



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Ecologia e Conservação da Biodiversidade Terrestre

Tese de Licenciatura

**Tema: Modelagem de Nicho Ecológico da Espécie *Encephalartos manikensis* (Gilliland) na
Província de Manica**

Autora:

Hanifa Irá

Supervisores:

Prof^ª. Dra. Alice Massingue

Maputo, 2025



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Ecologia e Conservação da Biodiversidade Terrestre

Tese de Licenciatura

Tema: Modelagem de Nicho Ecológico da Espécie *Encephalartos manikensis* (Gilliland) na Província de Manica.

Autora:

Hanifa Irá

Maputo, 2025

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a Deus, por guiar meus passos com saúde até este momento tão importante da minha trajetória.

A minha supervisora Profa. Doutora Alice Massingue agradeço a Deus pela sua vida, por ter sido tão paciente, pela motivação, carisma, atenção, durante a elaboração deste trabalho. Sou muito grata pelo apoio em fornecer os dados que foram fundamentais para a finalização desta etapa.

Ao Prof. Doutor Joaquim Saíde, Prof. Doutor Cornélio Ntumi, Prof. Doutor Bernardo Muiatinte, Prof. Doutor Salomão Bandeira, Prof. Doutor Almeida Guissamulo, e a todos docentes do curso de Licenciatura em Ecologia e Conservação da Biodiversidade Terrestre pelos ensinamentos transmitidos durante a formação, aos técnicos e os motoristas.

A minha mãe Laura por me ensinar o valor da educação, da perseverança e da humildade. Aos meus irmãos, “manos” Sérgio, Helena e cunhado Marcelo pelo apoio financeiro, suporte emocional e incentivos durante essa caminhada acadêmica. Ao meu esposo Eleutério pelo apoio incondicional e por acreditar em mim mesmo nos momentos em que duvidei.

Aos meus colegas pelas experiências trocadas, noites em claro, Madalena, Esmiralda, Figuelia e Belkiss, Agostinho, em especial ao António e Judite pelos conhecimentos partilhados durante toda a jornada. Minhas colegas da residência universitária “tangará” Matilde e Sheila. A minha amiga Isabel pelo suporte em momentos difíceis.

Sou extremamente grata a todos.

Declaração de honra

Eu Hanifa Sulemane Agy Irá, estudante matriculada no curso de Ecologia e Conservação da Biodiversidade Terrestre, departamento de Ciências-Biológicas na Universidade Eduardo Mondlane, declaro por minha honra que o presente trabalho intitulado **Modelagem de Nicho Ecológico da Espécie *Encephalartos manikensis* (Gilliland) na Província de Manica** é da minha autoria exclusiva, não tendo sido plagiado ou copiado em outras fontes sem a devida citação. Declaro ainda que todas as fontes usadas estão devidamente referenciadas conforme as normas da instituição.

Dedicatória

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por ter me sustentado em cada etapa desta jornada, dando-me saúde, força, paciência e sabedoria para chegar até aqui.

À minha família, especialmente a minha mãe Laura Filimone e meu filho Steven Duarte por me ensinarem o valor da vida.

Buscar primeiro o Reino de Deus e sua justiça, e todas as outras coisas nos serão acrescentadas.

(Mateus 6:33)

Índice

<i>Resumo</i>	7
1. <i>Introdução</i>	8
2. <i>Problema e Justificativa</i>	10
3. <i>Objectivos</i>	12
4. <i>Área de estudo</i>	13
5. <i>Revisão bibliográfica</i>	17
5.1. <i>Taxonomia e Caracterização da espécie</i>	17
5.2. <i>Estado de conservação</i>	19
5.3. <i>Geografia</i>	20
5.6. <i>Acções de Conservação</i>	21
5.7. <i>Fundamento teórico- Nicho ecológico</i>	21
5.8. <i>Modelos de Distribuição</i>	22
6. <i>Metodologia</i>	23
7. <i>Análise de Dados</i>	24
8. <i>Resultados</i>	25
9. <i>Discussão</i>	35
10. <i>Conclusão</i>	38
11. <i>Limitações</i>	39
12. <i>Recomendações</i>	39
13. <i>Referências Bibliográficas</i>	40
14. <i>Anexos</i>	44

Lista de figuras

Figura 1: Observação e coleta de <i>E. manikensis</i> na província de Manica distrito de Manica no Jardim do Governo Provincial.	11
Figura 2: Mapa da localização geográfica da área de estudo.	13
Figura 3: Áreas relevantes para conservação na província de Manica	16
Figura 4: Foto de Josef Cycad Perner, cone masculino de <i>E. manikensis</i>	17
Figura 5: <i>E. manikensis</i> , no monte Nhaumbwé em Garuso .	19
Figura 6: Modelagem de Nicho Ecológico da Espécie <i>E. manikensis</i> na Província de Manica.	26
Figura 7: Mapa quantitativo de densidade populacional de <i>E. manikensis</i> .	27
Figura 8: Número de indivíduos de <i>E. manikensis</i> na província de Manica.	31
Figura 9: Observações de indivíduos de <i>E. manikensis</i> planta feminina a esquerda e masculina a direita em Garuso.	33
Figura 10: <i>E. manikensis</i> nas ruas de Chimoio sendo comercializado	34

Lista de gráficos

Gráfico 1: Contribuição de variáveis ambientais na modelagem de nicho ecológico.	28
Gráfico 2: Gráfico com resultados do teste de Jackknife da Modelagem de nicho ecológico da espécie <i>E. manikensis</i> .	29
Gráfico 3: Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de nicho ecológico da espécie <i>E. manikensis</i> .	30
Gráfico 4: Número de indivíduos registados por cada local na província de Manica.	32

Lista de tabelas

Tabela 1: Número de indivíduos por locais amostrados.	44
Tabela 2: Camadas bioclimáticas extraídas do banco de dados do Worldclim	44

Resumo

As alterações ambientais de origem antropogénicas são a principal causa de extinção das espécies no Holoceno. As espécies têm sido expostas a diferentes fontes de ameaças. Entretanto, a importância dessas ameaças no estado de conservação das espécies em uma dada região depende do tipo de ameaças que as espécies são expostas e da susceptibilidade das espécies a esses impactos.

Encephalartos manikensis é uma espécie pertencente a família Zamiaceae nativa de Moçambique e Zimbábue, geralmente se desenvolve em áreas inhóspitas como colinas íngremes de granito ou áreas de floresta montanhosa no leste do Zimbábue e oeste de Moçambique, especialmente no distrito de Manica. Está classificada com vulnerável (VU) na lista vermelha da união internacional de conservação da natureza, essa categoria reflete as ameaças significativas para a espécie, que tem sido impulsionada pela expansão agrícola e colecta da mesma para fins comerciais. O habitat natural desta planta tende a diminuir, fragmentando as populações e reduzindo a sua diversidade genética.

O objectivo central deste trabalho foi o de desenvolver um modelo preditivo da distribuição do nicho ecológico do *Encephalartos manikensis* na província de Manica. Os resultados mostraram que as variáveis ambientais que tiveram maior influência na distribuição da espécie foram: o declive, o teor de carbono orgânico do solo, a precipitação anual, a capacidade de troca de cátions e a elevação.

As áreas montanhosas como monte Nhaumbwé (Garuso), monte Chuala e monte Dengalenga apresentaram maior adequabilidade ambiental e viabilidade dos indivíduos da espécie (1000, 100 e 80, respectivamente), enquanto os demais montes tiveram poucos (menos de 50 indivíduos) refletindo baixa viabilidade. O monte Vista Alegre e Serra Choa foram as áreas com presença confirmada de *E. manikensis*, mas com registos isolados (apenas um indivíduo), o que pode indicar populações pequenas e isoladas, ambientes menos favoráveis da espécie nessas áreas. Esses resultados servirão de recurso chave para subsidiar as acções de conservação da espécie (TIPAS, KBA's, Hotspots) e no direccionamento de trabalho de campo.

Palavras-chaves: *Encephalartos manikensis*, modelo preditivo, nicho ecológico, maxEnt, Moçambique.

1. Introdução

As actividades humanas são responsáveis pelo sexto maior evento de extinção na história da vida e por profundas alterações na distribuição das espécies (Chapin III *et al.*, 2000). As Cycadales são consideradas entre as espécies mais ameaçadas do mundo em grande parte pelas actividades humanas e são de grande importância global para a conservação (Brummitt *et al.*, 2015 e Westwood *et al.*, 2020). Actualmente, mais de 61% das Cycadales estão ameaçadas (extintas na natureza “EW”, criticamente ameaçadas “CR”. Em perigo “EN” e vulneráveis “VU”) (IUCN, 2022). Em África há um nível significativo de espécies endémicas e a diversidade de cicadáceas nesse continente não é excepção, abrangendo tanto Cycadaceae (Cycas) quanto Zamiaceae (Encephalartose Stangeria) (Stewart *et al.*, 2023).

O género *Encephalartos* é o mais diversificado no continente, e é o segundo maior género na família Zamiaceae, com 68 táxons actualmente aceites, é também dos géneros de cicadáceas mais ameaçados devido as actividades humanas, incluindo extração ilegal para o comercio e destruição de habitat, com 85% das espécies em risco de extinção, de acordo com a lista vermelha da IUCN (CR, EN, VU) , além disso, cinco espécies de *Encephalartos* estão listadas como extintas na natureza (EW) (Rousseau *et al.*, 2015 e Calonje *et al.*, 2022).

Encephalartos manikensis é uma espécie arbórea, nativa de Moçambique e Zimbábue geralmente encontra se associado as gramíneas, colinas íngremes de granito ou áreas de floresta montanhosa no leste do Zimbábue e oeste de Moçambique, especialmente no distrito de Manica (Flora Zambeziaca, 2020). O extrativismo a que as populações de *Encephalartos manikensis* têm sido submetidas resultou no seu estado de ameaça á extinção, na categoria de Vulnerável (VU), segundo o critério A2acd da Lista Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) (IUCN, 2022).

A distribuição de populações pequenas e relativamente isoladas entre si representa um fator de risco para a manutenção de espécies ameaçadas, pois intensifica os efeitos da deriva genética e reduz o fluxo gênico (Seoane *et al.*, 2010). Diante disso, torna-se essencial gerar, de forma eficiente e rápida, informações actualizadas sobre a distribuição geográfica e o status de tais populações (Guisan & Zimmermann, 2000). Neste contexto, o uso modelos de distribuição potencial de espécies é imprescindível para preencher as lacunas de conhecimento sobre os limites geográficos das espécies de interesse. O desenvolvimento de modelos de nicho ecológico contribui para

compreender padrões e processos biogeográficos, permitindo prever a distribuição geográfica das espécies a partir de dados de ocorrência. Dessa forma, esses modelos constituem um componente fundamental em planos e estratégias de conservação (Guisan e Zimmermann 2000, Guisan e Thullier, 2005).

O objectivo deste estudo é modelar a distribuição do nicho ecológico da espécie *Encephalartos manikensis*, e assim servir de subsídio para direccionamento de trabalho de campo, possibilitando identificar áreas para futuras coletas e iniciativas para a conservação da espécie (ex: Áreas Tropicais Importantes de Plantas-TIPAS, Áreas-Chave para Biodiversidade- KBA's, Hotspot, entre outras).

2. Problema e Justificativa

Não há dúvidas de que as actividades humanas afectaram significativamente as populações de cicadáceas, e esses factores estão moldando a sobrevivência ou extinção futura das populações de cicadáceas muito mais do que processos naturais (Osborne, 1994b). A destruição e a alteração do habitat natural, bem como a remoção em massa de plantas da natureza para paisagismo e coleções de plantas, são frequentemente citadas como as principais razões para o declínio e desaparecimento das populações de cicadáceas (Raimondo, 2001). Outros factores, como a influência de plantas e animais exóticos e o uso em práticas tradicionais, também são possíveis ameaças que precisam ser avaliadas (Donaldson, 2003).

Encephalartos manikensis é uma espécie ameaçada de extinção na categoria vulnerável (de acordo com a última avaliação de 2020), porém, é abundante em algumas partes da sua área de distribuição, algumas subpopulações foram quase totalmente eliminadas (por exemplo, em Elizabethville, no Zimbábue). O *Encephalartos manikensis* está ameaçado principalmente pela coleta ilegal para fim comercial e existe uma falta de informação actualizada sobre o estado populacional desta espécie, portanto levantamentos recorrentes no campo são necessários com vista a monitorar a espécie (IUCN, 2022).

O *E. manikensis* também tem sido coletado para fins ornamentais e alimentares. Por exemplo, um chefe local do Vale do Honde na fronteira entre Moçambique e Zimbábue, relatou que utilizam os caules de *E. manikensis* para obter amido em períodos de fome. A extensão geral desse uso de cicadáceas em toda África é desconhecida, mas provavelmente se restringe a períodos de fome, pois o número baixo de plantas, as baixas taxas de crescimento e os locais inacessíveis as tornam inadequadas para o uso mais frequente (IUCN, 2022 e Osborne, 1994b).

Neste contexto, a modelagem de nicho ecológico vai propiciar um meio com maior precisão para examinar essas alterações na distribuição desta espécie e identificar novas áreas prioritárias para a sua conservação.



Figura 1: Observação e coleta de *E. manikensis* na província de Manica distrito de Manica no Jardim do Governo Provincial a esquerda (Foto: Diana, 2024) e a direita em Garuso (Foto: Laquine, 2025).

3. Objectivos

3.1. Geral

- ◇ Avaliar a distribuição do nicho ecológico de *Encephalartos manikensis* na província de Manica.

3.2. Específicos

- ◇ Determinar a distribuição do nicho ecológico da espécie *Encephalartos manikensis* na província de Manica
- ◇ Avaliar a contribuição relativa das variáveis ambientais na determinação dos limites de distribuição de *Encephalartos manikensis* na província de Manica.
- ◇ Identificar potenciais áreas para novas ocorrências.

4. Área de estudo

4.1. Área e localização geográfica

A área da Província de Manica compreende três zonas distintas: Distrito de Bárúé, zona de Chimoio, Gondola e Sussundenga; e Distrito de Mossurize abrangendo assim doze postos administrativos (PA) em cinco (5) distritos, sendo os PAs de Catandica, Nhampassa e Choa no Distrito de Bárúé, o PA de Mavonde no Distrito de Manica, os PAs de Amotongas, Cafumpe, Matsinho e Inchope no Distrito de Gondola, PAs de Sussundenga e Muhoa no Distrito de Sussundenga e os PAs de Espungabera e Dacata no Distrito de Mossurize (Carla e António, 2007).

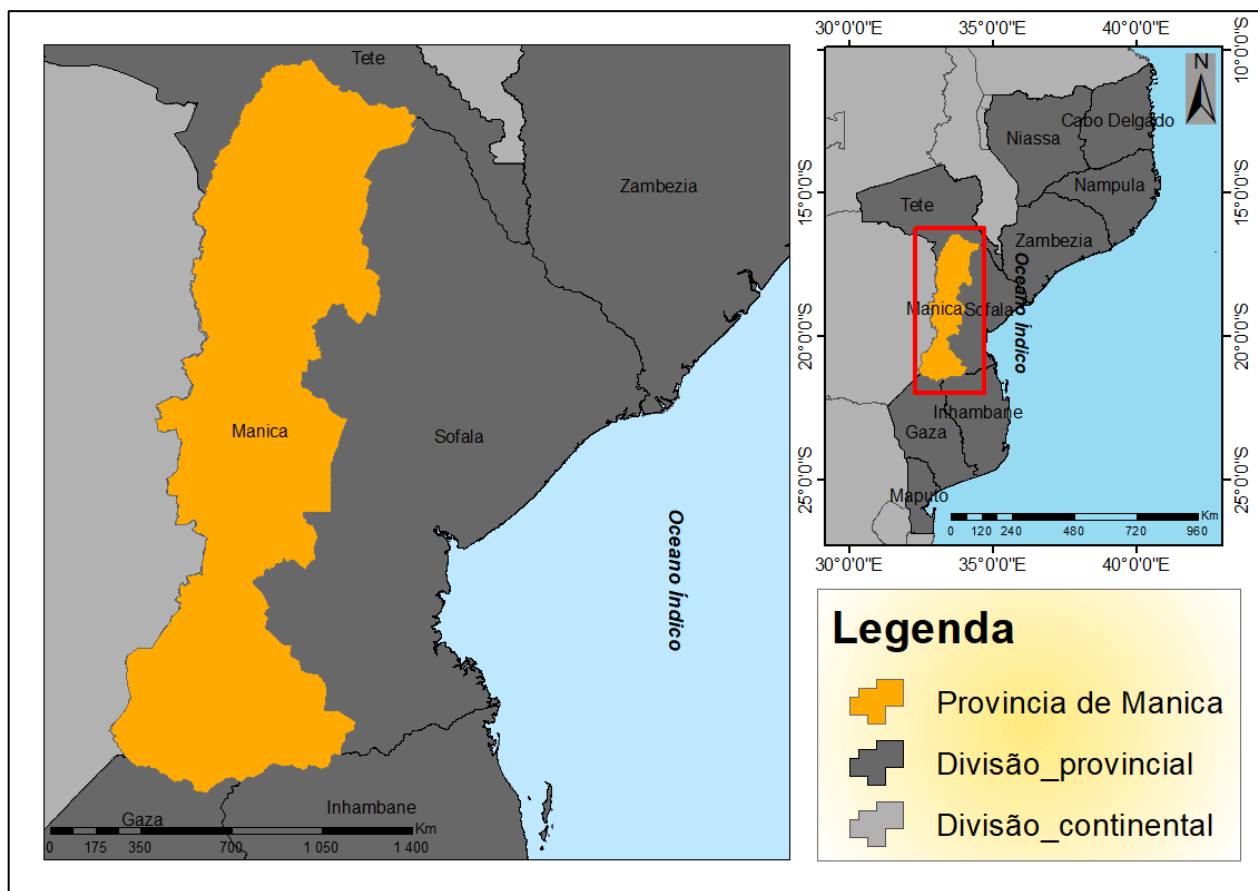


Figura 2: Mapa da localização geográfica da área de estudo.

4.2. Solos

Os principais solos que ocorrem são maioritariamente dominados pelos Ferral solos, Arenossolos e Acrissolos. O teor de matéria orgânica do solo é geralmente muito baixo, com teor de nitrogénio geralmente mediano, dadas as características edafoclimáticas das áreas florestais. O solo é ainda caracterizado por teor elevado de potássio e geralmente muito baixo de fosforo (Carla e António, 2007). O mapeamento disponível relativo ao risco de erosão refere que para a zona da Província de Manica é possível depreender que o risco de erosão é entre médio e alto, sendo as de maior risco as áreas junto da fronteira com o Zimbábue (Carla e António, 2007)

4.3. Clima

Manica apresenta um clima que oscila entre tropical chuvoso de savana nas zonas mais baixas, e temperado chuvoso de montanha nas zonas de planalto e montanhosas. As chuvas estão concentradas nos verão (Novembro a Abril) e a sua amplitude na área de Projecto oscila entre os 1.100 e 1.400 mm de precipitação media anual. Os valores mais baixos registaram-se nas parcelas mais elevadas, nos Distritos de Barué e de Mossurize (cerca de 1.400 mm) (Carla e António, 2007)

4.4. Hidrologia

A região de Manica é drenada pelo rio Revuè e seus afluentes. Por sua vez, este drena as suas águas no rio Búzi que é a bacia hidrográfica principal. As parcelas dos distritos de Barué e Gondola situam-se na bacia hidrográfica do Púngué, enquanto as de Manica, Mossurize e Sussundenga estão na bacia do Revue, sendo drenadas, respectivamente, pelos rios Púngué e Inhazonia (no Púngué) e pelos rios Revue, Muda e Messica (no Revue) (Carla e António, 2007).

4.5. Vegetação

De acordo com o novo mapa histórico de vegetação ou ecossistemas terrestres de Moçambique, (Lotter *et al.*, 2023), a província de Manica compreende cerca de 40 tipos de vegetação/ecossistemas, sendo alguns dos mais comuns a Floresta arenosa de Madanda, Miombo humido da escharpa de Choa, Miombo da escharpa de Dombe, Miombo da escharpa de Báruè, Miombo húmido do Chimioio, Mata seca de Guro e Miombo húmido do planalto de Bárué exemplos. Cerca de 17

dos ecossistemas que ocorrem na província são considerados ameaçados, incluindo Pradaria de montanha de Chimanimani, Pradaria de montanha de Manica, Miombo humido da escarpa de Choa, Miombo de Montana de Chimanimani, Miombo húmido do Chimioio, Floresta húmida das terras baixas do centro, entre outros (Lotter *et al.*, 2023) . Em termos de serviços de ecossistemas às comunidades locais, a vegetação nativa providencia recursos tais como a produção de lenha e carvão, a colheita de produtos alimentares (raízes, folhas, fauna, etc.) e medicinais para a sua utilização quotidiana (Carla e António, 2007).

4.6. Áreas relevantes para conservação

Em termos de áreas de conservação oficiais, a província de Manica apresenta 1 parque Nacional (Parque Nacional de Chimanimani), 4 Coutadas (Coutadas, 7,9 e 13 ao norte e coutada 4 ao sul da província), incluindo 3 reservas florestais nomeadamente (Zomba, Moribane e Maronga). A província também apresenta outras áreas de importância para conservação, como 3 Áreas-chave para biodiversidade (KBAs- do ingles *Key Biodiversity Areas*) nomeadamente: KBAs de Serra Choa, Machipanda e o Parque Nacional de Chimanimani (WCS, Governo de Moçambique & USAID, 2021) e 7 Áreas Importantes de Plantas de Moçambique (TIPAs) nomeadamente: Monte Urueri e Monte Bossa , Serra Garuzo, Tsetserra, Monte Zembe, Serra Mocuta, Terras baixas de Chimanimani e Montanhas de Chimanimani (Darbyshire *et al.*, 2023).

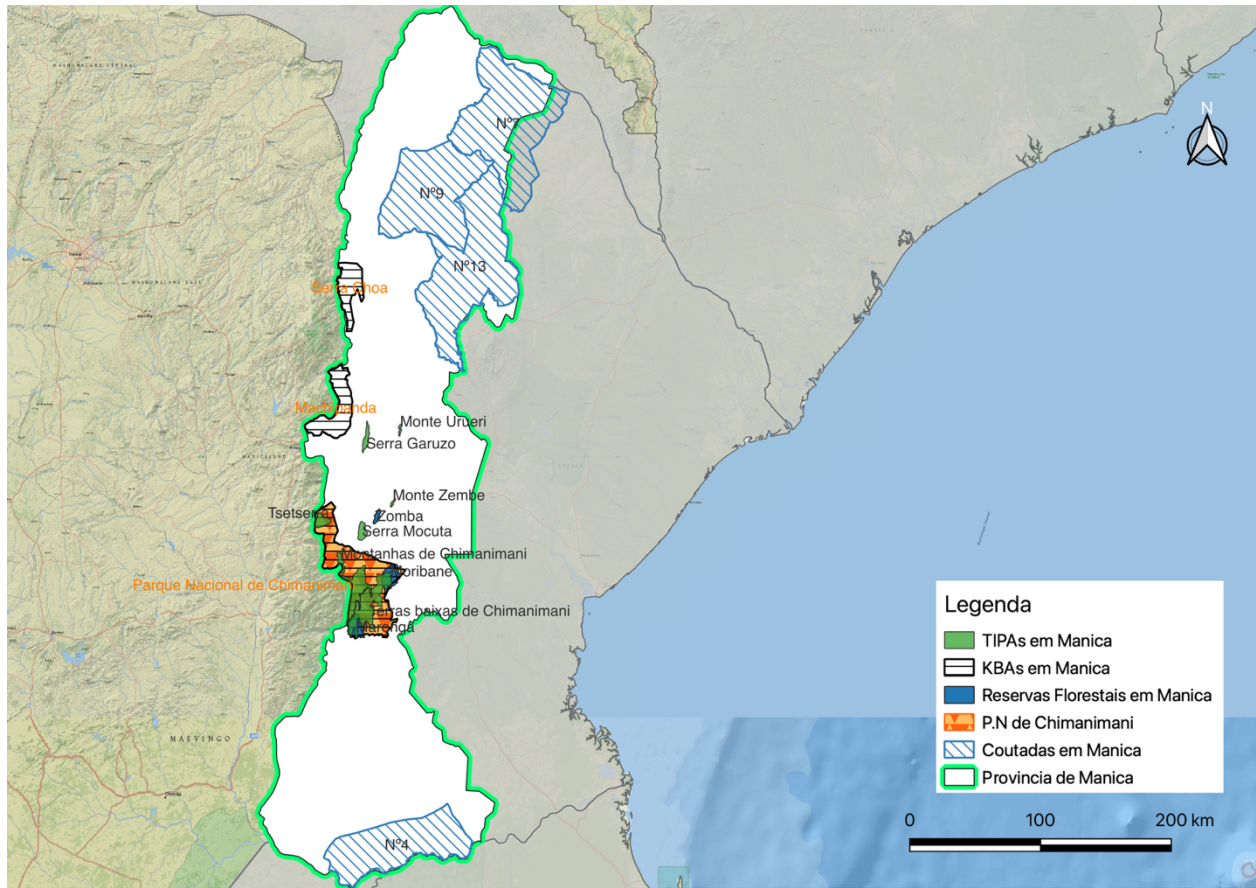


Figura 3: Áreas relevantes para conservação na província de Manica

5. Revisão bibliográfica

5.1. Taxonomia e Caracterização da espécie



Classificação taxonómica

- ◇ **Reino:** Plantae
- ◇ **Clado:** Traqueófitas
- ◇ **Clado:** Gimnospermas
- ◇ **Divisão:** Cycadophyta
- ◇ **Classe:** Cycadopsida
- ◇ **Ordem:** Cycadales
- ◇ **Família:** Zamiaceae
- ◇ **Gênero:** *Encephalartos*
- ◇ **Espécie:** *Encephalartos manikensis*
- ◇ **Sinonímia:** *Encephalartos gratus* var. *manikensis* Gilliland (1938)
- ◇ **Nome comum:** “Manica cycad”, “Gorongono cycad”

Figura 4: Foto de Josef Cycad Perner, cone masculino de *E. manikensis*

- **Caracterização morfológica**

Hábito e Porte

Espécie perene e robusta, de porte médio, com caule erecto que pode atingir cerca de 1m até 1,5 m de altura e cerca de 30 cm de diâmetro. O caule produz brotas basais com frequência, formando touceiras densas.

Folhas

- ◇ **Disposição:** Dispostas em roseta no topo do caule.
- ◇ **Comprimento:** 100–200 cm.
- ◇ **Largura:** Aproximadamente 35 cm.

- ◇ **Forma geral:** Estreitamente ovado-lanceolada a oblonga, ereta e rígida.
- ◇ **Número de pares de pinas:** Cerca de 60.
- ◇ **Pecíolo:** 5–10 cm de comprimento.

- ◇ **Pinas ou folíolos:**
 - Maiores medem 12–15 × 2–2,5 cm (podendo chegar a 19 × 3,5 cm).
 - Formato lanceolado-ovado ou estreitamente elíptico.
 - Terminam em **espinho apical voltado para a frente**.
 - Apresentam **1 a 2 (raramente até 4)** espinhos nas margens superiores e inferiores.
 - As pinas inferiores reduzem-se a **espinhos simples curtos**.
- ◇ **Coloração:** Folhas jovens verde-claro, tornando-se verde-médio na maturidade.

Estruturas Reprodutivas (Cones)

Espécie **dioica** — plantas masculinas e femininas separadas.

Cones masculinos

- ◇ **Número:** 1 a 4 por planta (ocasionalmente até 12) erectos, de forma cilindro-ovoide.
- ◇ **Comprimento:** medem de 25–60 cm de altura em pedúnculo de 5-15cm.
- ◇ **Escamas:** Medianas, ligeiramente espaçadas quando maduras; posicionadas em ângulo recto ao eixo, com cabeças levemente curvadas; forma triangular com margens agudas e face terminal côncava.
- ◇ **Cor:** Verde, tornando-se amarelado na maturidade.

Cones femininos

- ◇ **Número:** Até 3 por planta de forma ovoide.
- ◇ **Comprimento:** 30–45 cm (ocasionalmente até 1 metro).
- ◇ **Largura:** 20–25 cm.
- ◇ **Revestimento:** Lanoso, solto, tornando-se glabro com a idade.
- ◇ **Escamas:** Medianas, dispostas em ângulo reto ao eixo, cerca de 5 cm de comprimento; achatadas dorsiventralmente, com cabeças deltóides e margens agudas; face terminal côncava.

- ◇ **Cor:** Verde, tornando-se amarelada na maturidade.

Sementes

- ◇ **Forma:** Elipsoides amplas.
- ◇ **Tamanho:** 2,5–3,5 cm de comprimento.
- ◇ **Coloração:** Escarlate brilhante, escurecendo com a idade.



Figura 5: *E. manikensis*, no monte Nhaumbwé em Garuso (Foto: Laquine e Massingue 2025).

5.2. Estado de conservação

O *Encephalartos manikensis* não tem um estado de conservação específico amplamente divulgado. A maioria das espécies do gênero *Encephalartos* em África estão ameaçadas de extinção devido à exploração ilegal para jardinagem e coleções.

E. manikensis é uma espécie avaliada como vulnerável, porém, é relativamente abundante em algumas partes da sua área de distribuição (IUCN, 2022 e Jones, 2002). A classificação de vulnerável baseia-se no declínio populacional da espécie em pelo menos 30% nas últimas três gerações (mas principalmente nos últimos 50 anos) (IUCN, 2022).

5.3. Geografia

A geografia do *E. manikensis*, também conhecido como Gorongoza Cycad, é restrita a Moçambique e Zimbabué, especificamente na região da fronteira entre os dois países. A espécie cresce em encostas de montanhas e colinas de granito, a altitudes entre 600 e 1400 metros acima do nível do mar, habitando geralmente em áreas com bastante sol, em solos bem drenados. Em Moçambique é encontrado em áreas como a região de Garuso, Monte Bandula, Monte Chicamba, Monte Chinhazanza (Chinyayadze/Chinyazange), perto de Vanduzi e perto do rio Pungwe.

Em Zimbabué ocorre em regiões como o Monte Gorongo, Monte Selinda e a área de Chipinge, Maciço de Nyanga. Há registo de muitos indivíduos que ocorrem nas terras altas da Cordilheira Mapande. A sul, ocorre desde o Monte Selinda, no Zimbabué, em direção ao norte, através da área de Chipinge, perto do Monte Nyanyadzi, ao longo dos rios Odzi e Garezi e até ao Monte Gorongo e mais a norte até ao Monte Darwin (Pfura/Fura), a localidade típica é o Vale Numkwarara (Nyamkwarara), perto do Monte Gorongo (IUCN, 2023).

De acordo com Capela (2006), existe uma pequena variação entre subpopulações de locais diferentes e isto suscita questões sobre a taxonomia destas subpopulações, segundo o mesmo autor podem existir até cinco espécies, mas os taxonomistas não foram capazes de discernir características consistentes para definir estas possíveis espécies.

5.4. População

O tamanho da população de *Encephalartos manikensis* estima-se que existam menos de 10.000 indivíduos maduros (IUCN, 2023).

5.5. Ameaças

A ameaça mais significativa à *E. manikensis* é a colecta ilegal de plantas selvagens para fins ornamentais. Outras ameaças incluem o reflorestamento e a expansão da agricultura. De acordo com a IUCN (2022), há uma escassez de informações atualizadas sobre o estado populacional desta espécie, sendo necessárias avaliações de campo para monitorar as alterações ocorridas na última década.

5.6. Acções de Conservação

Esta espécie está listada no Apêndice I da CITES¹. Subpopulações de *Encephalartos manikensis* ocorrem no Parque Nacional de Nyanga, no Zimbabué. São necessárias pesquisas mais abrangentes para determinar o estatuto taxonómico de diferentes subpopulações. Algumas subpopulações com características distintas estão a ser extirpadas (IUCN, 2023).

5.7. Fundamento teórico- Nicho ecológico

A teoria de nicho ecológico é a sustentação para diversas técnicas de modelagem de distribuição espacial de espécies (Peterson, 2011). O nicho ecológico é um espaço n-dimensional onde cada dimensão representa uma variável ambiental ou recurso necessário à vida de uma espécie (ex: temperatura, humidade, alimentos, locais de nidificação, pressão predatória, intensidade luminosa e densidade populacional), influenciando a forma como ela se distribui na natureza (Peterson, 2011)

Peterson (2011) utilizou a abordagem correlativa para modelar o nicho de espécies, combinando variáveis ambientais com dados sobre a ocorrência real das espécies em plataformas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com objectivo de prever áreas adequadas para o estabelecimento de uma espécie, combinando factores topográficos, climáticos e outros factores ecológicos.

Hutchinson (1957) definiu nicho ecológico como as diferentes condições ambientais que limitam a sobrevivência de uma espécie. Sendo dividido em dois tipos: Nicho fundamental e Nicho realizado. O primeiro engloba recursos e condições ambientais favoráveis para a existência da espécie, sem considerar a influência de interações bióticas, tais como competição e predação. O segundo abrange os mesmos factores, porém com presença de predadores e competidores.

Em *Encephalartos*, muitos táxons são frequentemente encontrados em nichos ambientais específicos e a ecografia tem uma forte relação com a evolução do género. (Osborne, 1990 e Yessoufou *et al.*, 2014). Yessoufou *et al.* (2014) e Mankga *et al.* (2020) observaram que a distribuição disjunta de *Encephalartos* na África poderia ser explicada por uma rápida radiação

¹ Apêndice I da CITES (proteção máxima): Lista as espécies mais ameaçadas de extinção, e o comércio internacional de espécimes dessas espécies é proibido, exceto em circunstâncias excepcionais (ex. pesquisa científica)

recente da espécie. Neste trabalho foi usada a abordagem correlativa para modelar o nicho da espécie *Encephalartos manikensis* na Província de Manica.

5.8. Modelos de Distribuição

O conceito de distribuição de uma espécie inclui as ideias de presença de indivíduos, presença de populações reprodutivas e probabilidade de detecção. Já, as áreas de distribuição de uma espécie serão os subconjuntos do espaço geográfico em que a presença de indivíduos ou populações de uma espécie podem ser encontrados, e existem áreas sem populações ou indivíduos observáveis, mas que são adequadas para sua presença. O que determina a presença de uma espécie em uma região são as relações entre áreas de distribuição e nichos (Peterson *et al.*, 2011).

A modelagem de distribuição de espécies (MDS) é um método computacional que constrói uma representação das condições requeridas para a sobrevivência de uma ou mais espécies, combinando dados de ocorrência com variáveis ambientais (Anderson *et al.*, 2003). É um método útil para entender a biogeografia e ocorrência potencial das espécies através do desenvolvimento de mapas como resultados (Anderson *et al.*, 2003).

Actualmente a Modelagem de Nicho Ecológico (MNE) tornou-se o procedimento analítico e estatístico muito utilizado para auxiliar na identificação dos factores que influenciam a ocorrência das espécies e na delimitação da distribuição geográfica (Franklin, 2009).

A modelagem de distribuição de espécies pode usar exclusivamente dados abióticos que definem as características do habitat, tais como condições climáticas, tipos de solo e a altitude (Terasawa, 2019).

O interesse por essa ferramenta é crescente, em razão da necessidade de informações rápidas e fundamentadas para direccionar estratégias de conservação (Giannini, 2012), mitigar impactos das mudanças climáticas (Vaz e Nabout, 2016) ou até mesmo auxiliar na descoberta de novos táxons (Giacomin *et al.*, 2014).

6. Metodologia

6.2. Obtenção de Dados

As informações sobre a espécie *Encephalartos manikensis* foram obtidas através de, (a) visitas as comunidades locais, (b) revisões bibliográficas e (c) informações obtidas em coleções científicas. Procurou-se acrescentar apenas os registos recentes que tragam informações mais exactas sobre a localidade, evitando citar apenas os locais onde a espécie foi avistada.

Para este estudo foram usados dados secundários colectados entre 27 de Setembro a 2 de Outubro de 2024 e entre 5-15 de Fevereiro de 2025 em todas as áreas de provável ocorrência na província de Manica. No campo foi usada uma amostragem aleatória ao longo das montanhas onde a espécie ocorre, fez-se caminhadas para ter acesso a esses locais e fez-se a contagem e registo de indivíduos. A contagem era feita para todos os indivíduos, desde os masculinos, femininos, os juvenis e os mortos. E durante a amostragem foi usado o Sistema de Posicionamento Global (GPS) para marcar os pontos de ocorrência da espécie.

6.3. Variáveis Ambientais

Para a realização da modelagem de nicho ecológico foram utilizadas camadas ambientais que contém dados com potencial relevância biológica para sua ocorrência. 19 camadas de variáveis bioclimáticas foram obtidas no banco de dados Worldclim. Variáveis de caracterização de propriedades do solo foram obtidas da base de dados SoilGrids (informações globais sobre o solo em grade), do International Soil Reference and Information Centre (ISRIC, 2017).

Foram ainda escolhidas algumas variáveis importantes para determinar a distribuição da espécie como a variável uso e cobertura de terra, declividade, disponível na base de dados EarthEnv, o índice de influência humana disponível e a densidade populacional.

7. Análise de Dados

Para analisar os dados usou-se o software MaxEnt (versão 3.2.19), um conjunto de variáveis ambientais e um conjunto de dados de ocorrência para treinamento e teste para análise MaxEnt. O algoritmo executou 500 interações desses processos. Este modelo produziu valores de predição variando de 0 a 1, representando probabilidades cumulativas de ocorrência. As previsões foram mapeadas no ArcGIS (versão 10).

Os modelos no MaxEnt foram realizados usando 30% dos pontos escolhidos aleatoriamente como dados de teste e os 70% restantes como dados de treinamento. Duas medidas de habilidade do modelo foram usadas: a área sob a curva ROC (característica operacional do receptor), AUC (Area under curve/ Área sob a Curva) e os limites de corte definidos. E utilizou-se o teste de Jackknife para determinar o nível de importância de cada uma das variáveis determinantes do nicho de *Encephalartos manikensis*.

7.2. MaxEnt

É um método para estimar a distribuição através de um espaço geográfico, isto é, comparar a densidade de probabilidade em um espaço covariado. Este algoritmo utiliza uma amostra de dados de background no cálculo da distribuição de entropia máxima (Phillips *et al.*, 2004 e 2006).

O Maxent tem uma interface de simples utilização e tem um bom desempenho quando comparado aos demais algoritmos amplamente utilizados para modelagem de distribuição de espécies (Elith e Leathwick, 2006). Além disso, trabalha apenas com dados de presença, o que permite a utilização de dados de coleções na modelagem, e gera estatísticas de validação.

7.3. Teste de Jackknife

O termo Jackknife foi introduzido por Tukey (1958), mostrando que essa técnica poderia também servir para estimar a variância de um estimador e para construir intervalos de confiança em amostras “não-muito grandes”. A estimação Jackknife é uma ferramenta valiosa na estatística e na análise de dados, oferecendo uma abordagem robusta para a avaliação da precisão das estimativas.

8. Resultados

8.2. Distribuição Potencial

A **Figura 6**: Modelagem de Nicho Ecológico da Espécie *E. manikensis* na Província de Manica.

apresenta dois mapas que ilustram a distribuição geográfica da espécie *Encephalartos manikensis* na região de estudo, com base em modelagem de nicho ecológico. À esquerda (A), observa-se o mapa de **distribuição potencial**, que representa gradualmente as áreas com diferentes níveis de adequabilidade ambiental para a ocorrência da espécie. As cores variam de verde (baixa adequabilidade) a vermelho (alta adequabilidade), indicando que as zonas localizadas no extremo oeste da província de Manica, próximas à fronteira com o Zimbábue, apresentam as condições mais favoráveis para a ocorrência da espécie. À direita (B), é apresentado o mapa binário de presença e ausência, onde **presença provável** (em vermelho), correspondente às zonas onde o modelo indica alta probabilidade de ocorrência da espécie, e **ausência provável** (em verde), que inclui regiões com baixa adequabilidade ambiental ou onde a espécie não ocorre.

As áreas de provável presença de *Encephalartos manikensis* localizam-se principalmente nos postos administrativos de Vanduzi, Manica-sede, Machipanda, Sussundenga, Dombe, Mussorize e Barué, mas observaram-se algumas ocorrências pontuais no distrito de Gondola e Nhamatanda. Estas zonas coincidem com regiões de relevo acidentado e elevada altitude. A proximidade com formações como a cordilheira de Chimanimani, Serra de Vanduzi e Serra de Sussundenga reforça a associação da espécie com ambientes montanhosos. Tais áreas oferecem condições ecológicas favoráveis, como clima húmido e solos bem drenados.

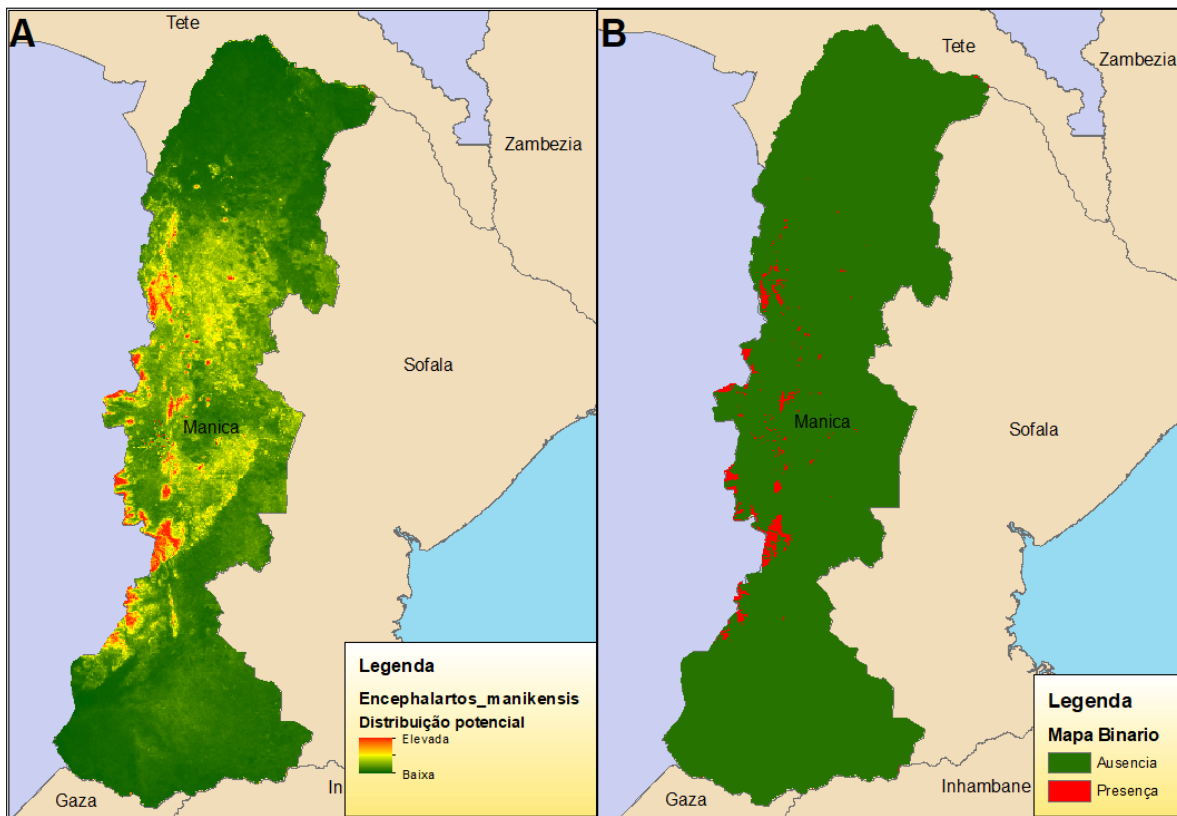


Figura 6: Modelagem de Nicho Ecológico da Espécie *E. manikensis* na Província de Manica.

8.3. Densidade Populacional

As áreas de **Monte Nhaumbwé (Garuso)** e **Monte Chuala** apresentaram maior intensidade de ocorrência de *Encephalartos manikensis*, enquanto a região da **Serra Xinhanganje** e **Monte Dengalenga** também exibe uma mancha de densidade significativa, indicando concentração relevante da espécie nesses locais. A **Serra Chôa** quanto o **Monte Vista Alegre** são áreas com presença confirmada de *Encephalartos manikensis*, mas com **baixa densidade e registos isolados**, o que pode indicar **populações pequenas e isoladas, ambientes menos favoráveis** da espécie nessas localidades.

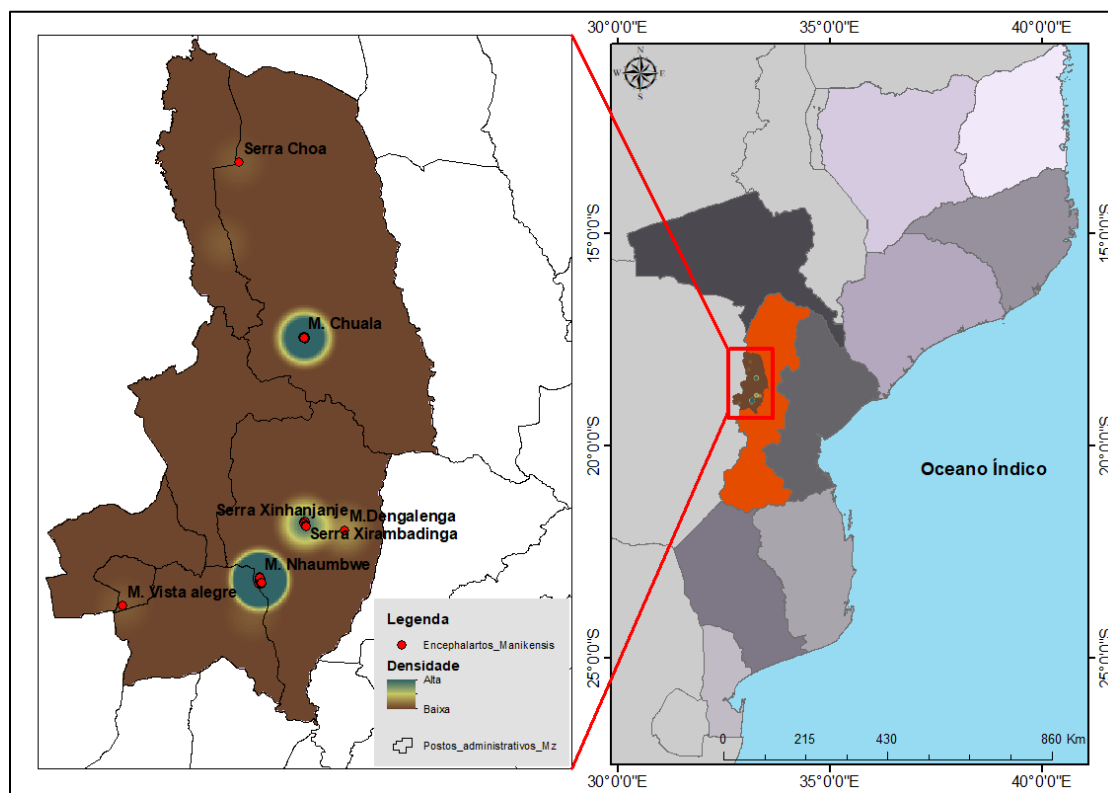


Figura 7: Mapa quantitativo de densidade populacional de *E. manikensis*.

8.4. Principais Variáveis Ambientais Contribuintes

O **Gráfico 1** de contribuição das variáveis ambientais revela que os principais factores que influenciam sua distribuição são o declive (27,7%), o teor de carbono orgânico do solo (23,8%), a precipitação anual (16,9%), a capacidade de troca de cátions (12,5%) e a elevação (11,9%). Esses resultados indicam uma forte associação da espécie com ambientes montanhosos, caracterizados por relevo acidentado, solos rochosos e bem drenados, mas com ocorrência de micro sítios com alguma acumulação de matéria orgânica. Variáveis como sazonalidade da precipitação, textura e acidez do solo apresentaram baixa contribuição, reforçando que os fatores topográficos e as condições edáficas específicas têm papel determinante na adequabilidade do habitat da espécie.

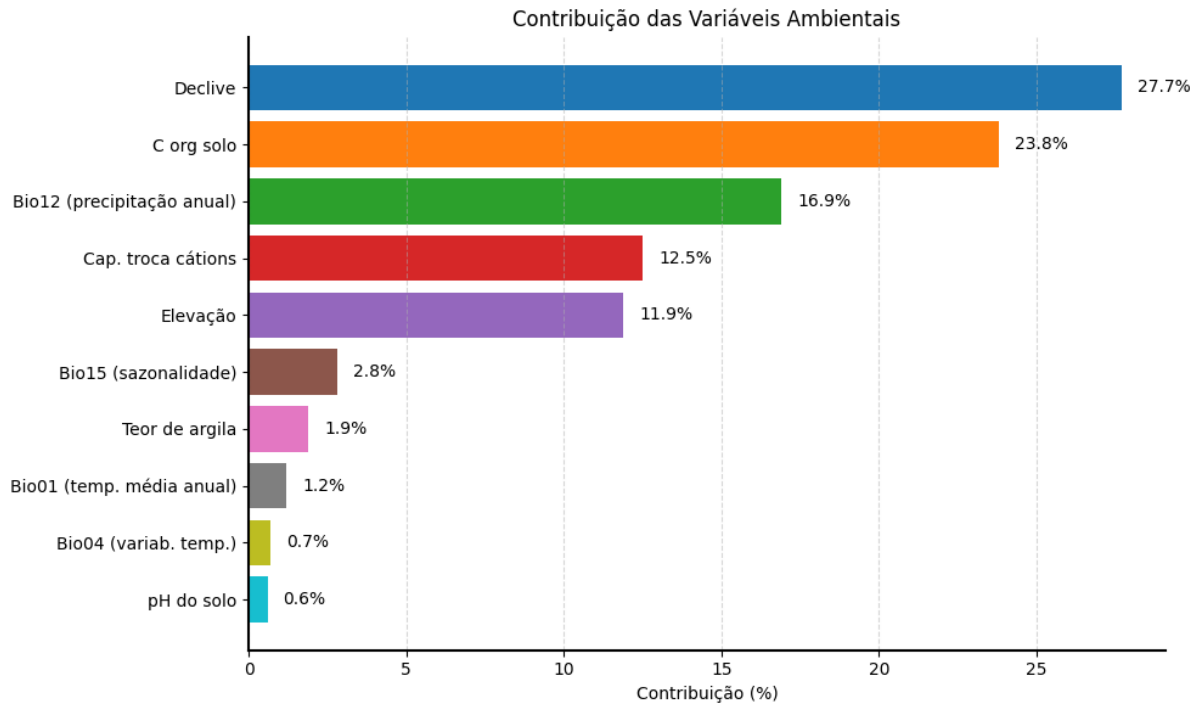


Gráfico 1: Contribuição de variáveis ambientais na modelagem de nicho ecológico.

Teste de Jackknife

O teste de Jackknife (**Gráfico 2**) mostrou que as variáveis topográficas e edáficas são os principais determinantes do nicho de *Encephalartos manikensis*.

Variáveis como **declive** e **carbono orgânico do solo (c_org_solo)** são as variáveis mais importantes para prever o *E. manikensis*. O declive destacou-se como a variável cuja remoção causa a maior redução no valor da AUC (Área sob a Curva), evidenciando sua contribuição única e não redundante para a estrutura do nicho da espécie. Por outro lado, c_org_solo apresenta o maior valor de AUC quando usada isoladamente, indicando alto poder preditivo individual. Em contraste, variáveis como temperatura média anual (**bio01**), variáveis climáticas gerais, **pH do solo** e **teor de argila** apresentaram baixa capacidade discriminativa tanto isoladamente quanto em sua omissão, sendo, portanto, de menor importância relativa.

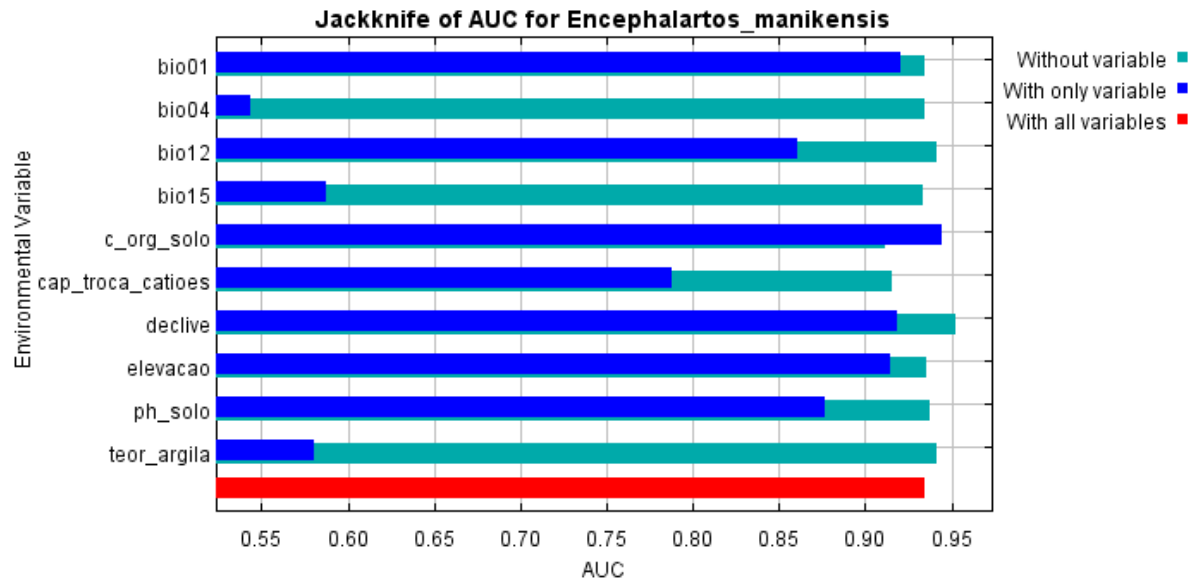


Gráfico 2: Gráfico com resultados do teste de Jackknife da Modelagem de nicho ecológico da espécie *E. manikensis*.

8.5. Qualidade do Modelo

O modelo apresentou (Área sob a Curva ROC) $AUC = 0.986$, valor considerado excelente (quanto mais próximo de 1, melhor o desempenho) (ver **Gráfico 3**). Além disso, a significância estatística associada ao desempenho do modelo foi confirmada pelo valor de $p = 0.0281$, o que valida a robustez do modelo na identificação de áreas ambientalmente adequadas para a espécie. A curva está muita acima da diagonal preta, significa que o modelo distingue muito bem áreas adequadas e não adequadas para *E. manikensis*. A faixa azul é estreita, mostrando baixa variação nos resultados. O modelo consegue prever corretamente quase todos os locais onde a espécie ocorre, minimizando erros de omissão e de comissão.

Enquanto o valor de AUC de **0.986** demonstra que o modelo é altamente confiável e robusto para prever a distribuição de *E. manikensis*, o teste de Jackknife complementa esta avaliação ao indicar quais variáveis ambientais são mais determinantes. O declive e teor de carbono orgânico do solo emergem como factores-chave, reforçando a associação da espécie em ambientes montanhosos e solos específicos.

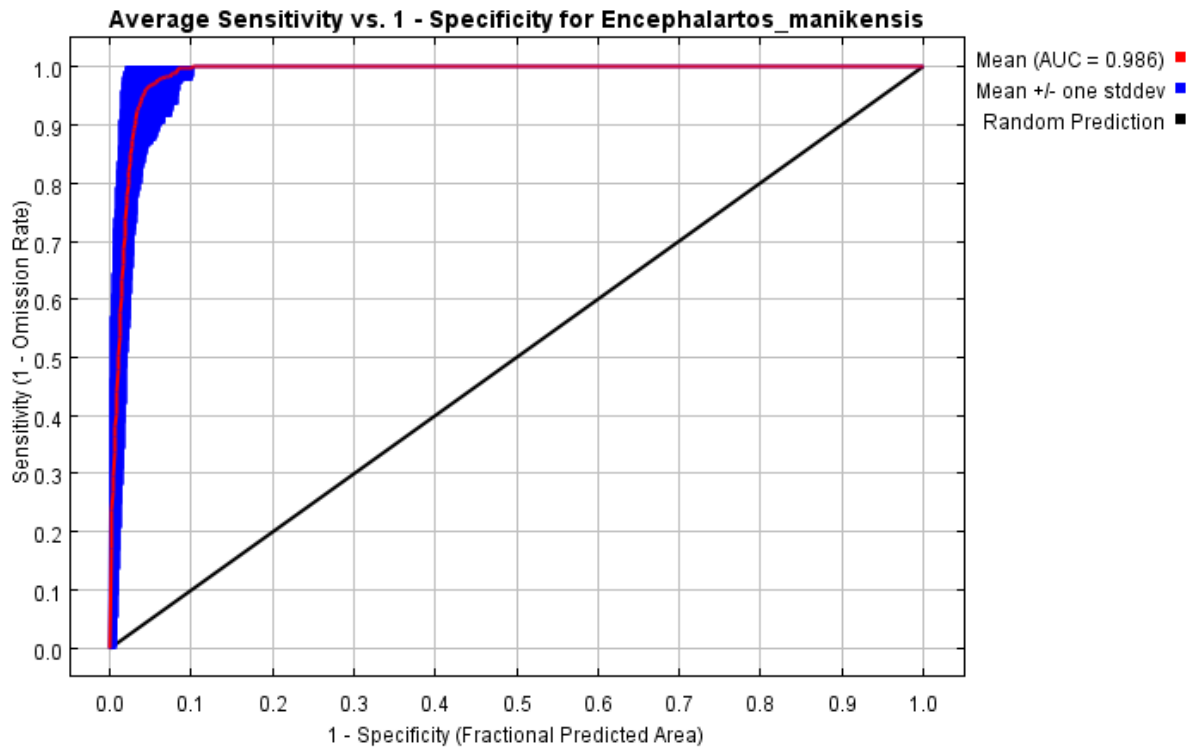


Gráfico 3: Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de nicho ecológico da espécie *E. manikensis*.

8.6. Distribuição

O posto administrativo de **Vanduzi** apresentou o maior círculo, indicando entre 101 e 1000 indivíduos, o que o posiciona como área núcleo de ocorrência da espécie na província. Catandica e Messica surgem como segundos em importância, com registos entre 16 e 100 indivíduos, enquanto Mavonde e Machipanda apresentaram presença intermediária, com 9 a 15 indivíduos. Já os postos de Manica e Choa registam os menores valores, com apenas 1 a 8 indivíduos, sugerindo baixa densidade.

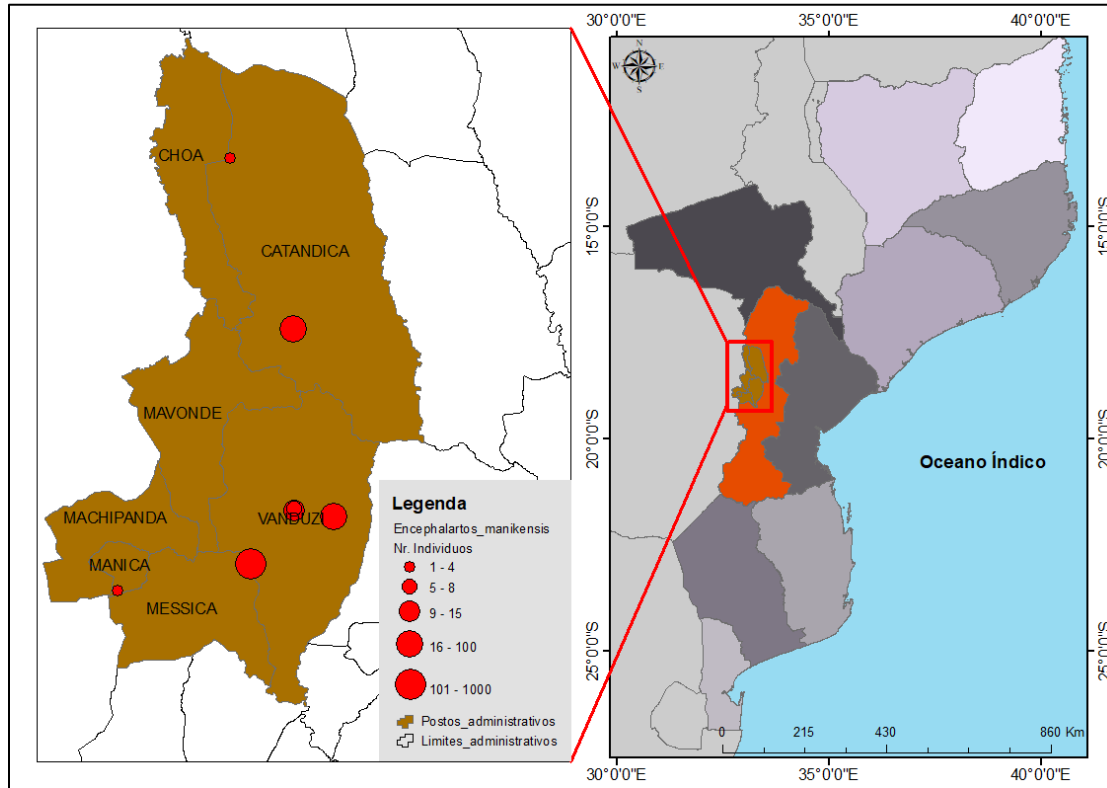


Figura 8: Número de indivíduos de *E. manikensis* na província de Manica.

8.7. Indivíduos Registrados por local

O gráfico abaixo revela que o **Monte Nhaumbwé** abriga a maior concentração de *Encephalartos manikensis*, com cerca de **1000 indivíduos registrados**, destacando-se como núcleo populacional chave possivelmente associado a condições ecológicas favoráveis e boa capacidade reprodutiva no local. Em seguida, **Monte Chuala** e **Monte Dengalenga**, com aproximadamente **100 e 90 indivíduos respectivamente**, apresentam densidades moderadas. Por fim, a **Serra Xirambadinga**, **Serra Xinhanganje**, **Serra Choa** e **Monte Vista Alegre**, exibem números muito reduzidos de indivíduos (todos abaixo de 20 indivíduos) sugerindo populações fragmentadas, habitat menos propício, impacto antrópico elevado.

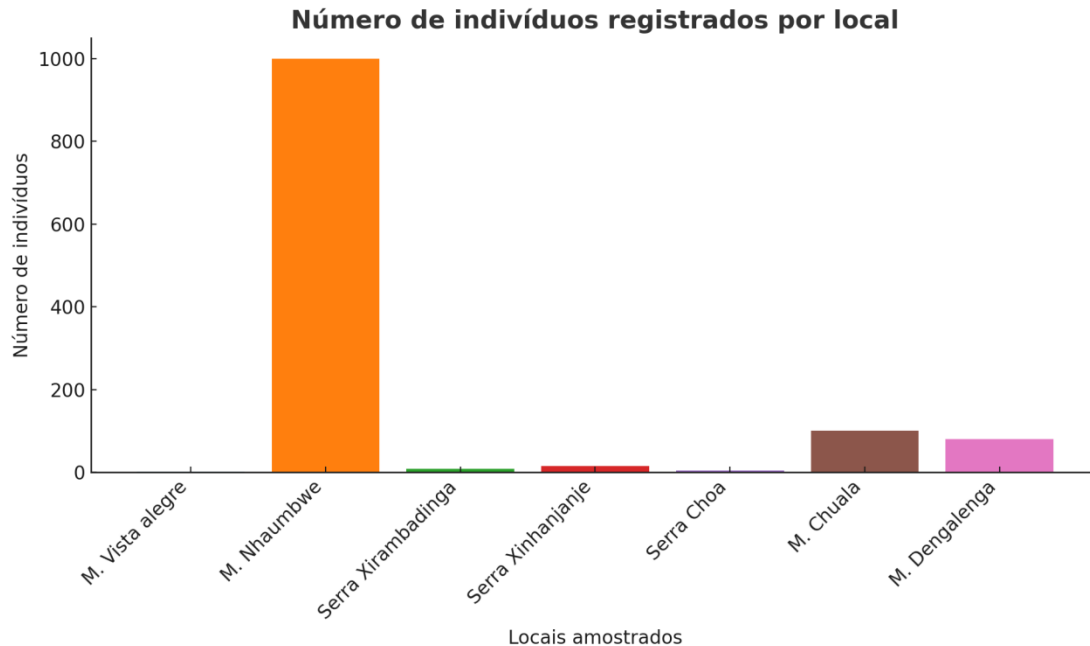


Gráfico 4: Número de indivíduos registrados por cada local na província de Manica.

8.8. Avaliação Populacional

Na província de Manica ocorrem 4 espécies de *Encephalartos* destas 3 são endêmicas e ou quase endêmicas, a *Encephalartos manikensis* é a mais amplamente distribuída pela província. Sendo que foi a mais observada mesmo em Jardins de casas e ou instituições públicas. Notar que está espécie é de fácil reprodução tendo sido encontrado no seu período de reprodução embora poucos indivíduos no campo em reprodução tenham sido observados. Apenas em Vanduzi onde se observou 3 plantas com estróbilos femininos, 1 com estróbilos masculinos (**Figura 9**).



Figura 9: Observações de indivíduos de *E. manikensis* planta feminina a esquerda e masculina a direita em Garuso (Foto: Massingue, 2025).

8.9. Ameaças

As principais ameaças são: agricultura, abate de árvores para produção de carvão, queimadas e comércio ilegal. A agricultura foi observada em quase todas as áreas de ocorrência e o comércio ilegal (**Figura 10**). A demanda por cicadáceas no comércio hortícola, impulsionado por sua beleza e raridade única, alimenta o mercado negro que tem levado à drástica redução das populações naturais da espécie. Os principais centros de comercialização incluem as cidades de Chimoio, Tete e Beira, sendo Tete identificado como o principal ponto de maior procura. Os coletores frequentemente procuram e removem indivíduos maduros, que são essenciais para a reprodução e a sobrevivência a longo prazo da espécie. Essa prática insustentável não apenas reduz o tamanho populacional, mas também interrompe o ciclo reprodutivo natural, comprometendo a capacidade de regeneração da espécie (Massingue *et al.*, 2025 field observations).

Cada indivíduo juvenil é vendido a um preço de 150-200 meticais, e os indivíduos adultos são vendidos a cerca de 700 meticais. Aqui o conceito adulto ou juvenis de acordo com os coletores foi baseado na altura e na facilidade de remoção do solo. Por outro lado, os coletores que também actuam como vendedores, possuem épocas específicas para a coleta (Janeiro a Abril ou Maio), quando a remoção se torna mais fácil devido às chuvas, que tornam o solo mais maleável.

Os colectores removem indivíduos adultos ou tiram pedaços da casca, o que contribui para o declínio populacional e dificulta a identificação da espécie nos mercados. A coleta é geralmente realizada por meio da extração de plantas inteiras. Os colectores ilegais frequentemente desenterram e removem exemplares completos de *E. manikensis* para venda, uma vez que os indivíduos adultos possuem maior valor comercial entre os colecionadores. Os exemplares juvenis também podem ser removidos inteiros, enquanto nas espécies de maior porte é comum a retirada de tiras de casca, um procedimento que costuma ser letal para a planta.

Coleta para medicina tradicional: Partes da planta, especialmente a casca, são colhidas para fins medicinais. A remoção de indivíduos adultos afecta directamente à densidade populacional e da capacidade reprodutiva da espécie. Segundo relatos de um dos vendedores a maior parte dos indivíduos desta espécie é colectada no monte Nhaumbwé (Garuso) (Massingue *et al.*, 2025 field observations).



Figura 10: *E. manikensis* nas ruas de Chimoio sendo comercializado a esquerda (Foto: Moises, 2025), e a direita machambas e produção de carvão (Foto: Massingue, 2025)

9. Discussão

A distribuição de *Encephalartos manikensis* é altamente localizado e restrita a uma área pequena dentro do distrito de Manica, essa distribuição limitada contribui para sua vulnerabilidade, tornando os esforços de conservação ainda mais críticos. Porém, essa espécie é relativamente abundante em algumas partes da sua área de distribuição e algumas subpopulações foram quase totalmente eliminadas (por exemplo, em Elizabethville, no Zimbabué). (IUCN, 2022 e Jones, 2002).

De acordo com estudos e avaliações feitas pela IUCN 2022, o estatuto taxonómico incerto destas subpopulações aumenta o risco associado à extinção local de algumas subpopulações devido aos impactos dos colecionadores que estão ansiosos por ter estas espécies potencialmente "novas" nas suas coleções, práticas da agricultura, queimadas, comércio e assentamentos populacionais. Essas ameaças urgem à necessidade urgente de monitoramento e proteção contínua dessa planta endêmica.

E de acordo com os dados disponíveis na GBIF existem apenas quatro registos de ocorrência no monte Gorongo. Entretanto em Moçambique, há 3 registos de ocorrência na literatura, outrossim, Osborne, 1994 e IUCN 2022 identificaram menos de 10.000 indivíduos maduros, que vem sofrendo seu declínio, causando pequenos isolamentos de subpopulações por conta das pressões humanas e o presente estudo mostrou mapas com locais de maior densidade no posto administrativo de Vanduzi concretamente no **Monte Nhaumbwé** e este local possui maior número de indivíduos pelo difícil acesso da população, no entanto, locais como postos de Manica e Choa possuem menor número de indivíduos que varia de 1 à 8.

E Segundo Guildford 2020, o isolamento desse habitat, embora proporcione alguma proteção, outrossim, torna a fiscalização e monitoria contra coleta ilegal desafiadora.

As áreas estimadas pela modelagem de distribuição potencial como de elevada adequabilidade ambiental para ocorrência da espécie envolvem locais como, Vanduzi, Machipanda, Sussundenga, Dombe, Mussorize e Barué. Estas zonas coincidem com regiões de relevo acidentado, elevada altitude, locais íngremes e rochosos, frequentemente encontrados agarrados precariamente e afloramentos de quartzito que espécie precisa para se desenvolver. Estudos indicam que a espécie possui hábitos restritos a este ecossistema, onde esta região faz fronteira com Zimbábue e cria um

microclima específico para promover o crescimento desta notável cicadácea (IUCN 2022 e Guildford, 2020).

Os algoritmos apresentaram resultados bastante compatíveis com a ecologia da espécie, sendo que a sua distribuição foi altamente definida pelas variáveis de caracterização do solo, que apresentaram maior contribuição incluindo as variáveis elevação e declive, isso devido, aos solos nessas áreas serem especificamente pobres em nutrientes, bem drenados e essa composição específica do solo e o terreno desafiador contribuem para as adaptações especializadas que permitem com que o *E. manikensis* cresça nesses ambientes. Portanto, esses ambientes aparentemente inóspitos fornecem drenagem crucial e evitam o alargamento, um factor chave para sobrevivência da cicadácea (Guildford, 2020). O terreno também oferece proteção contra queimadas, uma ameaça recorrente nas florestas de savana onde cresce. E a altitude em que *E. manikensis* é encontrado varia de 600 a 1000 metros (Flora of Mozambique, 2020).

De acordo com Guildford 2020, as alterações nos padrões de precipitação e o aumento das temperaturas podem agravar as condições de seca, causando efeitos como stresse a espécie que já é vulnerável, de igual modo essas mudanças ambientais podem impactar as delicadas relações ecológicas das quais o *E. manikensis* depende, como a sua associação simbiótica com fungos.

Em *Encephalartos*, vários táxons são frequentemente encontrados em nichos ambientais específicos (Osborne, 1990 e Yessoufou *et al.*, 2014), como por exemplo *Encephalartos hirsutus*, que ocorre em penhascos de quartzito expostos voltados para sudeste e a eco geografia tem uma forte relação com a evolução do género. Yessoufou *et al.* (2014) e Mankga *et al.* (2020) observaram que a distribuição disjunta de *Encephalartos* na África poderia ser explicada por uma rápida radiação recente da espécie.

Embora as projecções dos modelos tenham apresentado predições satisfatórias, é importante que mais dados de ocorrência sejam incluídos nos bancos de dados. Segundo Marco e Siqueira (2009), o bom desempenho dos modelos de distribuição aumenta na medida em que são disponibilizadas um maior número de pontos de ocorrência, assim como a resolução e a escolha das variáveis ambientais afectam fortemente os resultados da modelagem.

E. manikensis era conhecido por ocorrer nos montes Garuso, no entanto, este estudo indica a sua ocorrência também nos montes Chuala, Dengalenga e região da Serra Xinhanganje e nota-se que a maior população foi observada no monte Nhaumbwé (Garuso). Normalmente ocorre nos locais íngremes e rochosos onde não é possível fazer a prática de agricultura e a sua ocorrência nesses

habitats deve ser uma da estratégia de sobrevivência desta espécie. Estes terrenos também oferecem uma proteção contra queimadas, que é uma ameaça recorrente nas florestas de savana onde cresce, todavia, a ocorrência frequente de queimadas afecta a população de juvenis enfrentando deste modo várias dificuldades até chegar a fase de maturação, consequentemente não completam a ciclo de reprodução, aumentando o risco de colapso. Em montanhas completamente rochosas os indivíduos na sua maioria estão intactos. E na maioria das vezes as sementes que caem nos locais arenosos são as mais colectadas no monte Garuso (Massingue *et al.*, 2025 field observations).

As estratégias de conservação de *E. manikensis* envolvem proteção do habitat removendo espécies invasoras que possam competir por recursos, manejo sustentável como controle de pragas e doenças que podem afectar a espécie, reprodução e distribuição, o que pode ser feito através de técnicas de propagação, educação e envolvimento da comunidade é fundamental para garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie, prevenindo tráfico e outras ameaças.

Esta cycadaceae é mais comum nos quintais principalmente no distrito de Manica, mas tendo sido observada na maioria dos quintais dos locais visitados desta província.

10. Conclusão

A distribuição de *Encephalartos manikensis* é restrita à província de Manica em alguns distritos, tornando a espécie vulnerável devido ao declínio da população. A espécie distribui-se maioritariamente no distrito de Vanduzi especificamente no **Monte Nhaumbwé (Garuso)** e **Monte Chuala**, onde apresenta uma média de 1000 indivíduos maduros, e locais como serra da Choa com apenas 1 indivíduo, por conta da proximidade de assentamentos humanos que causam redução do número de indivíduos, culminando em isolamento de pequenas populações. E essa fragmentação torna as populações remanescentes mais susceptíveis a alterações ambientais, doenças e comprometendo ainda mais a sua sobrevivência a longo prazo. As pressões combinadas com a perda de habitat, coleta ilegal e mudanças ambientais contribuem significativamente para um futuro preocupante da conservação da espécie.

Através das análises feitas na modelagem determinou-se que a distribuição da espécie em causa é influenciada por condições ambientais como declive, o teor de carbono orgânico do solo, a precipitação anual, a capacidade de troca de cátions e a elevação, isso porque a espécie se desenvolve em ambientes inóspitos, montanhosos e solos pobres.

A modelagem projectou possíveis áreas de presença de *Encephalartos manikensis* principalmente nos postos administrativos de Vanduzi, Manica-sede, Machipanda, Sussundenga, Dombe, Mussorize e Barué.

11. Limitações

- ◇ Informação limitada acerca da espécie em estudo;
- ◇ Número reduzido de registos dos dados de ocorrência ocorreu devido ao difícil acesso a certas regiões onde ocorre.

12. Recomendações

- ◇ A monitorização a longo prazo de subpopulações apoiará a conservação desta espécie.
- ◇ Disponibilização de maior número de dados para apresentação de melhores resultados.
- ◇ Atualização dos locais de ocorrência da espécie.
- ◇ Fazer-se estudos sobre estrutura populacional em todas as áreas de ocorrência de modo a saber-se se existe população viável e em que áreas.

13. Referências Bibliográficas

- ◇ Anderson R.P., D. Lew. e A.T Peterson (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162: 211-232.
- ◇ Brummitt, N.A., S.P. Bachman. J. Griffiths-lee. M.Lutz. F.Moat. A. Farjon. J.S.Donaldson. T.C. Hilton e T.R. Meagher (2015). Green plants in the red: a baseline global assessment for the IUCN sampled red list index for plants. *plos one* 1–22.
- ◇ Carla, C., e M. António (2007). Relatório do Inventário Provincial de Manica, Direcção Nacional de Terras e Florestas.
- ◇ Calonje, M., D.W.Stevenson e R. Osborne (2022). The world list of cycads, online edition.
- ◇ Capela, P. (2006). Especulações sobre Espécies de *Encephalartos* de Moçambique, Chimoio, Moçambique.
- ◇ Chang, A.C.G., Q. Lai.T. Chen.Y. Wang. E.M.G. Agoo e J. L.N Duan (2020). The complete chloroplast genome of *Microcycas calocoma* (Zamiaceae, Cycadales) and evolution in Cycadales. *PeerJ* 1–22.
- ◇ Chapin III, F. S. E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor, P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, D. U. Hooper, S. Lavorel, O. E. Sala, S. E. Hobbie, M. C. Mack e S. Díaz (2000). Consequence of changing biodiversity nature 400, 234-242.
- ◇ Darbyshire, I., Richards, S., Osborne, J., Matimele, H., Langa, C., Datizua, C., Massingue, A., Rokni, S., Williams, J., Alves, T. & Sousa, C. de (2023). *As Áreas Importantes de Plantas de Moçambique*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- ◇ Donaldson, J.S. (2003). *Cycads. Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- ◇ Elith, J. e J.R. Leathwick (2006). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review Of Ecology: Evolution and Systematics*, v. 40, p.677-697.
- ◇ Franklin, J. (2009). Species distribution modeling. *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.Pp. 3- 20 In: J. Franklin (ed.)
- ◇ Giacomini, L.L.L.H.Y.Kamino e J.R.S tehmann (2014). Speeding up the discovery of unknown plants: a case study of *Solanum* (Solanaceae) endemics from the Brazilian Atlantic Forest. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 35: 121-13.

- ◇ Giannini, T. C., M. F. Siqueira, A.L. Acosta, F.C.C. Barreto, A.M. Saraiva e S.I. Alves (2012). Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. *Rodriguésia*, v. 63, n. 3, p. 733-749.
- ◇ Guisan, A. e N.E. Zimmermann (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, v. 135, n. 2-3, p. 147-186.
- ◇ Google Earth. (2023). Imagens de satélite.
- ◇ Guildford Cycads (2020) *Encephalartos manikensis*: The Manica cycad. Disponível em: <https://www.guildfordcycads.com.au>.
- ◇ Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22:415-427.
- ◇ ISRIC (2017). ISRIC Soil information: Africa Soil information service. Soil property maps of Africa at 250 m resolution.
- ◇ Jones, D.L. (2002). *Cicas do Mundo*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- ◇ Massingue, A., Laquine, A., Ganunga, A. (2025). Enhancing knowledge of population demographics of four highly threatened species of cycads (*Encephalartos*) in Manica Province, Mozambique.
- ◇ Lötter, M., Burrows, J., Jones, K., Duarte, E., Costa, H., McClelland, W., Stalmans, M., Schmidt, E., Darbyshire, I., Richards, S., Soares, M., Grantham, H., Matimele, H. Sousa, C., Alves, T., Zolho, R., Nicolau, D., Ribeiro, N., Macamo, C., Massingue, A., Bandeira, S (2023). Mapa Histórico de Vegetação e Avaliação da Lista Vermelha de Ecossistemas de Moçambique. Versão 2.0 – Relatório final. 494pp. Maputo. USAID / SPEED+, AFD/FFEM.
- ◇ Mankga, L.T. K. Yessoufou e M. Chitakira (2020). On the origin and diversification history of the African genus *Encephalartos*. *S. Afr. J. Bot.* 130, 231–239.
- ◇ Osborne, R. (1990). Conservation strategy for the South African cycads. *S. Afr. J. Sci.* 86, 220–223.
- ◇ Osborne, R. (1994). Foco na *Encephalartos manikensis*. *Encephalartos* 38: 4-11. As cicadáceas. Timber Press, Portland, Oregon.
- ◇ Peterson, A. (2011). Townsend *et al.* Ecological niches and geographic distributions (MPB49). Princeton University Press,

- ◇ Phillips, S.J.R.P .Anderson e R.E.Schapire (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190, p. 231- 259.
- ◇ Phillips, S.J., M.Dudik e R.E.Schapire (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the Twenty-first International Conference on Machine Learning*. p.655-662.
- ◇ Stewart, R.D., J.A.R. Clugstonb. J. Williamsona. H.J e Niemann. D.P (2023). Species relationships and phylogenetic diversity of the African genus *Encephalartos* Lehm. (Zamiaceae) *South African Journal of Botany*
- ◇ Rousseau, P., P.J.Vorster. A.V. Afonso e A.E.V.A.N. Wyk (2015). Taxonomic notes on *Encephalartos ferox* (Cycadales: zamiaceae), with the description of a new subspecies from Mozambique. *Phytotaxa* 204, 99–115.
- ◇ Seoane, C.E.S.,V.S. Diaz. T.L.Santos e L.C.M.Froufe (2010). Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 30, n. 63, p. 207-216.
- ◇ Tukey, J. W. (1958). Bias and confidence in not-quite large samples (Abstract). *The Annals of Mathematical Statistics*, 29(2), 614.
- ◇ Terasawa, V.P.P. (2019). Modelagem preditiva de espécies vegetais vulneráveis e sua representatividade em unidades de conservação de proteção integral da amazônia legal Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.
- ◇ UICN. (2022). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2022-1. Disponível em: www.iucnredlist.org
- ◇ UICN. (2023). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2023-1. Disponível em: www.iucnredlist.org
- ◇ Vaz, U.L., e J.C. Nabout. (2016). Using ecological niche models to predict the impact of global climate change on the geographical distribution and productivity of *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) in the Amazon. *Acta Botanica Brasilica*, 30: 290-295.
- ◇ Wang, Q.C., e J. P. T.Valkonen. (2009). Cryotherapy of shoot tips: Novel pathogen 2830 eradication method. *Trends Plant Sci*, 14, 199–122

- ◇ Westwood, M., N.Cavender. A.Meyer e P.Smith (2020). Botanic garden solutions to the plant extinction crisis. *Plants People Planet* 1–11.
- ◇ WCS, Governo de Moçambique & USAID (2021). Áreas-chave para a Biodiversidade (KBAs) identificadas em Moçambique: Fichas Técnicas, VOL.II. Lista Vermelha de espécies ameaçadas e ecossistemas, identificação e mapeamento de áreas-chave para a biodiversidade (KBAs) em Moçambique. USAID / SPEED+. Maputo. 70pp
- ◇ Yessoufou, K., S.O.Bamigboye. B.H.Daru e M.Van der Bank (2014). Evidence of constant diversification punctuated by a mass extinction in the African cycads. *Ecol. Evol.* 4, 50–58.

14. Anexos

Tabela 1: Número de indivíduos por locais amostrados.

Locais amostrados	Número total de indivíduos
M. Vista alegre)	1
M.Nhaumbwe	Mais de 1000
Serra Xirambadinga	Aproximadamente 8
Serra Xinhanjanje	15
Serra Choa	4
M. Chuala	Mais de 100
M. Dengalenga	80

Tabela 2: Camadas bioclimáticas extraídas do banco de dados do Worldclim

Sigla	Variável ambiental e climática
Bio01	Temperatura media anual
Bio04	Variabilidade da temperatura
Bio12	Precipitação anual
Bio15	Sazonalidade