biológicas



Desafio central: invasões são um processo dinâmico

1. O invasor chega a um local específico (p. ex., um porto) 2. A espécie começa a se espalhar

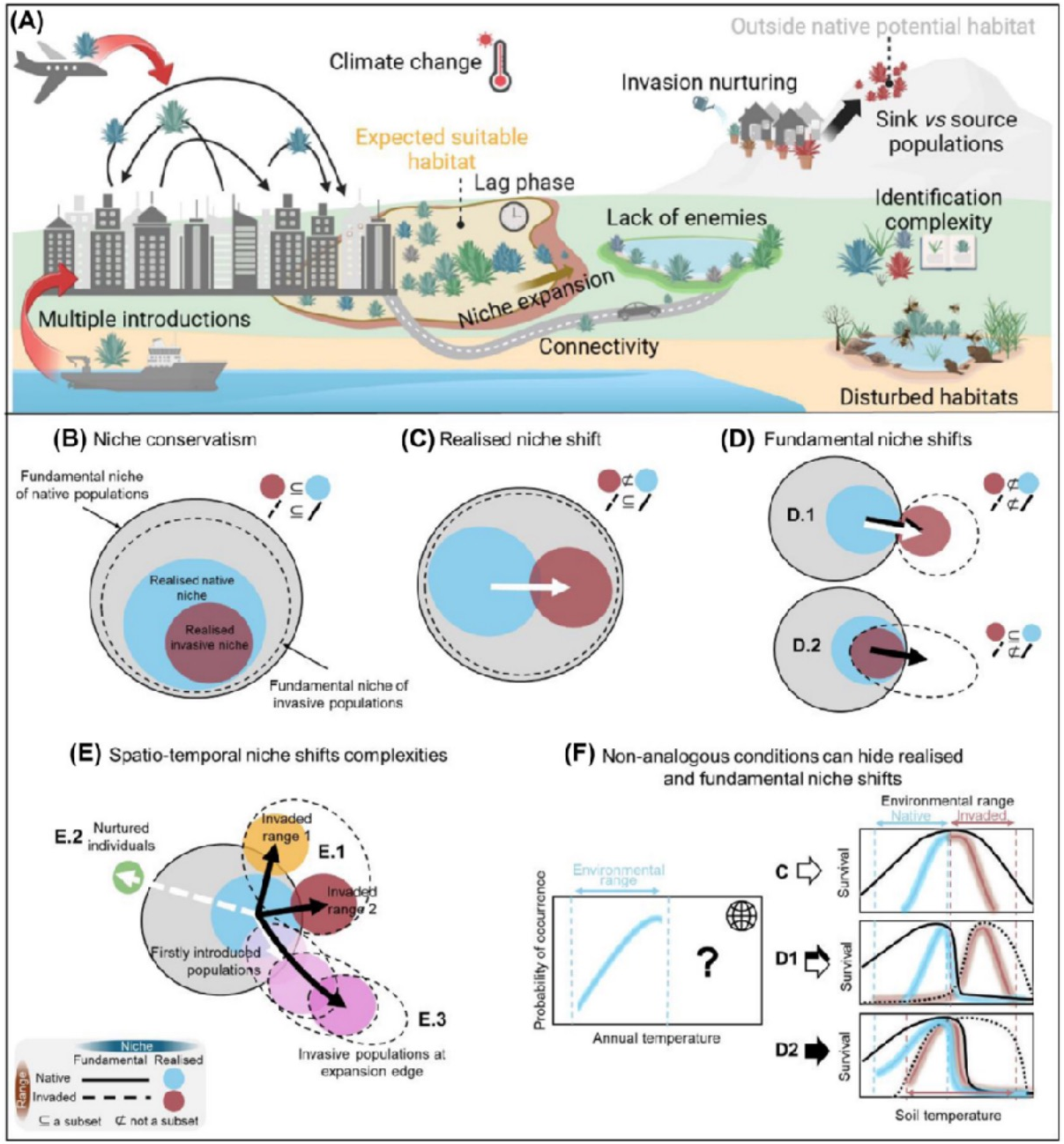
    2.1. Sem controle 2.2. Com limitações: p. ex., barreiras à dispersão

3. O ecossistema local sofre o impacto
4. As espécies locais começam a reagir

Como modelar isso?

IA e biodiversidade

Invasões biológicas



Fenollosa et al., 2026

IA e biodiversidade

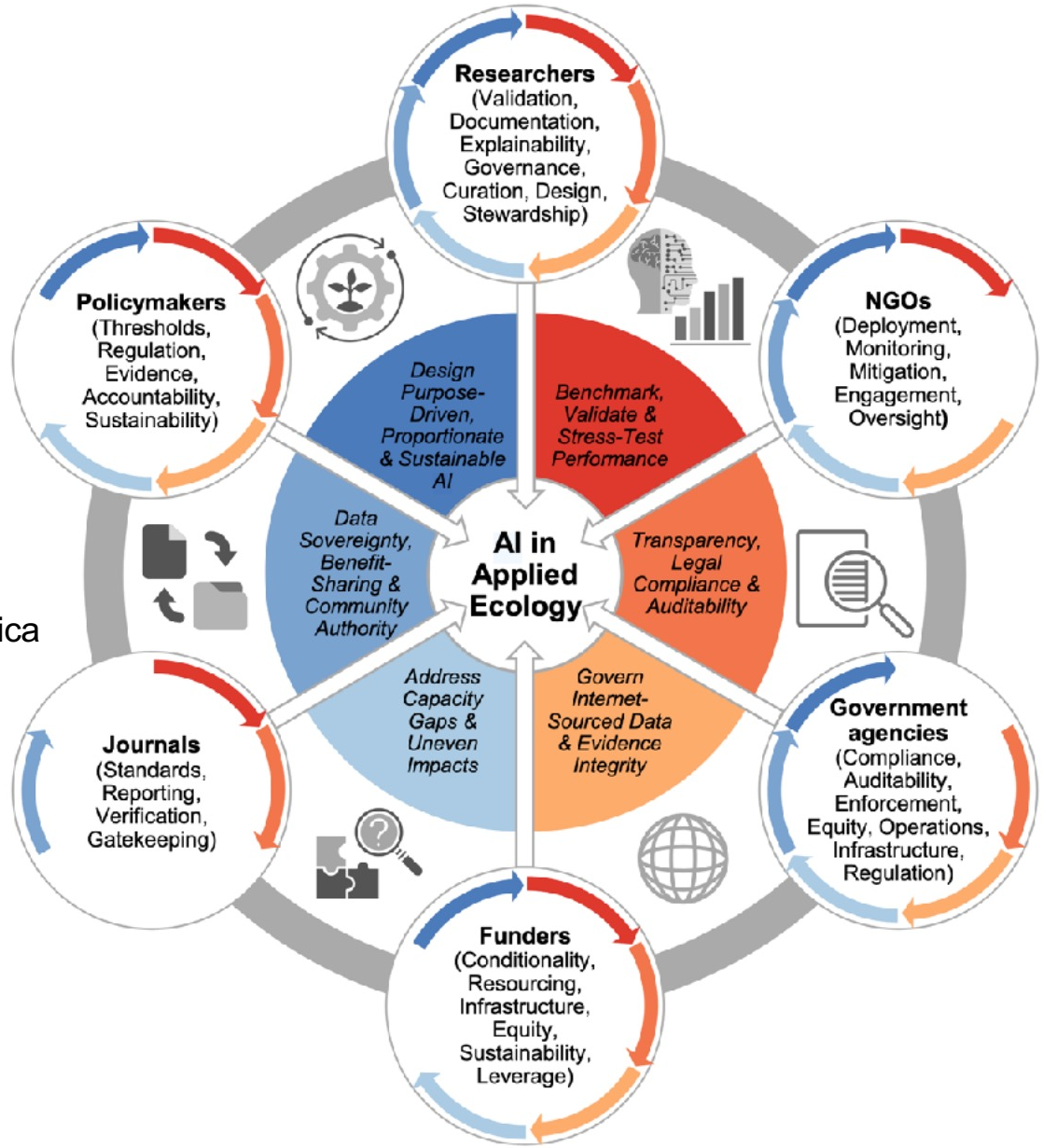
IV. IA para a política ambiental

IA e políticas

Etapa 1: pesquisa implantada

Preocupações centrais, novas ou intensificadas:

- Impactos dos vieses
- Estabilidade (pipeline etc.); TRL: nível de maturidade tecnológica
- FAIR: localizáveis, acessíveis, interoperáveis, reutilizáveis
- CARE: benefício coletivo, autoridade para controlar, responsabilidade, ética
- Padrões (aquisição, avaliação etc.)
- Reprodutibilidade
- Privacidade; propriedade/curadoria
- Conflitos entre partes interessadas
- Legalidade
- Facilidade de uso
- etc.



Ammar et al., 2026

Desafios para a biodiversidade

Etapa 2: que aspectos das políticas podemos modelar?



Habitat:
- Cobertura (e uso) da terra
- Saúde

Espécies:
- Distribuição de espécies
- Comunidades (+ interações)

Migrações:
- Mudança climática
- Invasões

Outros:
- Antrópicos (caça ilegal, etc.)

IA para apoio à decisão:
- Indicadores e índices:
  - Species Habitat Index
  - Living Planet Index
  - etc.
- Proativa:
  - Priorização da conservação
  - Sistemas de recomendação

IA e políticas

Indicadores e índices

Ideia: condensar o estado da biodiversidade em um único número

Parte essencial das políticas de conservação. Exemplo: COP-15:

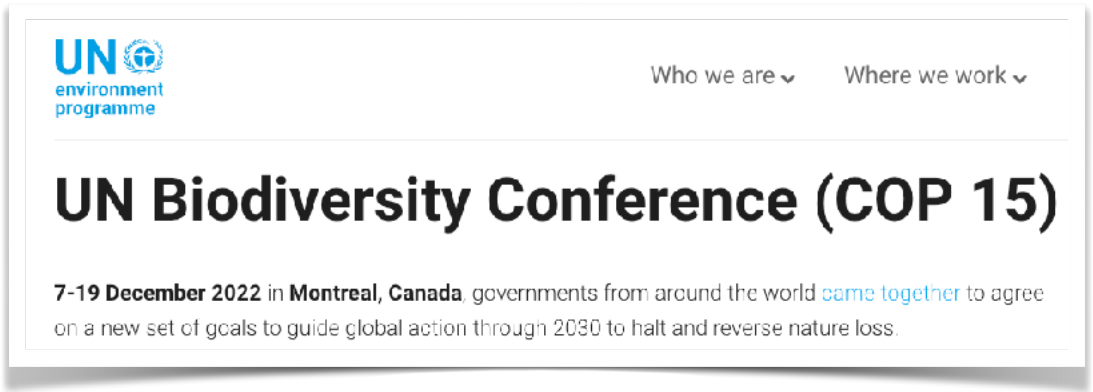


Table 2.

Proposed indicators for the Kunming-Montreal global biodiversity framework

Draft Goal/ Target	Headline indicator	Component indicator	Complementary indicator
A	A.1 Red List of Ecosystems A.2 Extent of natural ecosystems A.3 Red List Index A.5 The proportion of populations within species with an effective population size > 500	Ecosystem Intactness Index Ecosystem Integrity Index Species habitat Index Biodiversity Habitat Index Protected Connected (Protconn) index Parc connectedness EDGE Living Planet Index Change in the extent of water-related ecosystems over time	Forest area as a proportion of total land area Forest distribution Tree cover loss Grassland and savannah extent Mountain Green Cover Index Peatland extent and condition Permafrost thickness, depth and extent Continuous Global Mangrove Forest Cover Trends in mangrove forest fragmentation Trends in mangrove extent Live coral cover
B[b]	B.1 Services provided by ecosystems*	Red List Index (for utilized species) Living Planet Index (for used species)	Levels of poverty in biodiversity depended communities Ecological Footprint
3	3.1 Coverage of protected areas and OECMs	Protected area coverage of key biodiversity areas Protected Area Management Effectiveness (PAME) ProtConn	Protected area downgrading, downsizing and degazettement (PD) Status of key biodiversity areas IUCN Green List of Protected and Conserved Areas
Draft Goal/ Target	Hea		
		Protected Area Connectedness Index (PARC-Connectedness) Red List of Ecosystems Connectivity Indicator (in development) The number of protected areas that have completed a site-level assessment of governance and equity (SAGE) Species Protection Index	Number of hectares of UNESCO designated sites (natural and mixed World Heritage sites and Biosphere Reserves) Protected area and OECM management effectiveness (MEPCA) indicator Protected Area Isolation Index (PAI) Protected Areas Network metric (ProNet) Extent to which protected areas and other effective area-based conservation measures (OECMs) cover Key Biodiversity Areas that are important for migratory species Coverage of Protected areas and OECMS and traditional territories (by governance type)

https://www.cbd.int/doc/c/179e/aecb/592f67904bf07dca7d0971da/cop-15-l-26-en.pdf

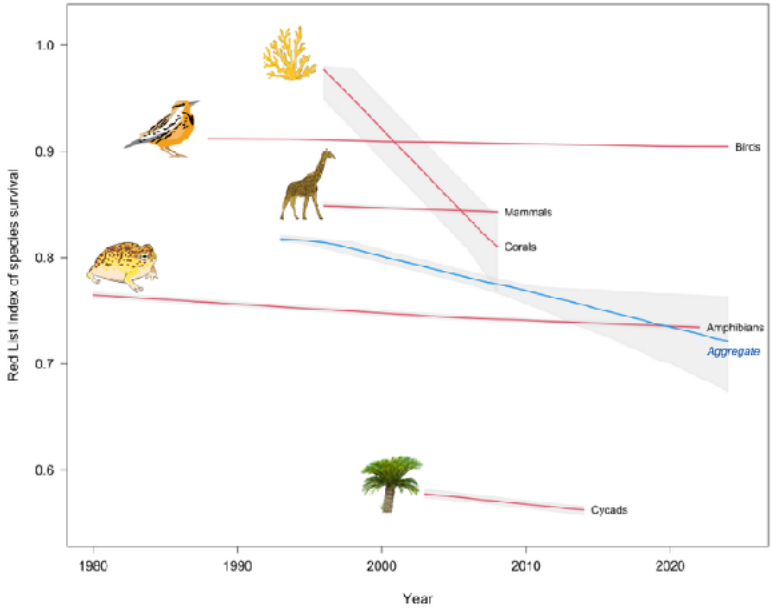
IA e políticas

Indicadores e índices

Exemplos:

- Índice da Lista Vermelha da IUCN
- Species Habitat Index
- Species Protection Index
- Índice Planeta Vivo

➡️Equilíbrio entre expressividade e simplicidade…



https://www.iucnredlist.org/assessment/red-list-index

Species level	2+ years of data
Known location	Standardised method

Data we can use

Vertebrate species:

- Full population counts
- Estimates (e.g. population size estimated from measured parameters)
- Densities (including converted camera trap data)
- Indices
- Proxies (e.g. breeding pairs, nests, tracks)
- Measures per unit effort (e.g. fish caught per net per hour)
- Biomass (e.g. spawning stock biomass)
- Samples (e.g. where a proportion of the population is regularly monitored)

Data we may use in future

- Occupancy data

Data we can't use

- Data from experimental observations
- Survival rates
- Recruitment data e.g. number of eggs or young
- Catch or hunting data with no measure of effort
- Data where method has changed (unless corrected for)
- Opportunistic sighting data

We can keep data confidential!

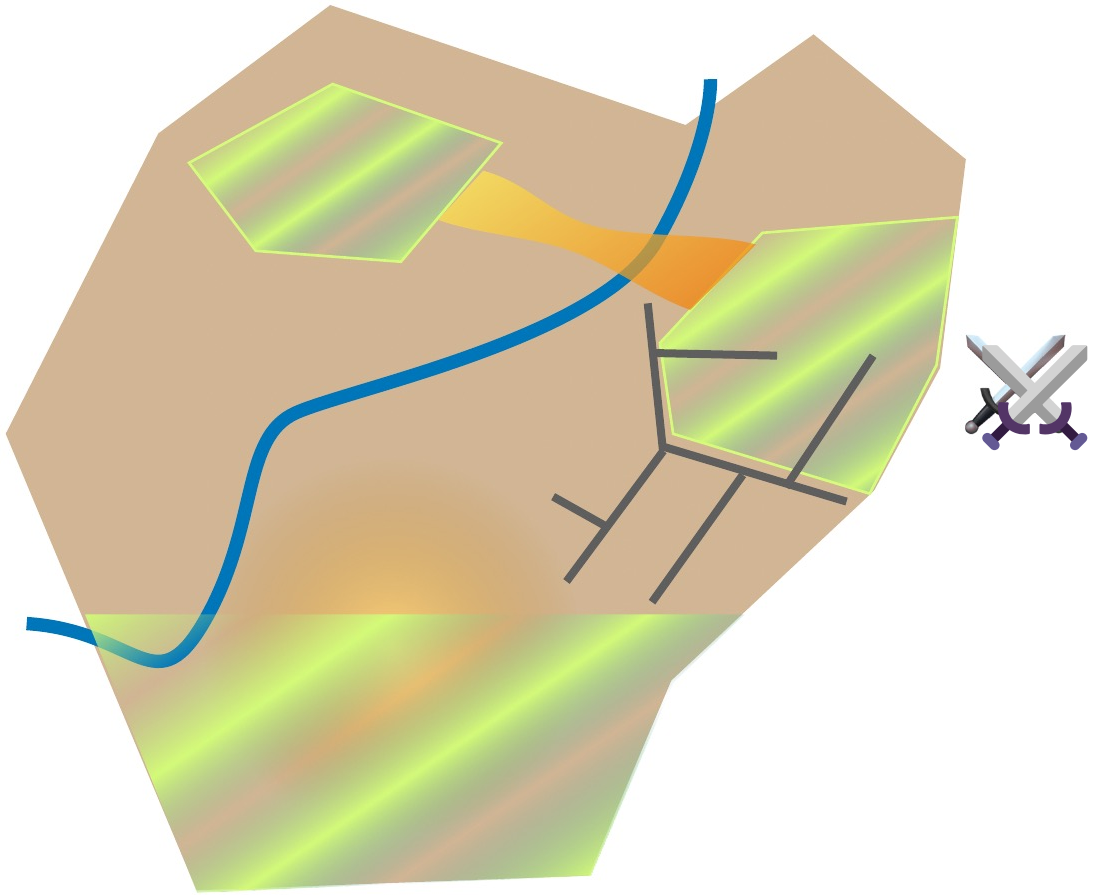
Sensitive/unpublished data are not publicly available, but used to estimate trends

https://www.livingplanetindex.org/about_index

IA e políticas

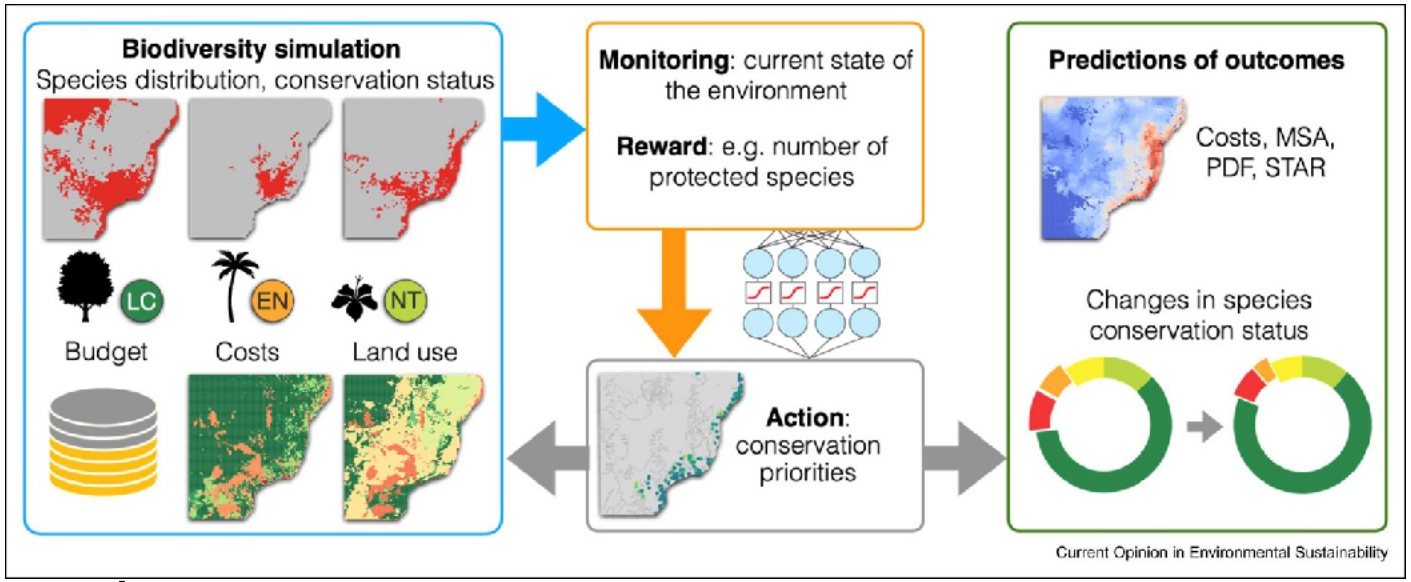
Priorização de áreas

1. Área a conservar: p. ex., 30%
    a. 30% de quê?
    b. Por que 30%?
2. Quais áreas?
    a. Parques nacionais
        ➡️Isso é ecologicamente sustentável?
    b. Hotspots de biodiversidade
        ➡️Medidos como? Com índices (ver slides anteriores)?
        ➡️E os corredores de deslocamento, por exemplo?
        ➡️Influência humana (moradias, cercas etc.)?
        ➡️Geopolítica?
        ➡️Comunidades locais e indígenas?



IA e políticas

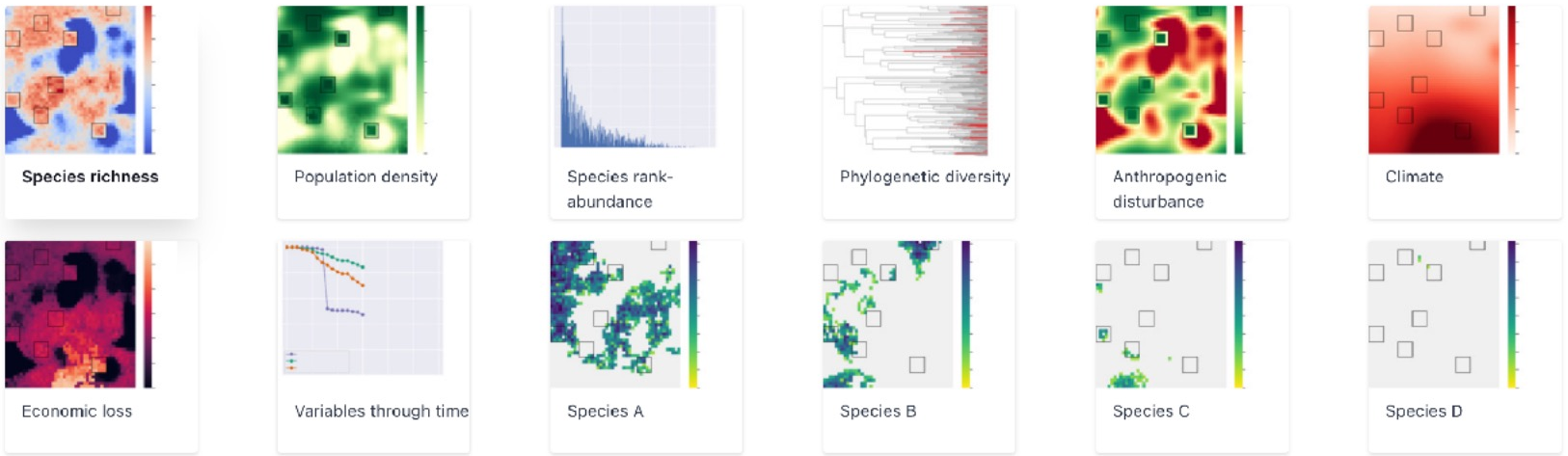
Priorização de áreas



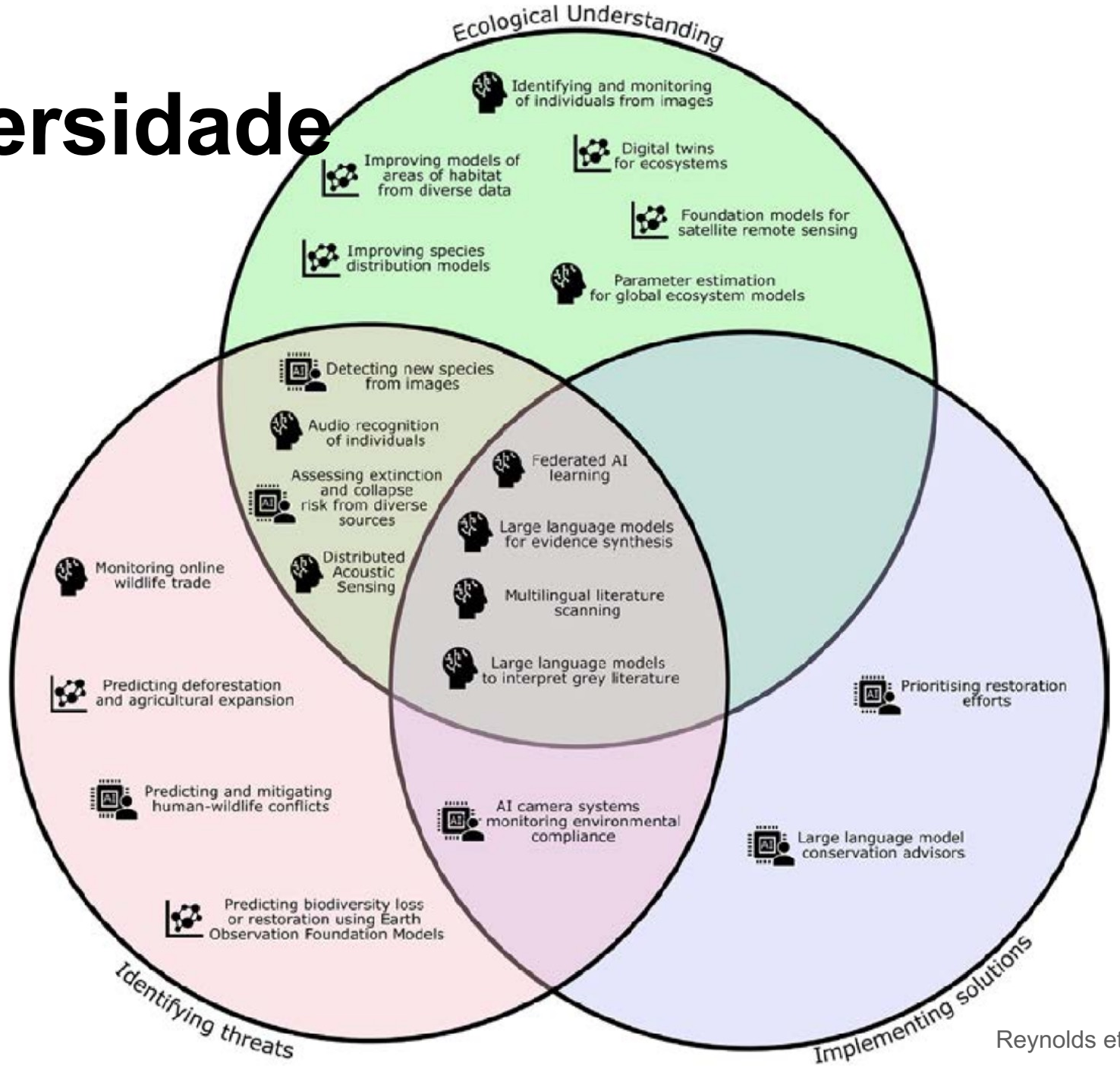
CAPTAIN:

Conservation Area Prioritization Through Artificial INtelligence

https://www.captain-project.net/



IA e biodiversidade



Reynolds et al., 2025

Perguntas?



IA e biodiversidade

V. Recursos úteis para você!

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: comunidades

Canal do Slack AI for Conservation

aiforconservation@gmail.com

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: comunidades

Exemplos de workshops em conferências de aprendizado de máquina e visão computacional:

Tema	Conferência	Workshop
Biodiversidade e ecologia	ECCV / ICCV	Computer Vision for Ecology (CV4E) https://cv4e-workshop.github.io/
	ICPR	Computer Vision for Biodiversity Monitoring and Conservation https://cvbmc.github.io/2026/
	ECCV / ICCV	Marine Vision https://vap.aau.dk/marinevision/
Clima	ECCV / ICCV	AI for Climate and Conservation https://sites.google.com/g.harvard.edu/aicc2eccv26/
	NeurIPS	Tackling Climate Change with Machine Learning https://www.climatechange.ai/events/neurips2026
Observação da Terra / sensoriamento remoto	CVPR	EarthVision https://www.grss-ieee.org/events/earthvision-2026/
	ECML-PKDD	MACLEAN https://sites.google.com/view/maclean26
	BMVC	MVEO https://mveo.github.io/

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: formação

Quer saber mais?

- Escola de verão CV4Ecology (2 sem.)
  https://cv4ecology.csail.mit.edu

- Curso de IA e ecologia do Imageomics
  https://imageomics.osu.edu/news/2024/06/imageomics-institute-launches-new-ai-ecology-course

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: armadilhas fotográficas

- Conjuntos de dados públicos:
  - https://lila.science/ (global)
  - https://agouti.eu/ (Europa)
- Modelos:
  - Detecção:
    - Megadetector: https://github.com/agentmorris/MegaDetector o padrão (e o mais poderoso) detector de animais
  - Classificação de espécies (dica: use junto com o MegaDetector):
    - SpeciesNet: https://github.com/google/cameratrapai
    - BioCLIP (v2): https://imageomics.github.io/bioclip/ Modelo de base visão-linguagem (pode ser usado para classificar espécies)
  - Estimativa de pose:
    - DeepLabCut: https://github.com/DeepLabCut/DeepLabCut

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: gravações acústicas

- Conjuntos de dados acústicos públicos:
  - Xeno-Canto: https://xeno-canto.org/
  - Macaulay: https://www.macaulaylibrary.org/
  - Coleção aqui: https://bioacoustic-ai.github.io/bioacoustics-datasets/

- Modelos:
  - BirdNET: https://birdnet.cornell.edu/analyzer/
  - Perch: https://github.com/google-research/perch
  - BatDetect: https://github.com/macaodha/batdetect2

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: modelos de aprendizado profundo

Tipo ou tarefa	Repositórios
Transformers	https://github.com/huggingface/transformers
Modelos gerais de visão computacional	https://github.com/huggingface/pytorch-image-models
Detecção de objetos geral	Ultralytics/YOLO, Grounding DINO*
Segmentação de instâncias geral	Segment Anything* (v2*, v3*)
Detecção de animais (armadilhas fotográficas)	https://github.com/microsoft/CameraTraps
Classificação de espécies (armadilhas fotográficas)	https://github.com/google/cameratrapai
Detecção aérea de objetos	OWL*, HerdNet, POLO, BirdDetector (fauna); DeepForest (árvores)
Modelos de base de sensoriamento remoto	vários modelos aqui*
PyTorch para dados geoespaciais	https://github.com/microsoft/torchgeo
Modelos de base em ecologia	BioCLIP*, BioCLIP-2*, TaxaBind*
Modelos de ecologia acústica	BirdNET, Perch (v2), BatDetect2

** (baseado em) modelo de base*

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: conjuntos de dados

Tipo ou tarefa	Repositórios
Imagens (aéreas, armadilhas fotográficas etc.) com anotações	https://lila.science/
Imagens de fauna feitas com drone	https://github.com/agentmorris/drone-wildlife-datasets
Reidentificação individual	https://github.com/WildlifeDatasets/wildlife-datasets
Repositórios de sensoriamento remoto por satélite	USGS EarthExplorer (http://earthexplorer.usgs.gov/): Landsat, etc. Copernicus (https://browser.dataspace.copernicus.eu/): Sentinel etc.
Imagens de satélite para aprendizado profundo	https://github.com/satellite-image-deep-learning/datasets
(diversos conjuntos de dados ambientais)	https://github.com/rockita/Environmental_Intelligence

IA e biodiversidade

V. Recursos úteis: conjuntos de dados

Tipo ou tarefa	Repositórios
Observações de espécies	**GBIF (https://gbif.org/): the ecological resource** **iNaturalist (https://inaturalist.org/): largest citizen science species obs. DB** **eBird (http://ebird.org/): the ecological resource for birds** **Pl@ntNet (https://plantnet.org/): huge plant database & ID initiative from France** **etc.**
Traços das espécies	TRY (https://www.try-db.org/): for plants OpenTraits (https://opentraits.org/datasets.html): collection
Interações entre espécies	GloBI (https://www.globalbioticinteractions.org/)
Movimento animal	MoveBank (https://www.movebank.org/)

Bibliografia

Ammar, E., Sharma, A., August, T., Bicknell, J.E., Boughey, K., Dunford, C.E., Driscoll, D.A., Fiennes, S., Lopatin, J., Hartley, M. and Hillier, J., 2026. Artificial intelligence and decision support in applied ecology. Journal of Applied Ecology, 63(6), p.e70455.

Beery, S., 2023. The megadetector: Large-scale deployment of computer vision for conservation and biodiversity monitoring. California Institute of Technology, Pasadena, CA, USA.

Bohmann, K. and Lynggaard, C., 2023. Transforming terrestrial biodiversity surveys using airborne eDNA. Trends in Ecology & Evolution, 38(2), pp.119-121.

Bradley, B.A., Olsson, A.D., Wang, O., Dickson, B.G., Pelech, L., Sesnie, S.E. and Zachmann, L.J., 2012. Species detection vs. habitat suitability: are we biasing habitat suitability models with remotely sensed data? Ecological Modelling, 244, pp.57-64.

Cavender-Bares, J., Schneider, F.D., Santos, M.J., Armstrong, A., Carnaval, A., Dahlin, K.M., Fatoyinbo, L., Hurtt, G.C., Schimel, D., Townsend, P.A. and Ustin, S.L., 2022. Integrating remote sensing with ecology and evolution to advance biodiversity conservation. Nature Ecology & Evolution, 6(5), pp.506-519.

Fenollosa, E., Pang, S.E., Briscoe, N.J., Guisan, A. and Salguero-Gómez, R., 2026. Powerful yet challenging: mechanistic niche models for predicting invasive species potential distribution under climate change. Ecography, 2026(5), p.e07775.

Fourcade, Y., Besnard, A.G. and Secondi, J., 2018. Paintings predict the distribution of species, or the challenge of selecting environmental predictors and evaluation statistics. Global Ecology and Biogeography, 27(2), pp.245-256.

Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R. and Kommareddy, A., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. science, 342(6160), pp.850-853.

Kearney, M., Phillips, B.L., Tracy, C.R., Christian, K.A., Betts, G. and Porter, W.P., 2008. Modelling species distributions without using species distributions: the cane toad in Australia under current and future climates. Ecography, 31(4), pp.423-434.

Kellenberger, B., Veen, T., Folmer, E. and Tuia, D., 2021. 21 000 birds in 4.5 h: efficient large - scale seabird detection with machine learning. Remote Sensing in Ecology and Conservation, 7(3), pp.445-460.

Kimura, L.Y., Gomez, R. and Nakamura, T., 2024. Typhoon impacts on coral and fish communities revealed by reef soundscape assessment using a low-cost acoustic recording device. Galaxea, Journal of Coral Reef Studies, 26(1), pp.9-17.

Kline, J., Afridi, S., Rolland, F.G., Maalouf, G., Laporte - Devylder, L., Stewart, C., Crofoot, M., Stewart, C.V., Rubenstein, D.I. and Berger - Wolf, T., 2025. Studying collective animal behaviour with drones and computer vision. Methods in Ecology and Evolution, 16(10), pp.2229-2259.

Reynolds, S.A., Beery, S., Burgess, N., Burgman, M., Butchart, S.H., Cooke, S.J., Coomes, D., Danielsen, F., Di Minin, E., Durán, A.P. and Gassert, F., 2025. The potential for AI to revolutionize conservation: a horizon scan. Trends in ecology & evolution, 40(2), pp.191-207.

Sadiq, R., Akhtar, Z., Imran, M. and Ofli, F., 2022. Integrating remote sensing and social sensing for flood mapping. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 25, p.100697.

Sastry, S., Khanal, S., Dhakal, A., Ahmad, A. and Jacobs, N., 2025, February. Taxabind: A unified embedding space for ecological applications. In 2025 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) (pp. 1765-1774). IEEE.

Shi, T., Wang, J., Liu, H. and Wu, G., 2015. Estimating leaf nitrogen concentration in heterogeneous crop plants from hyperspectral reflectance. International Journal of Remote Sensing, 36(18), pp.4652-4667.

Trantas, A., Mensio, M., Stasinos, S., Gribincea, S., Khan, T., Podareanu, D. and van der Veen, A., 2025. BioAnalyst: A Foundation Model for Biodiversity. arXiv preprint arXiv:2507.09080.

Tuia, D., Kellenberger, B., Beery, S., Costelloe, B.R., Zu ffi , S., Risse, B., Mathis, A., Mathis, M.W., Van Langevelde, F., Burghardt, T. and Kays, R., 2022. Perspectives in machine learning for wildlife conservation. Nature communications, 13(1), p.792.

USGS, 2026. "What is remote sensing and what is it used for?". https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used

WWF, 2026. "What is biodiversity?" https://www.worldwildlife.org/resources/explainers/what-is-biodiversity.

Xie, Y., Feng, D., Chen, H., Liu, Z., Mao, W., Zhu, J., Hu, Y. and Baik, S.W., 2022. Damaged building detection from post-earthquake remote sensing imagery considering heterogeneity characteristics. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 60, pp.1-17.

Obrigado!

IA para a biodiversidade e os ecossistemas

Escola de verão Climate Change AI
Semana 5 · Setorial IV



Benjamin Kellenberger | 2026-08-17