

## **Proposta de Ideia**

### **Projecto **BioLingo.****

Data de Entrega: 20 de Outubro de 2025

Grupo nº 14

# Índice

Sumário Executivo.....	3
1. Proposta de Ideia.....	4
1.1. Contexto e Motivação.....	4
1.2. A Ideia: BioLingo.....	4
1.3. Visão, Missão e Valores.....	5
1.4. Objectivos do Projecto.....	5
1.5. Casos de Uso.....	6
2. Revisão de Literatura.....	6
2.1. Bioacústica em África: Estado da Arte.....	6
2.2. Comunicação Animal: Fundamentos Científicos.....	7
2.3. Inteligência Artificial em Bioacústica.....	8
2.4. Aplicações na Conservação.....	8
2.5. Contexto Angolano: Biodiversidade e Conservação.....	9
3. Dados e Fontes de Informação.....	9
3.1. Bases de Dados Globais Existentes.....	9
3.2. APIs Disponíveis.....	10
3.3. Recolha de Dados Locais em Angola.....	10
3.4. Metadados e Anotação.....	11
4. Tecnologia e Arquitetura.....	11
4.1. Arquitetura Geral do Sistema.....	11
4.2. Tecnologias de Processamento de Áudio.....	12
4.3. Modelos de Machine Learning.....	12
4.4. Gestão de Dados e Modelos (MLOps).....	13
4.5. Infraestrutura de Deployment.....	13
4.6. Considerações de Conectividade para Angola.....	13
5. Alinhamento com os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	14
6. Conclusão.....	15
Referências.....	16

## Sumário Executivo

Nós, o Grupo nº 14, apresentamos o projecto **BioLingo**, uma plataforma digital inovadora que utiliza inteligência artificial para decifrar a comunicação animal, transformando sons da fauna em informações acessíveis e acionáveis. Com foco específico em Angola, o BioLingo visa contribuir para a conservação da biodiversidade, educação ambiental, investigação científica e ecoturismo, alinhando-se com os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. Este documento apresenta a proposta de ideia, a revisão de literatura que fundamenta o projecto, as fontes de dados disponíveis e a tecnologia necessária para a sua implementação.

# 1. Proposta de Ideia

## 1.1. Contexto e Motivação

Angola possui uma das biodiversidades mais ricas do continente africano, com aproximadamente 276 espécies de mamíferos, 265 espécies de aves de reprodução e 5.185 espécies de plantas superiores. No entanto, esta riqueza natural enfrenta ameaças significativas, incluindo a caça furtiva, perda de habitat e os impactos residuais de três décadas de guerra civil. Segundo a IUCN, cerca de 75% dos animais e plantas listados na Lista Vermelha em Angola estão classificados como vulneráveis, ameaçados ou criticamente ameaçados.

Paralelamente, a pesquisa científica em bioacústica em África permanece limitada, com 74,3% dos autores sendo não-africanos, indicando uma lacuna crítica em capacidades locais de investigação. Angola está particularmente subrepresentada neste campo, apesar do seu potencial imenso.

## 1.2. A Ideia: BioLingo

O **BioLingo** é uma plataforma digital que combina bioacústica e inteligência artificial para:

- 1 **Recolher** sons de animais através de uma aplicação móvel (ciência cidadã) e sensores bioacústicos em campo.
- 2 **Analisar** automaticamente estes sons utilizando modelos de Machine Learning para identificar espécies e interpretar vocalizações.
- 3 **Traduzir** a comunicação animal em informações compreensíveis, indicando o tipo de vocalização (alarme, acasalamento, territorial) e fornecendo curiosidades educativas.
- 4 **Partilhar** dados através de uma plataforma web para investigadores, educadores e decisores políticos.

O nome "BioLingo" deriva de "Bio" (vida) e "Lingo" (língua), simbolizando a nossa missão de compreender a linguagem universal dos animais.

### 1.3. Visão, Missão e Valores

**Visão:** Ser a plataforma líder em Angola para a compreensão e conservação da biodiversidade através da bioacústica e inteligência artificial, capacitando cidadãos, investigadores e decisores a proteger o nosso património natural.

**Missão:** Desenvolver e implementar uma solução tecnológica inovadora que permita a recolha, análise e interpretação de sons de animais, traduzindo a sua comunicação em informações acionáveis para a educação, investigação científica, ecoturismo e conservação da fauna angolana.

**Valores:**

- **Inovação:** Utilizar as mais recentes tecnologias de IA e bioacústica.
- **Sustentabilidade:** Contribuir ativamente para os ODS.
- **Colaboração:** Fomentar parcerias com comunidades locais, instituições de pesquisa, ONGs e governo.
- **Educação:** Capacitar e sensibilizar o público sobre a biodiversidade.
- **Integridade:** Garantir precisão científica e ética na recolha e uso de dados.

### 1.4. Objectivos do Projecto

**Objectivos Gerais:**

- Criar uma base de dados bioacústica abrangente da fauna angolana.
- Desenvolver modelos de IA capazes de identificar espécies e interpretar vocalizações com alta precisão.
- Promover a educação ambiental e a ciência cidadã em Angola.
- Fornecer ferramentas de monitoramento para a conservação de espécies ameaçadas.

**Objectivos Específicos:**

- Lançar um MVP focado em aves de Angola até março de 2026.
- Expandir para mamíferos emblemáticos (elefantes, primatas, palancas) até setembro de 2026.
- Implementar uma rede de sensores bioacústicos em parques nacionais até setembro de 2027.
- Estabelecer parcerias com o Ministério do Ambiente, universidades angolanas e ONGs.

## 1.5. Casos de Uso

**Para Utilizadores Comuns e Turistas:** Um visitante no Parque Nacional da Quiçama grava um som através da aplicação móvel e recebe instantaneamente a identificação da espécie, o contexto do som e curiosidades educativas, enriquecendo a experiência turística.

**Para Investigadores e Conservacionistas:** Uma plataforma web com estatísticas regionais, mapas de ocorrência de espécies, identificação de espécies raras ou ameaçadas (como a Palanca Negra Gigante) e ferramentas de análise avançadas.

**Para Gestores de Áreas Protegidas:** Estações fixas de gravação em florestas e savanas com upload automático e alertas em tempo real para detetar atividade de elefantes em áreas de caça ilegal ou monitorizar a saúde de ecossistemas.

**Para Educadores:** Módulos didáticos específicos para o currículo escolar angolano, promovendo o conhecimento sobre a fauna local e a importância da conservação.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Bioacústica em África: Estado da Arte

A bioacústica, definida como o estudo da produção, transmissão e receção de sons animais, emergiu como uma ferramenta poderosa para a compreensão da biodiversidade e conservação de espécies. Um estudo abrangente conduzido por Becker et al. (2022) analisou sistematicamente 727 publicações sobre bioacústica em África, cobrindo o período entre 1953 e meados de 2020. Esta revisão revelou que a maioria dos estudos (69%) concentrou-se no comportamento animal, com espécies terrestres a representarem 88,6% da pesquisa, enquanto habitats de água doce (4,8%) e marinhos (6,6%) permaneceram substancialmente subrepresentados.

Os mamíferos emergiram como o grupo taxonómico mais estudado, seguidos pelas aves. No entanto, uma descoberta preocupante foi que 74,3% dos autores que contribuíram para este corpo de conhecimento eram afiliados não-africanos, sublinhando a necessidade urgente de desenvolver capacidades locais de pesquisa em bioacústica, particularmente em países como Angola.

**Lacunas Identificadas:** A revisão de Becker et al. (2022) identificou que a pesquisa em bioacústica em África tem considerável espaço para expansão institucional, taxonómica e temática. Angola, com a sua impressionante diversidade de espécies e ecossistemas, apresenta uma oportunidade única para contribuir significativamente para este campo.

## 2.2. Comunicação Animal: Fundamentos Científicos

A comunicação animal envolve sistemas complexos e estruturados que permitem aos animais transmitir informações sobre o seu ambiente, estado emocional e intenções. Estudos científicos demonstraram que diferentes espécies desenvolveram sistemas de comunicação sofisticados:

**Elefantes Africanos:** Os elefantes africanos (*Loxodonta africana*) são conhecidos pela sua utilização de vocalizações de baixa frequência, denominadas "rumbles", que funcionam na comunicação de longa distância. Estas vocalizações variam entre 15 a 35 Hz, com níveis de pressão sonora que podem atingir 117 dB, permitindo a comunicação através de muitos quilómetros. Estudos demonstraram que os elefantes africanos possuem capacidades de comunicação complexas, incluindo a capacidade de produzir chamadas antifonais (respostas vocais coordenadas). Pesquisas recentes revelaram que os elefantes africanos utilizam chamadas específicas para se dirigirem a indivíduos particulares, funcionando de forma semelhante a "nomes".

**Primatas:** Os macacos vervet (*Chlorocebus pygerythrus*) constituem o exemplo clássico de comunicação semântica em animais não-humanos. Estudos pioneiros demonstraram que estes primatas emitem sons diferentes para predadores distintos: um som para águias (levando-os a correr para arbustos), outro para leopardos (fazendo-os subir às árvores) e outro para cobras (ficando em pé a olhar para o chão). Esta especificidade demonstra que as vocalizações não são apenas ruído, mas contêm conteúdo informacional específico.

**Aves Africanas:** As aves africanas apresentam uma diversidade vocal extraordinária, com padrões de vocalização que incluem duetos vocais, cantos territoriais e chamadas de alarme. A região da África Austral, que inclui Angola, alberga espécies com chamadas icónicas que simbolizam o som de África.

## 2.3. Inteligência Artificial em Bioacústica

Nos últimos anos, a inteligência artificial (IA) e o machine learning (ML) revolucionaram o campo da bioacústica, permitindo a análise automatizada de grandes volumes de dados de áudio. As redes neurais convolucionais (CNNs) emergiram como particularmente eficazes para analisar espectrogramas de sons animais, tratando-os como imagens. Estudos demonstraram que modelos de deep learning podem classificar espécies de aves com alta precisão, superando métodos tradicionais.

Um estudo de Tuia et al. (2022) sobre perspectivas de machine learning para a conservação da vida selvagem destacou que os sensores bioacústicos são uma alternativa aos sistemas baseados em imagens, utilizando microfones e hidrofones para estudar animais vocais e os seus habitats. A IA permite não apenas a identificação de espécies, mas também a deteção de padrões comportamentais, monitoramento de populações e até a identificação de ameaças como a exploração madeireira ilegal.

**Desafios e Soluções:** Um obstáculo importante é a necessidade de conjuntos de dados de treino muito grandes. Para regiões como Angola, onde os dados bioacústicos são escassos, a utilização de técnicas de transfer learning (aprendizagem por transferência) pode ser uma solução. Esta abordagem envolve a utilização de modelos pré-treinados em grandes conjuntos de dados globais e o seu ajuste fino com dados específicos da fauna angolana.

## 2.4. Aplicações na Conservação

O monitoramento acústico passivo (PAM - Passive Acoustic Monitoring) emergiu como uma ferramenta valiosa para a conservação da vida selvagem. Esta técnica envolve a colocação de gravadores automáticos em habitats naturais para recolher dados de áudio continuamente, sem a necessidade de presença humana constante. O PAM oferece várias vantagens sobre métodos tradicionais de monitoramento, incluindo a capacidade de operar em condições adversas, a não-invasividade e a possibilidade de criar "cápsulas temporais bioacústicas" que documentam a biodiversidade ao longo do tempo.

Para Angola, onde muitas áreas protegidas são remotas e de difícil acesso, o PAM poderia ser uma ferramenta transformadora. A implementação de redes de sensores bioacústicos em parques como o da Quiçama, Maiombe e Iona permitiria o monitoramento contínuo de espécies-chave, a deteção de atividades de caça furtiva e a avaliação do impacto das mudanças climáticas na biodiversidade.



## 2.5. Contexto Angolano: Biodiversidade e Conservação

Angola possui uma das biodiversidades mais ricas do continente africano, com ecossistemas que variam desde florestas tropicais no norte (Maiombe) até desertos costeiros no sul (Iona). Segundo dados de 2002-2003, o país possui 12 áreas protegidas, cobrindo aproximadamente 10% da área total de terra. As áreas protegidas incluem parques nacionais emblemáticos como o Parque Nacional da Quiçama, Parque Nacional do Maiombe, Parque Nacional da Cangandala e Parque Nacional do Iona.

No entanto, a biodiversidade angolana enfrenta ameaças significativas. Três décadas de conflito armado (1975-2002) tiveram um impacto devastador na fauna angolana. Estudos recentes demonstram que as comunidades de mamíferos selvagens em Angola no pós-guerra estão empobrecidas e simplificadas, com declínios significativos na riqueza de espécies ao longo dos últimos 50 anos, sendo os mamíferos de maior porte os mais severamente afetados. Esta realidade sublinha a urgência de implementar estratégias de conservação eficazes e baseadas em dados científicos robustos, onde a bioacústica pode desempenhar um papel crucial.

## 3. Dados e Fontes de Informação

### 3.1. Bases de Dados Globais Existentes

Para a fase inicial do projecto BioLingo, iremos recorrer a bases de dados globais que fornecem acesso a milhões de gravações de sons de animais:

Tabela 1: Bases de Dados Bioacústicas Globais

Base de Dados	Descrição	Relevância para Angola	Acesso
Macaulay Library (Cornell Lab of Ornithology)	Um dos maiores arquivos do mundo, com milhões de sons de aves, mamíferos, anfíbios e insetos.	Essencial para a validação e treino de modelos com espécies presentes em Angola.	API via eBird
Xeno-canto	Banco mundial de sons de aves, permitindo buscas por espécie, região, etc.	Fundamental para identificar e catalogar aves angolanas.	API pública
GBIF (Global Biodiversity Information Facility)	Conecta dados de biodiversidade, incluindo sons de animais, de coleções como Macaulay e Xeno-canto.	Uma fonte valiosa para a biodiversidade angolana.	API pública
Elephant Listening Project	Registra sons de elefantes, incluindo chamadas infrassónicas.	Crucial para o monitoramento de elefantes em parques como o da Quiçama ou Maiombe.	Contacto direto
Cetacean Sound Archives	Coleções com milhares de gravações de baleias e golfinhos.	Relevante para a costa angolana e o estudo da vida marinha local.	Contacto direto
Earth Species Project	Utiliza IA para analisar grandes bancos de dados de sons, com o objetivo de criar um tradutor universal de comunicação animal.	Uma inspiração para a nossa visão em Angola.	Parceria potencial

### 3.2. APIs Disponíveis

**Xeno-canto API 2.0:** Permite buscas programáticas por espécie, região, país, qualidade de gravação, etc. Retorna dados em JSON com metadados (nome científico, espécie, local, link do áudio). Documentação disponível em: <https://www.xeno-canto.org/article/153>

**eBird API:** Integrado com a Macaulay Library, permite acesso programático a observações de aves e sons. Requer chave de API e tem termos de uso para fins não-comerciais. Documentação disponível em: <https://www.birds.cornell.edu/home/ebird-api-terms-of-use/>

**GBIF API:** Fornece acesso a dados de biodiversidade global, incluindo ocorrências de espécies e links para recursos multimédia. Documentação disponível em: <https://techdocs.gbif.org/en/openapi/>

### 3.3. Recolha de Dados Locais em Angola

Reconhecendo a singularidade da fauna angolana, é imperativo complementar os dados globais com gravações específicas do nosso território:

**Parcerias com Parques Nacionais e Reservas Naturais:** Estabelecer colaborações com instituições como o Parque Nacional da Quiçama, Parque Nacional da Kissama, Parque Nacional do Maiombe e outras áreas de conservação para a instalação de gravadores bioacústicos e a recolha sistemática de sons.

**Engajamento Comunitário (Ciência Cidadã):** Lançar iniciativas de ciência cidadã, incentivando comunidades locais, estudantes e entusiastas da natureza a gravar e submeter sons de animais através da aplicação móvel do BioLingo. Esta abordagem não só enriquece a base de dados, como também promove a educação ambiental e o sentido de pertença.

**Colaboração com Investigadores Locais:** Trabalhar em conjunto com biólogos, ecologistas e universidades angolanas para aceder a coleções de dados existentes e para orientar a recolha de novos dados, garantindo a sua relevância científica.

### 3.4. Metadados e Anotação

Cada gravação de áudio será acompanhada de metadados ricos, incluindo:

- **Espécie:** Nome científico e comum.
- **Localização:** Coordenadas GPS (latitude, longitude), parque nacional, província.
- **Data e Hora:** Timestamp completo da gravação.
- **Tipo de Vocalização:** Alarme, acasalamento, territorial, social, etc.
- **Contexto Ambiental:** Tipo de habitat, condições climáticas, presença de outras espécies.
- **Qualidade da Gravação:** Avaliação da clareza e ausência de ruído.
- **Fonte:** API externa, ciência cidadã, sensor bioacústico, investigador.

A anotação dos sons será feita manualmente por especialistas angolanos para dados locais, e semi-automaticamente para dados de APIs globais, garantindo a precisão e relevância científica.

## 4. Tecnologia e Arquitetura

### 4.1. Arquitetura Geral do Sistema

A arquitetura do BioLingo seguirá o modelo de microsserviços, utilizando contêineres para isolar os componentes e orquestração para gerir o deployment. Esta abordagem garante escalabilidade, robustez e alta disponibilidade.

Tabela 2: Componentes da Arquitetura BioLingo

Componente	Descrição	Tecnologias
Frontend (Mobile)	Aplicação móvel para gravação, upload e visualização de resultados.	React Native / Flutter
Frontend (Web)	Plataforma web para dashboard científico, mapas e biblioteca de sons.	React, Tailwind CSS
Backend API	Serviço RESTful para comunicação entre frontend e modelos de ML/base de dados.	FastAPI (Python), Uvicorn
Serviço de Processamento de Áudio	Microsserviço dedicado ao pré-processamento e engenharia de recursos de áudio.	Python, Librosa, Pydub, Celery
Serviço de Inferência de ML	Microsserviço que aloja os modelos de ML treinados para fazer previsões.	Python, PyTorch/TensorFlow Serving, ONNX Runtime
Base de Dados	Armazenamento de metadados de sons, espécies, localizações e utilizadores.	PostgreSQL, PostGIS
Armazenamento de Objetos	Armazenamento escalável para arquivos de áudio brutos e processados.	AWS S3, Supabase Storage
Orquestração de Contêineres	Gestão e escalonamento dos microsserviços em ambiente de nuvem.	Kubernetes, Docker
Monitoramento e Logging	Recolha de métricas de desempenho e logs de aplicação.	Prometheus, Grafana, ELK Stack

## 4.2. Tecnologias de Processamento de Áudio

### Bibliotecas Python:

- **Librosa:** Para análise de áudio, extração de características (MFCCs, espectrogramas, pitch, energia).
- **Pydub:** Para manipulação de áudio (normalização, segmentação, conversão de formatos).
- **Torchaudio:** Para integração com PyTorch e processamento de áudio em deep learning.

### Engenharia de Recursos (Feature Engineering):

- **Espectrogramas:** Conversão de sinais de áudio em representações visuais que capturam características de frequência e tempo.
- **MFCCs (Mel-Frequency Cepstral Coefficients):** Representação compacta das características espectrais do som.
- **Características Temporais:** Pitch, energia, taxa de cruzamento por zero, duração.
- **Características Contextuais:** Localização geográfica, hora do dia, estação do ano, tipo de habitat.

## 4.3. Modelos de Machine Learning

**Redes Neurais Convolucionais (CNNs):** Especialmente eficazes para analisar espectrogramas, tratando-os como imagens. Serão a base para a classificação de espécies.

**Redes Neurais Recorrentes (RNNs) / LSTMs:** Para capturar dependências temporais em sequências de áudio, úteis para identificar padrões de vocalização mais longos ou sequências de chamadas.

**Transfer Learning:** Utilização de modelos pré-treinados em grandes datasets de áudio (ex: AudioSet, BirdCLEF) e ajuste fino (fine-tuning) com os nossos dados específicos de fauna angolana para acelerar o desenvolvimento e melhorar o desempenho.

### Frameworks:

- **PyTorch:** Para desenvolvimento e treino de modelos de deep learning.
- **TensorFlow/Keras:** Alternativa para desenvolvimento de modelos.
- **scikit-learn:** Para modelos de ML tradicionais e pré-processamento.

## 4.4. Gestão de Dados e Modelos (MLOps)

### Controle de Versão:

- **Git:** Para código-fonte.
- **DVC (Data Version Control):** Para datasets e modelos.

### Rastreamento de Experimentos:

- **MLflow:** Para registar parâmetros, métricas e artefatos de cada experimento de treino.

**Registro de Modelos:** Armazenamento centralizado de modelos treinados e suas versões.

**Pipelines de ML Automatizados:** Utilização de ferramentas como Kubeflow ou Airflow para automatizar as etapas de pré-processamento, treino e avaliação.

## 4.5. Infraestrutura de Deployment

**Contêinerização:** Todos os serviços serão empacotados em contêineres Docker para garantir consistência entre os ambientes de desenvolvimento, teste e produção.

**Orquestração:** Utilizaremos Kubernetes para gerir a implantação, escalonamento e auto-recuperação dos contêineres na nuvem.

**Ambientes:** Teremos ambientes de desenvolvimento, staging e produção para testar e validar as alterações antes de as disponibilizar aos utilizadores finais.

**CI/CD Pipelines:** Implementaremos pipelines de Integração Contínua/Deployment Contínuo (CI/CD) usando ferramentas como GitHub Actions ou GitLab CI para automatizar os testes, construção e implantação do código.

## 4.6. Considerações de Conectividade para Angola

Reconhecendo as realidades de conectividade em Angola, a plataforma será desenhada para:

- **Funcionalidade Offline:** A aplicação móvel permitirá a gravação de sons offline, com sincronização automática quando houver conexão.
- **Compressão de Dados:** Utilização de algoritmos de compressão de áudio para reduzir o tamanho dos ficheiros a enviar.
- **Edge Computing:** Processamento inicial de áudio no dispositivo móvel quando possível, reduzindo a necessidade de largura de banda.

## 5. Alinhamento com os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

O projecto BioLingo demonstra um forte alinhamento com vários Objectivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU:

**Tabela 3: Alinhamento do BioLingo com os ODS**

ODS	Contribuição do BioLingo em Angola
ODS 4 - Educação de Qualidade	Ferramenta educativa interativa sobre biodiversidade para escolas e universidades angolanas, promovendo o conhecimento sobre a nossa fauna.
ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura	Uso de IA, big data e bioacústica para uma solução tecnológica inovadora, com API aberta e parcerias de pesquisa com universidades angolanas e centros de investigação.
ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis	Monitoramento ambiental em áreas urbanas (parques, zonas verdes) e rurais, engajando as comunidades angolanas no registo de sons e na proteção do ambiente.
ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima	Ajuda a entender o impacto das mudanças climáticas na biodiversidade angolana através do monitoramento acústico, apoiando políticas públicas de adaptação.
ODS 14 - Vida na Água	Potencial para monitoramento da vida marinha (bioacústica oceânica) na costa angolana, com parcerias de conservação marinha para proteger os nossos oceanos.
ODS 15 - Vida Terrestre	Contribuição direta para a conservação da fauna e biodiversidade terrestre angolana, identificação de espécies em risco (como a Palanca Negra Gigante) e mapeamento colaborativo em parques nacionais como Quiçama e Maiombe.

## 6. Conclusão

O projecto BioLingo, proposto pelo Grupo nº 14, representa uma iniciativa inovadora e com grande potencial para impactar positivamente a conservação da biodiversidade, a educação ambiental e a pesquisa científica em Angola. A revisão de literatura demonstra que a bioacústica, combinada com inteligência artificial, é uma ferramenta poderosa e promissora. A disponibilidade de bases de dados globais, APIs acessíveis e a possibilidade de recolha de dados locais fornecem uma base sólida para o desenvolvimento do projecto. A arquitetura tecnológica proposta, baseada em microsserviços, machine learning e MLOps, garante escalabilidade, robustez e manutenibilidade.

Ao seguir um roadmap de desenvolvimento faseado e estratégias de sustentabilidade claras, o BioLingo pode evoluir para uma plataforma de referência na compreensão da linguagem animal, contribuindo significativamente para os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável e para a valorização do nosso património natural angolano. O Grupo nº 14 está empenhado em entregar um projecto de excelência, com impacto real no nosso país.

## Referências

- [1] Wildlife Acoustics. (n.d.). Bioacoustics 101: What is Animal Bioacoustics? Disponível em: <https://www.wildlifeacoustics.com/resources/bioacoustics>
- [2] Becker, F. K., Shabangu, F. W., Gridley, T., Wittmer, H. U., & Marsland, S. (2022). Sounding out a continent: seven decades of bioacoustics research in Africa. *Bioacoustics*, 31(6), 646-667. <https://doi.org/10.1080/09524622.2021.2021987>
- [3] EarthTrends. (2003). Biodiversity and Protected Areas: Angola. Country Profiles. Disponível em: <https://www.biofund.org.mz/wp-content/uploads/2018/11/F1220.Angola-Biodiversity-1.pdf>
- [4] Convention on Biological Diversity. (n.d.). Angola - Country Profile. Disponível em: <https://www.cbd.int/countries/profile/?country=ao>
- [5] WorldAtlas. (n.d.). Angola's Endangered Mammals. Disponível em: <https://www.worldatlas.com/articles/angola-s-endangered-mammals.html>
- [6] Rocha, F., Chicomo, M., Lutondo, E., et al. (2025). Wildlife mammal communities in post-war Angola are depleted and simplified: Implications for biodiversity conservation. *Animal Conservation*. <https://doi.org/10.1111/acv.13004>
- [7] Soltis, J., Leong, K., & Savage, A. (2005). African Elephant Vocal Communication I: Antiphonal Calling Behaviour Among Related Females. *Animal Behaviour*, 70(3), 579-587.
- [8] Save the Elephants. (n.d.). Elephant Communication. Disponível em: <https://savetheelephants.org/our-work/science/behaviour-society/elephant-communication/>
- [9] Soltis, J. (2010). Vocal communication in African Elephants (*Loxodonta africana*). *Zoo Biology*, 29(2), 192-209. <https://doi.org/10.1002/zoo.20251>
- [10] Science Media Centre Spain. (2024, June 10). African elephants address each other by name, calls study finds. Disponível em: <https://sciencemediacentre.es/en/african-elephants-address-each-other-name-calls-study-finds-african-elephants-address-each-other>
- [11] Price, T., Wadewitz, P., Cheney, D., Seyfarth, R., Hammerschmidt, K., & Fischer, J. (2015). Vervets revisited: A quantitative analysis of alarm call structure and context specificity. *Scientific Reports*, 5, 13220. <https://doi.org/10.1038/srep13220>
- [12] Seyfarth, R. M., & Cheney, D. L. (2003). Meaning and emotion in animal vocalizations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1000(1), 32-55.
- [13] Tuia, D., Kellenberger, B., Beery, S., Costelloe, B. R., Zuffi, S., Risse, B., ... & Berger-Wolf, T. (2022). Perspectives in machine learning for wildlife conservation. *Nature Communications*, 13(1), 792. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-27980-y>



- [14] Oikarinen, T., Srinivasan, K., Meisner, O., Hyman, J. B., Parikh, S., Quader, A., ... & Sahin, F. (2019). Deep convolutional network for animal sound classification and source attribution using dual audio recordings. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(2), 654-662.
- [15] Sprengel, E., Jaggi, M., Kilcher, Y., & Hofmann, T. (2016). Audio based bird species identification using deep learning techniques. *CLEF (Working Notes)*, 2016, 547-559.
- [16] Jeantet, L., Vigon, V., Geiger, B. C., & Beaugendre, N. (2023). Improving deep learning acoustic classifiers with contextual information for wildlife monitoring. *Ecological Informatics*, 77, 102256.
- [17] McLoughlin, M. P., Stewart, R., & McElligott, A. G. (2019). Automated bioacoustics: methods in ecology and conservation and their potential for animal welfare monitoring. *Journal of the Royal Society Interface*, 16(155), 20190225.
- [18] Macaulay Library. Disponível em: <https://www.macaulaylibrary.org/>
- [19] Xeno-canto API 2.0. Disponível em: <https://www.xeno-canto.org/article/153>
- [20] eBird API Terms of Use. Disponível em: <https://www.birds.cornell.edu/home/ebird-api-terms-of-use/>
- [21] GBIF API Reference. Disponível em: <https://techdocs.gbif.org/en/openapi/>