



# TEMABio 2024

Treinamento em Monitoramento  
acústico da Biodiversidade

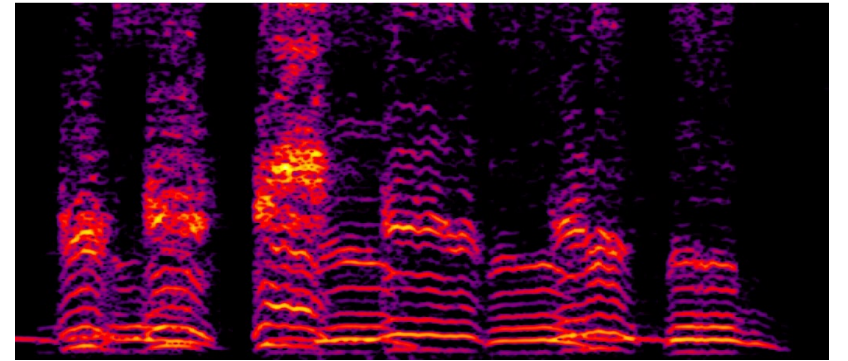


CornellLab 

K. Lisa Yang Center for  
Conservation Bioacoustics

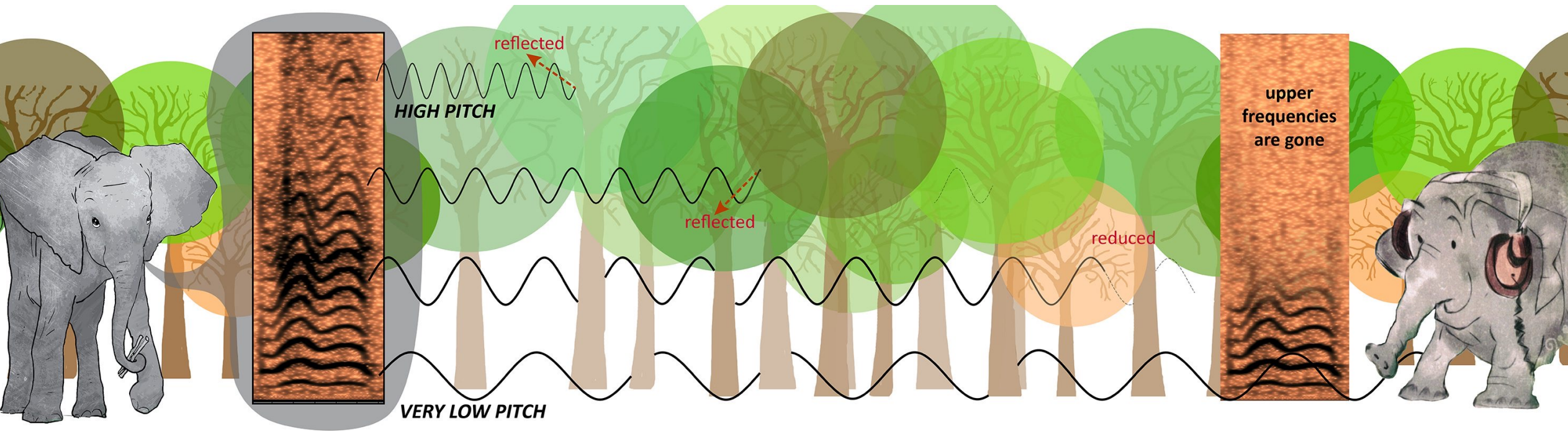
# **Exemplos de Monitoramento acústico passivo**

# Elefantes e seus infrassons



<https://www.elephantlisteningproject.org/all-about-infrasound/>

# Elefantes e seus infrassons





# Monitoramento acústico de Elefantes africanos da floresta



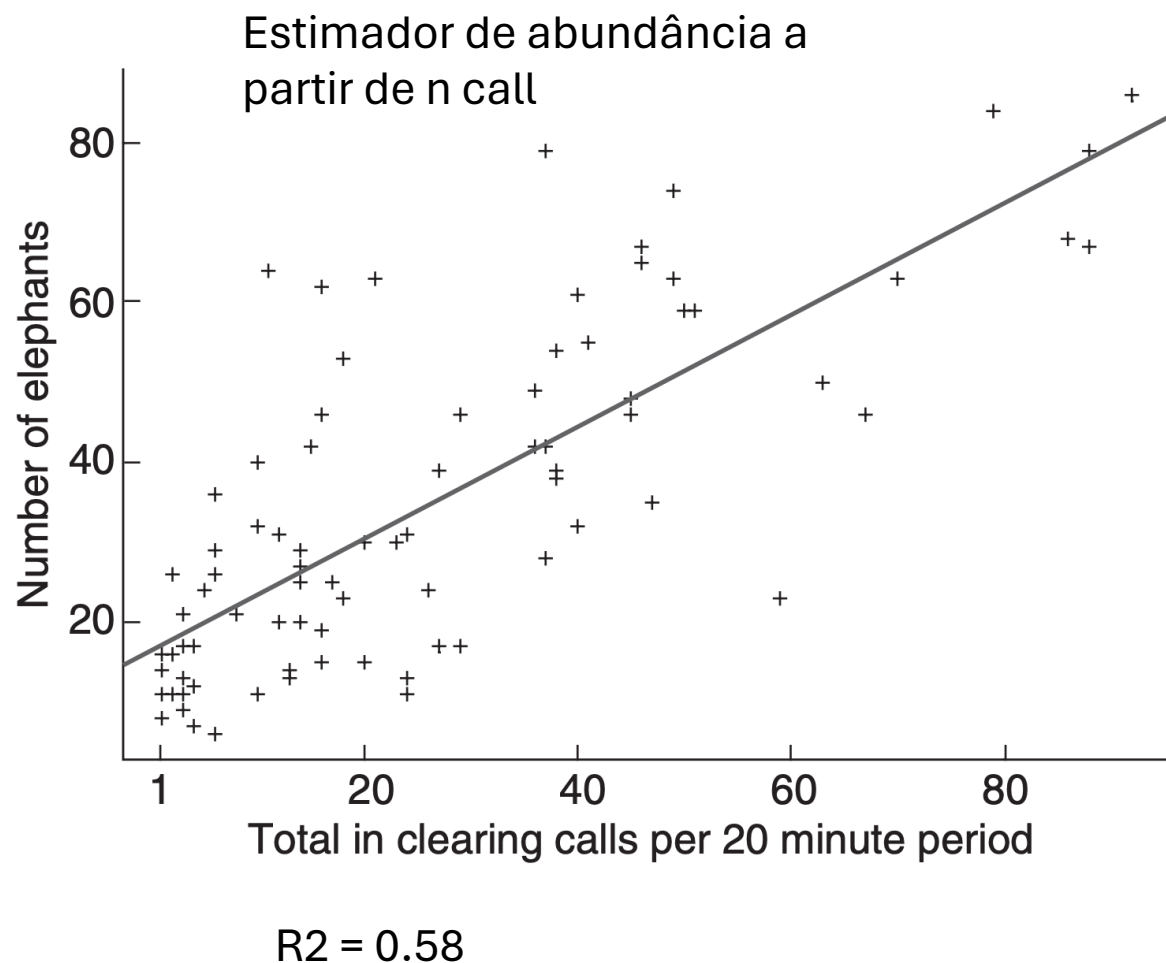
1 sensor = 3.22 km<sup>2</sup>

VS



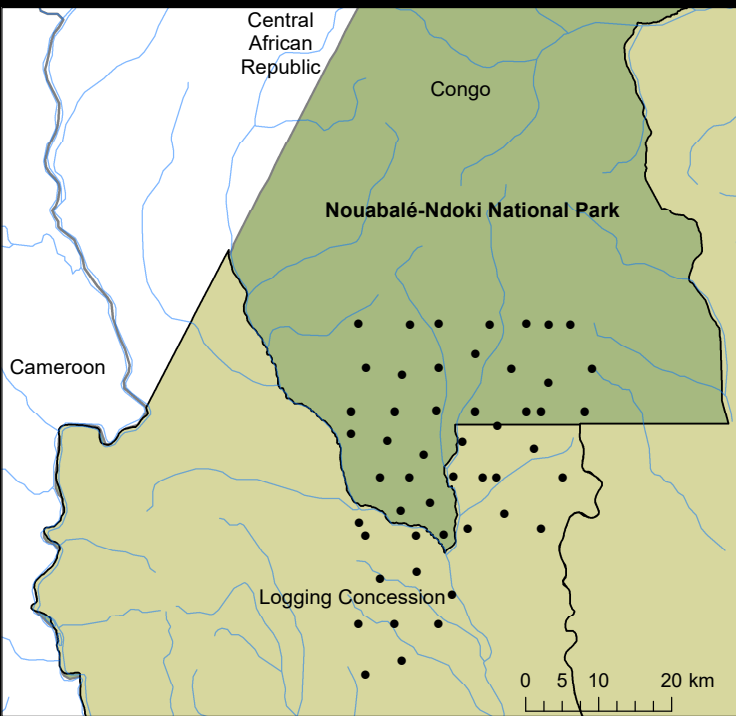
1 km = 0.01 km<sup>2</sup>

# Monitoramento acústico de Elefantes africanos da floresta



+ Área efetiva de amostragem  
= Estimativa de abundância

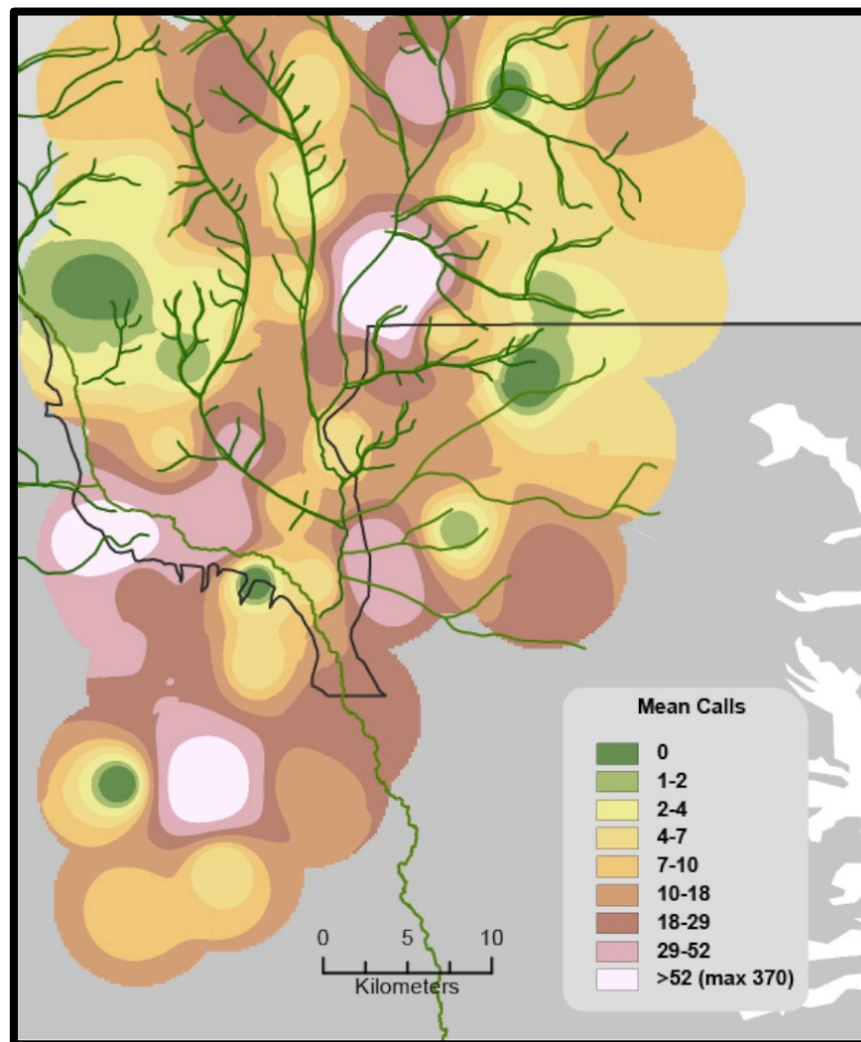






# Monitoramento acústico de Elefantes africanos da floresta

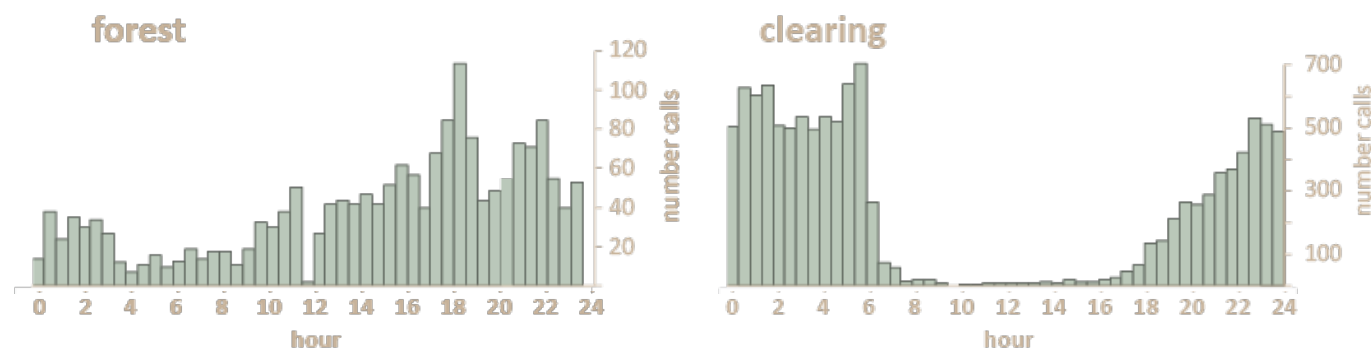
Variação espaço-temporal da atividade acústica





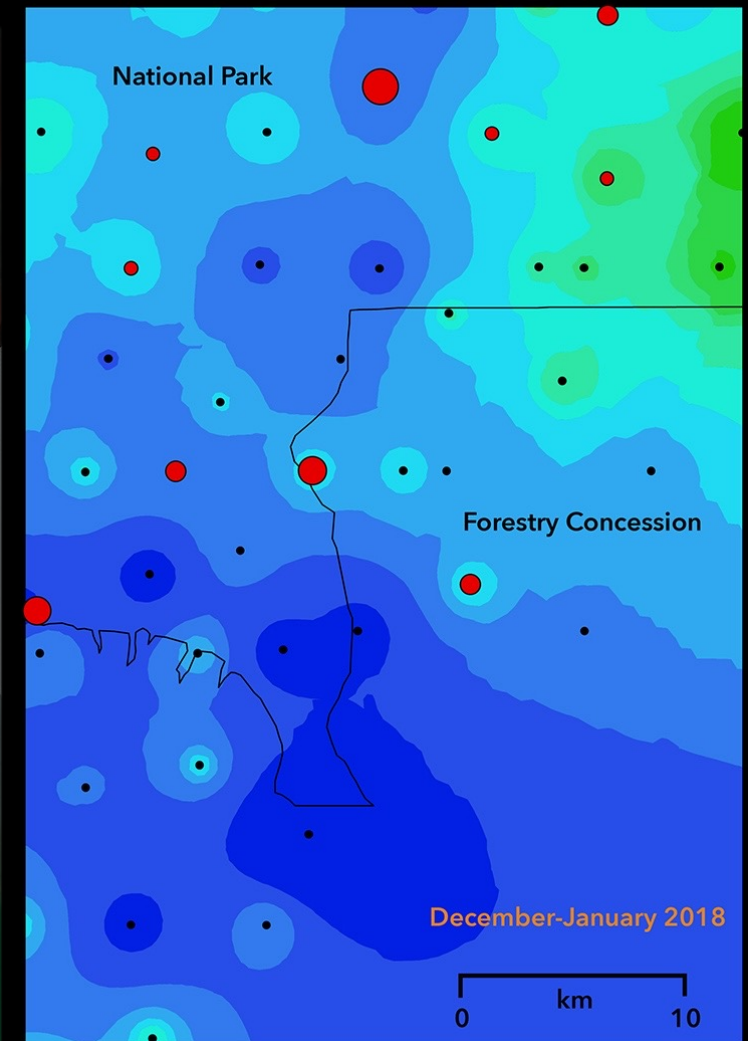
# Monitoramento acústico de Elefantes africanos da floresta

Variação espaço-temporal da atividade acústica



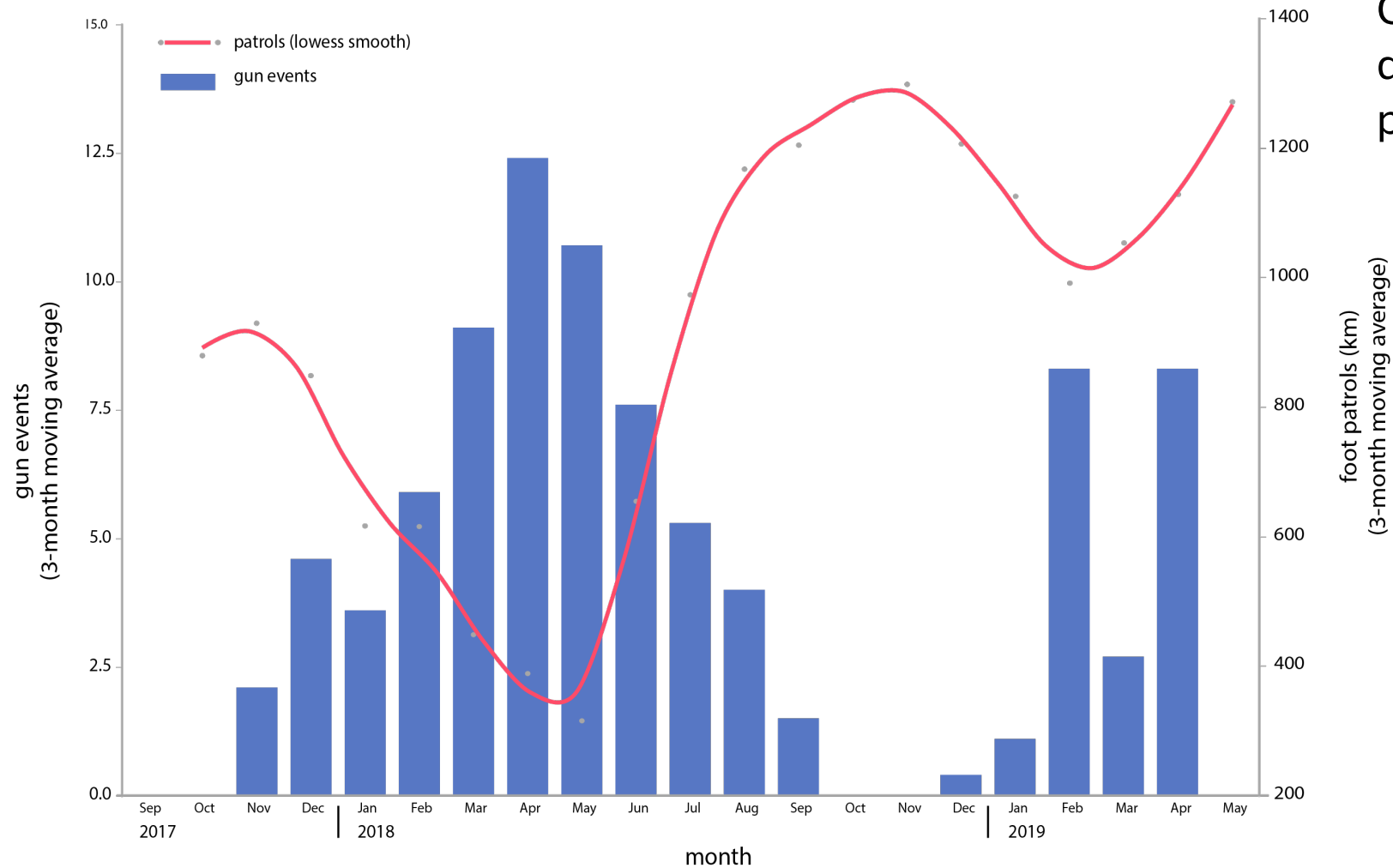
O que pode estar por trás desse padrão?

# Pressão de caça ilegal



Elephants	Gunshots
<span style="color: green;">■</span> fewer	<span style="color: red;">●</span> fewer
<span style="color: blue;">■</span> more	<span style="color: red;">●</span> more

# Patrulha nos locais com maior pressão de caça



O que acontece com a pressão de caça onde há mais patrulha?



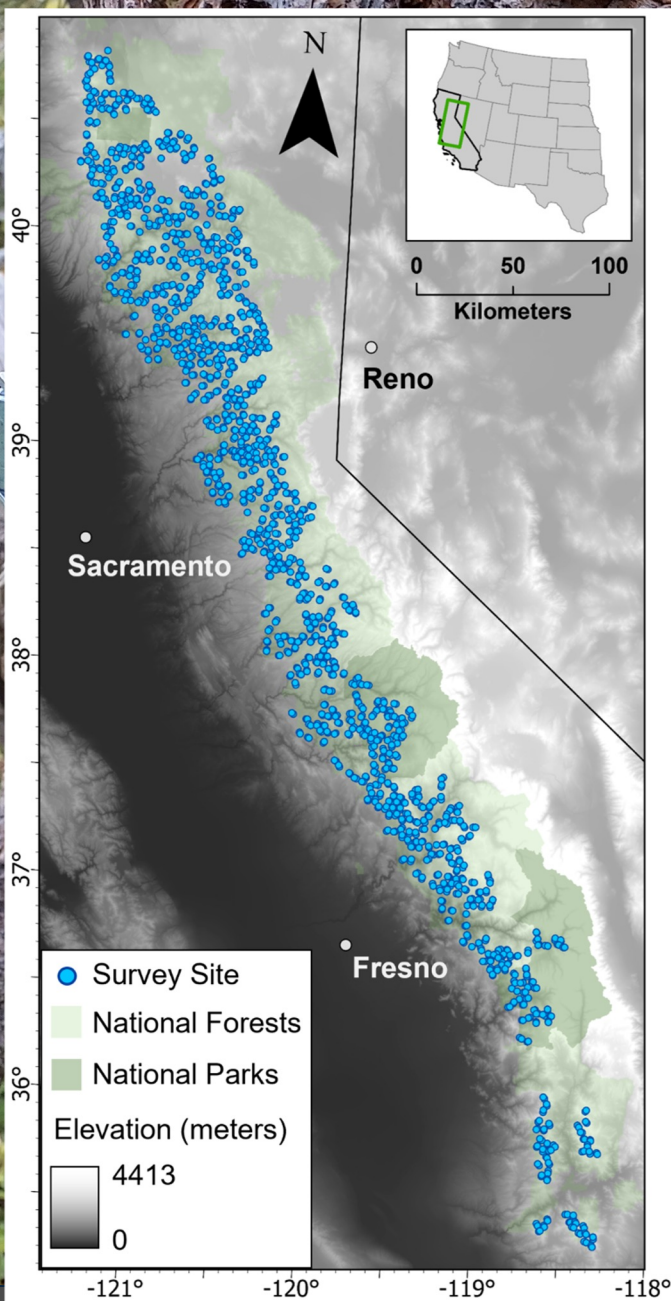
# Coruja pintada da California



Connor Wood



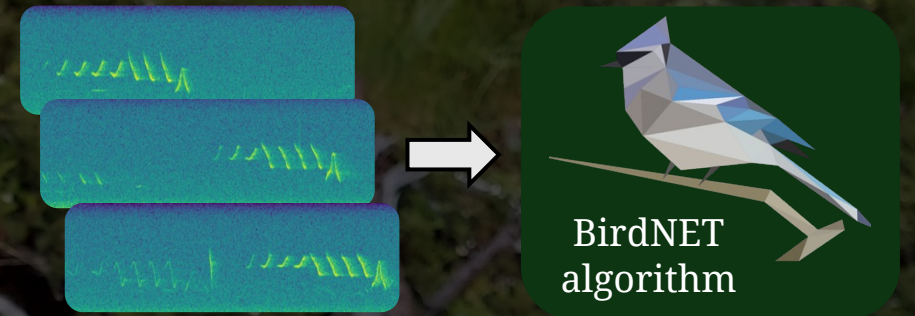




1,702 gravadores em 22,000 km<sup>2</sup> na  
Sierra Nevada, CA

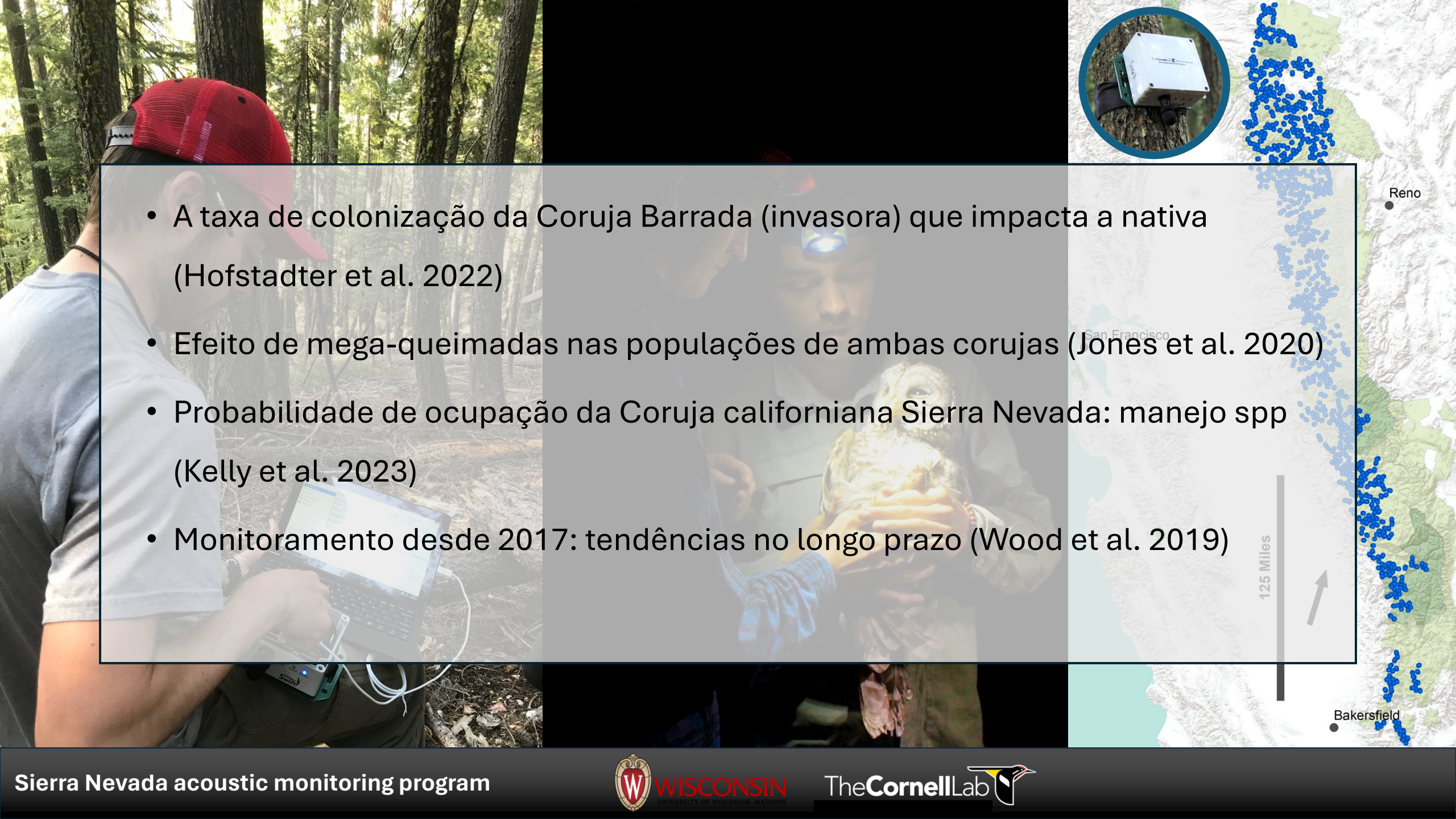

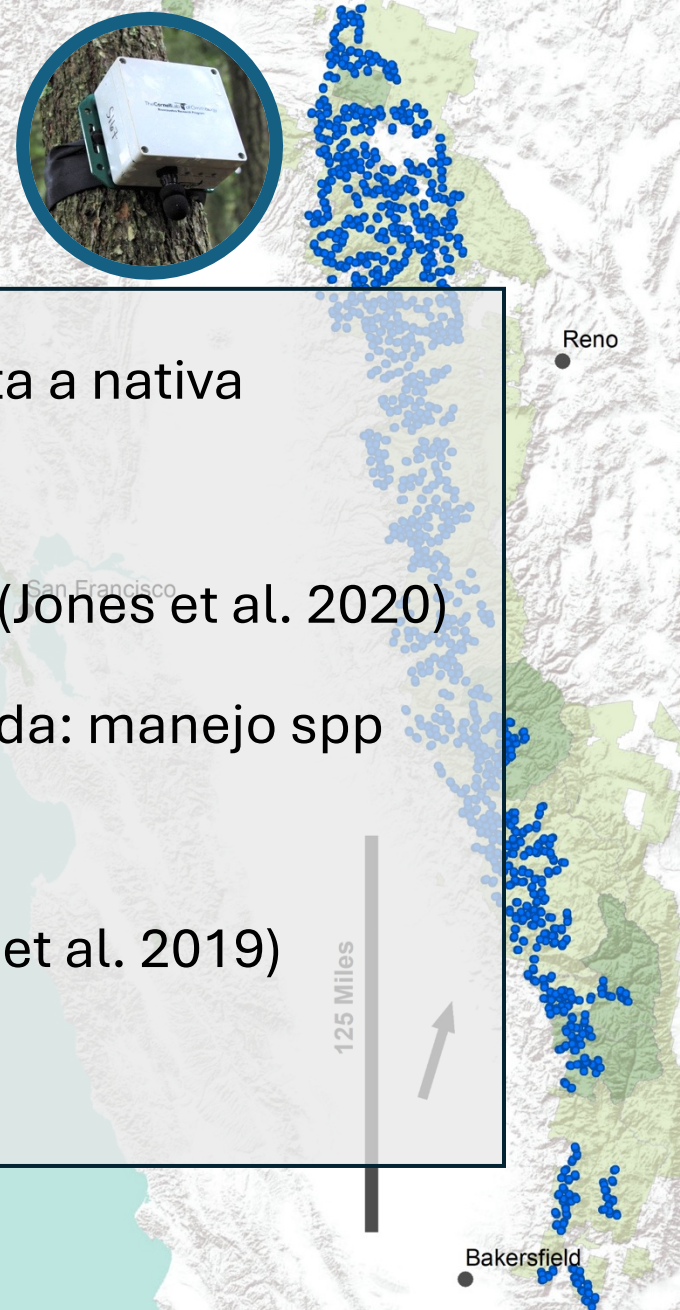
Gravação contínua entre 6pm and 9am

Duração de 5 semanas



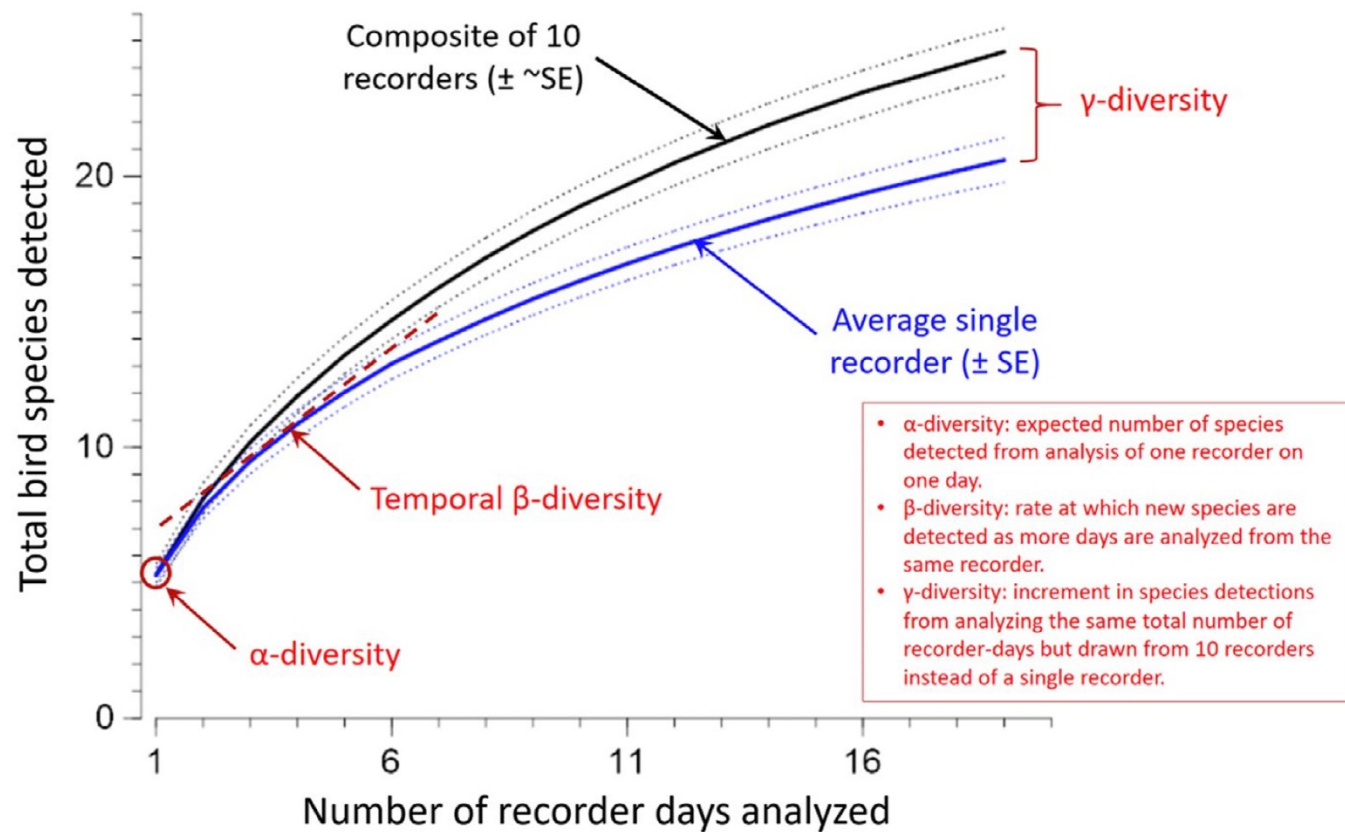
Gravações processadas com o  
algoritmo BirdNET



- 
- 
- 
- A taxa de colonização da Coruja Barrada (invasora) que impacta a nativa (Hofstadter et al. 2022)
  - Efeito de mega-queimadas nas populações de ambas corujas (Jones et al. 2020)
  - Probabilidade de ocupação da Coruja californiana Sierra Nevada: manejo spp (Kelly et al. 2023)
  - Monitoramento desde 2017: tendências no longo prazo (Wood et al. 2019)



# Diversidade de espécies através de curvas de rarefação



## Ecology and Evolution

Open Access

RESEARCH ARTICLE | Open Access | CC BY

### Analytical approaches for evaluating passive acoustic monitoring data: A case study of avian vocalizations

Laurel B. Symes ✉, Kyle D. Kittelberger, Sophia M. Stone, Richard T. Holmes, Jessica S. Jones, Itzel P. Castaneda Ruvalcaba, Michael S. Webster, Matthew P. Ayres

First published: 21 April 2022 | <https://doi.org/10.1002/ece3.8797> | Citations: 3

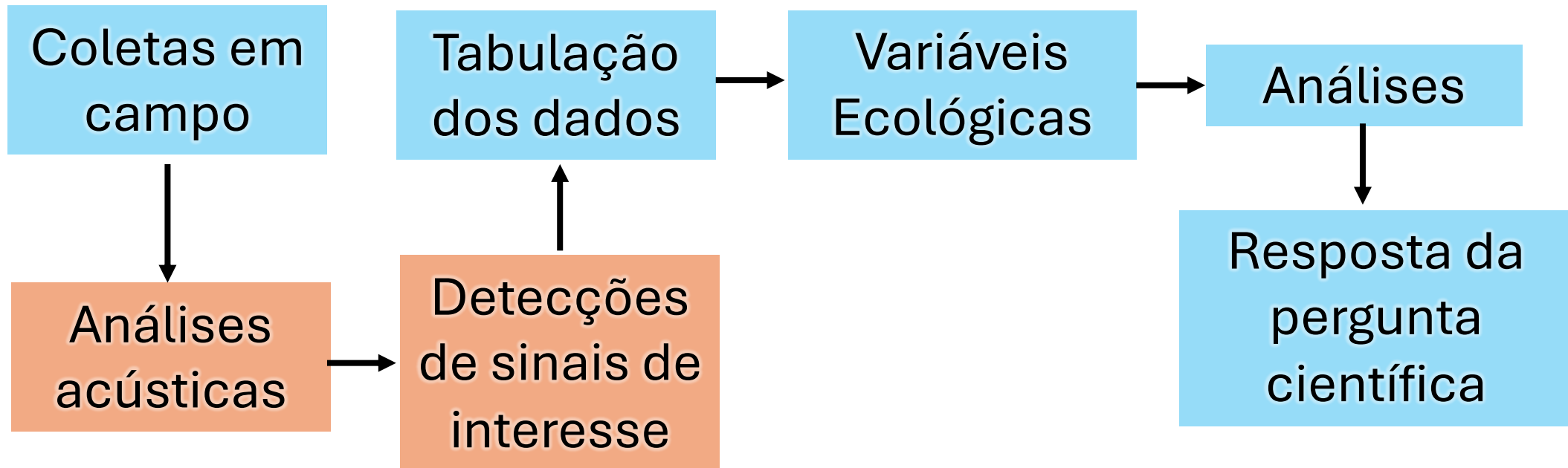
# O que (não) esperar do Monitoramento Acústico Passivo (por enquanto)?

- Algumas perguntas ainda são um pouco complicadas
  - e.g. Densidade, localização, “saúde do ecossistema”
- Corroboração com outros tipos de dados (e.g. confirmação visual de determinada espécie, descrição do canto)
- Muito passos para sair do dado cru até a informação ecológica relevante

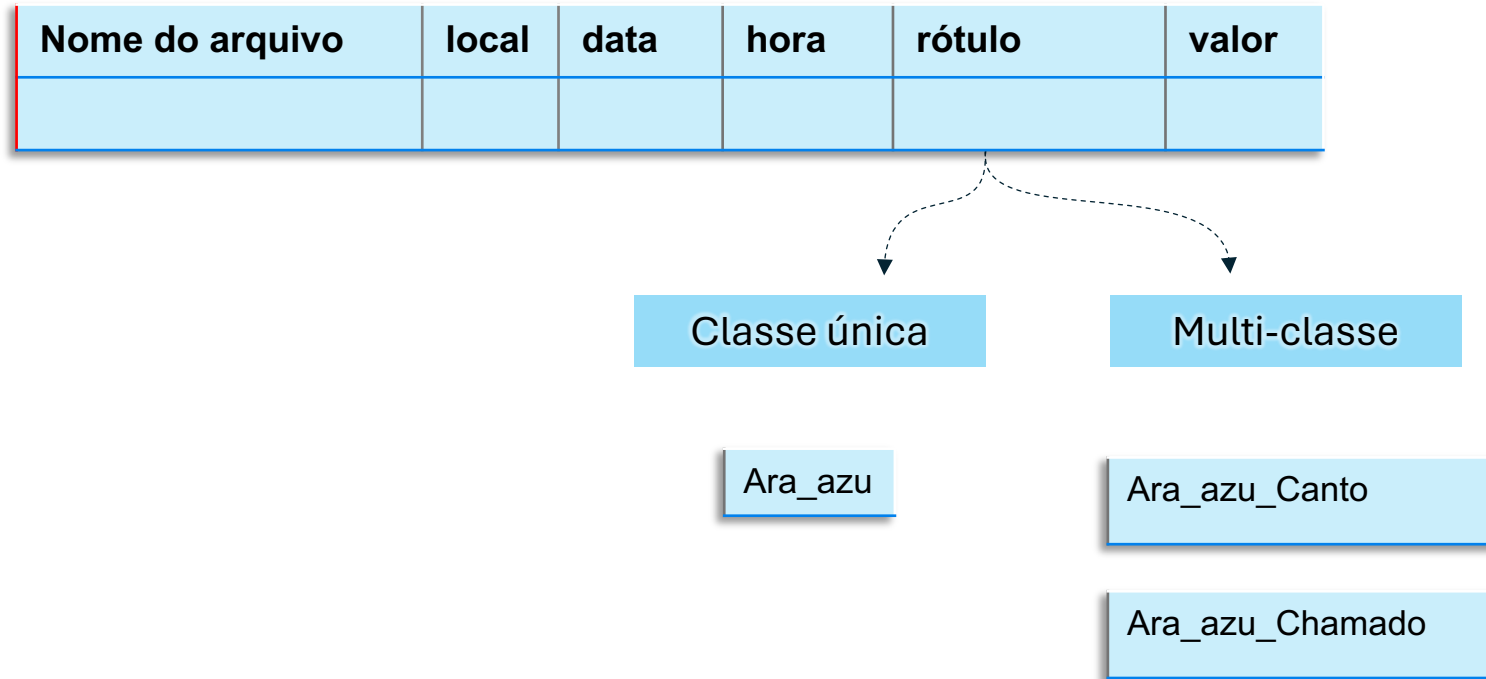


# O que esperar do Monitoramento Acústico Passivo?

PAM - O ciclo de dados obtidos em campo até sua análise

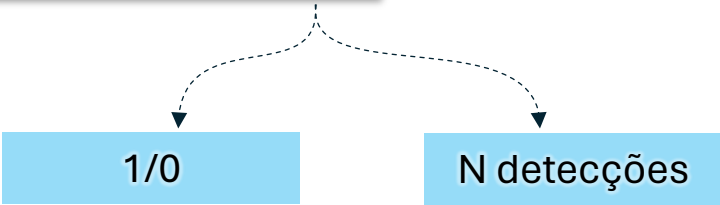


# A cara de uma tabela

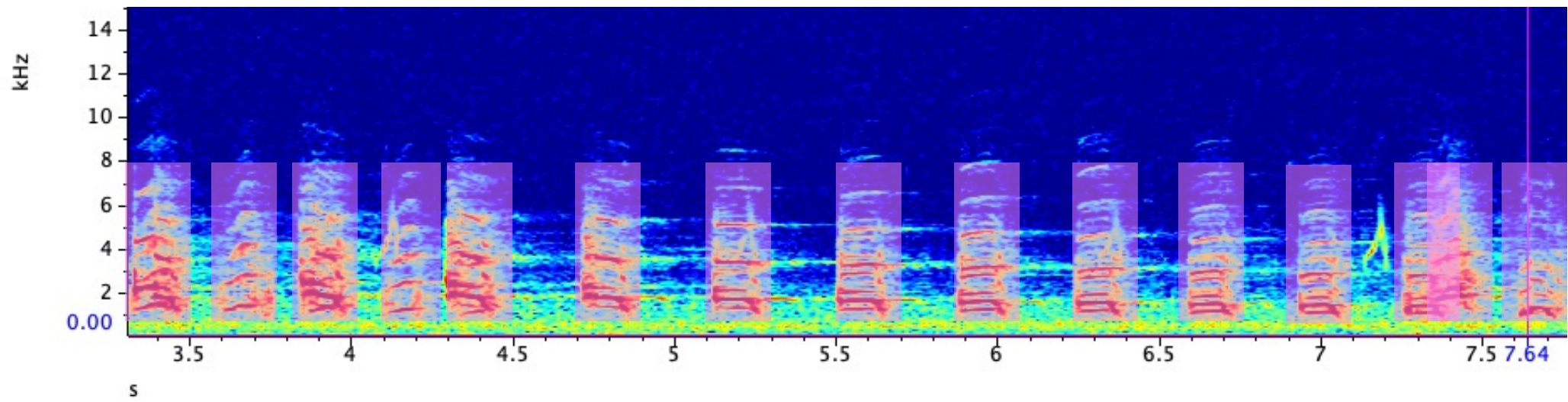


# A cara de uma tabela

Nome do arquivo	local	data	hora	rótulo	valor



Site1\_YYYYMMDD\_HHMMSS

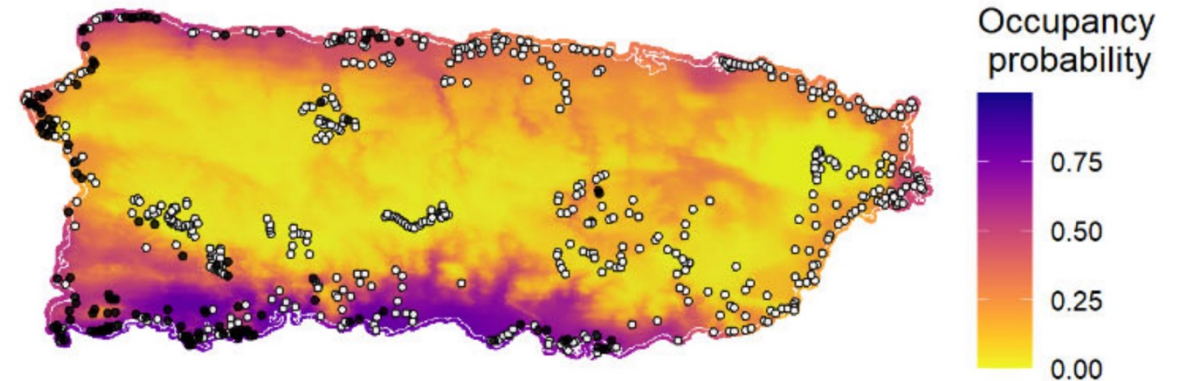


# O que esperar do Monitoramento Acústico Passivo?

Nome do arquivo	local	data	hora	rótulo	valor

- Distribuição especial (occupancy), uso do habitat, estratégias de manejo

Venezuelan troupial (*Icterus icterus*) across the main island of Puerto Rico



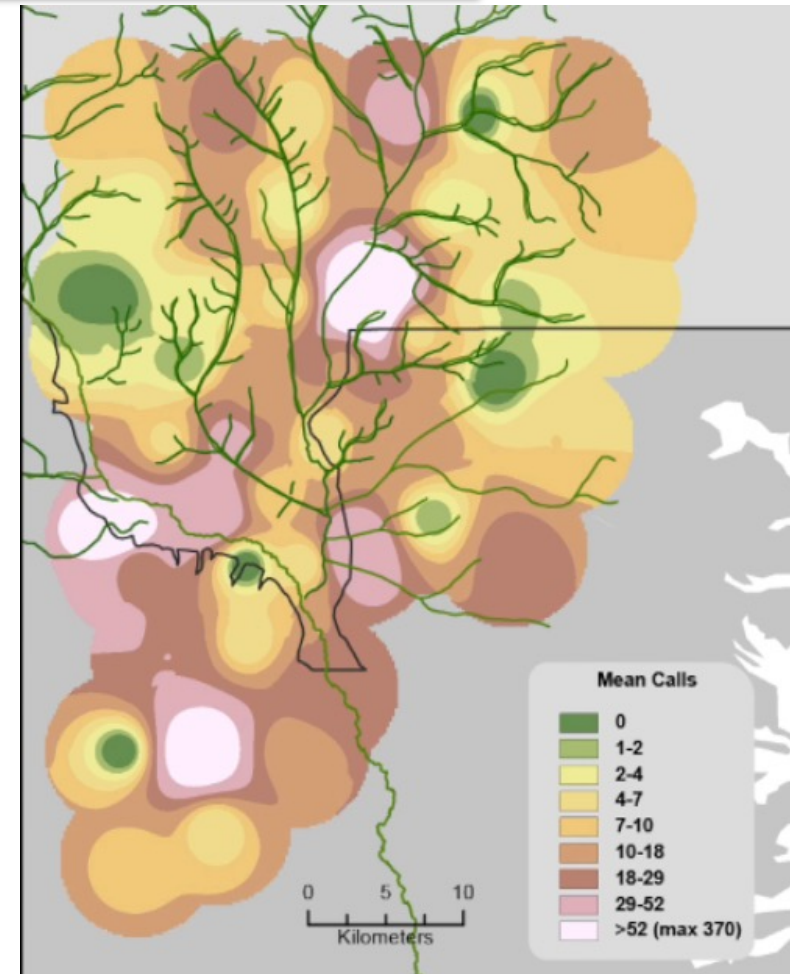
Ribeiro Jr. et al, *Remote Sens.* **2022**, 14(18), 4565



# O que esperar do Monitoramento Acústico Passivo?

Nome do arquivo	local	data	hora	rótulo	valor

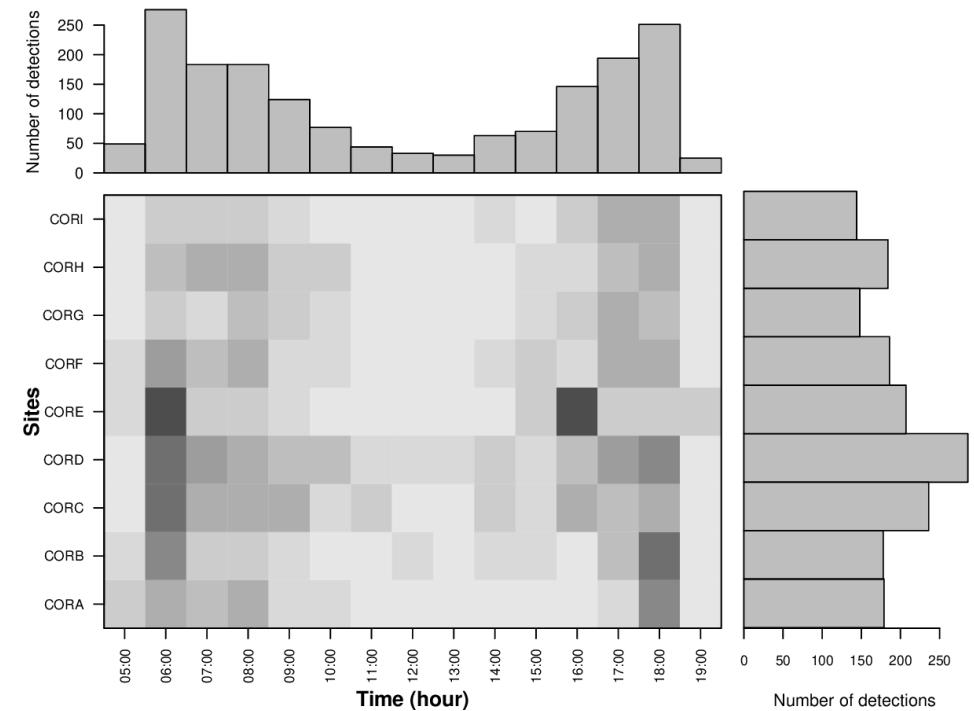
- Distribuição espacial (occupancy), uso do habitat, estratégias de manejo
- Tendências populacionais (taxa de canto/occupancy)



# O que esperar do Monitoramento Acústico Passivo?

Nome do arquivo	local	data	hora	rótulo	valor

- Distribuição especial (occupancy), uso do habitat, estratégias de manejo
- Tendências populacionais (taxa de canto/occupancy)
- Atividade diária/ sazonal



*Ducrettet et al. 2020. Biol Cons.*

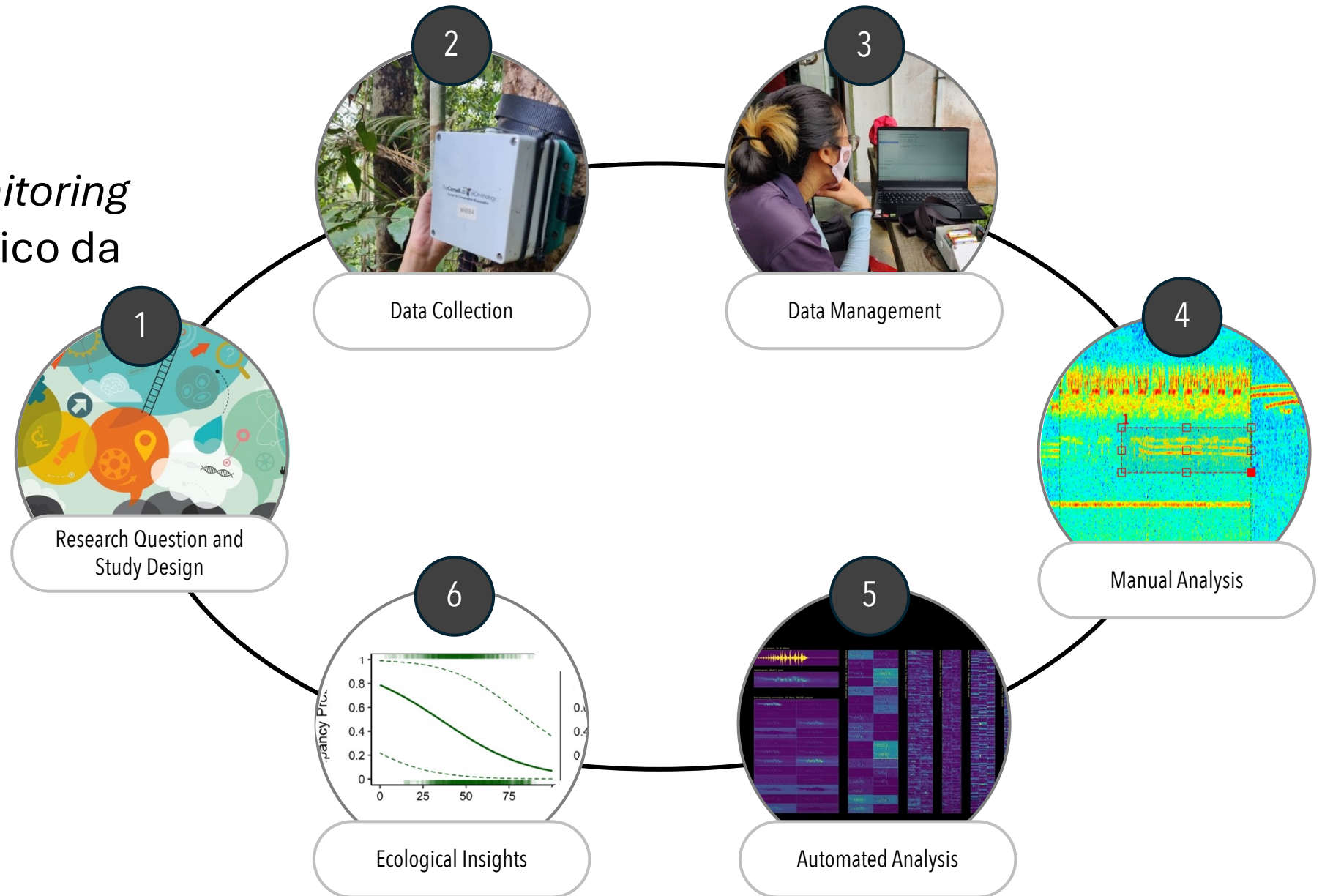
Time and space distribution of *R. tucanus* vocalizations detected. Heatmap indicating the number of recordings with *R. tucanus* vocalizations.

# Ponderações desenho amostral



# Ciclo de Vida PAM - MAP

*Passive acoustic monitoring*  
Monitoramento acústico da  
Biodiversidade



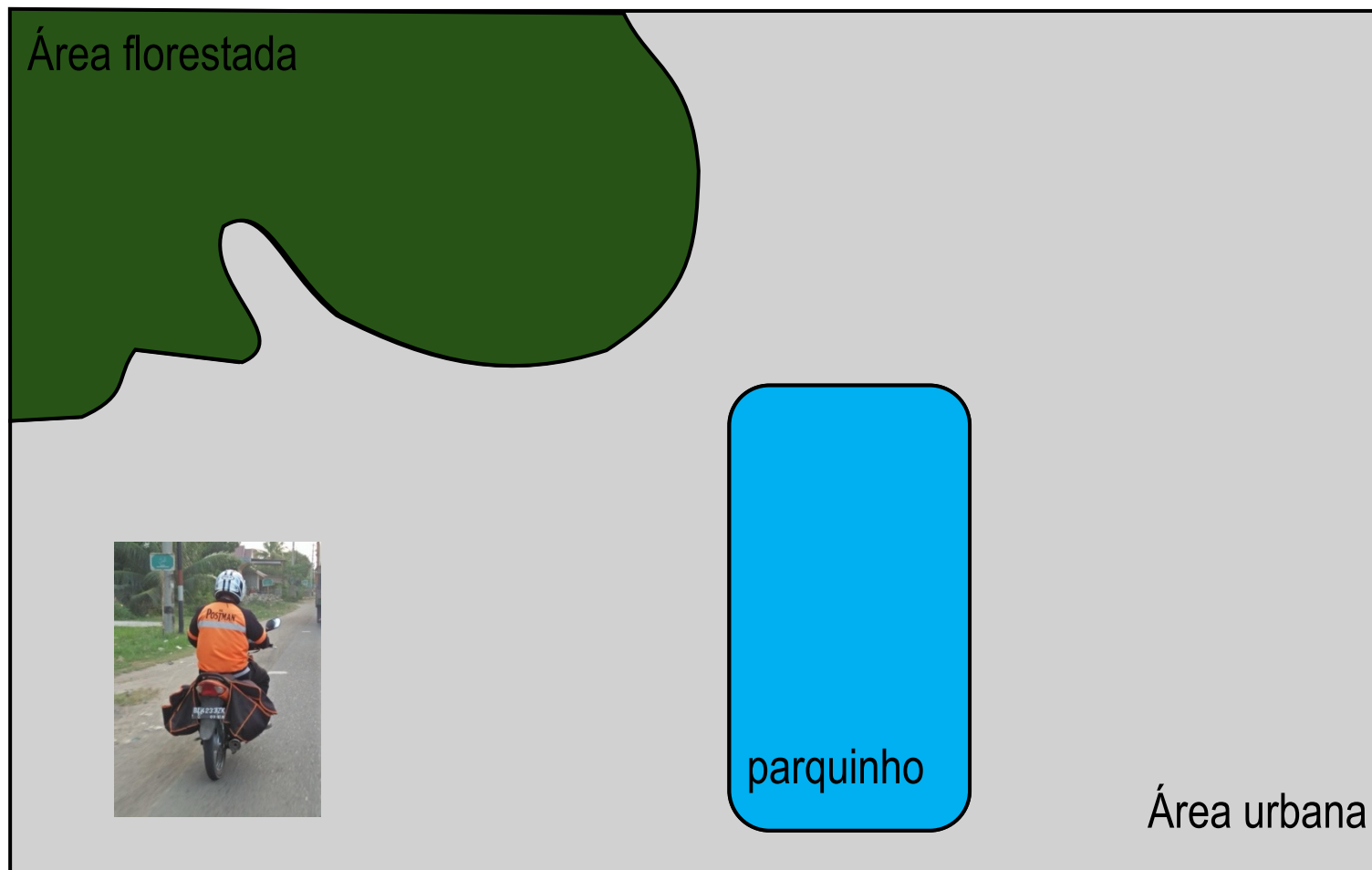
# 0 carteiro





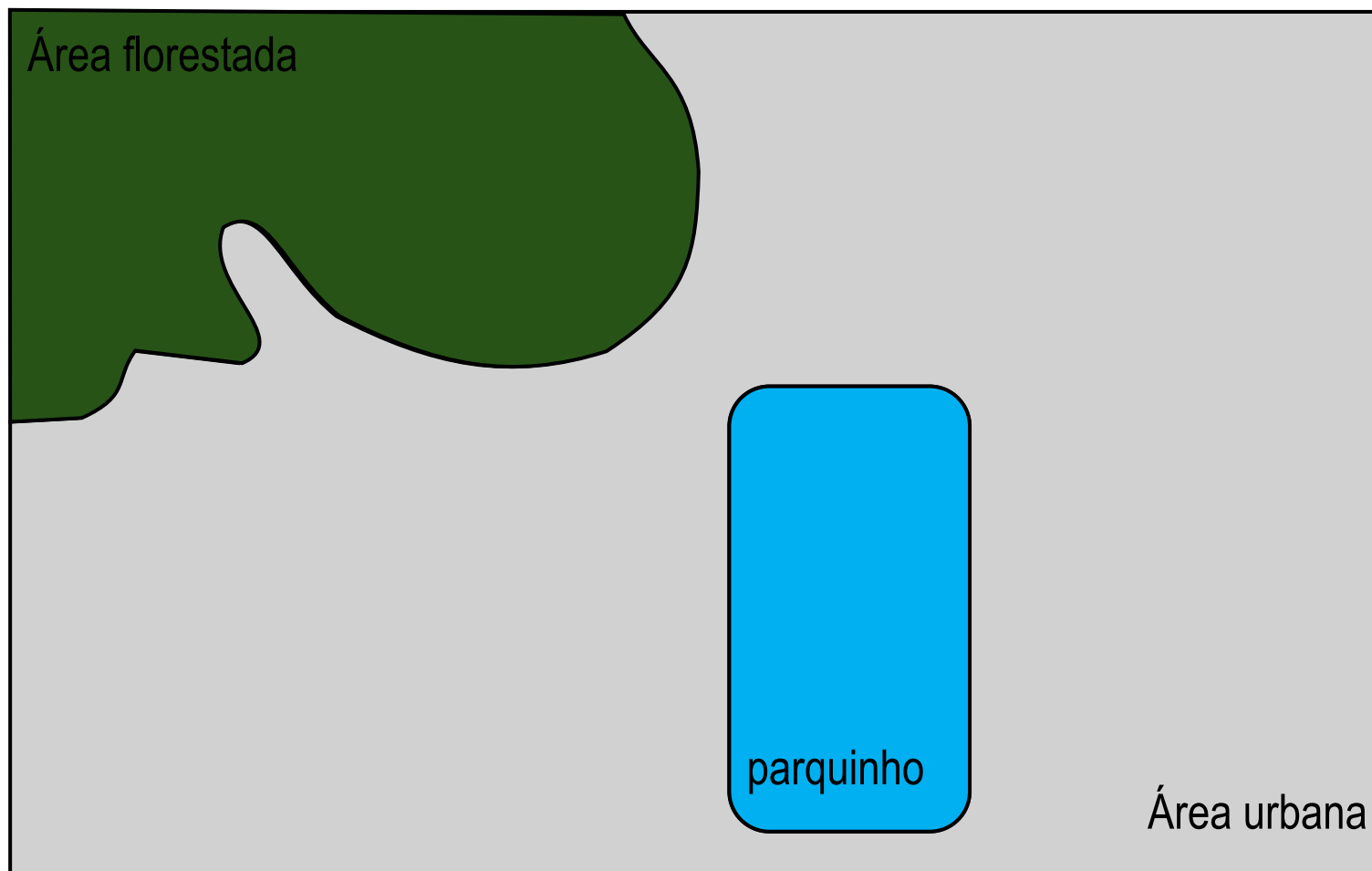
# O carteiro

Possui um trajeto específico pelo bairro



# O carteiro

Onde está o carteiro

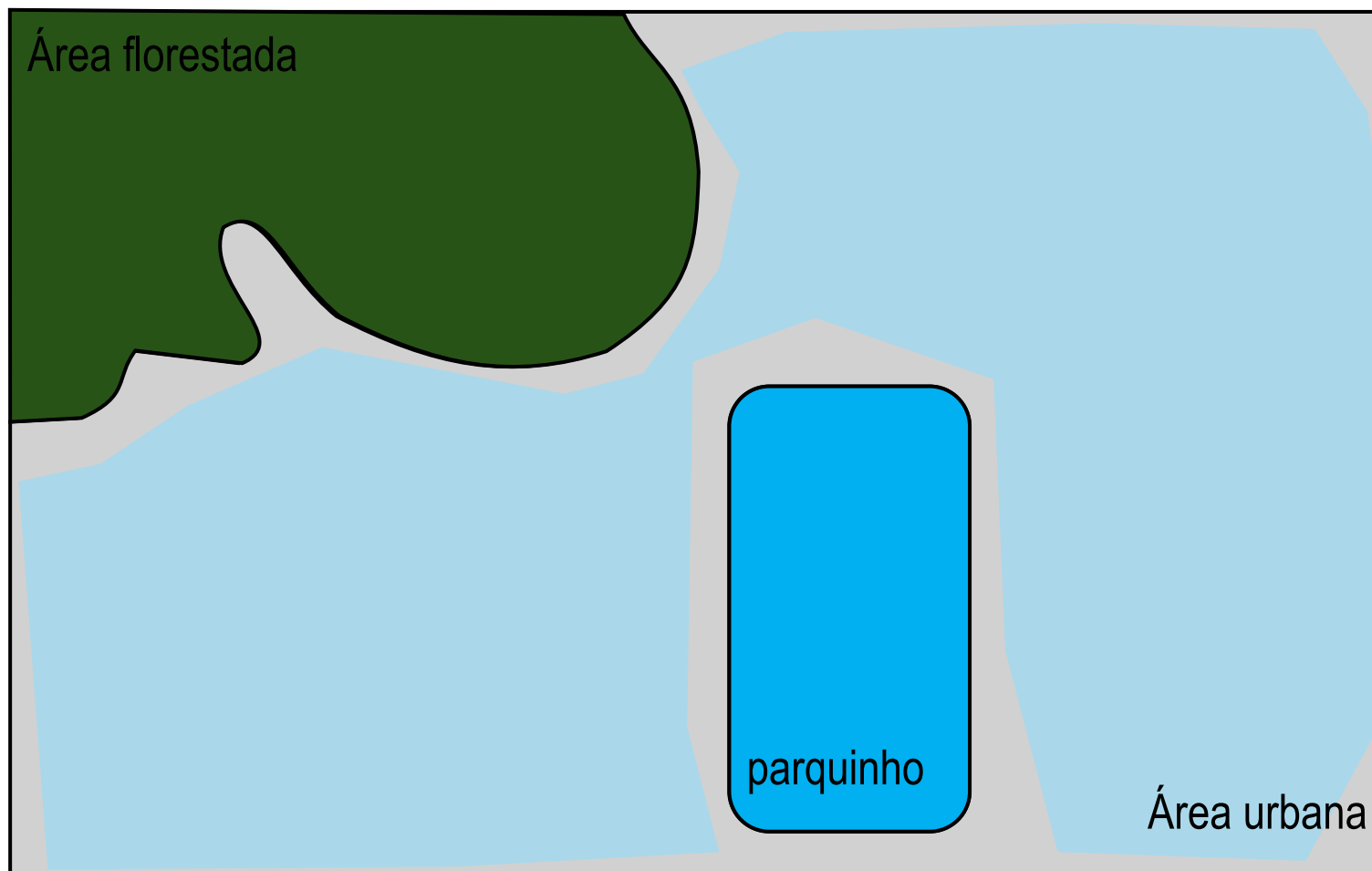




# O carteiro

Onde está o carteiro

Considerando a distribuição potencial do seu trajeto

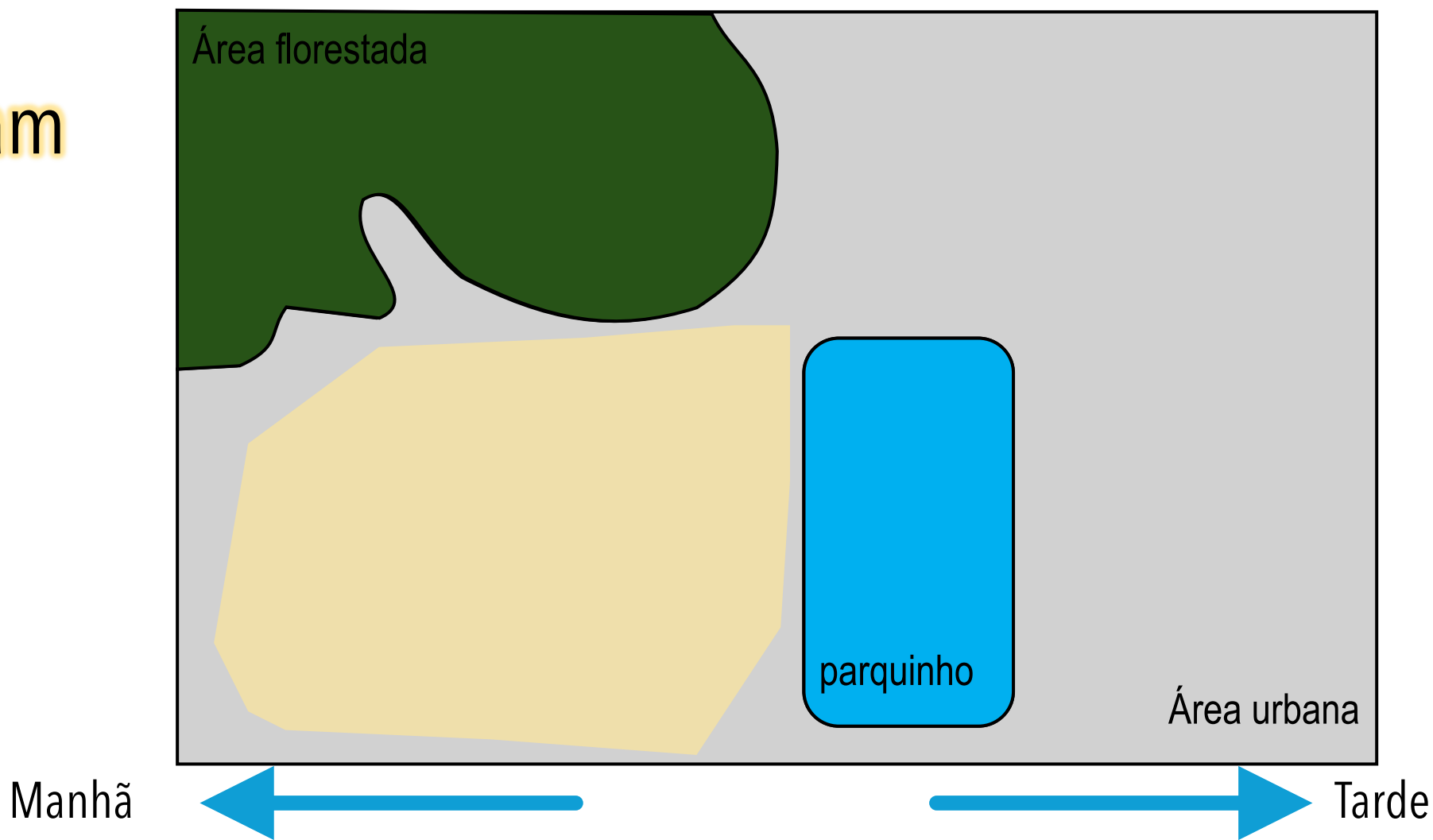


# O carteiro

Onde está o carteiro

Considerando a distribuição potencial do seu trajeto  
em diferentes momentos do dia

7:00 am



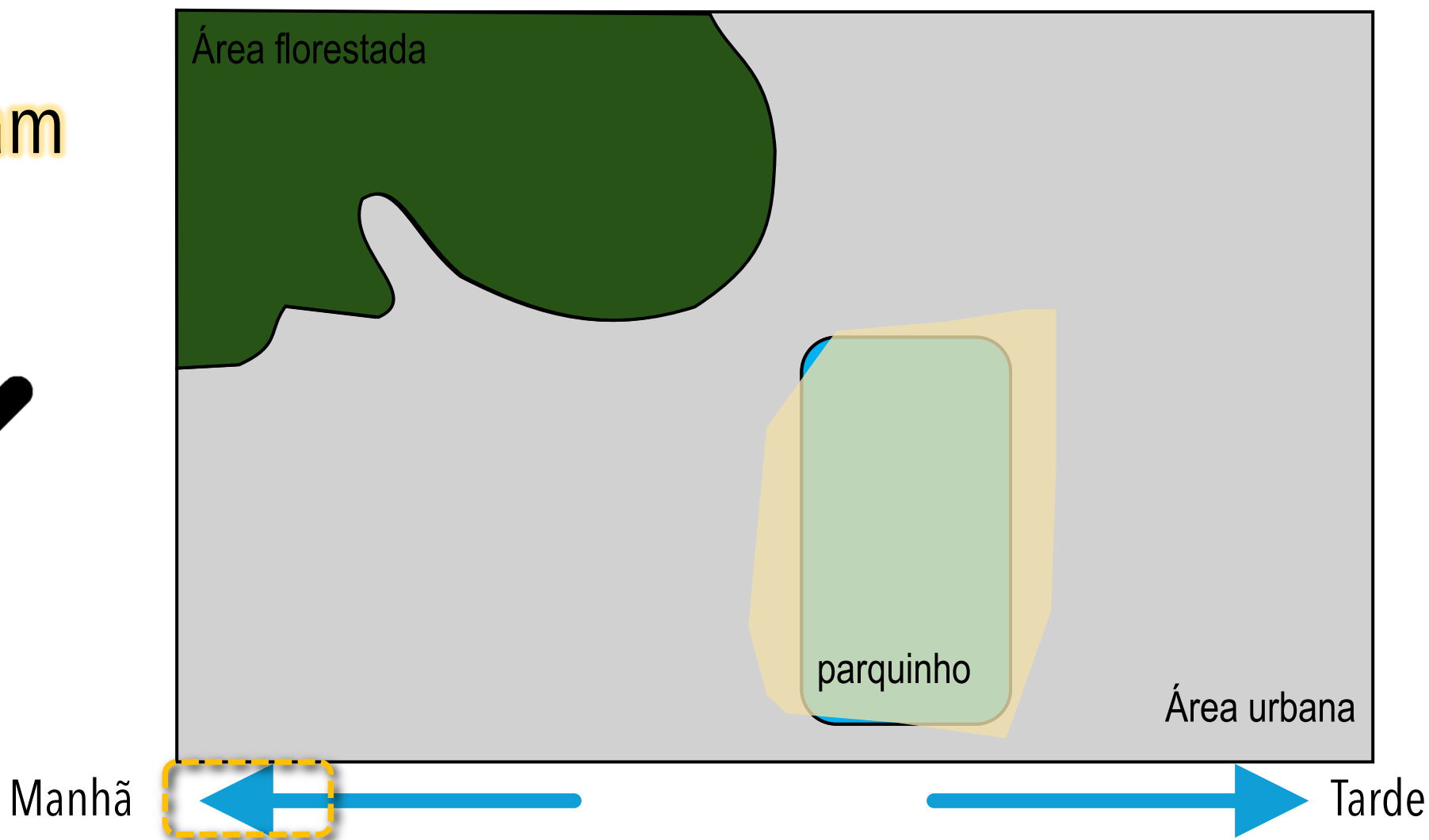


# O carteiro

Onde está o carteiro

Considerando a distribuição potencial do seu trajeto em diferentes momentos do dia e variação dentro de uma mesma semana (fim de semana)

7:00 am

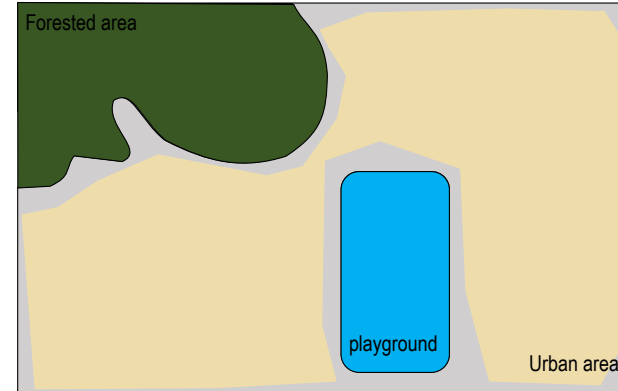


# O carteiro

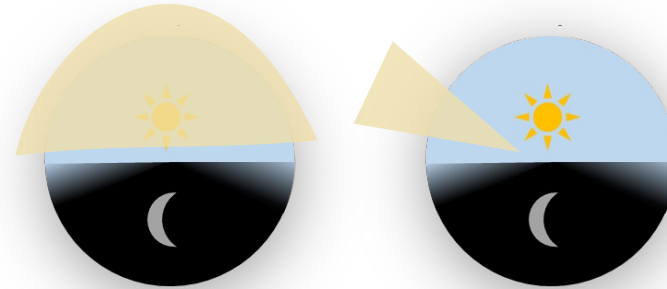
Objetivo: detectar a presença



Uso espacial da paisagem



Atividade diária

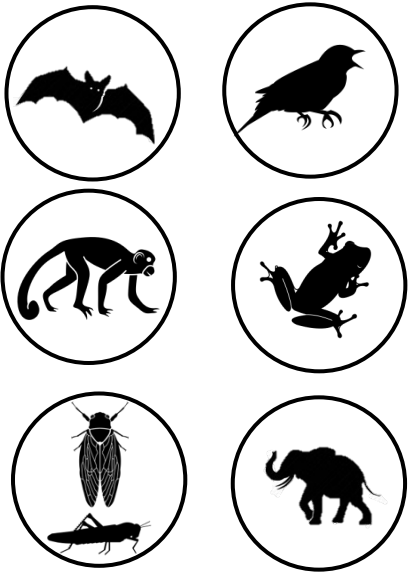


Atividade sazonal



# Plot geral para um organismo focal

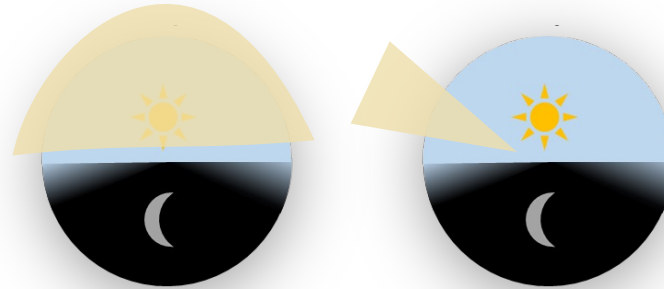
Objetivo: preseça



Uso espacial da paisagem



Atividade diária

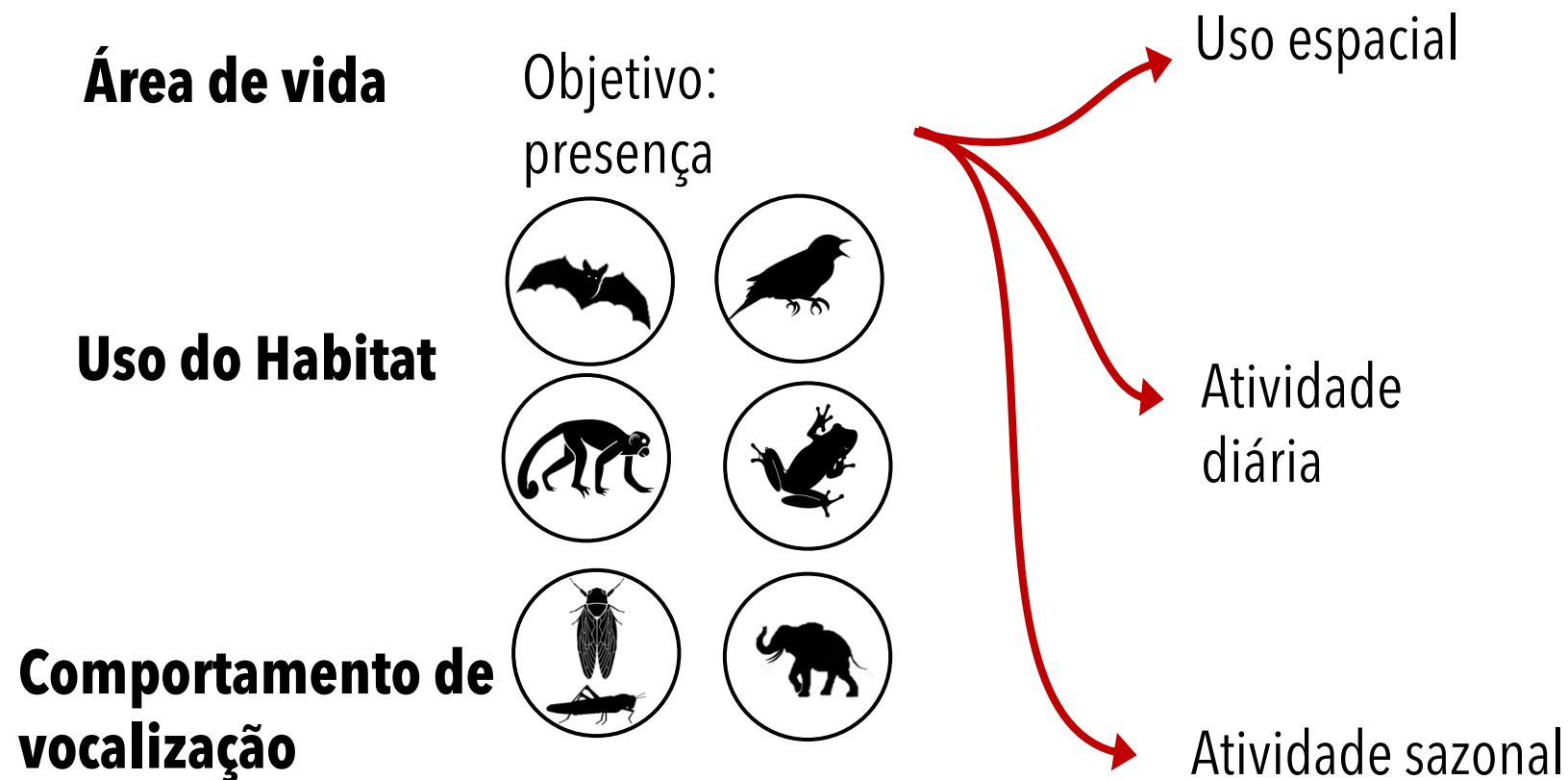


Atividade sazonal





# Plot geral para um organismo focal



# Fatores a serem considerados

## Comportamento animal no tempo e espaço

### Área de vida

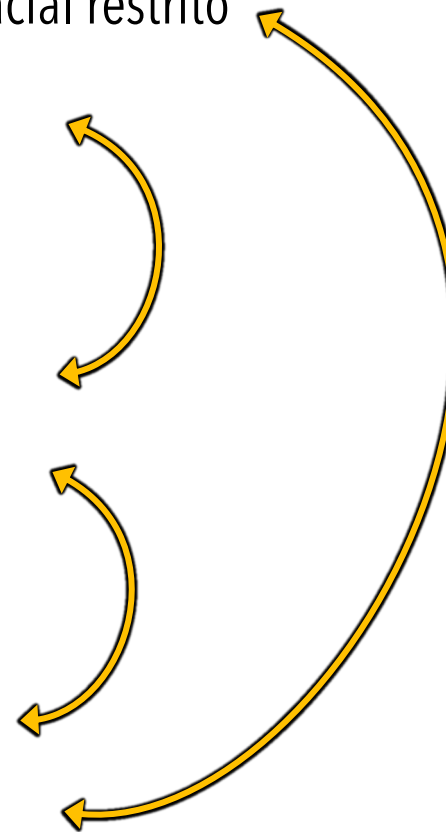
Espécies com alta mobilidade x uso espacial restrito  
Territorialidade  
Bando x solitário

### Uso de habitat

Generalista x especialista  
Uso vertical no espaço

### Comportamento de vocalização

Função da comunicação  
Fenologia de canto  
Turno de vocalização (padrões diários)



# Fatores a serem considerados

Comportamento animal no tempo e espaço

Área de vida

- Espécies com alta mobilidade x uso espacial restrito
- Territorialidade
- Bando x solitário

Uso de habitat

- Generalista x especialista
- Uso vertical no espaço

Comportamento de vocalização

- Função da comunicação
- Fenologia de canto
- Turno de vocalização (padrões diários)

O quanto representativo  
é o meu desenho  
amostral?

Populações



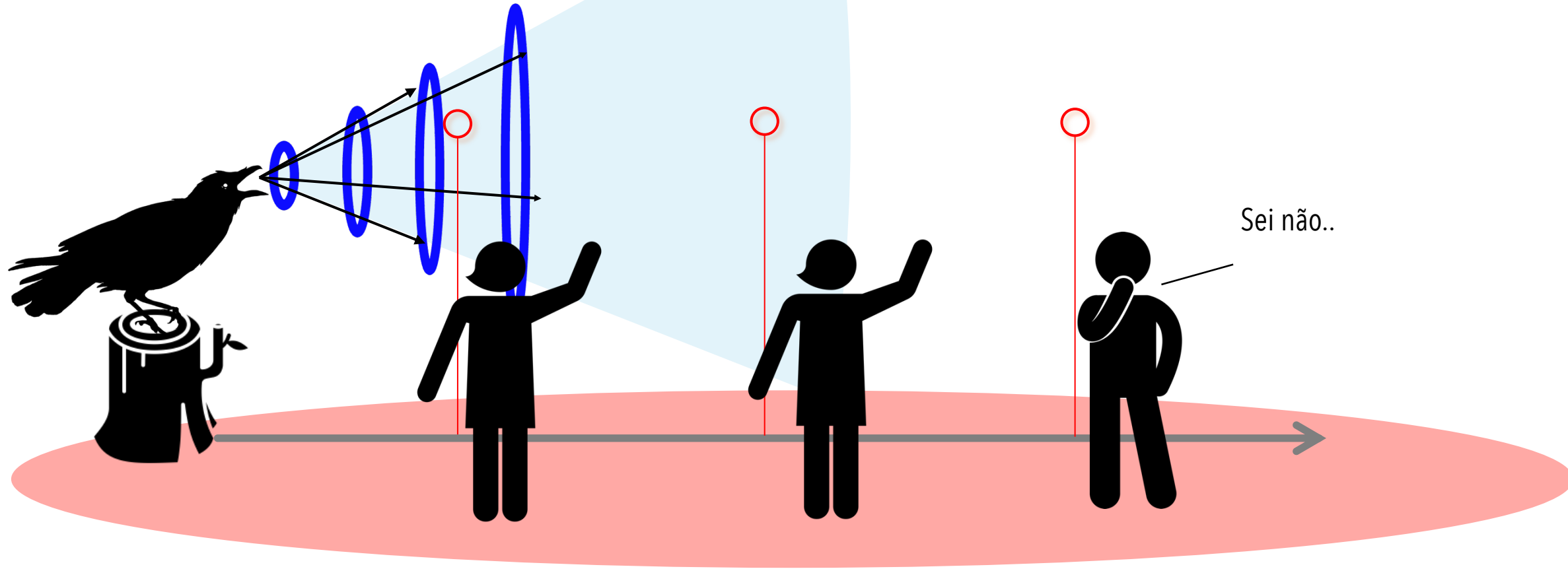
Comunidades





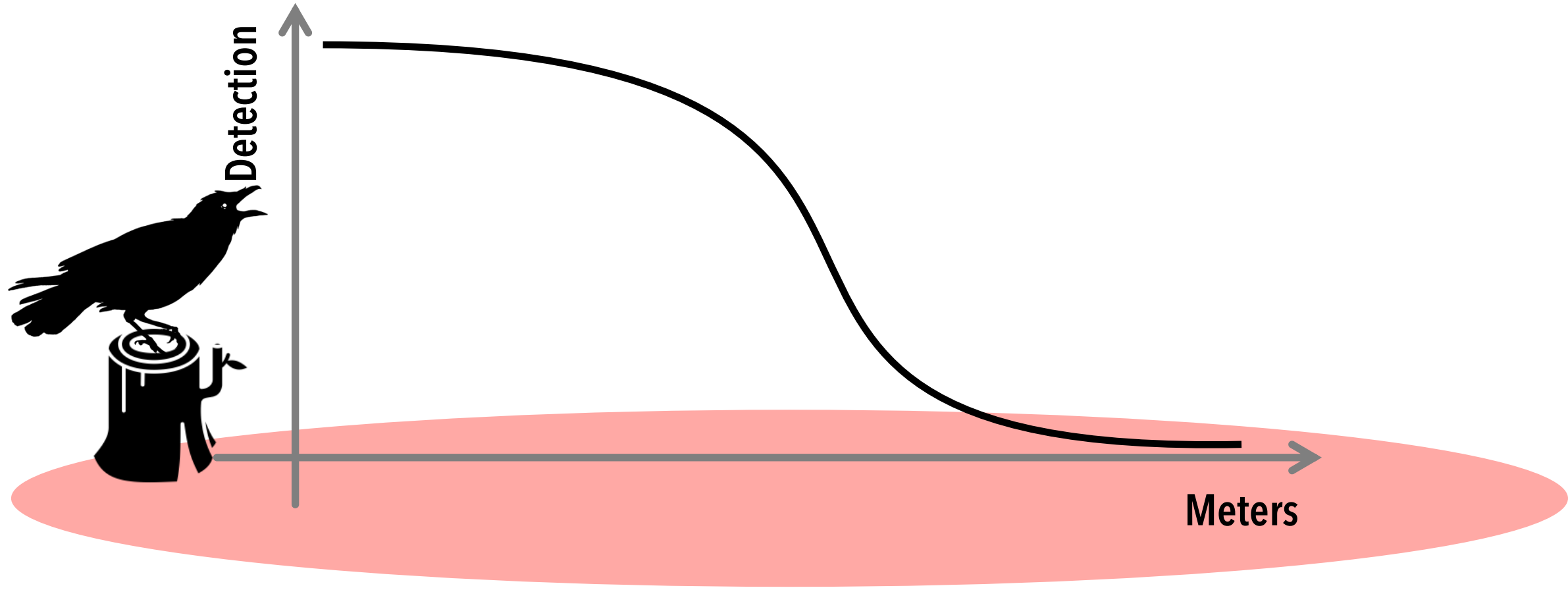
# Fatores a serem considerados

Área de detecção



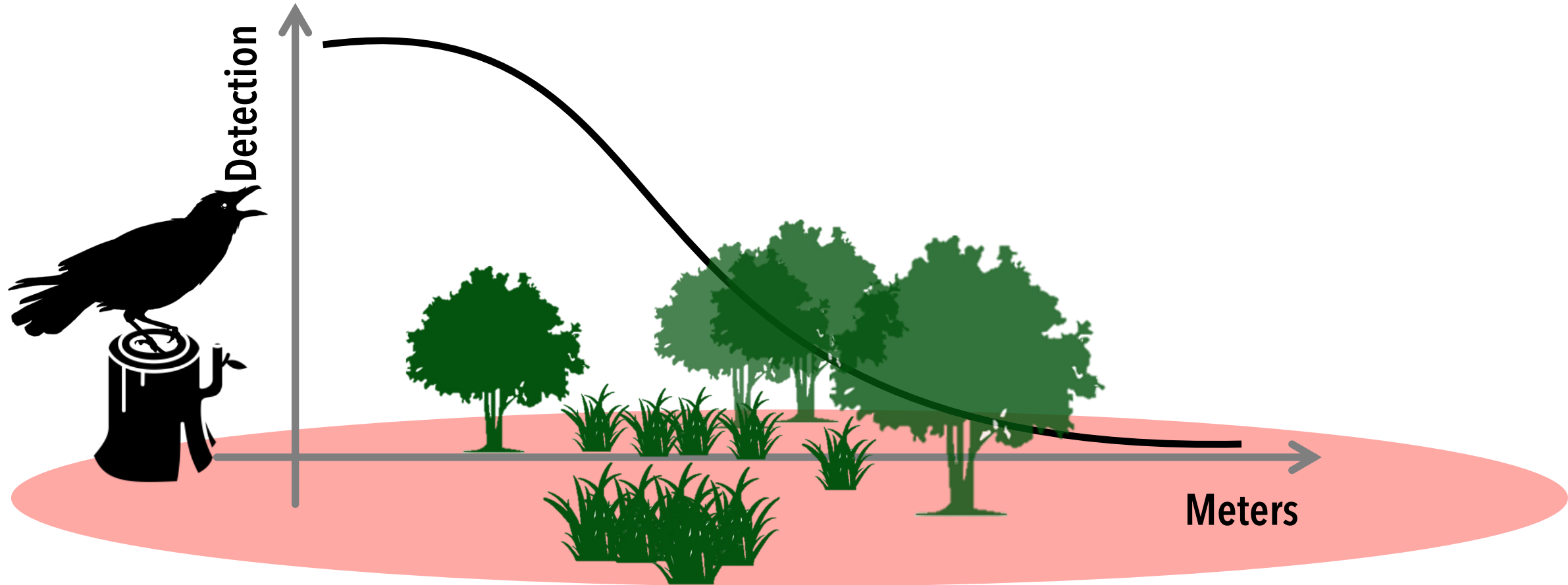
# Fatores a serem considerados

Área de detecção



# Fatores a serem considerados

Área de detecção





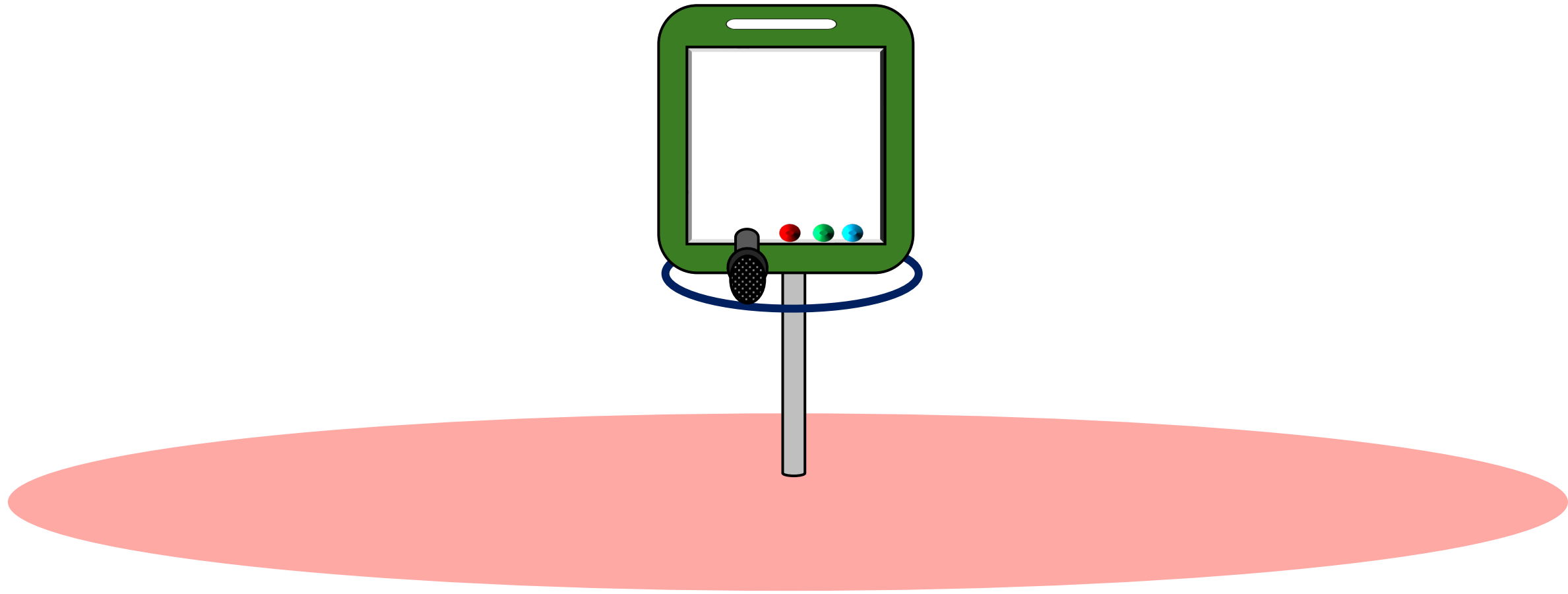
# Fatores a serem considerados

## Área de detecção

- Área de detecção do microfone
  - Source level de emissores (varia entre espécies, tipo de vocalização..),
  - Distância do emissor,
  - Sensitividade do Microfone, auto-ruído do aparelho, ruído de fundo do ambiente
  - Tipo de vegetação, declividade, condições atmosféricas, temperatura
  - Informações sobre ponto de escuta/detecção humana: útil

# Fatores a serem considerados

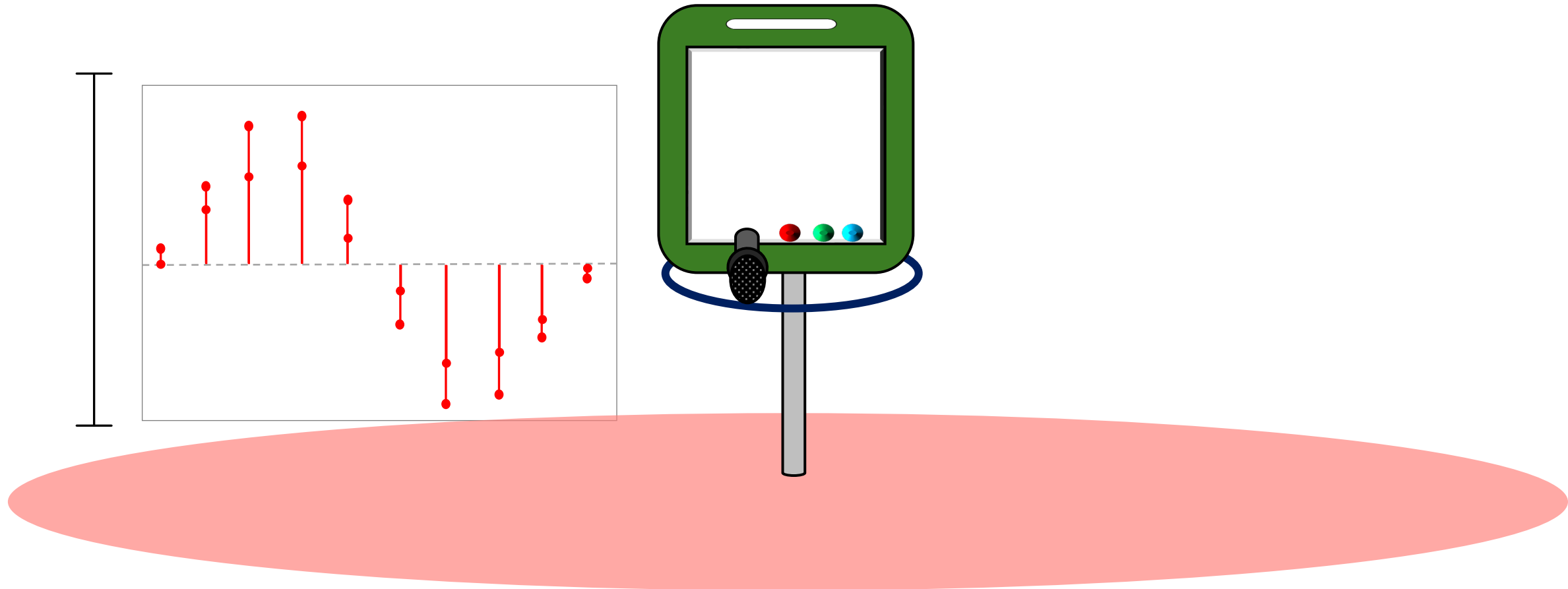
Área de detecção



# Fatores a serem considerados

+ Ganho (dB)

Área de detecção

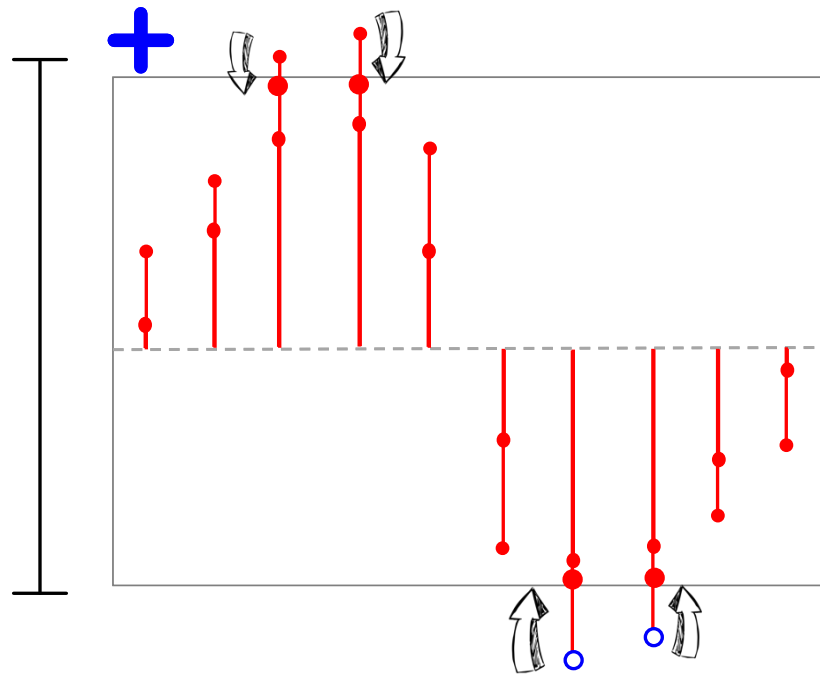




# Fatores a serem considerados

+ Ganho (dB)

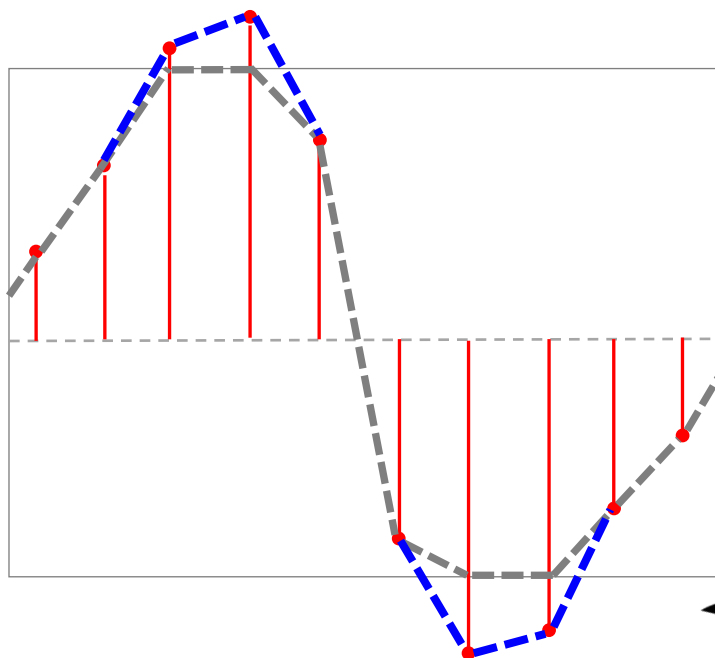
Área de detecção



# Fatores a serem considerados

+ Ganho (dB)

Área de detecção

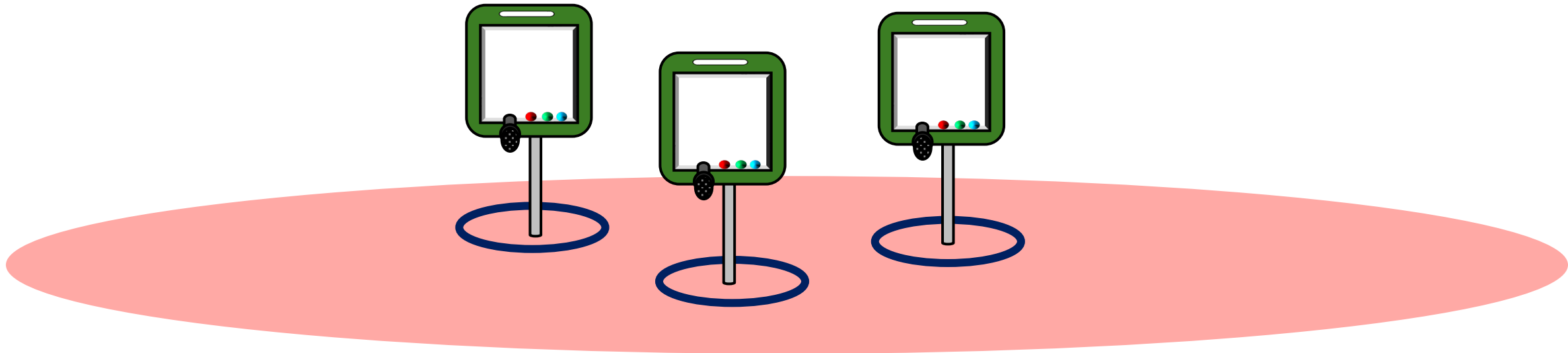


# Fatores a serem considerados

*Depende!*

Qual é a área de detecção?

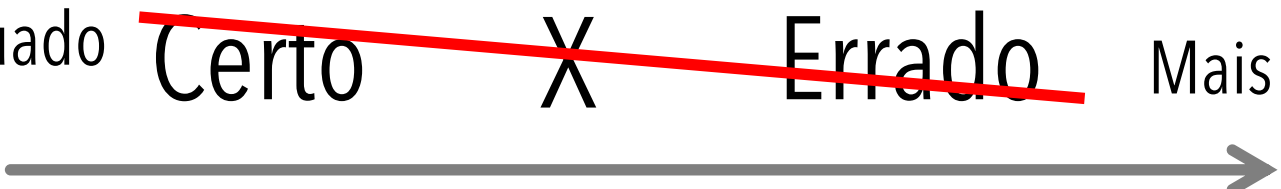
Qual seria o distanciamento mínimo entre gravadores?



# O desenho amostral CORRETO

O quão representativa é meu desenho amostral?

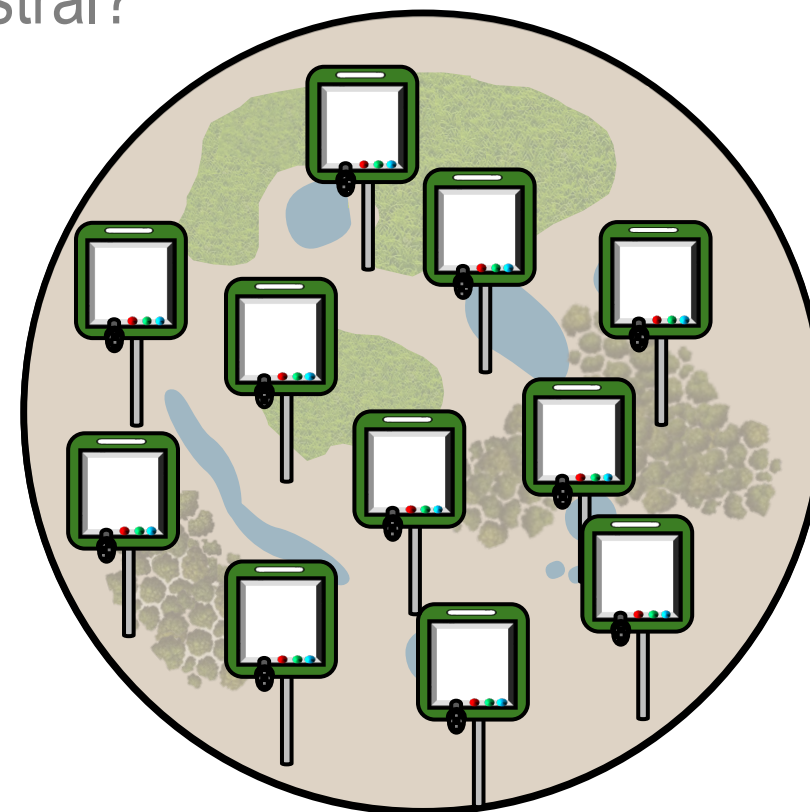
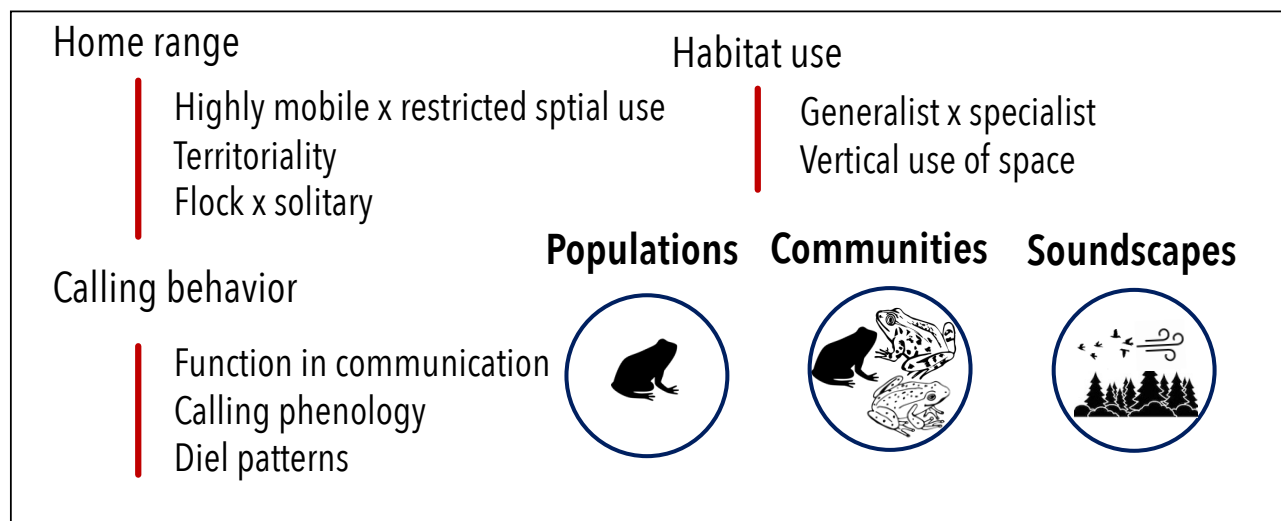
'Menas' adequado Certo X Errado Mais adequado





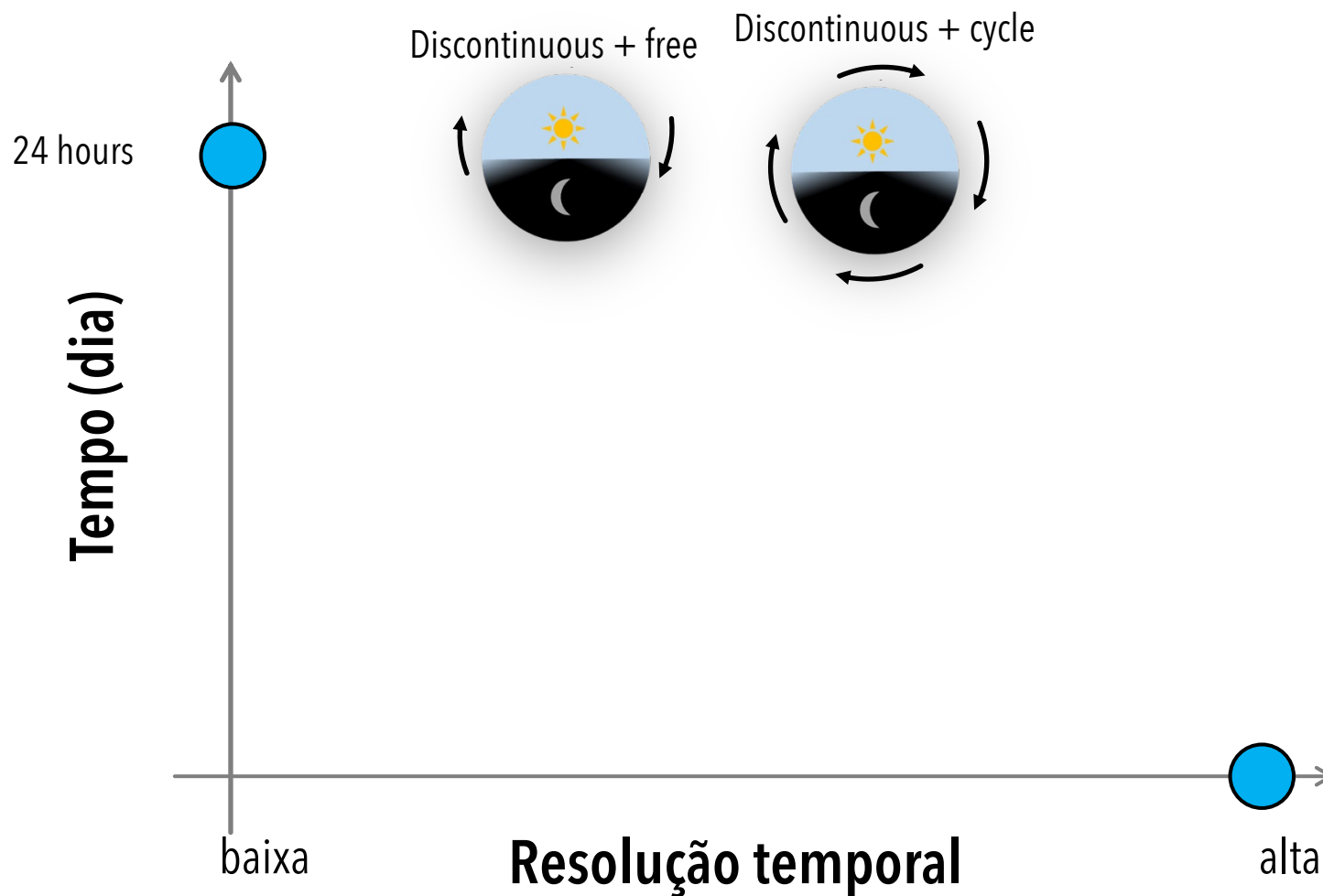
# O desenho amostral CORRETO

O quão representativo é o seu desenho amostral?



# O desenho amostral CORRETO

O quão representativo é o seu desenho amostral?

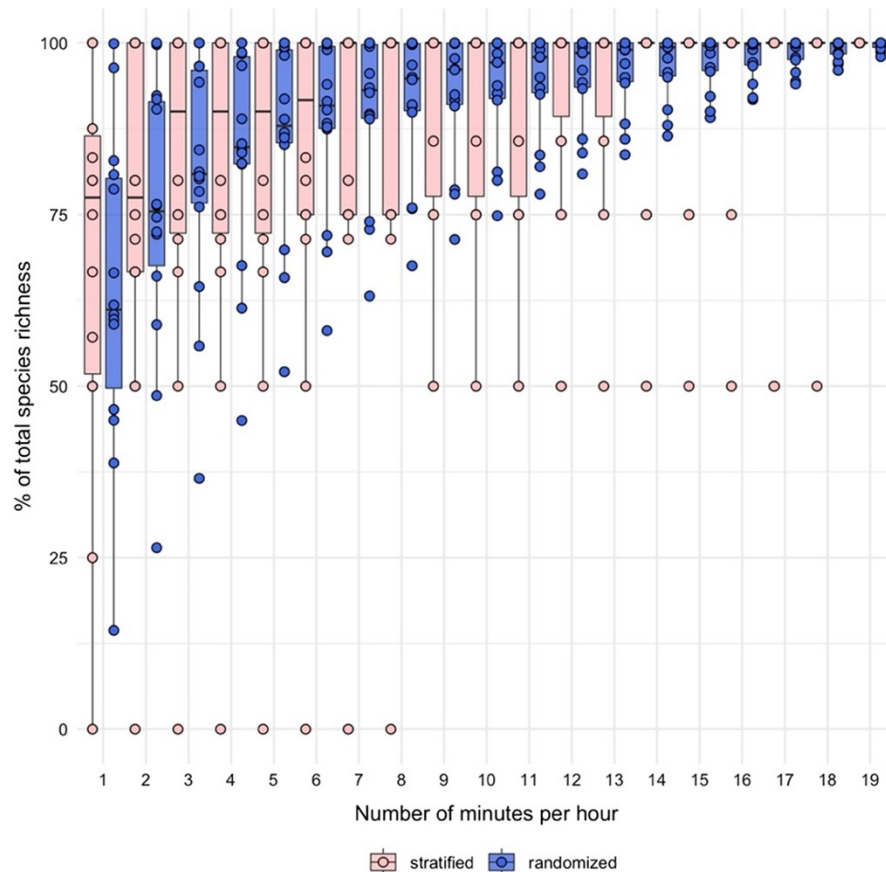


# Desenho amostral: tempo

- Período do dia
  - Quando possível, começar com 24h e determinar a detectabilidade de diferentes esquemas de gravação
- Janela de amostragem (e.g. no ano) - variável
  - Vantagens de durações prolongadas: maior acurácia para determinar on/offset de período reprodutivo / migração e outros efeitos decorrentes de variação inter-annual (e.g. mudança de temperature e regime de chuvas),
- Expande o conhecimento sobre os organismos fora do período reprodutivo

# Desenho amostral: tempo

- Período do dia
  - Quando possível, começar com 24h e determinar a detectabilidade de diferentes esquemas de gravação





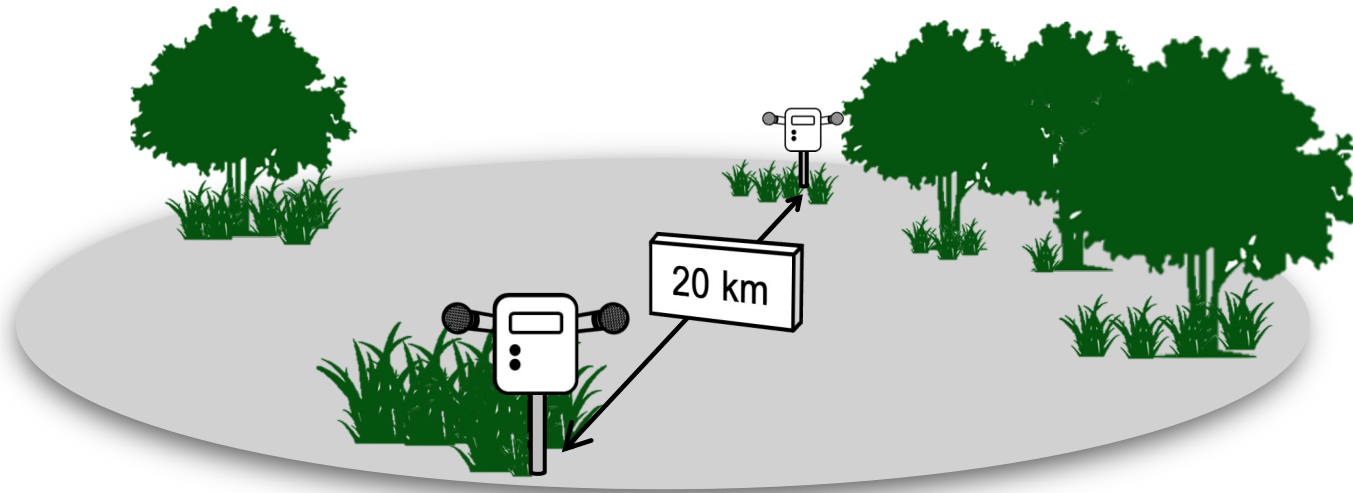
# Amostragem espacial

Distribuição espacial

64% > 20km

22.1% 20km-1km

14% < 1km



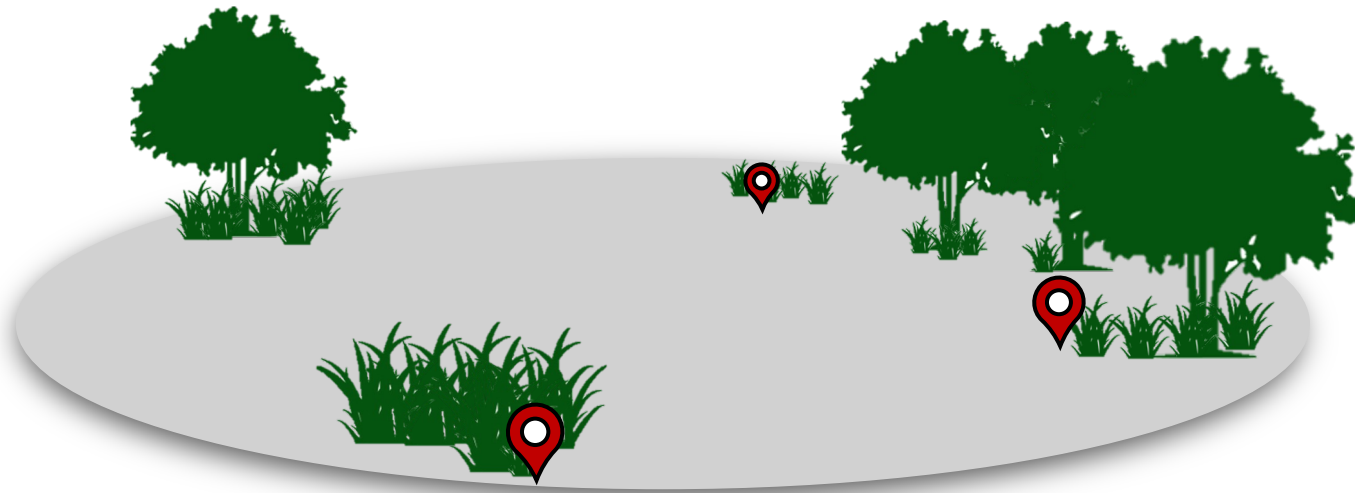
# Amostragem espacial

Número de gravadores

50%  $\leq 3$   
devices

36.5% 3-10  
devices

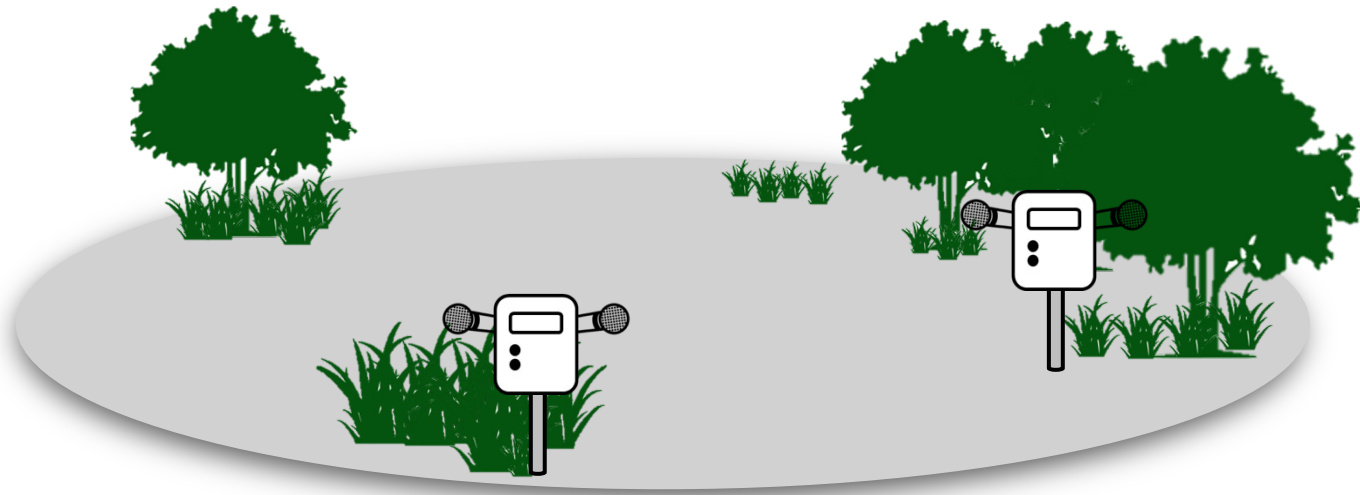
13.5%  $> 10$   
devices



# Amostragem espacial

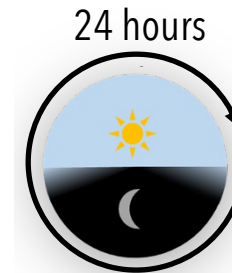
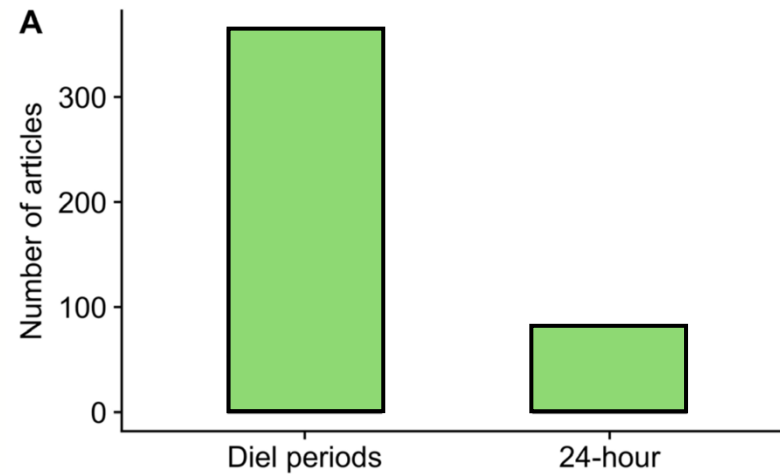
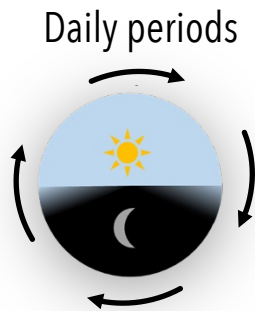
Rotação x fixo

67% rotation



# Amostragem temporal

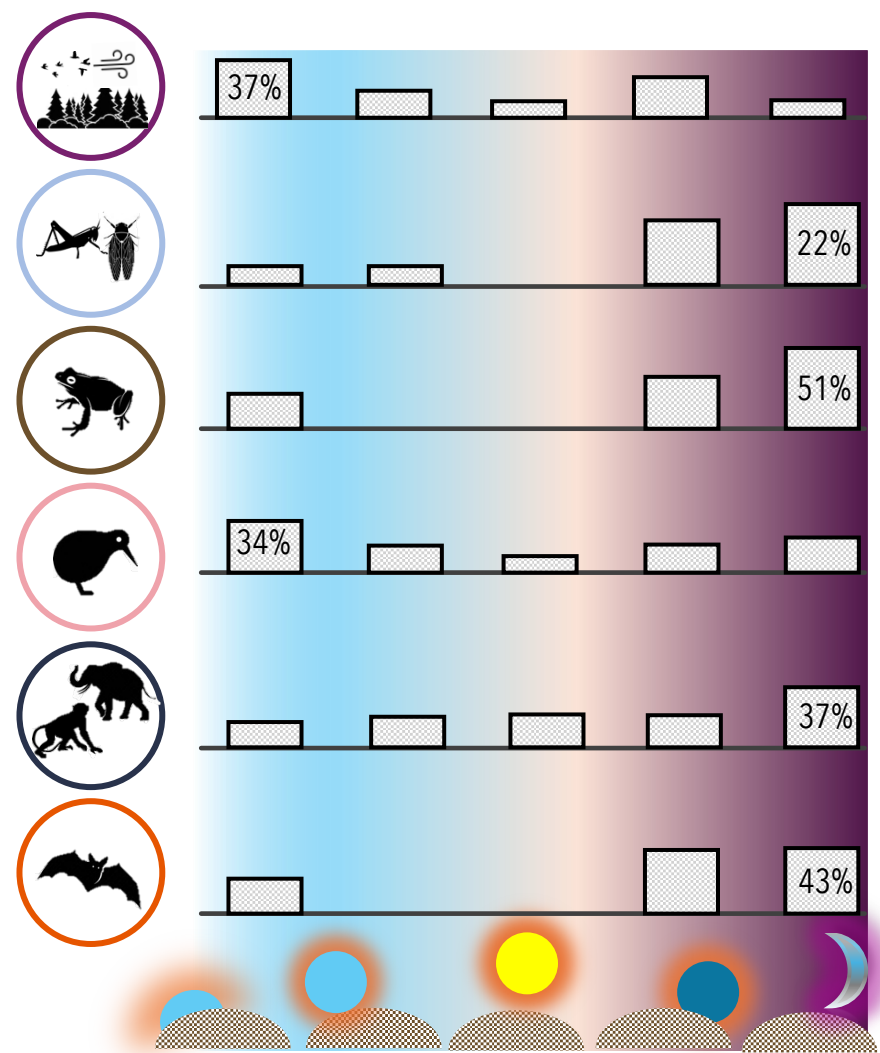
24-h x Periods / Continuous x Discontinuous





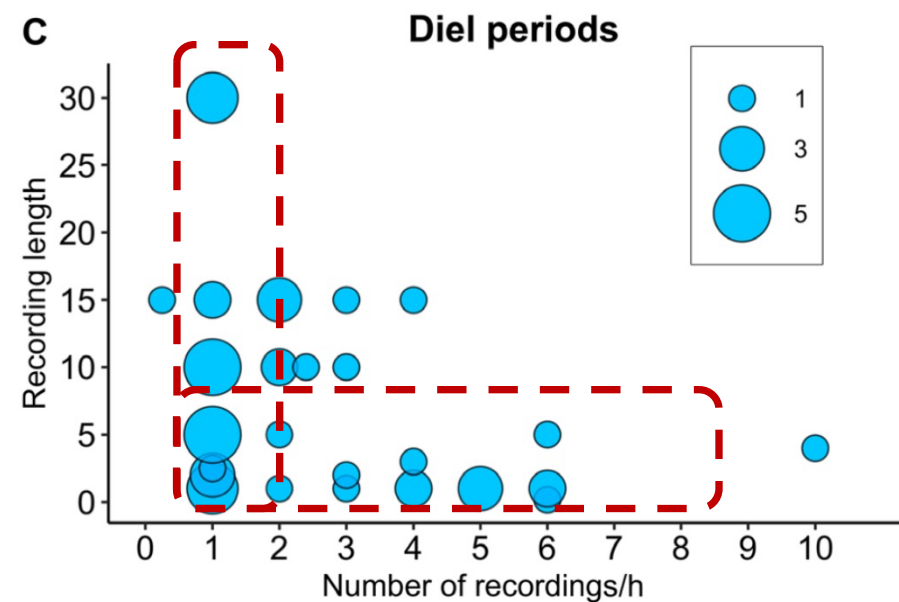
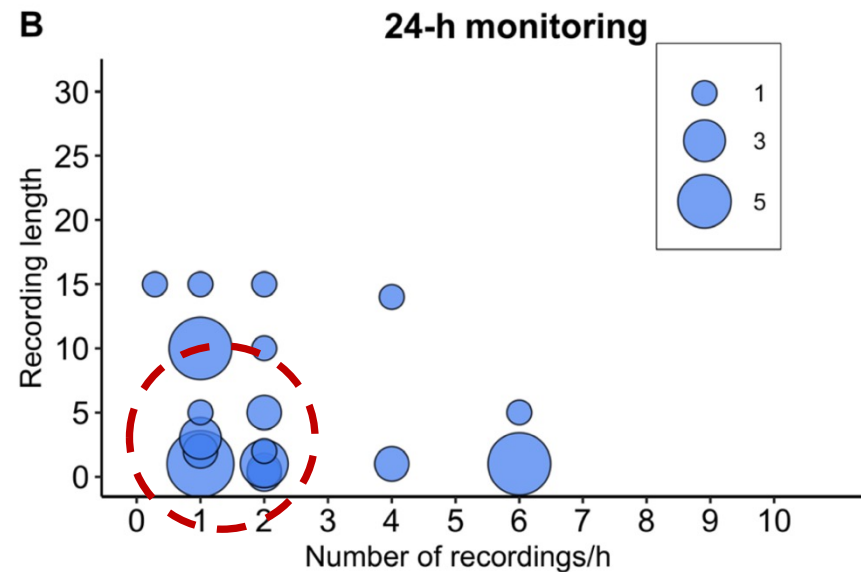
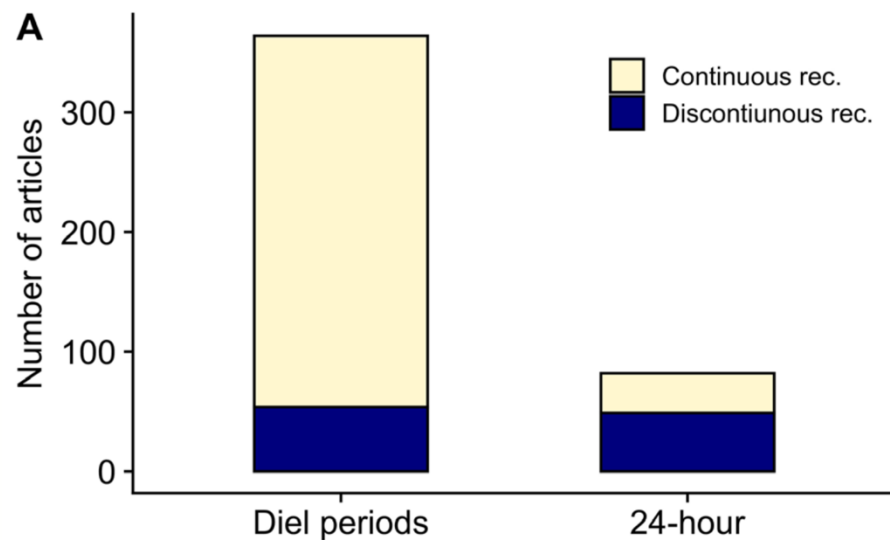
# Amostragem temporal

Daily Periods



# Amostragem temporal

## Discontinuous recording



# Desenho amostral: espaço

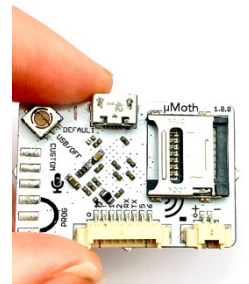
- Réplicas espaciais- fatores a se considerar
  - Amostras representativas (e.g. representative de determinada população?)
  - Tipos de Habitat– todos os níveis / tratamentos estão contemplados e possuem replicas?
  - Área de vida dos organismos

# Equipamentos



# Seleção de equipamento

- Avanços em tecnologias de gravação e digitalização aumentou capacidades de capturar som continuamente por longos períodos de tempo



	Terrestrial								Marine
Model	SwiftOne	SM4	SongMeter Mini	SongMeter Micro	BAR-LT	Audiomoth v1.2.0	SM4BAT	Other ultrasonic manufacturers	SoundTrap ST600HF
Manufacter	K. Lisa Yang Center	Wildlife Acoustics	Wildlife Acoustics	Wildlife Acoustics	Frontier labs	Open Acoustic Devices	Wildlife Acoustics	Titley Scientific, Petterson, Elekon	Ocean Instruments New Zealand
Price	\$349 USD	\$899 USD	\$499 USD	\$249 USD	\$1,000 AU	\$79 USD	\$999 USD		\$6,500
Waterproofed	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No (Terrestrial case = \$39.99 USD, Underwater = \$39.99 USD)	Yes		Yes, pressure housing (rated to 500 m)
Sampling rate (max)	96 kHz/16 bit	96 kHz/16 bit	96 kHz/16 bit	96 kHz/16 bit	96 kHz/16 bit	384 kHz/16 bit	500 kHz / 16 bit		384 kHz/16 bit
Microphones	1	2	1 to 2	1	1 to 2	1	1		1
Electret microphone (EM) or MEMS	EM	EM	EM	MEMS	EM	MEMS	EM (ultrasonic)		Hydrophone
Microphone frequency response	100 Hz - 20 kHz	100 Hz - 20 kHz	100 Hz - 20 kHz	100 Hz - 20 kHz	80 Hz - 20 kHz (optional Low frequency microphone has a 3dB cutoff at 10Hz)	100 Hz - 80 kHz	20 Hz - 120 kHz		20 Hz to 150 k Hz
Accepts Hydrophone (via cable; no pressure housing)	Yes	Yes (only from WA)	Yes (only from WA)	No	Yes	No (but check Hydromoth)	Yes		N/A
Card slots	1	2	1	1 microSD	4	1 microSD	2		4 microSD
Batteries	3 x D size (Alkaline only)	4 x D size	4 x AA	3 x AA	Up to 6 (18650 Lithium-Ion rechargeable batteries)	3 x AA	4 x D size		Up to 12 (18650 Lithium-Ion rechargeable batteries)
Built-in GPS	No	No (contain GPS attachment, ~ \$149 USD)	No	No	Yes	No (contain GPS attachment, ~ \$144.98 USD)	No (contain GPS attachment, ~ \$149 USD)		No
Configuration software	PC only (Mac and Android in the works)	PC and Mac	Smartphone App	Smartphone App	PC (Windows only)	PC and Mac	PC and Mac		PC only
External power connector	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes		No
Weight (with batteries)	0.7 kg (1.7 lbs)	1.2 kg (2.7 lbs)	0.290 kg (0.64 lbs)	0.195 kg (0.43 lbs)	0.9 kg (1.98 lbs)	0.08 kg (0.17 lbs)	1.3 kg (2.9 lbs)		2.5 kg (in air)
Mic Sensitivity	-25 dB re 1V/Pa	-35dB re 1V/Pa	+6 dB ± 4 dB (0 dB = 1Pa@1kHz Full-Scale)*Measured with default 18 dB gain setting)	+2 dB ± 4 dB (0 dB = 1Pa@1kHz Full-Scale) *Measured with default +18 dB Gain	-28dB re 1V/Pa	-38 dB re 1V/Pa	See manual pg. 55-57		-173 dB re 1V/uPa
SNR	62 dB	80 dB Typ. at 1kHz (1 Pa, A weighted network)	78 dB Typ. at 1kHz (1 Pa, A weighted network)	73 dB	80 dB	63 dBA	See manual pg. 9	N/A	
Compression	No	Yes (proprietary format)	Yes (proprietary format)	Yes (proprietary format)	Yes (FLAC)	No	Yes (proprietary format)	Yes (proprietary format)	
Triggered recordings	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	
Detection/Transmission	No	No	No	No	No	No	No	No	
Approx Runtime (Days) * Mono recording, continuous, Alkaline batteries									Runtime
Sample rate (kHz)	SwiftOne	SM4	SongMeter Mini	SongMeter Micro	BAR-LT (Li batteries)	Audiomoth			
8	38	33	11	9	25	11			
16	36	33	11	9	25	11			
32	33	30	10	8	25	10			
48	31	24	10	8	25	10			