



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

BÁRBARA ALVES DE OLIVEIRA LIMA

**INFLUÊNCIA DOS EFEITOS ANTRÓPICOS, EDÁFICOS E VEGETACIONAIS
SOBRE A ESTRUTURA POPULACIONAL DE *ATTALEA PINDOBASSU* BONDAR –
BABAÇU, NA CAATINGA**

FEIRA DE SANTANA, BAHIA

2024

BÁRBARA ALVES DE OLIVEIRA LIMA

**INFLUÊNCIA DOS EFEITOS ANTRÓPICOS, EDÁFICOS E VEGETACIONAIS
SOBRE A ESTRUTURA POPULACIONAL DE *ATTALEA PINDOBASSU* BONDAR –
BABAÇU, NA CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Evolução.

Orientador: Jhonathan de Oliveira Silva

FEIRA DE SANTANA, BAHIA

2024

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

L696i

Lima, Bárbara Alves de Oliveira

Influência dos efeitos antrópicos, edáficos e vegetacionais sobre a estrutura populacional de *Attalea pindobassu* Bondar – babaçu, na caatinga / Bárbara Alves de Oliveira Lima. – 2024.

70 p.: il.

Orientador: Jhonathan de Oliveira Silva.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Feira de Santana, 2024.

1. Arecaceae. 2. Babaçu. 3. Biodiversidade. 4. Solo - Atributos.
5. Espécies nativas - Extinção. I. Silva, Jhonathan de Oliveira, orient.
II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU 582.521.11

BÁRBARA ALVES DE OLIVEIRA LIMA

**INFLUÊNCIA DOS EFEITOS ANTRÓPICOS, EDÁFICOS E VEGETACIONAIS
SOBRE A ESTRUTURA POPULACIONAL DE *ATTALEA PINDOBASSU* BONDAR –
BABAÇU, NA CAATINGA**

Aprovada em: 08/03/2024

BANCA EXAMINADORA



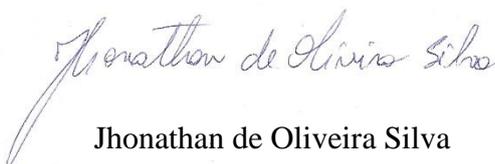
Mário Marcos do Espírito Santo

(Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes)



Elmo Borges de Azevêdo Koch

(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)



Jhonathan de Oliveira Silva

(Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF)

Orientador e Presidente da Banca

Feira de Santana, Bahia

Fevereiro, 2024

DEDICATÓRIA

Minha mãe, Eluzimar, por ter estado ao meu lado durante toda essa jornada.
Sua força, esperança, fé e alegria em cada um desses dias, nos bons e nos maus momentos, foram de grande inspiração para seguir adiante e o meu motor para não desistir.
Minha imensa gratidão.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por todo o apoio concedido durante o estudo aqui realizado, através do Código de Financiamento 001.

RESUMO GERAL

O surgimento de habitats antropizados afeta negativamente a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Nestes habitats têm sido intensificados a exploração de produtos florestais não madeireiros. O babaçu (*Attalea pindobassu* Bondar), palmeira endêmica do Norte da Chapada Diamantina, Bahia, é uma espécie de elevado uso extrativista e importância socioeconômica. A região possui variados ambientes modificados através da remoção da cobertura vegetal, o que compreende um risco para espécies nativas. O estudo teve como objetivo avaliar as características estruturais de 14 populações de *A. pindobassu* em áreas com diferentes níveis de perturbação. Para populações em áreas de vegetação nativa, foram estabelecidas de três a seis parcelas de 30x15 m, com uma subparcela de 7x7 m para amostra de regenerantes. Em áreas de pastagem ou plantios de culturas agrícolas, foram estabelecidas de três a seis parcelas de 50x50 m, com uma subparcela de 5x50 m para regenerantes. Os indivíduos foram classificados em cinco estágios ontogenéticos: plântula, infante, jovem, adulto imaturo e adulto reprodutivo. Medidas quantitativas foram coletadas para classificar os estágios ontogenéticos a partir do tipo de folha, presença/ausência de estipe e presença/ausência de estrutura reprodutiva. Em geral, 92,8% das populações avaliadas apresentaram registros de indivíduos regenerantes. Quanto à distribuição das classes de tamanho, a maior parte das populações apresentou assimetria positiva, onde foi possível observar baixos níveis de ações antrópicas. Em relação à distribuição de classes de altura, 93% das populações obtiveram ajuste à curva de J-Invertido, demonstrando que há baixo interferência no processo natural de regeneração. Foi possível observar que a influência dos fatores antropogênicos afetou mais a densidade dos indivíduos do que fatores edáficos. Para todos os estágios ontogenéticos, a densidade dos indivíduos foi afetada negativamente por ações antrópicas, sendo estas a agricultura, criação de bovinos, colheita de frutos e extração de madeira. Por conseguinte, através do estudo foi possível observar como atividades provenientes da ação do homem podem afetar o ciclo de vida natural de uma espécie vegetal endêmica. A criação de planos de conservação e implementação de práticas de manejo são cruciais para a conservação da espécie.

Palavras-chave: Areaceae; atributos de solo; biodiversidade; extinção; perda de habitat.

ABSTRACT

The emergence of anthropic habitats negatively affects biodiversity and ecosystem services. In these habitats, the exploitation of non-timber forest products has been intensified. Babassu (*Attalea pindobassu* Bondar), a palm tree endemic to the North of Chapada Diamantina, Bahia, is a species of high extractive use and socioeconomic importance. The region has varied environments modified through the removal of vegetation cover, which poses a risk to native species. The study aimed to evaluate the structural characteristics of 14 populations of *A. pindobassu* in areas with different levels of disturbance. For populations in areas of native vegetation, three to six plots of 30x15 m were established, with a subplot of 7x7 m for sampling regenerants. In pasture areas or agricultural crop plantations, three to six 50x50 m plots were established, with a 5x50 m subplot for regenerants. Individuals were classified into five ontogenetic stages: seedling, infant, young, immature adult and reproductive adult. Quantitative measurements were collected to classify ontogenetic stages based on leaf type, presence/absence of stipe and presence/absence of reproductive structure. In general, 92.8% of the populations evaluated had records of regenerating individuals. Regarding the distribution of size classes, most populations showed positive asymmetry, where it was possible to observe low levels of anthropogenic actions. Regarding the distribution of height classes, 93% of the populations achieved adjustment to the Inverted-J curve, demonstrating that there is low interference in the natural regeneration process. It was possible to observe that the influence of anthropogenic factors affected the density of individuals more than edaphic factors. For all ontogenetic stages, the density of individuals was negatively affected by human actions, such as agriculture, cattle breeding, fruit harvesting and wood extraction. Therefore, through the study it was possible to observe how activities resulting from human action can affect the natural life cycle of an endemic plant species. The creation of conservation plans and implementation of management practices are crucial for the conservation of the species.

Keywords: Arecaceae; biodiversity; habitat loss; local extinction; soil attributes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1. Mapa de distribuição das áreas amostradas com presença de <i>Attalea pindobassu</i> , no Norte da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Cada ponto corresponde a uma área amostrada.....	31
2. Imagens referentes à <i>Attalea pindobassu</i> (Arecaceae) distribuídas na região da Chapada Diamantina.....	33
3. Áreas de caatinga em diferentes condições ambientais e uso do solo, com presença de <i>Attalea pindobassu</i>	35
4. Sequência da classificação dos estágios ontogenéticos de <i>Attalea pindobassu</i> através de características morfológicas padronizadas.....	39
5. Representação da distribuição de Classes de Tamanho (m) dentro das 14 áreas com presença de <i>Attalea pindobassu</i> em diferentes ambientes representados por distintos níveis de interferência humana.....	47
6. Valores do Coeficiente de Skewness (g_1) das 14 áreas com presença de <i>Attalea pindobassu</i> distribuídas em diferentes localidades.....	48

LISTA DE TABELAS

1. Caracterização das áreas amostradas com presença de <i>Attalea pindobassu</i> , uso e cobertura do solo e tipo de extrativismo presente no local, na região da Chapada Diamantina.....	36
2. Caracterização das populações de <i>Attalea pindobassu</i> de acordo com os níveis de perturbação, uso e cobertura do solo, com cada código seguindo um índice de perturbação.....	44
3. Conjunto dos Melhores Modelos Candidatos (GLMMs) dos estágios ontogenético de <i>Attalea pindobassu</i> , construídos com diferentes variáveis antropogênicas, edáficas e coeficientes (β) do modelo médio padronizado e importância relativa.....	50

SUMÁRIO

REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
REFERÊNCIAS DO REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
INFORMAÇÕES SOBRE A DISSERTAÇÃO.....	23
CAPÍTULO ÚNICO.....	24
TÍTULO: Influência dos efeitos antrópicos, edáficos e vegetacionais sobre a estrutura populacional de <i>Attalea pindobassu</i> Bondar – Babaçu, na Caatinga	
AUTORES.....	24
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
RESULTADOS.....	42
DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO.....	54
AGRADECIMENTOS	
REFERÊNCIAS	
MATERIAL SUPLEMENTAR	

1. Referencial teórico

1.1. *Distúrbios antrópicos*

A redução e o isolamento da cobertura vegetal têm sido os principais motivos para a perda de espécies (Miraldo et al., 2016; Browne and Karubian, 2018; Soares et al., 2019). As áreas mais afetadas por esses efeitos encontram-se nos trópicos, onde há altas taxas de endemismo (Hansen et al., 2013; Lewis et al., 2015; Soares et al., 2019). As ações antrópicas influenciam no uso do solo, trazendo consequências aos serviços ecossistêmicos e aos padrões de cobertura vegetal natural (Findell et al., 2017; Pereira et al., 2022; Araujo et al., 2023). Dentre as ações antrópicas, a conversão da vegetação nativa para pastagem tem afetado as taxas demográficas das plantas (Guariano e Scariot, 2014; Hordijk et al., 2019; Sá et al., 2020). Ao ser modificada, a paisagem impõe redução nos recursos para os organismos, induzindo perturbações no ecossistema, alterações nas condições climáticas e transformação de florestas em áreas desérticas (Mirzabaev et al., 2019; Leal et al., 2021; Araujo et al., 2023). Ambientes que são caracterizados como manejados refletem populações vegetais com grande isolamento reprodutivo devido à ausência de conectividade (Tomphson et al., 2017). Nessas condições, a presença de áreas desmatadas contribuem para um maior número de eventos de perda de variabilidade genética, o que pode ocasionar processos de extinção local das espécies (Bender et al., 1998; Santos et al., 2016).

Ambientes de florestas têm sido desmatados de forma que matrizes ao serem exploradas transformam espécies vegetais em recursos econômicos, devido sua acessibilidade (Echeverría et al., 2007; Leal et al., 2021). Segundo a FAO (2023), aproximadamente 41 milhões de ha de florestas naturais foram degradados entre 2015 e 2020. Em resposta, a estrutura demográfica das espécies é afetada por diferentes variáveis, desde a estrutura de paisagem às mudanças locais na limitação de fonte de sementes (Pessoa et al., 2017). Há casos em que pelo baixo nível de recursos, a dispersão de sementes é reduzida, refletindo na diminuição do recrutamento de plântulas (Soares et al., 2015). Condições como estas são comumente encontradas em regiões com presença de florestas tropicais secas.

As florestas tropicais secas (FTSs) estão dentre as regiões que mais sofrem com distúrbios antrópicos e redução e/ou ausência de precipitação, podendo no futuro serem

substituídas por áreas desérticas (Mirzabaev et al., 2019; Araújo et al., 2023). O desequilíbrio destes ambientes pode ser recorrente devido à baixa dispersão de sementes e à defaunação (Rocha et al., 2018; Pereira et al., 2022). Logo, efeitos do desmatamento afetam o recrutamento de novas plantas (Pereira et al., 2022). Inserido dentro da zona de FTSs (Miles et al., 2006) e caracterizado como ambiente de região semiárida, o bioma Caatinga sofreu fortes transformações entre 1985 e 2021 (MapBiomias, 2022; Araujo et al., 2023). De toda a área compreendida, 25,59% foi alterada devido à ação do homem nos últimos 37 anos. Parte desse avanço foi através da agropecuária, que ganhou 6,7% do território, equivalente a 5,7 milhões de hectares (MapBiomias, 2022). Em áreas com presença de Unidades de Conservação, a vegetação ocupa em torno de 9,01% do bioma. Porém, perderam 3,3% de área para atividades voltadas para agricultura e pastagem, onde a pastagem obtém a maior utilização, atingindo 2,0% de alteração do ambiente (MapBiomias, 2022). As palmeiras estão entre as espécies que sofrem com as modificações.

A mortalidade e a baixa dispersão de sementes de palmeiras estão cada vez mais correlacionadas aos distúrbios antrópicos, sobretudo pela conversão dessas áreas em pastagens (IBGE, 2019; Pereira et al., 2022). Na Caatinga, as palmeiras são consideradas espécies-chaves devido a elevada importância socioeconômica do grupo (Medeiros et al., 2019). Essa característica as define como Produtos Florestais Não Madeireiros, que quando superexplorados, implicam na persistência das populações vegetais (Isaza et al., 2017; Lima et al., 2023).

1.2. Família Arecaceae e o gênero Attalea

A família Arecaceae corresponde a uma das principais linhagens evolutivas da Botânica (Noblick, 2017). Em classificação sistemática, são caracterizadas como parte do grupo das monocotiledôneas e diferenciam-se das demais plantas em aspectos morfológicos e fisiológicos (Muscarella et al., 2020). Representadas por aproximadamente 188 gêneros, possuem mais de 2.585 espécies pertencentes a cinco subfamílias (Stevens, 2017). O histórico de distribuição remete-se à distribuição Pantropical, a qual pode ser visualizada como bem diversificada (Rosa et al., 2021).

No Brasil, devido a ampla distribuição, há ocorrência de 37 gêneros e cerca de 300 espécies de palmeiras (Flora do Brasil, 2021). Na região Nordeste, atualmente, são encontradas 83 espécies e oito híbridos. A grande riqueza na região se dá devido à boa

adaptação de diferentes espécies da família em variados tipos de vegetação (Noblick, 2019). Os Produtos Florestais Não Madeireiros provenientes da família são vistos como úteis para a população tanto como meio de sobrevivência como no meio extrativista (Santos et al., 2019).

Dentre os grupos vegetais, as palmeiras apresentam grande diversidade de hábitos, o qual se inicia na caracterização do tipo de estipe, podendo ser lenhoso aéreo ou acaulisado (Rosa et al., 2021). Parte das espécies é conhecida por terem estipe solitário. As demais são reconhecidas devido à presença de ramificações raras (Kissing et al., 2019). Em sua formação, o estipe possui uma superfície composta por camada lisa, coberta por fibras ou espinhos, como no caso das palmeiras do gênero *Attalea* (Noblick et al., 2019; Rosa et al., 2021).

A *Attalea* está dentre os gêneros mais conhecidos por distinguir-se com base em sua caracterização monóica. O que a destaca são flores funcionais masculinas e femininas, as quais são produzidas em inflorescências separadas (Noblick, 2019). O gênero é um dos 10 gêneros da subtribo Attaleinae, grupo-irmão do gênero *Syagrus* Mart., (Freitas et al., 2016). No estado da Bahia, o gênero *Attalea* encontra-se representado por 13 espécies (Santos et al., 2019). É o caso da *Attalea pindobassu* Bondar, espécie muito utilizada devido à disponibilidade de recurso presente (Santos et al., 2019).

1.3. *Attalea pindobassu* Bondar

A espécie *Attalea pindobassu* apresenta estipe do tipo solitário, altura máxima até 15 m e 35-50 cm de diâmetro, sendo comumente encontrada em habitat de floresta secundária e áreas de transição (Glassman, 1999; Lorenzi et al., 2010). As folhas são pinadas, em forma ascendente e alternada com 90-160 pinas de cada lado da raque, distribuída regularmente por toda extensão (Santos et al., 2019).

Diferencia-se das demais palmeiras do gênero por ser monoica e hermafrodita, com presença de ramos florais volumosos (Noblick, 2019). A polinização é realizada por abelhas, mas insetos como baratas, formigas e besouros podem se alimentar do pólen (Kuchmeister et al., 1998; Noblick, 2019). O número de cachos varia de seis ou mais, sustentados por pêndulos de 70-90 cm (MAPA, 2012). Cada cacho dispõe 240-720 frutos, podendo pesar entre 90 a 240 gramas (Lorenzi et al., 1996; Silva et al., 2001; Brandão et al., 2022). Os frutos são caracterizados por conter epicarpo, enquanto o mesocarpo é rico em amido com aparência seco-farinácea, de coloração amarronzada quando em estado

maduro e seco; endocarpo rígido contendo três a seis amêndoas a depender do fruto. O tamanho dos frutos varia de 8-10 cm por 5-6,5 cm, o que os fazem ser importantes economicamente (MAPA, 2012; Santos et al., 2019).

A colheita de frutos, exercida na maior parte por mulheres, tem destaque socioeconômico devido às estruturas vegetais e reprodutivas que são utilizados numa variedade de produtos (Santos Neta et al., 2019; Santos Neta et al., 2020). Alguns estudos abordam sua impotência antimicobriana, anti-inflamatória, imunomoduladora e antioxidante (Santos et al., 2020; Nobre et al., 2021; Fakhouri; Da Silva; Velasco, 2021). O óleo da semente é utilizado como matéria-prima para confecção de sabão, óleo comestível, glicerina, assim como torta ou farelo, artesanato, palmito, combustível e o exocarpo do fruto pode ser usado para produção de carvão vegetal (MMA, 2008; Lorenzi et al., 2010; Guimarães e Silva, 2012; MAPA, 2012; Santos et al., 2019).

A dispersão de sementes de *A. pindobassu* acontece de forma primária e secundária através de mamíferos que desempenham papel essencial no recrutamento de plântulas, distribuição espacial e hábitos de colonização (Pimentel e Tabarelli, 2004; Faustino e De Paula, 2014). Entre os mamíferos, têm-se roedores, como pacas (*Agouti paca*) e cotias (*Dasyprocta aguti*), os quais resguardam a função de transportar os propágulos para longe da planta-mãe e enterrá-los, contribuindo para formação de banco de sementes no solo (Guimarães e Silva, 2012). Para potenciais predadores, os registros são desde insetos endógenos, como o besouro do gênero *Pachymerus*, até insetos térmitas (cupins), como a espécie *Heterotermes longiceps* (Grosso e Snyder, 2017).

Devido à variação no modo de dispersão, o gênero *Attalea* possui caracterização em germinação conhecida como remota. Esse fator explica o porquê de o gênero ocupar áreas degradadas (Henderson et al., 2000). Nesses casos, durante o processo de germinação, há formação de um pecíolo cotiledonar que contribui para que as plântulas iniciem o desenvolvimento em grandes profundidades. Quando detectadas, essas formações por meio de dispersão podem obter elevada conservação no banco de sementes, os quais mantem-se por longos períodos (Ebisawa, 2010). Entretanto, quando há ocorrência de perturbações nesses ambientes, como pisoteio ou remoção da vegetação, a sobrevivência das sementes e recrutamento das plântulas são comprometidos (Souza-Silva et al., 2015; Pereira et al., 2022). Grande parte desse comprometimento está fortemente associado ao desequilíbrio das populações que lidam com consequências na estrutura populacional, como envelhecimento e um possível declínio da espécie (Pereira et al., 2022).

1.4. Estrutura populacional

O acompanhamento do desenvolvimento das fases de vida das plantas é chamado de ontogenia (Gatsuk, 1980). Essa condição é responsável por caracterizar as fases de crescimento da planta desde a morfologia, anatomia, fisiologia até a funcionalidade bioquímica (Pereira et al., 2022; Barton, 2023). As sequências de desenvolvimento das plantas, envolvendo as mudanças entre as fases de crescimento, são conhecidas como fase geneticamente regulada (Barton, 2023).

Como parte do conhecimento do desenvolvimento de uma população, medidas quantitativas e qualitativas são observadas para avaliar o processo demográfico de uma espécie (Bernacci et al., 2008; Portela e Santos, 2011). É possível criar ações com intuito de conservar determinada espécie de acordo com o nível de estágio de desenvolvimento ao qual a maior parte da população se encontra, possibilitando projeções futuras para a mesma (Neves, Wadt e Guedes, 2016). Esse acompanhamento pode ser realizado em um período relativamente longo, ou por um tempo determinado que seja suficiente para obter resultado necessário para o estudo (Moreira-Santos et al., 2022).

As condições que apontam mortalidade e natalidade de indivíduos em uma população estão mais associadas ao desenvolvimento do que a idade que possuem quando avaliados (Portela e Santos, 2011). Em ambientes que já passaram por ações antrópicas, a estrutura populacional é fortemente afetada pela limitação de processos que são necessários para manter uma população em crescimento, como por exemplo: fonte de sementes, dispersão de sementes e recrutamento de plântulas (Pessoa et al., 2017; Soares et al., 2015; Leal et al., 2021). Inserido na observação do desenvolvimento estrutural, o "estágio ontogenético" está indicado como o fator que exhibe as diferentes características dos indivíduos de uma população. Esses indivíduos são separados de acordo com o desenvolvimento em que se encontram, por exemplo, como sementes, plântulas, jovens e adultos reprodutivos (Gatsuk, 1980; Portela e Santos, 2011).

As variações ambientais presentes no ambiente podem ser responsáveis por influenciar resultados no tempo e no espaço de diferentes organismos (Portela e Santos, 2011). Compreender as taxas demográficas de uma população pode ser um fator utilizado para comparações de respostas sobre determinada espécie em diferentes situações de distúrbios antrópicos (Moreira-Santos et al., 2022). Segundo Gatsuk (1980), indivíduos podem obter o mesmo estágio ontogenético, mas exibirem diferentes idades cronológicas. Uma das qualidades que colaboram para esse fator é que as plantas apresentam

mecanismos de regulação interna que interpretam condições ambientais, e em resposta, retardam ou aceleram o desenvolvimento do indivíduo (Lawson e Poething, 1995).

As palmeiras destacam-se no que se refere à diversidade no ambiente. Logo, devido à evidência que possuem para fins socioeconômicos, estudos que visam à análise da estrutura populacional são recorrentes (Leal et al., 2021; Orioli e Scariot, 2021; Lima et al., 2023). Inserido nesse contexto, os estágios ontogenéticos mais notáveis e classificados por sequência, são baseados na variação do tamanho da planta (Begon et al., 1996). A partir da classificação desses parâmetros, pode-se observar a combinação da distribuição de classes e averiguar como está se comportando a densidade dos diferentes estágios da população sob pressões seletivas (Giroldo e Scariot, 2015).

No que se referem às pressões seletivas, estas afetam as taxas de recrutamento e inviabilizam as condições demográficas (Shumann et al., 2010; Orioli e Scariot, 2021). Aspectos fenotípicos durante o processo ontogenético em diferentes estágios apontam que pressões seletivas variam ao decorrer da mudança entre as etapas de crescimento (Lawson e Poething, 1995). Sendo assim, eventos neste meio biológico exigem a análise do habitat, em especial, porque através desta metodologia pode-se ter uma melhor facilidade para buscar a criação de projetos que visem o manejo sustentável da espécie (Lima et al., 2023), e, desta forma, manter um crescimento populacional da espécie alvo.

REFERÊNCIAS

- Araujo, HFP. et al., 2023. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. *Scientific Reports*, 13, 18440. DOI: 10.1038/s41598-023-45571-9.
- Barton, KE., 2023. The ontogenetic dimension of plant functional ecology. *Functional Ecology*, pp.1-16. DOI: 10.1111/1365-2435.14464.
- Begon, M., Harper, JL., Townsend, CR., 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3rd Edition, Blackwell Science Ltd.
- Bender, DJ., Contreras, TA., Fahrig, L., 1998. Habitat loss and population decline: A meta-analysis of the patch size effect. *Ecology*, pp.517-533. DOI: 10.2307/176950.
- BFG (The Brazil Flora Group)., 2021. *Flora do Brasil*, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp.1-28. DOI: 10.47871/jbrj2021001.
- Bernacci, LC., Martins, FR., Santos, FAMD., 2008. Estrutura de estádios ontogenéticos em população nativa da palmeira *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). *Acta Bot. Bras.*, pp.119-130. DOI: 10.1590/S0102-33062008000100014.
- Brandão, J., Laca-Buendía, JP., Macedo, JF., 2022. Árvores nativas e exóticas do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG. p.528.
- Browne, L., Karubian, J. 2018. Habitat loss and fragmentation reduce effective gene flow by disrupting seed dispersal in a neotropical palm. *Mol. Ecol.* 27, pp.3055-3069. doi: 10.1111/mec.14765
- CNC Flora. *Attalea pindobassu* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Attaleapindobassu>. Acessado em 25 de maio de 2022.
- Ebisawa, SM., 2010. Comparação dos estádios ontogenéticos da palmeira *Attalea dubia* em fragmentos de Mata Atlântica, RJ. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal como obtenção do título de Engenheiro Florestal no Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p.37.
- Echeverría, C. et al., 2007. Impacts of forest fragmentation on species composition and forest structure in the temperate landscape of southern Chile. *Global Ecology and Biogeography*, pp.426-439. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2007.00311.x.

- Fakhouri, FM.; Da Silva, LR.; Velasco, JI., 2021. *Attalea speciosa* (*Orbignya phalerata*). Em: Freitas de Lima, F.; Lescano, CH.; Pires de Oliveira, I. (Eds.). Fruits of the Brazilian Cerrado. Cham: Springer International Publishing, pp. 125-139.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global Forest Resources Assessment, 2020: Disponível em: <https://fradata.fao.org/assessments/fra/2020/SA/sections/forestCharacteristics>. Acessado em 15 de Dezembro de 2023.
- Faustino, CDL., De Paula, HH., 2014. Dispersão de frutos de palmeiras em duas tipologias vegetais na Amazônia Sul-Occidental. Adv. For. Sci., Cuiabá, pp.35-38. ISSN: 2357-8181.
- Findell, KL. et al., 2017. The impact of anthropogenic land use and land cover change on regional climate extremes. Nature Communications, 8, 989. DOI: 10.1038/s41467-017-01038-w.
- Freitas, C. et al., 2016. Phylogenetic analysis of *Attalea* (Arecaceae): insights into the historical biogeography of a recently diversified Neotropical plant group. Botanical Journal of the Linnean Society, pp. 287-302. DOI: 10.1111/boj.12466.
- Gatsuk, LE. et al., 1980. Age states of plants of various growth forms: A Review. Journal of Ecology, pp.675-696. DOI: 10.2307/2259429.
- Giulietti, AAM. et al., 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação, pp.48-131. ISBN: 9788598830124.
- Glassman, SF., 1999. A taxonomic treatment of the palm subtribe *Attaleinae* (tribe Cocoeae). University of Illinois. DOI: 10.5962/bhl.title.49920.
- Guariano, EDS., Scariot, A., 2014. Direct seeding of dry forest tree species in abandoned pastures: effects of grass canopy and see burial germination. Ecological Research, pp.473-482. DOI: 10.1007/s11284-014-1143-4.
- Guimarães, CAL.; Silva, LAM., 2012. Piaçava da Bahia (*Attalea funifera* Martius): do extrativismo à cultura agrícola. EDITUS, Editora da UESC, p.262. ISBN: 9788574552828.
- Grosso, M., Snyder, H., 2017. Registro de ocorrência de *Heterotermes longiceps* Snyder, 1924 (*Isoptera*: Rhinotermitidae) em frutos de Babaçu no município de Nossa Senhora do Livramento, Mato Grosso, Brasil. Revista Espacios, p.26. ISSN: 0798-1015.

- Hansen, MC. et al., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, v. 342, pp.850-853. DOI: 10.1126/science.1244693.
- Henderson, A. et al., 2000. Flowering phenology of a palm community in a central Amazon forest. *Brittonia*, v.52, pp.149-159. DOI: 10.2307/2666506.
- Hordijk, I. et al., 2019. Cattle affect regeneration of the palm species *Attalea princeps* in a Bolivian forest-savanna mosaic. *Biotropica*, pp.28-38. DOI: 10.1111/btp.12613.
- Isaza, C., Bernal, R., Galeano, G., Martorell, C., 2017. Demography of *Euterpe precatoria* and *Mauritia flexuosa* in the Amazon: application of integral projection models for their harvest. *Biotropica*, pp. 653-664. DOI: 10.1111/btp.12424.
- Kissling, WD. et al., 2010. PalmTraits 1.0, a species-level functional trait database of palms worldwide. *Scientific Data*, v. 6. DOI: 10.1038/s41597-019-0189-0.
- Küchmeister, H. et al., 1998. A polinização e sua relação com a termogênese em espécies de Arecaceae e Annonaceae da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, pp.217-245. DOI: 10.1590/1809-43921998283245.
- Lawson, EJR., Poething, RS., 1995. Shoot development in plants: time for a change. *Trends in Genetics*, pp.263-268. DOI: 10.1016/s0168-9525(00)89072-1.
- Leal, A. et al., 2021. Landscape-scale forest loss shapes demographic structure of the threatened tropical palm *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). *Forest Ecology and Management*, v. 502. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119716.
- Lewis, SL., Edwards, DP., Galbraith, D., 2015. Increasing human dominance of tropical forests. *Science*, v.349, pp.827-832. DOI: 10.1126/science.aaa9932.
- Lima, VVF.; Scariot, A.; Sevilha, AC., 2023. Livestock and agriculture affect recruitment and the structure of a key palm for people and an endangered bird in semi-arid lands. *Journal of Arid Environments*, v. 217. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2023.105036.
- Lorenzi, H., Noblick, LR., Kahn, F., Ferreira, E., 2010. *Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)*. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo. p.432.
- Medeiros, BASD. et al., 2019. Flower visitors of the licuri palm (*Syagrus coronata*): brood pollinators coexist with a diverse community of antagonists and mutualists. *Biological Journal of the Linnean Society*, pp.666-687.
- Neves, E de. S., Wadt, LHO., Guedes, MC., 2016. Population structure and management potential for *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) in Acre and Amapá stands. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 44, n. 109, pp.19-31. DOI: 10.18671/scifor.v44n109.02.

- Miles, L. et al., 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, v. 33, n. 3, pp. 491-505. DOI:10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Babaçu: *Attalea* spp. MART. / Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: MAPA/ACS, 2012. p.24.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA., 2008. Análise preliminar das cadeias de valor brasileiras da cera de carnaúba e do óleo de babaçu. PROJETO BRA 99/025. Gilvan Alves Ramos. Relatório de Consultoria Técnica.
- Mirzabaev, A. et al., 2019. Desertification. In *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*, 249-338.
- Moreira-Santos, de A. et al., 2022. What is the influence of anthropogenic impact on the population structure of *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. in the Brazilian Amazonian region? *Acta Botanica Brasilica*, v. 36. DOI: 10.1590/0102-33062020abb0543.
- Noblick, LR., 2017. A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae). *Phytotaxa*, pp.1-262. DOI: 10.11646/phytotaxa.294.1.1.
- Noblick, LR., 2019. Guia para as palmeiras do Nordeste do Brasil. Editora UEFS, p.91. ISBN: 978-85-5592-098-1.
- Orioli, L.; Scariot, A., 2021. Land management for cattle farming affects the persistence of an important fruit tree in the Brazilian Savanna. *Flora*, v. 285. DOI: 10.1016/j.flora.2021.151950.
- Pereira, CJ. et al., 2022. Consequences of land use changes on seed fate and demography in the palm tree *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. (Arecaceae). *Folia Geobot*, pp. 227-239. DOI: 10.1007/s12224-022-09406-1.
- Pessoa, MS. et al., 2017. Fruit biomass availability along a forest cover gradient. *Biotropica*, pp. 45-55. DOI: 10.1111/btp.12359.
- Pimentel, DS., Tabarelli, M., 2004. Seed Dispersal of the Palm *Attalea oleifera* in a Remnant of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, pp.74-84. DOI: 10.1646/02095.

- Portela, RDCQ., Santos, FAMD., 2011. Caracterização dos estádios ontogenéticos de três espécies de palmeiras: uma proposta de padronização para estudos de dinâmica populacional. *Revista Brasil. Bot.*, pp. 523-535.
- Projeto MapBiomas – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga - Coleção 7. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/10/MapBiomas_Caatinga_2022_10.10.pdf. Acessado em 07 de dezembro de 2023.
- Rocha, EC. et al., 2018. Effects of habitat fragmentation on the persistence of medium and large mammal species in the Brazilian Savanna of Goiás State. *Biota Neotrop.*, pp.1-9. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2017-0483.
- Rosa, LZ. et al., 2021. A importância da hibridização para a preservação da variabilidade genética da família Arecaceae (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira x *Butyagrus nabonandii* (Prosch.) Vorste. *Research, Society and Development*. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.22104.
- Sá, D., Scariot, A., Ferreira, JB., 2020. Effects of ecological and anthropogenic factors on population demography of the harvested *Butia capitata* palm in the Brazilian Cerrado. *Biodiversity and Conservation*, pp.1571-1588. DOI: 10.1007/s10531-018-1669-9.
- Santos, AS. et al., 2016. Landscape-scale deforestation decreases gene flow distance of a keystone tropical palm, *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). *Ecology and Evolution*, pp.6586-6598. DOI: 10.1002/ece3.2341.
- Santos Neta, E. DOS R. et al., 2019. Chemical composition and rumen degradability of byproducts available in the Amazon region. *Semina: Ciências Agrárias*, v.40, v.40, pp.3605-3616. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3605.
- Santos, IAM., Dias, DLC., Leite, KRB., Silva, M., 2019. Aproveitamento de resíduos em *Attalea pindobassu* Bondar (Arecaceae) através da análise micrométrica das fibras do fruto e da folha. *Livro Pindorama*, pp. 23-30.
- Santos JAA. et al., 2020. In Vitro and in Vivo Wound Healing and Anti-Inflammatory Activities of Babassu Oil (*Attalea speciosa* Mart. Ex Spreng., Arecaceae). *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2020, pp.1-10. DOI: 10.1155/2020/8858291.
- Schumann, K. et al., 2010. Impact of land-use type and bark- and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab tree (*Adansonia digitata* L.)

in a semi-arid savanna, West Africa. *Forest Ecology and Management*, v.260, pp.2035-2044. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.09.009.

Silva, DB., Silva, JA., Junqueira, NTV., Andrade, LRM., 2001. *Frutas do Cerrado*.

Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p.179.

ISBN: 85-7383-106-5.

Soares, LASS. et al., 2015. Implications of habitat loss on seed predation and early recruitment of a keystone palm in anthropogenic landscapes in the Brazilian Atlantic Rainforest. *PLoS One* 10, pp.1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0133540.

Soares, LASS. et al., 2019. Anthropogenic disturbances eroding the genetic diversity of a threatened palm tree: a multiscale approach. *Frontiers in Genetics*, pp.1-12. DOI: 10.3389/fgene.2019.01090.

Stevens, F., 2017. *Angiosperm Phylogeny*. Disponível em:

<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

Thompson, PL.; Rayfield, B.; Gonzalez, A., 2017. Loss of habitat and connectivity erodes species diversity, ecosystem functioning, and stability in the metacommunity networks. *Ecography*, pp.98-108. DOI: 10.1111/ecog.02558.

INFORMAÇÕES SOBRE A DISSERTAÇÃO

A dissertação foi estruturada baseada na criação de um único capítulo. O capítulo aborda a demografia populacional da espécie da palmeira *Attalea pindobassu*, no Norte da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

O objetivo deste estudo, além de contribuir para a comunidade extrativista e científica, foi avaliar as características estruturais de diferentes populações de *A. pindobassu*. Os indivíduos foram categorizados de acordo com o estágio ontogenético inseridos em diferentes habitats, com diferentes níveis de uso antrópico. Foi testada a hipótese de que em áreas com maior intensidade de antropização e baixa densidade de indivíduos adultos, seria encontrado poucos indivíduos em estágio regenerante, comprometendo o processo natural de transição entre os estágios ontogenéticos.

CAPÍTULO ÚNICO

Influência dos efeitos antrópicos, edáficos e vegetacionais sobre a estrutura populacional de *Attalea pindobassu* – Bondar, babaçu, na Caatinga

BÁRBARA ALVES DE OLIVEIRA LIMA¹, JHONATHAN DE OLIVEIRA SILVA²

¹Programa de pós-graduação em Ecologia e Evolução; Universidade Estadual de Feira de Santana; Feira de Santana, Bahia, Brasil

²Universidade Federal do Vale do São Francisco

Agradecimentos

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil; Código de Financiamento: 001) por financiar e conceder apoio à Bárbara Lima durante o período deste estudo.

Este capítulo está formatado de acordo com as normas para submissão à revista *Forest Ecology and Management*. No entanto, para que possa ser realizada uma melhor compreensão da escrita, tabela e figuras estão dispostas ao longo do texto.

RESUMO

O aumento dos níveis de antropização tem sido o principal fator responsável pela intensa perda de recursos naturais. A redução da cobertura vegetal tem relação com a exploração de produtos florestais não madeireiros e o mau uso do solo. A espécie de palmeira *Attalea pindobassu*, endêmica do Norte da Chapada Diamantina, presente em área de Caatinga, exibe forte poder socioeconômico. Dentre os produtos originados da mesma, tem-se a utilização de frutos para fabricação de óleos, uso medicinal, produção bioquímica e medicinal. O objetivo do estudo foi avaliar as características estruturais e regenerativas das populações de *A. pindobassu* e as relações com o tipo de cobertura vegetal. Foram amostradas 14 áreas, totalizando 6.81 ha. Cerca de 93% das áreas apresentaram dominância de indivíduos regenerantes e se ajustaram à curva de J-invertivo. Os habitats com baixos índices de atividades antrópicas apresentaram maior densidade de regenerantes. A colheita de frutos é sustentável e não afetou a densidade de regenerantes. As atividades de extração de madeira, criação de bovinos e agricultura tiveram relações negativas com o processo de regeneração natural. Sendo assim, para que as populações tenham um melhor sucesso evolutivo e manutenção da geração de renda pelas populações extrativistas, é necessário que técnicas de manejos sustentáveis, criação de Unidades de Conservação e criação de Leis sejam aplicadas para a conservação de *A. pindobassu*.

Palavras-chave: Agropastoril. Conservação. Ontogenia. Sustentabilidade. Uso da Terra.

ABSTRACT

Increased levels of anthropogenic actions have been the main factor responsible for the intense loss of the biodiversity. The reduction in vegetation cover is related to the exploitation of Non-Timber Forest Products on land without sustainable management. *Attalea pindobassu*, a palm tree endemic to the North of Chapada Diamantina, present in the Caatinga domain, exhibits strong socioeconomic value. Its fruits are used for the manufacture of oils, medicinal use, biochemical and medicinal production. The aim of this study was to evaluate the structural and regenerative characteristics of *A. pindobassu* populations and the relationships with the type of vegetation cover. We sampled 14 sites, totaling 6.81 ha. Up to 93% of the sites showed dominance of regenerating individuals and adjusted to the J-reverse curve. Habitats with low rates of anthropogenic activities had a higher density of regenerants. Wood extraction, livestock and agriculture activities had negative relationships with the natural regeneration process. Therefore, for populations to have better evolutionary success and maintenance of income generation by harvesters, it is necessary that are applied sustainable management techniques, creation of conservation units and of laws for the conservation of *A. pindobassu*.

Keywords: Agroforest System. Conservation. Land use. Ontogeny. Sustainability.

1. Introdução

O surgimento de áreas antropizadas é um dos maiores problemas para a biodiversidade. No Brasil, cerca de 154 milhões de hectares naturais já foram modificados pela ação humana (Oliveira et al., 2022), como por exemplo, práticas agrícolas tradicionais e pecuárias (Koch et al., 2017; IBGE, 2019; Marques et al., 2020). Em áreas com forte pressão antropogênica, mais da metade da cobertura vegetal já se encontram alteradas, colocando em risco diversas espécies, principalmente as espécies endêmicas (Schulz et al., 2016; Fernandes et al., 2020). As condições de uso do solo afetam a abundância, riqueza e composição das plantas, mesmo para aquelas que têm utilidade em sistemas de agropecuária (Leal et al., 2021; Orioli e Scariot, 2021). Na Caatinga, 25,59% de sua área foi alterada devido à ação do homem nas últimas quatro décadas, sendo parte devido à agropecuária, que aumentou 6,7% do território, equivalente a 5,7 milhões de hectares (MapBiomas, 2022). O aumento da pressão por parte do extrativismo sem manejo também é visto como um dos maiores distúrbios presentes na Caatinga (Araujo et al., 2023; Lima et al., 2023). Práticas como essas reduzem os níveis de recrutamento de indivíduos, sendo responsáveis por estabelecer riscos à fase inicial de vida das plantas (Holl et al., 2017; Ferreira et al., 2022).

Entre os tipos de conversão da paisagem para práticas de uso intensivo do solo, as práticas agropastoris são as que mais contribuem para a redução de indivíduos em classes de tamanho e/ou fases de vida (Leal et al., 2021; Lima et al., 2023). Entender a estrutura populacional é essencial para acompanhar e analisar as fases de vida dos vegetais (Gatsuk, 1980; Barton, 2023). Logo, durante o desenvolvimento ontogenético espera-se que uma série de alterações acompanhe o envelhecimento dos indivíduos de uma população (Gatsuk et al., 1980; Lima et al., 2023). Esses fatores quando observados sob ótica estrutural, contribuem para a determinação de quais alterações estão presentes nas diferentes fases, e quais pressões se destacam em reflexo às explorações no habitat (Benchimol et al., 2017; Barton, 2023). A demografia pode contribuir para a identificação de qual estágio ontogenético ocorre maior recrutamento de indivíduos e sua relação com fatores ambientais, e com isso é possível inferir sobre o futuro da população (Carvalho et al., 1999; Barton, 2023).

Elementos bióticos (por exemplo, ausência de polinizadores e dispersores, pisoteio pelo gado, redução na cobertura vegetal) e abióticos (como incêndios e baixo teor de nutrientes do solo) contribuem para a redução populacional (Mirzabaev et al., 2019;

Araujo et al., 2023; Lima et al., 2023). Essa diminuição promove mudanças na estrutura da população, afetando os processos de crescimento, mortalidade e fecundidade (Crawley, 1986; Oliveira et al., 2023). Desse modo, é importante conhecer como as populações vegetais são impactadas no ecossistema por meio do resultado da conversão do uso da terra. O manejo não sustentável quando recorrente, promove a aceleração de mudanças do uso do solo e a sobreexploração de recursos naturais (Isaza et al., 2017; Shackleton et al., 2018). A frequência de impactos como este é comum em populações pertencentes às plantas da família Arecaceae.

A família Arecaceae é uma das principais linhagens evolutivas de plantas monocotiledôneas, com 252 gêneros e 2.600 espécies (Dransfield et al., 2008). De relevância econômica, as palmeiras garantem a subsistência e geração de renda para comunidades de regiões tropicais e subtropicais (Shackleton et al., 2018). Baseado em suas relações ecológicas, as palmeiras podem atuar como espécies-chave na manutenção da fauna e de plantas epífitas (Valls et al., 2015; Shackleton et al., 2018). Sobretudo, porque palmeiras fornecem meios de subsistência para populações extrativistas através da extração de Produtos Florestais Não Madeireiros (Orioli e Scariot, 2021; Menezes et al., 2023). No Brasil, há 37 gêneros e aproximadamente 300 espécies, sendo 16 espécies registradas no bioma Caatinga (Flora do Brasil, 2021), cooperando para o valor ecológico e socioeconômico das populações extrativistas (Carvalho et al., 2016). As palmeiras são reconhecidas pela boa adaptação às condições ambientais (Kissing et al., 2019; Ferreira et al., 2022), dispendo de um número de endemismo que têm recebido destaque (Lopes-Nunes, 2022). Dentre as espécies que ocorrem na Caatinga, têm-se a palmeira endêmica *Attalea pindobassu* Bondar, popularmente conhecida como babaçu ou coco-pindoba, legitimamente encontrada na porção da Chapada Diamantina, Norte da Bahia (Henderson, 2020; Flora do Brasil, 2022).

Dentro do gênero *Attalea*, de 73 espécies, (Pintaud, 2008; Souza et al., 2011), a *A. pindobassu* é vista como recurso importante para diversos fins de exploração e extração, expondo-a à possíveis práticas que afetam sua estrutura populacional (Menezes et al., 2023). Desta forma, o objetivo do estudo foi avaliar a influência de fatores ambientais e antrópicos na regeneração natural e na estrutura populacional de *A. pindobassu* e identificar a importância relativa desses fatores na abundância de cada estágio ontogenético. Para isso, foram abordadas as seguintes questões: (1) Como as populações de *A. pindobassu* estão estruturadas e indivíduos regenerantes são recrutados em um gradiente de uso e manejo da terra?; e (2) Como os fatores antropogênicos,

especificamente o cultivo de plantas para meios de subsistência, a pecuária, a colheita de frutos e folhas, bem como os fatores ambientais (textura e fertilidade do solo) afetam a abundância de indivíduos em diferentes estágios ontogenéticos?

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em 14 áreas do domínio de Caatinga caracterizadas por diferentes níveis de antropização, inseridos na região Norte da Chapada Diamantina, no estado da Bahia, Brasil (Fig. 1). A cadeia montanhosa estudada é denominada Serra da Jacobina, possui 250 km de extensão, pertencendo à porção setentrional da Cadeia do Espinhaço (Santos, 2018). A Serra da Jacobina apresenta em sua formação rochas para-metamórficas, compostas por um complexo pré-cambriano (Mascarenhas, 1969), enriquecendo o conjunto de formação geológica da região Norte da Bahia.

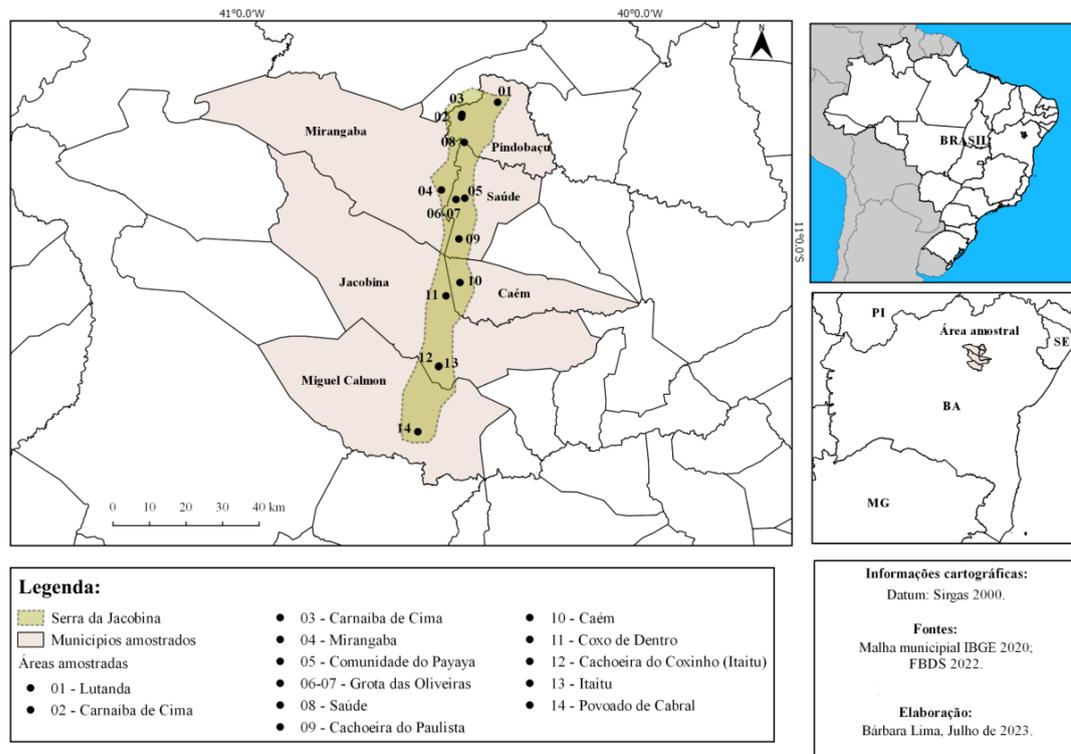


Fig. 1. Localização das áreas amostradas relacionadas com a distribuição de *Attalea pindobassu* no Norte da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

Para seleção das áreas de estudo, foram consideradas: i) a localização dos principais centros de comercialização e comunidades socioprodutivas envolvidas com extrativismo e cadeia produtiva de babaçu; ii) presença de remanescentes de vegetação em bom estado de conservação; e iii) interesse e capacidade de envolvimento das populações locais durante o delineamento do estudo e coleta de dados. Foram amostradas áreas em seis diferentes municípios (Fig. 1), selecionados em diferentes ambientes, os quais foram caracterizados baseados em níveis de atividades onde a espécie de estudo se encontrava distribuída.

As vegetações das áreas estudadas apresentam variação entre florestas secas e úmidas, campos rupestres e savanas, presentes no domínio da Caatinga (Queiroz et al., 2018; Menezes et al., 2023). O clima da região é do tipo BSh (quente e semiárido) (Dubreuil et al., 2018; Lopes-Nunes, 2022). O processo de deficiência hídrica sazonal se agrava durante períodos de escassez de chuva. No entanto, florestas em áreas de semiárido da Chapada Diamantina, por estarem presentes em serras e em planaltos menores, recebem chuvas anuais acima de 1.000 mm devido ao efeito orográfico do ambiente (Fernandes e Queiroz, 2018; Menezes et al., 2023). As épocas de chuva (com os maiores índices de pluviosidade) variam entre novembro a abril, com temperaturas médias variando 27° graus (Ab' Sáber, 2003).

Em relação ao solo, com base nas condições climáticas da região e nos sedimentos intemperizados do complexo da região de chapada, é comum encontrar na formação Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênicos. Em encostas é esperado observar Neossolos Litólicos e Argissolos. Quanto à condição de fertilização do solo, essa se mostra com aspecto natural baixo (Embrapa, 1977-1979).

2.2 Espécie estudada

A *Attalea pindobassu*, conhecida localmente como coco-palmeira, babaçu ou pindobaçu, possui distribuição restrita na porção do extremo Norte da Chapada Diamantina, na Bahia (Noblick, 1994; Leitman et al., 2013). A espécie pode ser encontrada em alta densidade na região das margens da bacia do Rio Itapicuru, como nas regiões oeste e leste da Serra do Tombador e Serra do Sincorá, e até mesmo em florestas úmidas de encosta (Menezes et al., 2023). Há registros de ocorrência da espécie nos municípios de Pindobaçu, Saúde, Jacobina, Miguel Calmon, Mirangaba e Tapiramutá (Bondar, 1942; Glassan, 1999; Menezes et al., 2023).

Em relação às características da espécie, *A. pindobassu* possui um único estipe que atinge cerca de 15 m de altura, com diâmetro variando entre 35 e 50 cm (Glassman, 1999). Distinguindo-a das demais palmeiras do gênero, os ramos florais são volumosos, do tipo monóico e hermafrodita (Noblick, 2019). Os frutos variam de 8 a 10 cm de largura, e de 5 a 6,5 cm de diâmetro, com coloração amarelada em seu exterior, enquanto o mesocarpo varia entre amarelo e laranja (Fig. 2), possuindo no interior uma composição carnosa, com líquido oleagenoso que ao extraído é considerado um importante recurso econômico (Glassman, 1999). O óleo extraído da amendôa do babaçu consiste de 6% a 7% do peso

total do fruto (Oliveira et al., 2013). A frutificação ocorre durante todo o ano, com pico de produção entre os meses de agosto a janeiro, no qual cada indivíduo produz até seis cachos (Oliveira et al., 2013).

Pelo fato das inflorescências de *A. pindobassu* possuírem forte odor através da liberação do pólen, estas apresentam efeito de termogenêse que facilita a polinização por parte de abelhas e besouros (Küchmeister et al., 1998; Noblick, 2019). Quanto à predação, pela estrutura do fruto ser rica em nutrientes, são bastante atraídos por besouros do gênero *Pachymerus* e insetos térmitas da espécie *Heterotermes longiceps* (Grosso e Snyder, 2017).

A palmeira oferece grandes quantidades de frutos nutritivos durante todo o ano para uma gama de organismos, além de suas folhas, fibras e meristemas apicais que são de ampla utilização cultural (Eiserhardt et al., 2011). Esse recurso apresenta características diversas, podendo ser sementes, frutos, cascas, óleos, látex, chás, ceras, uso medicinal, de ornamentação e produção bioquímica (Silva et al., 2019). Quanto à legislação, um Projeto de Lei que vise à conservação da espécie, a fim de reduzir sua extinção local, ainda está em processo de elaboração para a sua região de ocorrência.

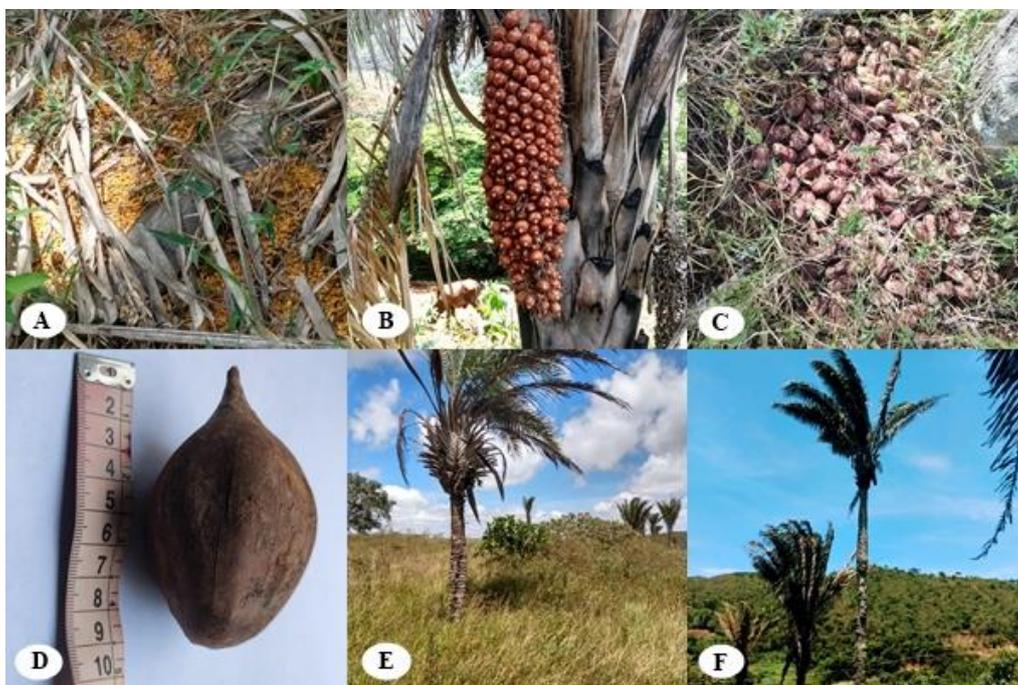


Fig. 2. Espécie *Attalea pindobassu* registrada na região Norte da Chapada Diamantina, Bahia: A) Inflorescências; B) Frutos em pré-dispersão; C) Frutos maduros em pós-dispersão em baixo da planta-mãe; D) Medida longitudinal do fruto a 8 cm; E e F) Indivíduos em área de caatinga onde a espécie visivelmente demonstra destaque por sua altura.

2.3 Parâmetros dos estágios ontogenéticos e estrutura populacional

Foram amostradas um total de 14 áreas com presença de *A. pindobassu* em diferentes condições ambientais, manejo de área e uso do solo. Para que não houvesse sobreposição de áreas durante o processo de amostragem, levou-se em consideração a distância entre as localidades (Tabela 1; Fig. 3). Em caso de habitats próximos, sob as mesmas condições ambientais, amostrou-se somente que diferiram quanto às características do tipo de uso do solo e/ou na presença/ausência de extração de recursos.

Para a coleta de dados da estrutura populacional em áreas de vegetação nativa, foram estabelecidas parcelas de 30x15m (0,045 ha), com uma subparcela de 7x7m para regenerantes. Para parcelas em áreas de pastagem e plantios de culturas agrícolas, foram estabelecidas parcelas de 50x50m (0,25 ha), com uma subparcela de 5x5m para indivíduos regenerantes. No presente estudo, regenerantes foram identificados como indivíduos em estágios de categorias de plântula e infante. A diferenciação no tamanho das parcelas foi devido às condições de uso do solo em relação à quantidade e disposição de cada localidade. Essas características estão de acordo com a densidade de indivíduos presentes e a distribuição espacial nas áreas amostradas, o que contribui para a variação do esforço amostral (veja Lima et al., 2023).

O número de parcelas alocadas variou entre três a seis parcelas por localidade, baseado na densidade de indivíduos presentes no ambiente. A distância entre cada parcela foi cinco metros, onde para evitar interferência do efeito de borda, considerou-se 50 metros para início de plotagem da parcela em cada ambiente.

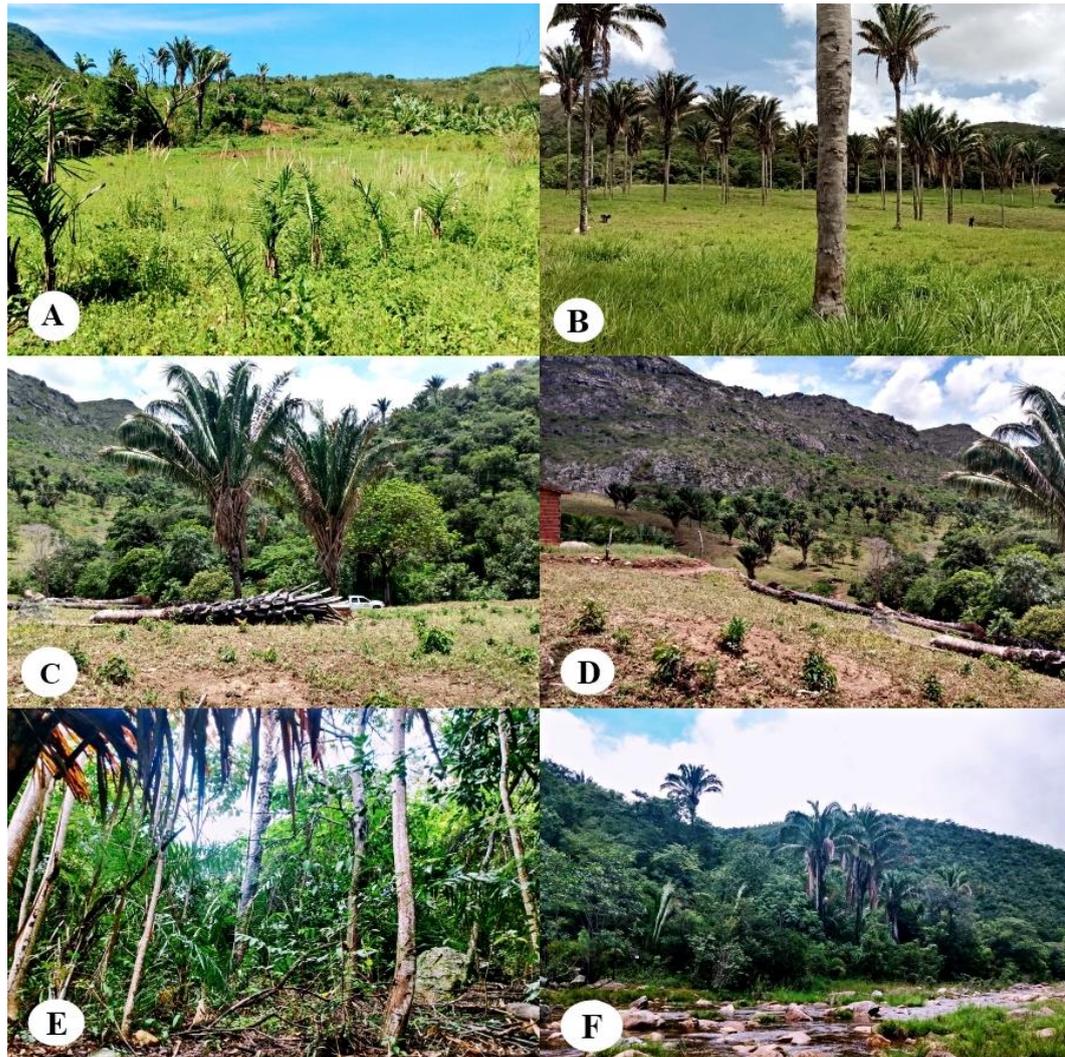


Fig. 3. Diferentes tipos de uso do solo e condições ambientais em que *Attalea pindobassu* pode ser encontrada: A) Sistema Agropastoril; B) Sistema Silvopastoril; C e D) Pastagem Intensiva; E) Vegetação nativa de floresta semidecidual e F) Vegetação Nativa em mata-ciliar.

Tabela 1

Localização, característica de habitat, uso e cobertura do solo e extrativismo de 14 áreas com presença de *Attalea pindobassu* (babaçu) amostradas no Norte da Chapada Diamantina, Bahia. Uso e cobertura do solo distribuído em: **Silvopastoril** - área cobertas por vegetação nativa destinada à criação de bovinos (n=25); **Agropastoril** - área para criação de caprinos e agricultura familiar (n=3); **Pastagem Intensiva** - nível de alta pressão por atividades de criação de bovinos domésticos (n=5); **Vegetação Nativa**: ambiente com domínio de fitofisionomia de caatinga (n=25).

Site	Município	Localidade	Habitat	Latitude (S)	Longitude (W)	Uso e cobertura do solo	Extrativismo	Parcelas
1	Pindobaçu	Lutanda	Natural	10°39'34.23"	40°21'16.65"	Vegetação Nativa: Floresta Estacional Semidecidual	Frutos	5
2		Carnaíba de Cima	Natural	10°41'55.75"	40°26'41.26"	Vegetação Nativa: Floresta Estacional Semidecidual	Frutos	4
3		Carnaíba de Cima	Pastagem Intensiva	10°41'29.67"	40°26'37.49"	Criação de bovinos à nível de alta pressão	Frutos e folhas	5
4	Mirangaba	Mirangaba	Silvopastoril	10°53'02.74"	40°29'31.53"	Criação de bovinos	Frutos	5
5	Saúde	Comunidade do Payaya	Natural	10°54'11.44"	40°25'52.36"	Vegetação Nativa: Floresta Estacional Semidecidual	Não	5
6		Grota das Oliveiras	Sistema agropastoril	10°54'26.37"	40°27'17.82"	Criação de bovinos e produção agrícola familiar	Frutos	3
7		Grota das Oliveiras	Natural	10°54'26.08"	40°27'26.90"	Vegetação Nativa: Floresta Estacional	Não	3

Semidecidual								
8		Saúde	Silvopastoril	11°03'09.32"	38°57'47.73"	Criação de caprinos e agricultura familiar	Frutos	5
9		Cachoeira do Paulista	Natural	11°00'25.63"	40°26'44.75"	Vegetação Nativa: Floresta Estacional Semidecidual	Frutos	4
10	Caém	Caém	Silvopastoril	11°07'02.88"	40°26'28.62"	Criação de bovinos	Frutos	5
11	Jacobina	Coxo de Dentro	Natural	11°09'06.48"	40°28'32.94"	Vegetação Nativa: Floresta Estacional Semidecidual	Frutos	6
12		Cachoeira do Coxinho (Itaitu)	Natural	11°19'47.70"	40°29'25.35"	Vegetação Nativa: Floresta Estacional Semidecidual	Frutos	3
13		Itaitu	Silvopastoril	11°19'52.45"	40°29'28.98"	Criação de bovinos	Frutos	5
14	Miguel Calmon	Povoado de Cabral	Silvopastoril	11°29'48.87"	40°32'25.39"	Criação de bovinos	Frutos	5

Para a classificar os estágios ontogenéticos, indivíduos sem a presença do estipe foram categorizados baseado em tipo de lâmina foliar (inteira, semi-pinada ou pinada) e altura total do indivíduo. Quando o estipe aéreo estava presente, foi registrada além das demais características citadas, a circunferência a altura do peito (CAP), altura da bainha mais baixa e se houve presença/ausência de frutos. Dessa forma, foram estabelecidos cinco diferentes estágios ontogenéticos possíveis (Fig. 4):

- **Plântula:** indivíduos que possuem um ou mais eófilos composto por tipo laminar inteiro, lanceolados e espécime estreito (largura da folha <1 cm) (Fig. 4A, 4B);

- **Infante:** com eófilos mais largos, apresentam lâmina foliar variando entre inteira, semi-pinada ou pinada (largura da folha >1 cm), altura total até 100 cm (Fig. 4C);

- **Jovem:** indivíduos compostos por variação na formação de folhas, podendo ser semi-pinadas (metáfilos, com porção basal da lâmina foliar inteira e porção apical segmentada) e pinada (monofilos, com formação total de segmentação) (Fig. 4D). Neste estágio o estipe é ausente, embora haja casos de que esteja recoberto pelas primeiras bainhas foliares;

- **Adulto Imaturo:** composto por folhas pinadas, de forma que se é considera marcante a presença de estipe aéreo e ausência de estrutura reprodutiva (Fig. 4E);

- **Adulto Reprodutivo:** com folhas pinadas e estipe aéreo, é perceptível a presença ou marcas de estruturas reprodutivas no indivíduo (Fig. 4F).



Fig. 4. Sequência da classificação dos estágios ontogenéticos dos indivíduos de *Attalea pindobassu*: A e B) Plântula; C) Infante; D) Juvenil; E) Adulto Imaturo; F) Adulto Reprodutivo.

2.4 Avaliação dos níveis de interferência antrópica e características de solo

Os níveis de interferência antrópica foram avaliados baseados nos dados obtidos em observações feitas em campo, e de abordagem participativa com proprietários de cada localidade amostrada. Os critérios considerados foram: (i) a criação de animal (gado, caprinos e/ou ovinos) em áreas de pastagem; (ii) produção agrícola familiar; (iii) extração de madeiras para meios de subsistência; (iv) extrativismo de folhas/frutos de *A. pindobassu*. Cada local foi descrito conforme informações obtidas baseado no tipo de uso de solo e cobertura vegetal presente nos locais. Com auxílio de uma matriz de interação de Leopold, para cada interferência observada se atribuiu um valor de zero (ausência de perturbação) a dez (alta perturbação) (Leopold et al., 1971). As áreas foram categorizados por um código formado por cada letra inicial referente ao índice de perturbação. Assim, uma população com índice de presença de gado = 9; agricultura = 6; retirada de madeira = 5; e de extrativismo = 4 foi identificada pelo código G9A6M5E4.

A coleta de solo foi realizada a 0,30 cm de profundidade, distribuídas nos quatro vértices de uma parcela de cada área. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e avaliadas as seguintes propriedades físico-químicas: i) textura (areia, argila e silte); ii) acidez ativa - pH; iii) saturação por bases percentual, capacidade de troca catiônica e saturação por alumínio; e iv) teor de matéria orgânica, carbono orgânico e nutrientes/micronutrientes (Tabela S1).

2.5 Análises estatísticas

Para verificar a distribuição de densidade de *A. pindobassu*, os dados foram padronizados por hectare (n° de ind.ha⁻¹). Foi analisada a distribuição da frequência dos indivíduos baseados em cada estágio ontogenético e em classes de tamanho (m). Segundo Hutchings (1997) e Virillo et al. (2011), essa condição contribui para a identificação de possíveis recrutamentos das populações da palmeira, já que a estrutura de tamanho ou estágio de desenvolvimento em que se encontra pode refletir a influência de fatores bióticos e abióticos, afetando as taxas de recrutamento e mortalidade.

Para avaliar o recrutamento nas 14 áreas em relação ao tipo de uso do solo e exploração extrativista, foi realizada a aplicação do modelo de J-Invertido para verificar se os dados se ajustavam ao modelo (Hett e Loucks, 1976; Lima et al., 2023). Cada indivíduo foi agrupado quanto a frequência pertencente à sua classe de altura (50 cm), e o ajuste ao Modelo Exponencial Negativo foi feito usando a equação: $y = ae^{-bx}$. Nesta equação, y é a frequência de indivíduos em cada classe de altura, x é o ponto médio de cada classe de tamanho, a o intercepto e b a inclinação da curva que indica a taxa de mortalidade de cada área (Lima et al., 2023). Os dados foram considerados ajustados ao modelo quando o R^2 foi maior que 0,70.

Utilizando os dados referentes à altura de cada área com presença de *A. pindobassu*, se analisou o Coeficiente de Skewness (Hutchings, 1997). A utilização do Coeficiente de Assimetria (g_1) é importante, pois, pode fornecer tendências de aumento ou declínio ao longo do tempo (Souza et al., 2010). A interpretação é que áreas com $g_1 > 0$ apresentam predominância de indivíduos em menores classes de tamanho, e $g_1 < 0$, predominância de indivíduos com as maiores classes de tamanho. As áreas com $g_1 = 0$ possuem distribuição simétrica entre as classes de altura. A fim de analisar se houve recrutamento de novos indivíduos nas áreas, cada valor de g_1 foi comparado com a distribuição normal

teórica ($g_1 = 0$), baseado na sobreposição do Intervalo de Confiança de 95%. Estas análises foram calculadas por meio do método *bootstrap* com 9.999 aleatorizações.

O objeto de estudo trata-se de uma espécie da família *Arecaceae*, na qual a germinação de sementes e sobrevivência de plântulas pode ser limitada pelas condições de solo, desde textura, drenagem, disponibilidade de nutrientes e pH (Eiserhardt et al., 2011; Lima et al., 2023). Deste modo, variáveis edáficas como textura e fertilidade foram utilizadas como variáveis preditoras somente para a construção de modelos candidatos relacionada à densidade de indivíduos regenerantes (plântulas e infantes).

Os dados de solo foram utilizados em duas Análises de Componentes Principais (PCAs), com o objetivo de reduzir a dimensão dos dados (Fig. S1 e S2; Tabela S1). As variáveis de fertilidade (13 variáveis) foram convertidas em uma única variável, a qual se denominou scores de fertilidade. As variáveis de granulometria (argila, areia e silte), foram convertidas numa única variável, denominadas como scores de textura (Tabela S1 e S2). Os dois primeiros eixos obtidos em cada PCA (fertilidade e textura) explicavam mais de 90% da variância total dos dados. Em seguida, esses eixos foram utilizados como variáveis explicativas em análises de regressão múltipla.

Nós utilizamos análises de regressão múltipla, empregando Modelos Lineares Generalizados de Efeito Misto (GLMM), para obter conjuntos de modelos candidatos que foram criados para cada variável resposta. As variáveis respostas foram os estágios ontogenéticos e as variáveis explicativas foram as intensidades de manejo e uso do solo. Essa abordagem tem como objetivo fazer com que inferências sejam realizadas por meio da seleção de melhores modelos ao invés de um único modelo (Burnham et al., 2011; Symonds e Moussalli, 2011). A partir dos resultados dos valores de Critério de Informação de Akaike de segunda ordem (AIC), um ranking foi feito para a seleção dos melhores modelos. Para a realização dos cálculos dos valores de $\Delta AICc$ ($\Delta AICc - AIC_{min}$), foi utilizado a diferença entre o valor de AICc do modelo mais plausível em relação aos modelos subsequentes. Modelos com valores de $\Delta AICc > 2$ exibem níveis de suporte estatístico menor, o que resulta na perda de informação em relação àqueles modelos com menor diferença entre o valor de $\Delta AICc - AIC_{min}$ (Burnham e Anderson, 2002; Burnham et al., 2011). Por meio dos valores de $\Delta AICc$, calculou-se o Peso de Akaike (w_i), o qual varia entre 0 e 1, que compreende valores que podem ser considerados como estimativa quantitativa de força evidencial a favor de cada modelo selecionado (Burnham et al., 2011; Synmonds e Moussali, 2011). Logo, através da utilização de subconjuntos dos melhores modelos candidatos ($w_i \geq 0.90$ e $\Delta AICc \leq 2.0$), estimou-se os

Coeficientes Médios Padronizados (β) de cada variável preditora e sua importância relativa (% IR). Para a identificação da importância relativa de cada variável, estimou-se a razão entre os valores absolutos das estimativas médias padronizadas baseadas nos desvios-padrão parciais (Cade, 2015).

Todas as análises foram realizadas por meio do software R versão 4.1.3 (R Development Team 2022), utilizando os pacotes Moments (Komsta & Novomestky, 2022), Confintr (Mayer, 2023) e MuMIn (Barton, 2019).

3. Resultados

3.1 Densidade de indivíduos e estrutura populacional de *Attalea pindobassu*

Nós identificamos a presença de *A. pindobassu* em quatro tipos de cobertura e uso da terra. A densidade de indivíduos da espécie nas 14 áreas variou de 24 a 780 ind.ha⁻¹ (considerando todos os estágios ontogenéticos nos 6.8 ha estudados). Para plântulas, a densidade variou de 6 a 682 ind.ha⁻¹, enquanto para infantes, variou de 0 a 508 ind.ha⁻¹. Em jovens, a densidade variou de 0 a 56 ind.ha⁻¹, enquanto entre adultos imaturos e reprodutivos, a densidade foi maior para adultos reprodutivos onde variaram de 0 a 32 ind.ha⁻¹ (Tabela 2).

Em ambientes com altos níveis de distúrbio, *A. pindobassu* tinham poucos indivíduos nas menores classes de tamanho comparando as áreas pertencentes à ambientes conservados. A menor densidade de indivíduos (total e de regenerantes) foi encontrada nas áreas marcadas por mudança na cobertura da vegetação para criação de gado (G), produção agrícola familiar e/ou plantio de cultura (A), extração de madeira (M) e extrativismo de folhas e/ou frutos (E). As áreas com menores densidades foram: G8A1M5E10, G5A0M0E10, G10A10M7E10, G1A1M8E5. Por outro lado, as áreas com maior densidade total e de regenerantes foram os que tiveram ausência e/ou baixo nível de perturbação por parte de atividades agrícolas: G1A0M3E5, G0A0M7E6, G9A0M3E8 e G5A0M0E10 (Tabela 2 e Fig. S3). Foi observado que 92,8% das áreas apresentaram registros de presença de regenerantes (Tabela 2). Cerca de 48,8% das 14 áreas foram marcados pela de criação gado e atividades extrativistas.

Tabela 2

Caracterização das 14 áreas com presença de *Attalea pindobassu* de acordo com os níveis de perturbação e uso e cobertura do solo. Cada código estabelece um índice de perturbação. Para: I) presença de gado (G); II) produção agrícola familiar e/ou plantio de cultura (A); III) extração de madeira (M); IV) extrativismo das folhas e/ou frutos de babaçu (E). Plan. ha⁻¹ = densidade de plântulas por hectare; Inf. ha⁻¹ = densidade de infantes por hectare; Jov. ha⁻¹ = Densidade de jovens por hectare; Im. ha⁻¹ = Densidade de adulto imaturo por hectare; Adulto Rep. ha⁻¹ = Densidade de adultos reprodutivos por hectare.

Municípios	Localidades	Código	Esforço amostral (ha ⁻¹)	Dens. Ind.ha ⁻¹	Plant. ha ⁻¹	Infant. ha ⁻¹	Jov. ha ⁻¹	Imat. ha ⁻¹	Rep. ha ⁻¹	Latitude (S)	Longitude (W)
Pindobaçu	Lutanda	G1A0M3E5	0.255	770	682	47	34	0	7	10°39'34.23"	40°21'16.65"
	Carnaíba de Cima	G2A1M3E10	0.18	123	58	39	6	16	4	10°41'55.75"	40°26'41.26"
	Carnaíba de Cima	G8A1M5E10	1.25	24	6	2	0	12	4	10°41'29.67"	40°26'37.49"
Mirangaba	Mirangaba	G7A0M4E7	0.255	214	138	33	5	6	32	10°53'02.74"	40°29'31.53"
Saúde	Comunidade do Payaya	G0A1M2E0	0.255	344	286	9	25	7	17	10°54'11.44"	40°25'52.36"
	Grota das Oliveiras	G10A10M7E10	0.75	34	11	5	6	0	12	10°54'26.37"	40°27'17.82"

	Grota das Oliveiras	G1A1M0E0	0.135	42	21	0	18	1	2	10°54'26.08"	40°27'26.90"
	Saúde	G10A10M8E5	1.25	300	188	51	56	0	5	11°03'09.32"	38°57'47.73"
	Cachoeira do Paulista	G1A1M8E5	0.18	36	20	9	0	5	2	11°00'25.63"	40°26'44.75"
Caém	Caém	G1A1M4E2	1.25	552	36	508	0	2	6	11°07'02.88"	40°26'28.62"
Jacobina	Coxo de Dentro	G1A1M1E2	0.27	199	120	75	0	0	4	11°09'06.48"	40°28'32.94"
	Cachoeira do Coxinho (Itaitu)	G0A0M7E6	0.27	73	41	30	1	1	0	11°19'47.70"	40°29'25.35"
	Itaitu	G9A0M3E7	0.225	318	289	6	0	1	22	11°19'52.45"	40°29'28.98"
Miguel Calmon	Povoado de Cabral	G5A0M0E10	0.255	28	6	0	0	0	22	11°29'48.87"	40°32'25.39"

Com relação à distribuição em classes de tamanho (Fig. 5), foi verificado que 93% das áreas se ajustaram à curva de J-Invertido ($R^2 > 0,70$). A única área que não apresentou ajuste à curva de J-Invertido foi a G5A0M0E10 ($R^2 < 0,50$). Baseado na Matriz de Leopold, a extração de recursos (frutos) nesta área atingiu o nível máximo, afetando a regeneração.

Sobre a distribuição dos indivíduos dentro das classes de tamanho, houve predominância de indivíduos de menores tamanhos (Fig. 5 e 6). Entre as 14 áreas, 12 apresentaram assimetria positiva com predominância de indivíduos de menores tamanhos, enquanto duas áreas mostraram-se simétricas, exibindo equilíbrio ($g_l = 0$ em IC equivalente a 95%). As áreas que registraram os maiores valores em assimetria positiva estavam em localidades com baixos índices de criação de gado, agricultura e extrativismo de folhas e/ou frutos. As áreas foram: G1A1M4E2, G1A0M3E5 e G1A1M1E2 (Fig. 6, Fig. S4).

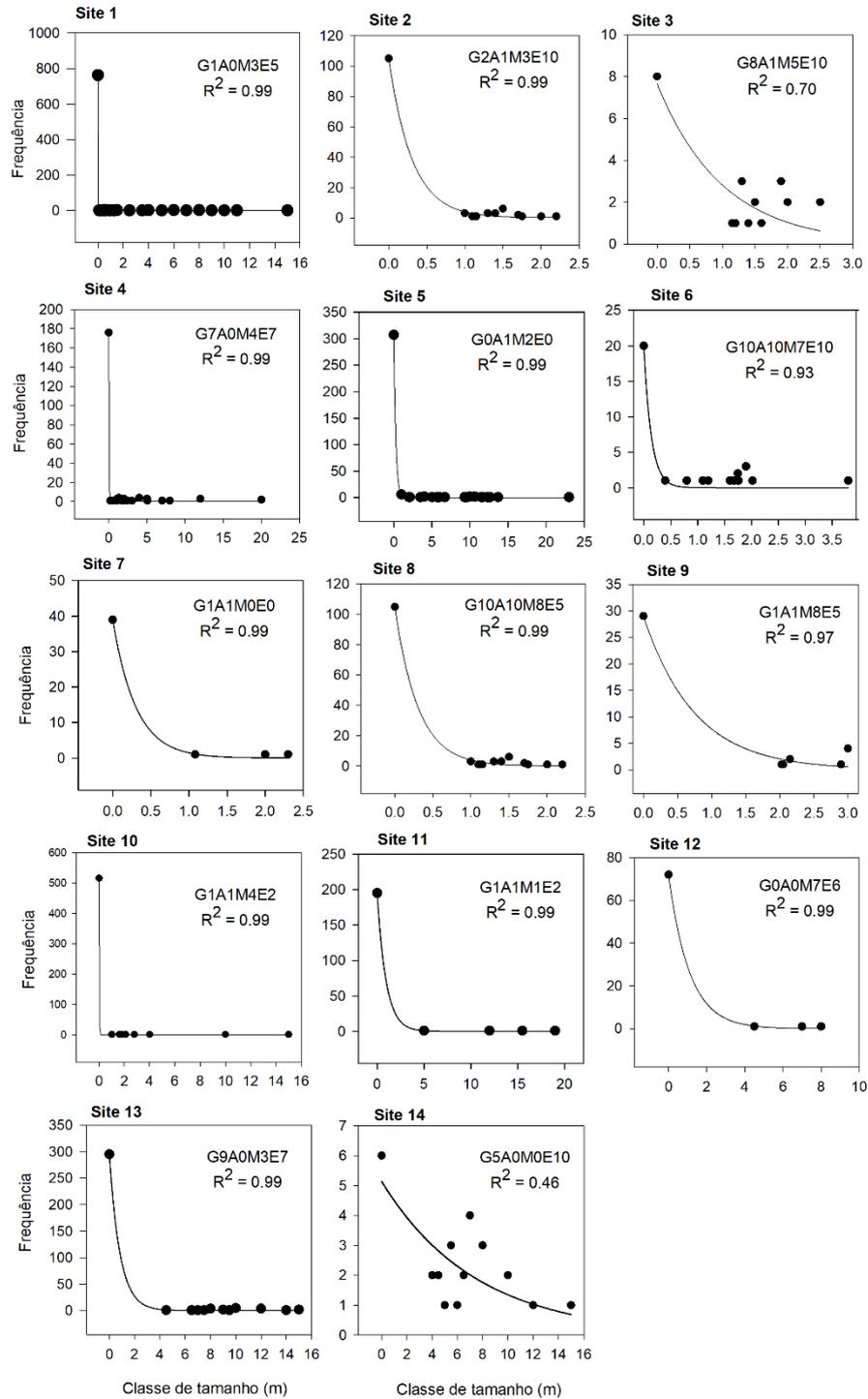


Fig. 5. Distribuição de classes de tamanho (m) de 14 áreas com presença de *Attalea pindobassu* em ambientes com diferentes níveis de interferência antrópica (n=58). A linha representada no gráfico indica o ajuste do modelo exponencial negativo.

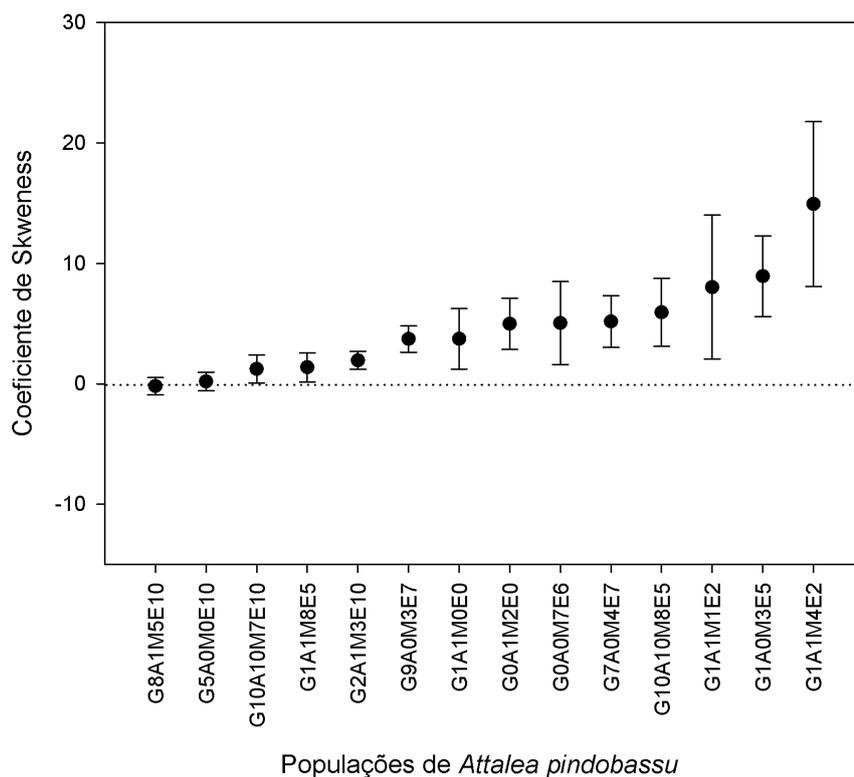


Fig. 6. Valores do Coeficiente de Skewness (g_1) com Intervalo de Confiança (IC 95%) de 14 áreas com presença de *Attalea pindobassu* situadas em habitats caracterizados por distintos níveis de ações antrópicas (n=58). A linha tracejada aponta uma distribuição simétrica, seguindo a teoria de distribuição normal ($g_1=0$). Cada área é descrita em códigos, os quais são: presença de gado (G), produção agrícola familiar e/ou plantio de cultura (A), extração de madeira (M), extrativismo de folhas e/ou frutos (E).

3.2. Associação dos fatores antropogênicos e ambientais com as densidades dos estágios ontogenéticos

Nenhum modelo selecionado apresentou valor de $w_i > 0.9$ (Tabela 3). As inferências relacionadas à importância relativa e nível de significância estatística das variáveis preditoras foram realizadas por meio das estimativas médias padronizadas dos conjuntos dos modelos plausíveis ($\Delta AICc < 2,0$; Tabela 3).

A densidade (ind. ha⁻¹) de regenerantes foi relacionada a oito modelos candidatos, com sete variáveis explicativas (Tabela 3). Destes, apenas um modelo foi selecionado, no qual a variável agricultura (Tabela 3) indicou relação negativa com a densidade de regenerantes ($p < 0,05$).

Em juvenis, a densidade de indivíduos foi relacionada a sete modelos candidatos e sete variáveis explicativas. Com associações negativas, as variáveis colheita e extração de madeira foram as variáveis selecionadas (Tabela 3), entretanto, apenas a extração de madeira apresentou relação significativa ($p < 0,05$).

A densidade de imaturos foi associada a quatro modelos candidatos e quatro variáveis explicativas, em que somente o modelo com variável presença de gado ($p < 0,05$), que exibiu efeito negativo, foi selecionado. O valor de Importância Relativa do modelo se comparado aos modelos dos demais estágios ontogenéticos avaliados foi o menor (IR = 0.22) (Tabela 3).

A densidade de indivíduos reprodutivos foi associada a cinco modelos candidatos e quatro variáveis explicativas, onde apenas a variável extração de madeira foi selecionada (Tabela 3). Entretanto, este modelo apresentou baixo poder de explicação ($p > 0,05$), sugerindo uma associação ao acaso (Tabela 3).

Tabela 3 Conjunto dos melhores modelos candidatos (GLMMs) de estágios de vida de *Attalea pindobassu*, construídos com diferentes combinações entre as variáveis antropogênicas e edáficas, e coeficientes (β) do modelo médio padronizado e importância relativa de cada variável explicativa. Valores em negrito indicam variáveis significativas ($p < 0,05$).

Estágio de vida	Modelos selecionados ($\Delta AICc < 2$)					Coeficientes (β) do modelo médio padronizado e seus respectivos valores de importância relativa (parêntesis)						
	Modelos	k	AICc	$\Delta AICc$	w_i	Drep	Agri	Gado	Colheita	Madeira	Text	Fert
Densidade de regenerantes (plântulas e infantes)	~ Intercept	3	177.80	0.00	0.32							
	~Agricultura	4	179.40	1.64	0.14		-3.76 (0.31)					
Densidade de juvenis	~ Intercept	3	125.00	0.00	0.32							
	~Colheita	4	126.40	1.44	0.16				-0.455 (0.18)	-0.581 (0.27)		
	~Madeira	4	126.60	1.66	0.14							
Densidade de imaturos	~ Intercept	3	80.90	0.00	0.46							
	~Gado	4	83.50	1.99	0.13			-0.266 (0.22)				
Densidade de reprodutivos	~ Intercept	3	110.60	0.00	0.33							
	~Madeira	4	112.20	1.59	0.15					-0.488 (0.31)		

Variáveis explicativas: DRep, densidade de indivíduos reprodutivos; Agri, índice de produção agrícola; Gado, índice de pastoreio pelo gado/bode; Colheita, índice de extrativismo de folhas e frutos; Madeira, índice de retirada de madeira; TEX, indica o eixo 1 da PCA textura do solo; e FERT, indica o eixo 1 da PCA fertilidade do solo. A densidade é representada pelo número de indivíduos por hectare.

4. Discussão

4.1 Densidade de indivíduos e estrutura populacional de *Attalea pindobassu*

A densidade de indivíduos de *A. pindobassu* variou bastante nas 14 áreas avaliadas. No geral, habitats com maior intensidade de atividade antrópica apresentaram menores densidades de regenerantes. A densidade de indivíduos não foi afetada pelas variáveis de solo, mas foi afetada principalmente pelas atividades agrícolas e de pecuária.

As 14 áreas apresentaram considerável abundância de estágios ontogenéticos jovens, adultos imaturos e reprodutivos, os quais possuíram destaque nos valores em relação à densidade total de indivíduos. Esse resultado indica que, apesar da predominância de indivíduos em menores classes de tamanho, os demais estágios encontram-se em recrutamento contínuo. A presença de adultos reprodutivos destaca a existência de indivíduos envelhecidos, independente do nível de manejo do ambiente (Pereira et al., 2022).

De acordo com os resultados obtidos, parte das causas que afetam a diminuição das áreas amostradas é proveniente da ação humana. Schumann et al., (2010) relataram que o recrutamento e as taxas demográficas foram afetados pela intensidade, extensão e frequência dos distúrbios antrópicos. Os maiores índices de perturbações responsáveis por afetar as áreas em nosso estudo, foram provenientes de impactos como criação de gado e práticas de extração. Em outros biomas superexplorados, como o Cerrado, a maior parte da estrutura da paisagem é modificada para uso do solo em agricultura e pasto (Alencar et al., 2020; Mapbiomas, 2020). No Cerrado, em ambientes onde há presença de palmeiras como *Butia capitata*, *Annona crassiflora* e *Caryocar brasiliense*, a ausência ou baixa densidade na classe ontogenética de jovens e adultos imaturos em áreas usadas para atividades antrópicas, são relacionadas ao pisoteio de gado e compactação do solo (Girollo e Scariot 2015; Sá et al., 2020; Orioli e Scariot, 2021). Em espécies de plantas utilizadas como PFNMs, alguns estudos registraram manejo insustentável, como remoção da cobertura vegetal para conversão de pastagem, comprometendo a persistência e a conservação de plantas pertencentes à família Arecaceae (Orioli e Scariot, 2021; Lima et al., 2023). No nosso estudo, atividades relacionadas à mudança na cobertura e uso da terra foram as que mais afetaram a densidade total de indivíduos. Em oposição, os níveis de colheita de frutos não afetaram a densidade de regenerantes (veja Fig. S4). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos realizados com outras espécies de palmeiras

(Sá et al. 2020; Pereira et al., 2022; Lima et al., 2023), indicando que a intensidade da colheita de frutos é sustentável.

A predominância de plantas em menores classes de tamanho nas áreas estudadas (93%) indicou o padrão de J-Invertido. A característica deste padrão é demonstrar como acontece o processo de manutenção e regeneração das áreas, mesmo quando sob pressão de diversas atividades antrópicas (Girollo e Scariot 2015; Sá et al., 2020). No presente estudo, as áreas que estiveram expostas a menor pressão provenientes das mudanças de cobertura e uso de solo, ofereceram melhores ajustes à curva de J-Invertido. Resultados similares foram encontrados por Girollo e Scariot (2015), que demonstraram que áreas sujeitas à menor intensidade de uso do solo, exibiram locais com elevado índice de regenerantes, ocasionando recrutamento contínuo. Na única área que não apresentou ajuste à distribuição J-Invertido (G5A0M0E10), acreditamos que foi em consequência de uma possível maior exposição a eventos crônicos, nível intermediário de intensidade de pecuária e nível máximo de colheita de frutos, os quais são responsáveis por afetar a densidade de juvenil e de regenerantes (Lopez-Toledo et al., 2018; Lima et al., 2023).

Os nossos resultados indicam potencialidade de regeneração da espécie, visto que houve elevada proporção de regenerantes na maior parte das áreas. Isso pode ser uma exceção dentre as espécies de plantas que possuem ciclo de vida longo. Condit et al., (1998) destacaram que não são todas as espécies de plantas que apresentam padrão J-Invertido, principalmente as que possuem crescimento lento e baixa mortalidade como a palmeira. No entanto, é de grande importância reforçar que, durante a estação seca, devido à limitação de recursos para o gado, a pressão de pastejo e pisoteios sobre as plantas de menores tamanhos podem ser aumentadas, comprometendo o recrutamento de regenerantes e jovens.

4.2. Efeitos de fatores antrópicos e edáficos na regeneração natural e na densidade de estágios ontogenéticos

Os modelos selecionados demonstram que as densidades de indivíduos apresentam associação com eventos antropogênicos. As variáveis de mudança e uso da terra exibiram aspectos negativos para a densidade de todos os estágios ontogenéticos, exceto adultos reprodutivos. Esses resultados reforçam a relação negativa da agricultura e pecuária sobre a densidade de palmeiras (Lima et al. 2023). A área de cobertura vegetal convertida para criação de gado teve aumento de 104% na região Nordeste do Brasil nos últimos 30 anos (ASSOCON, 2023). Dado essa condição, mudanças na cobertura e uso da terra desencadeia outros tipos de impactos, como desertificação, eventos de seca, queimadas frequentes, e pastagem intensiva em longo prazo (Tomasella et al., 2018; IBGE, 2019).

Para os estágios ontogenéticos avaliados, a densidade de regenerantes foi afetada negativamente pela agricultura. A área 6, na localidade da Grota das Oliveiras (G10A10M7E10) foi a única a apresentar sistema agropastoril. Esse sistema é caracterizado pela presença da comunidade utilizando o solo para plantação de legumes e verduras, como também por apresentar uma quantidade considerável de árvores frutíferas. Além do plantio, havia criação de gado, que habitavam as áreas com presença de palmeiras com características envelhecidas. Os regenerantes de *A. pindobassu* eram removidos com frequência através da prática manual. Esta prática, denominada aração, é um risco para os regenerantes, porque torna o solo mais solto e mais permeável, havendo formações de torrões que impossibilitam a regeneração dos indivíduos em formação (Embrapa, 2010). Em resultado similar, Giroldo e Scariot (2015) demonstraram que a pecuária afetou negativamente a densidade de regenerantes. Estes autores também relataram que a intensidade de colheita não afetou o recrutamento de regenerantes. Contudo, nosso estudo registrou relação negativa da extração de madeira com a densidade de juvenil. Baseado na Matriz de Leopold, alguns fazendeiros e coletores relataram remover pequenas plantas, incluindo *A. pindobassu*, principalmente para utilização de lenha para cozinhar alimentos. A remoção de folhas pode levar à perda de áreas foliar e de tecidos fotossinteticamente ativos (Lima et al., 2023). Por conseguinte, pode gerar consequências na futura reprodução das populações (Hernández-Barrios et al., 2012; Lopez-Toledo et al., 2018). Esse distúrbio presente nas áreas torna-se assim, um inviabilizador no aumento de indivíduos adultos.

No estágio de imaturos, os indivíduos exibiram associação negativa com a criação de pastagens. Essa condição, provavelmente acontece devido ao período intenso ao qual ocorre a remoção da vegetação. Os indivíduos ao serem removidos, refletem como o manejo da espécie é realizado inadequadamente por longos períodos de anos, conhecido também como processo de distúrbio crônico. Este processo tem forte tendência a afetar a composição de uma área (Ribeiro-Neto et al., 2023). O rodízio de pastagem na região de estudo varia em média de um a dois anos. De acordo com Arnan et al. (2018), práticas recorrentes quando realizadas coletivamente, resultam em alterações com intensos efeitos a longo prazo, como a redução da densidade de imaturos registradas aqui. Desta forma, o curto tempo de rodízio de pastagem não permite o retutamento de regenerantes, uma vez que eles não conseguem atingir a idade adulta.

A densidade de indivíduos adultos reprodutivos exibiu associação negativa com a extração de madeira, porém não significativa. Em observação de campo, nas áreas na qual o uso do solo estava voltado para pastoreio, foram comuns observar *A. pindobassu* com seus respectivos caules extraídos. Segundo Mandle et al., (2015), Arecaceae é a família mais utilizada para avaliar demografia de plantas, devido aos múltiplos distúrbios naturais e antrópicos aos quais estão expostas. A extração de madeira é um desses fortes efeitos, pois, sabe-se que ao extrair a madeira de determinado ambiente, a estrutura da paisagem muda drasticamente, dando lugar aos ambientes de pasto e a um ambiente de solo mais exposto.

O manejo de vegetação com uso de fogo, um fator não avaliado em nosso estudo, é bastante comum em áreas onde há presença de extração de madeira, agricultura e pecuária. Segundo Orioli e Scariot (2022) e Lima et al., (2017), existem dois sistemas utilizados para criação de gado em pastagens, ambos estão vinculados ao desbaste da vegetação lenhosa e semeadura de gramíneas. A utilização do fogo pode indiretamente afetar a conservação da palmeira em todas as 14 áreas estudadas.

5. Conclusões e implicações para o manejo

A intensidade de práticas agropastoris e extração de madeira, têm gerado intensos distúrbios nas localidades em que de *A. pindobassu* se encontra presente. Apesar de ser economicamente importante, o uso da terra não tem sido manejado de modo apropriado, impondo possível risco de extinção em alguns locais. O estudo de estrutura populacional é essencial para acompanhamento dos estágios do ciclo de vida, identificação de gargalos de recrutamento e os estágios mais sensíveis e/ou responsável pelo crescimento populacional da espécie.

Apesar de ter sido um estudo de curto prazo, nossos resultados evidenciaram que a criação de pastagens foi o tipo de distúrbio que mais impactou negativamente *A. pindobassu*. Para que as áreas possam ter um melhor desenvolvimento, é necessário que existam técnicas de manejo sustentáveis que possibilitem um melhor uso da terra e colheita de produtos florestais não madeireiros. Dentro destas técnicas, é preciso que áreas de agricultura mantenham indivíduos em fases de regeneração. O tempo de rotação de uso de pastagens precisa ser aumentado para um período suficiente para manter o estabelecimento das plântulas para os próximos estágios. Uma alternativa pode ser cercar alguns indivíduos para evitar o consumo e pisoteio de grandes animais, como bovinos. Além disso, sugerimos a avaliação de criação de uma lei que proíba o corte de madeira desta espécie de PFNM.

Por tratar-se de uma espécie endêmica da região Norte da Bahia, a elaboração de Leis que visem à conservação da espécie é uma grande tomada de decisão para evitar a derrubada destas plantas (Menezes et al. 2023). Outra importante forma de conservação é a criação de Unidades de Conservação de Uso Extrativista em locais onde há áreas de vegetação nativa preservada, especialmente, em áreas com alta densidade de *A. pindobassu*. A escolha de tais pontos para conservação deveria levar em consideração locais que apresentam alta adequabilidade para *A. pindobassu* e que no futuro serão menos afetadas por mudanças climáticas (Menezes et al. 2023). Aliado à essas ações, podem-se criar bancos de sementes em *ex situ*, viveiros de mudas, e planos para monitoramento da dinâmica populacional, enfocando tanto a fauna e a flora, quanto às comunidades locais.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil; Código de Financiamento: 001) por financiar e conceder apoio à Bárbara Lima durante o período deste presente estudo. Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade Estadual de Feira de Santana, a Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e alunos do Laboratório de Ecologia Básica Aplicada (LEBA) por todo o suporte durante as coletas em campo.

REFERÊNCIAS

- Alencar, AZ et al., 2020. Mapping Three Decades of Changes in the Brazilian Savanna Native Vegetation Using Landsat Data Processed in the Google Earth Engine Platform Remote Sens., 12(6), 924. DOI: 10.3390/rs12060924.
- Ab' Sáber, AN., 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, p.569. ISBN: 978-85-7480-355-5.
- Araujo, HFP. et al., 2023. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. Scientific Report, pp.1-11. DOI: 10.1038/s41598-023-45571-9.
- Arnan, X. et al., 2018. Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ant communities in Caatinga dry forest. Science of The Total Environment, v.631-632, pp.429-438. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.037.
- ASSOCON - Associação Nacional da Pecuária Intensiva., 2023. Pecuária de Corte. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/pecuaria/rebanho-bovino-cresceu-104-30-anos-norte-nordeste>. Acessado em 19 de dezembro de 2023.
- Barton, K., 2019. Package MuMIn. R Package Version 1.43.6.
- Bender, DJ., Contreras, TA., Fahrig, L., 1998. Habitat Loss and Population Decline: A Meta-Analysis of the Patch Size Effect. Ecology, pp.517-533. DOI: 10.2307/176950.
- Benchimol, M et al., 2017. Translating plant community responses to habitat loss into conservation practices: Forest cover matters. Biological Conservation, pp.499-507. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.03.024.
- Bernacci, LC., Martins, FR., Santos, FAMD., 2008. Structure of ontogenetic stages in a native population of the palm *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). Acta Bot. Bras., pp.119-130. DOI: 10.1590/S0102-33062008000100014.
- BFG (The Brazil Flora Group)., 2021. Flora do Brasil, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp.1-28. DOI: 10.47871/jbrj2021001.
- Bioma Caatinga. Ministério do Meio Ambiente, MMA. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga>. Acessado em 10 de Junho de 2022.

- Bondar, G., 1942. O babaçu e outras palmeiras produtoras de amêndoas oleaginosas no Brasil. Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agric. Rio de Janeiro. 40 figs. pp.64, 1942. In: Glassman, SF. A taxonomic treatment of the palm subtribe Attaleinae (tribe Cocoeae), 1999.
- Cade, BS., 2015. Model averaging and muddled multimodel inferences. Ecological Society of America, pp.2370-2382. DOI: 10.1890/14-1639.1.
- Condit, R et al., 1998. Predicting Population Trends from Size Distributions: A Direct Test in a Tropical Tree Community. The American Naturalist, pp.495-509. DOI: 10.1086/286186.
- Crawley, MJ., 1986. The structure of plant communities. In: Plant ecology (M.J. Crawley, ed.). Blackwell, Oxford. p.1-50.
- Carvalho, RB., Martins, FR., Santos, FAM., 1999. Leaf Ecology of Pre-reproductive Ontogenetic Stages of the Palm Tree *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). Annals of Botany, pp.255-233. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/42765937>.
- Carvalho, AJA.; Ferreira, MHS.; Alves, JS., 2016. Manual do licuri [livro eletrônico] – Salvador (BA): Áttema, 2016. – (Programa Conca: Sustentabilidade, Saberes e Sabores da Caatinga). p.100. ISBN: 978-85-65551-09-0.
- Dransfield, J et al., 2008. Genera Palmarum - The Evolution and Classification of the Palms. Kew Publishing, Royal Botanical Garden, Londres. p.732. DOI: 10.34885/92.
- Dubreuil, V et al., 2018. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. Revista Confins. DOI: 10.4000/confins.15738.
- Echeverría, C et al., 2007. Impacts of forest fragmentation on species composition and forest structure in the temperate landscape of southern Chile. Global Ecology and Biogeography, pp.426-439. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2007.00311.x.
- Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco, estado da Bahia. Recife. (EMBRAPA-SNLCS). Boletim técnico, 52; SUDENEDRN. Série Recursos Solos, v.2, n. 10, 1977/1979. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/335822>. Acessado em 10 de maio de 2023.

- Embrapa - Emprapa Semiárido., 2010. Sistemas de Produção, v.6. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/solos.htm>. Acessado em 19 de dezembro de 2023.
- Fernandes, MF., Queiroz, LP. de., 2018. Vegetação e flora da Caatinga. *Ciência e Cultura* 70, pp.51-56. DOI:10.21800/2317-66602018000400014
- Fernandes, MF.; Cardoso, D.; De Queiroz, LP., 2020. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. *Journal of Arid Environments*, v.174. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2019.104079.
- Ferreira et al., 2022. Direct seeding as a recruitment alternative for the threatened tropical palm *Syagrus coronata* (Mart.) Beccari in Brazilian dry forest. *Brazilian Journal of Biology*, v.82, pp.1-10. DOI: 10.1590/1519-6984.264348.
- Freitas, C et al., 2016. Phylogenetic analysis of *Attalea* (Arecaceae): insights into the historical biogeography of a recently diversified Neotropical plant group. *Botanical Journal of the Linnean Society*, pp.287-302. DOI: 10.1111/boj.12466.
- Gatsuk, LE et al., 1980. Age states of plants of various growth forms: A Review. *Journal of Ecology*, pp.675-696. DOI: 10.2307/2259429.
- Giroldo, AB., Scariot, A., 2015. Land use and management affects the demography and conservation an intensively harvested Cerrado fruit tree species. *Biological Conservation*, pp.150-158. DOI: 10.1016/j.biocon.2015.06.020.
- Glassman, SF., 1999. A taxonomic treatment of the palm subtribe *Attaleinae* (tribe Cocoeae). University of Illinois. DOI: 10.5962/bhl.title.49920.
- Grosso, M.; Snyder, H., 2017. Registro de ocorrência de *Heterotermes longiceps* Snyder, 1924 (Isoptera: Rhinotermitidae) em frutos de Babaçu no município de Nossa Senhora do Livramento, Mato Grosso, Brasil. *Revista Espacios*, p.26. ISSN: 0798-1015.
- Guariano, EDS.; Scariot, A., 2014. Direct seeding of dry forest tree species in abandoned pastures: effects of grass canopy and see burial germination. *Ecological Research*, pp. 473-482. DOI: 10.1007/s11284-014-1143-4.
- Hansen, MC et al., 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *SCIENCE*, pp. 850-853. DOI:10.1126/science.1244693.
- Henderson, A et al., 2000. Flowering phenology of a palm community in a central Amazon forest. *Brittonia*, pp.149-159. DOI: 10.2307/2666506.

- Henderson, A., 2020. A revision of *Attalea* (Arecaceae, Arecoideae, Cocoseae, Attaleinae). *Phytotaxa*, v.444, pp.1-76. DOI: 10.11646/phytotaxa.444.1.1.
- Hernández-Barrios, JC et al., 2012. Defoliation and gender effects on fitness components in three congeneric and sympatric understory palms. *Journal Ecology*, pp.1544-1556. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2012.02011.x.
- Hett, JM.; Loucks, OL., 1976. Age Structure Models of Balsam Fir and Eastern Hemlock. *Journal of Ecology*, pp.1029-1044. DOI: 10.2307/2258822.
- Holl, KD et al., 2017. Local tropical forest restoration strategies affect tree recruitment more strongly than does landscape forest cover. *Journal of Applied Ecology*, pp.1091-1099. DOI: 10.1111/1365-2664.12814.
- Hutchings, MJ., 1997. The Structure of Plant Populations. In *Plant Ecology*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, pp.325-358. DOI: 10.1002/9781444313642.ch11.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2019. CENSO AGROPECUÁRIO: Resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?t=publicacoes>. Acessado em 13 de Dezembro de 2023.
- Isaza, C et al., 2017. Demography of *Euterpe precatoria* and *Mauritia flexuosa* in the Amazon: application of integral projection models for their harvest. *Biotropica*, pp.653-664. DOI: 10.1111/btp.12424.
- Kissling, WD et al., 2019. PalmTraits 1.0, a species-level functional trait database of palms worldwide. *Scientific Data*. DOI: 10.1038/s41597-019-0189-0.
- Koch, R.; Almeida-Cortez, JS.; Kleinschmit, B., 2017. Revealing areas of high nature conservation importance in a seasonally dry tropical forest in Brazil: Combination of modelled plant diversity hot spots and threat patterns. *Journal for Nature Conservation*, pp.24-39. DOI: 10.1016/j.jnc.2016.11.004.
- Komsta, L.; Novomestky, F., 2022. Moments: Moments, Cumulants, Skewness, Kurtosis and Related Tests. R package version 0.14.1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=moments>.
- Küchmeister, H et al., 1998. A polinização e sua relação com a termogênese em espécies de Arecaceae e Annonaceae da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, pp.217-245. DOI: 10.1590/1809-43921998283245.

- Leal, A et al., 2021. Landscape-scale forest loss shapes demographic structure of the threatened tropical palm *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). *Forest Ecology and Management*. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119716.
- Leopold, LB et al., 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey, p.13. DOI: 10.3133/cir645.
- Lima, VVF.; Scariot, A.; Sevilha, AC., 2023. Livestock and agriculture affect recruitment and the structure of a key palm for people and an endangered bird in semi-arid lands. *Journal of Arid Environments*, v. 217. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2023.105036.
- Lopez-Toledo, LA et al., 2018. Chronic leaf harvesting reduces reproductive success of a tropical dry forest palm in northern Mexico. *PLoS One*, pp.1-16. DOI: 10.1371/journal.pone.0205178.
- Lopes-Nunes, ALDS., 2022. Estrutura e dinâmica do componente arbustivo-arbóreo em uma área de Caatinga sob diferentes sistemas silviculturas, em Macau, RN. Tese de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p.70.
- Mapbiomas., 2020. Coleção da Série Anu. Mapas Cobertura e Uso Solo do Bras. Disponível: <http://mapbiomas.org/>. Acessado em: 28 de novembro de 2023.
- Mayer, M., 2023. Confintr: Confidence Intervals. R package version 1.0.2. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=confintr>.
- Marques, TV et al., 2020. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from Seasonally Dry Tropical Forests (Caatinga) in the Brazilian Semiarid. *Agricultural and Forest Meteorology*, pp.1-15. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.107957.
- Medeiros, BASD et al., 2019. Flower visitors of the licuri palm (*Syagrus coronata*): brood pollinators coexist with a diverse community of antagonists and mutualists. *Biological Journal of the Linnean Society*, pp.666-687.
- Menezes et al., 2023. Conservation challenges to the useful neotropical palm Bababçu (*Attalea pindobassu* Bondar) in the face of climate change. *Flora*. DOI: 10.1016/j.flora.2023.152262.
- Mirzabaev, A. et al., 2019. Desertification. In *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*, pp. 249-338.
- Noblick, LR., 1994. Palms of Bahia. *Ornamental Palms I. Acta Horticulturae*, pp.85-93.

- Noblick, LR., 2017. A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae). *Phytotaxa*, pp.1-262. DOI: 10.11646/phytotaxa.294.1.1.
- Noblick, LR., 2019. Guia para as palmeiras do Nordeste do Brasil. Editora UEFS, p.91. ISBN: 978-85-5592-098-1.
- Oliveira, ADT.; Alexandre, GP.; Mahamoud, TS., 2013. Babaçu (*Orbignya sp.*): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. *Biochemistry and Biotechnology Reports*, v. 2, pp.126-129. DOI: 10.5433/2316-5200.2013v2n3espp126
- Oliveira, W. et al., 2022. Chronic anthropogenic disturbances and aridity negatively affect specialized reproductive traits and strategies of edible fruit plant assemblages in a Caatinga dry forest. *Forest Ecology and Management*, v.514, pp.120-214. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120214.
- Oliveira, MH. et al., 2023. Spatial distribution of *Attalea geraensis* Barb. Rodr. (Arecaceae) in two areas of the north of Minas Gerais. *Brazilian Journal of Development*, v.9, pp.4587-4601. DOI: 10.34117/bjdv9n1-316.
- Pereira, CJ et al., 2022. Consequences of land use changes on seed fate and demography in the palm tree *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. (Arecaceae). *Folia Geobot*, pp. 227-239. DOI: 10.1007/s12224-022-09406-1.
- Pessoa, MS et al., 2017. Fruit biomass availability along a forest cover gradient. *Biotropica*, pp.45-55. DOI: DOI: 10.1111/btp.12359.
- Pinheiro de Brito, G.; De Oliveira Júnior, Z., 2021. O direito ao meio ambiente equilibrado diante das mudanças climáticas decorrentes da pecuária de corte no Brasil. ISSN: 2177-1642.
- Pintaud, JC., 2008. An overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). *Revista Peruana de Biología*, pp.55-63. ISSN: 1727-9933.
- Projeto MapBiomias – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga - Coleção 7. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/10/MapBiomias_Caatinga_2022_10.10.pdf. Acessado em 07 de Dezembro de 2023.
- Queiroz, LP et al., 2018. Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain, in: *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer, pp. 23-63. DOI: 10.1007/978-3-319-68339-3_2.

- R Core Team., 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- Ribeiro-Neto, JD. et al., 2023. Aridity and chronic anthropogenic disturbances cause a taxonomic, functional, and phylogenetic homogenization of ant communities in a Caatinga dry forest. *Biological Conservation*, v. 284, pp.110-151. DOI: 10.1016/j.biocon.2023.110151.
- Rosa, LZ et al., 2021. A importância da hibridização para a preservação da variabilidade genética da família Arecaceae (palmeiras) frente a fatores antropogênicos: uma revisão sobre o caso da palmeira x *Butyagrus nabonnandii* (Prosch.) Vorste. Research, Society and Development. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.22104.
- Sá, D.; Scariot, A.; Ferreira, JB., 2020. Effects of ecological and anthropogenic factors on population demography of the harvested *Butia capitata* palm in the Brazilian Cerrado. *Biodiversity and Conservation*, pp.1571-1588. DOI: 10.1007/s10531-018-1669-9.
- Santos, FPD., 2018. Modelamento estrutural da Serra da Jacobina e adjacências, Bahia. Tese de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade de Brasília, p.104.
- Schumann, K et al., 2010. Impact of land-use type and bark- and leaf-harvesting on population structure and fruit production of the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in a semi-arid savanna, West Africa. *Forest Ecology and Management*, pp.2035-2044. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.09.009.
- Schulz, K et al., 2016. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of Caatinga forest ecosystems in Brazil. *Forest Ecology and Management*, pp.62-70. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.02.011.
- Shackleton, CM.; Ticktin, T.; Cunningham, AB., 2018. Nontimber forest products as ecological and biocultural keystone species. *Ecology and Society*, v.23, p.15. DOI: 10.5751/ES-10469-230422.
- Symonds, MRE., Moussalli, A., 2011. A brief guide to model selection, multimodel inference and model averaging in behavioural ecology using Akaike's information criterion. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, pp.13-21. DOI:10.1007/s00265-010-1037-6
- Tomasella, J. et al., 2018. Desertification trends in the northeast of Brazil over the period 2000-2016. *International Journal of Applied Earth Observation and*

Geoinformation, Amsterdam: Elsevier, v. 73, pp.197-206. DOI:
10.1016/j.jag.2018.06.012.

Valls, A et al., 2015. Keystone species: Toward an operational concept for marine biodiversity conservation. *Ecological Monographs*, p.29-47. DOI:
10.6084/m9.figshare.c.3309894.v1.

Virillo, CB et al., 2011. Is size structure a good measure of future trends of plant populations? an empirical approach using five woody species from the Cerrado (Brazilian savanna). *Acta Bot. Brasilica*, pp.593-600. DOI: 10.1590/S0102-33062011000300012

Wilson, MC et al., 2016. Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape Ecol.*, pp.219-227. DOI:
10.1007/s10980-015-0312-3.

Material Suplementar

Tabela S1: Resultados da análise de granulometria e fertilidade do solo para 14 áreas (n=58 parcelas) com presença de *Attalea pindobassu* (Arecaceae).

CODIGO	pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	MO	C	SBs	CTC	Sat. base	Argila	Areia	Silte
G1A0M3E5	4,7	3	2,4	0,78	0,1	0,02	0,95	11,36	29,6	17,2	3,3	4,25	23	119,69	623,27	257,04
G2A1M3E10	5,1	1,7	1,03	0,29	0,04	0,03	1,25	17,12	75,9	44	1,38	2,63	7	412,43	393,79	193,79
G8A1M5E10	5,2	1	2,08	0,41	0,05	0,02	0,55	13,76	55,2	32	2,55	3,1	16	440,76	378,2	181,04
G7A0M4E7	1,8	4,5	1,83	0,33	0,03	0,02	1	10,08	30,1	17,5	2,2	3,2	18	110,8	805,04	84,04
G0A1M2E0	4,8	1,4	0,8	0,53	0,06	0,03	1,95	10,56	30,7	17,8	1,42	3,37	12	269,54	348,87	381,59
G10A10M7E10	4,8	1,8	0,55	0,37	0,08	0,02	2,15	14,4	51,7	30	1,02	3,17	7	321,6	341,51	336,89
G1A1M0E0	5,7	4,5	3,95	2,3	0,16	0,01	0	4,32	19,3	11,2	6,42	6,42	60	94,66	753,32	152,02
G10A10M8E5	4,7	9,4	1,15	0,41	0,1	0,06	1,7	11,04	30,6	17,8	1,72	3,42	13	356,26	223,48	420,25
G1A1M8E5	4,5	2,2	1,13	0,53	0,11	0,01	1,9	12,8	45,1	26,2	1,78	3,68	12	86,23	821,49	92,28
G1A1M4E2	4,5	2,2	1,13	0,53	0,11	0,01	1,9	12,8	45,1	26,2	1,78	3,68	12	422,11	460,78	117,12
G1A1M1E2	4,7	1,3	0,73	0,49	0,07	0,03	3,9	17,12	52,1	30,2	1,31	5,21	7	403,22	312,84	283,95
G0A0M7E6	4,4	1,9	0,8	0,53	0,08	0,03	1,9	10,72	32	18,5	1,45	3,35	12	289,67	354,41	355,92

G9A0M3E7	4,4	0,9	0,78	0,21	0,05	0,01	2,4	9,6	22,9	13,3	1,04	3,44	10	298,75	408,76	292,4 9
G5A0M0E10	4,9	1	2,08	0,99	0,14	0,01	1,2	11,2	35,9	20,8	3,22	4,42	22	324,3	430,91	244,7 9

Tabela S2: Eigenvalue, variância retida acumulada e *loadings* nos dois primeiros eixos da componente principal da variável textura de solo.

	PC1	PC2
Eigenvalue	56735,4	9309,19
Variância retida	85,90%	14,10%
Variância acumulada	85,90%	100%
Argila	0,47	0,67
Areia	- 0,81	0,007
Silte	0,35	-0,74

Tabela S3: Eigenvalue, variância retida acumulada e *loadings* nos dois primeiros eixos da componente principal das variáveis de fertilidade de solo.

	PC1	PC2
Eigenvalue	6,89	2,24
Variância retida	53,01%	17,21%
Variância acumulada	53,01%	70,21%
pH	0,093	0,433
P	0,114	-0,394
Ca	0,342	0,118
Mg	0,357	0,172
K	0,281	0,156
Na	-0,121	-0,285
Al	-0,238	-0,052
H+Al	-0,321	0,284
MO	-0,250	0,435
C	-0,250	0,434
SBs	0,362	0,141
CTC	0,294	0,153
Sat. base	0,371	0,067

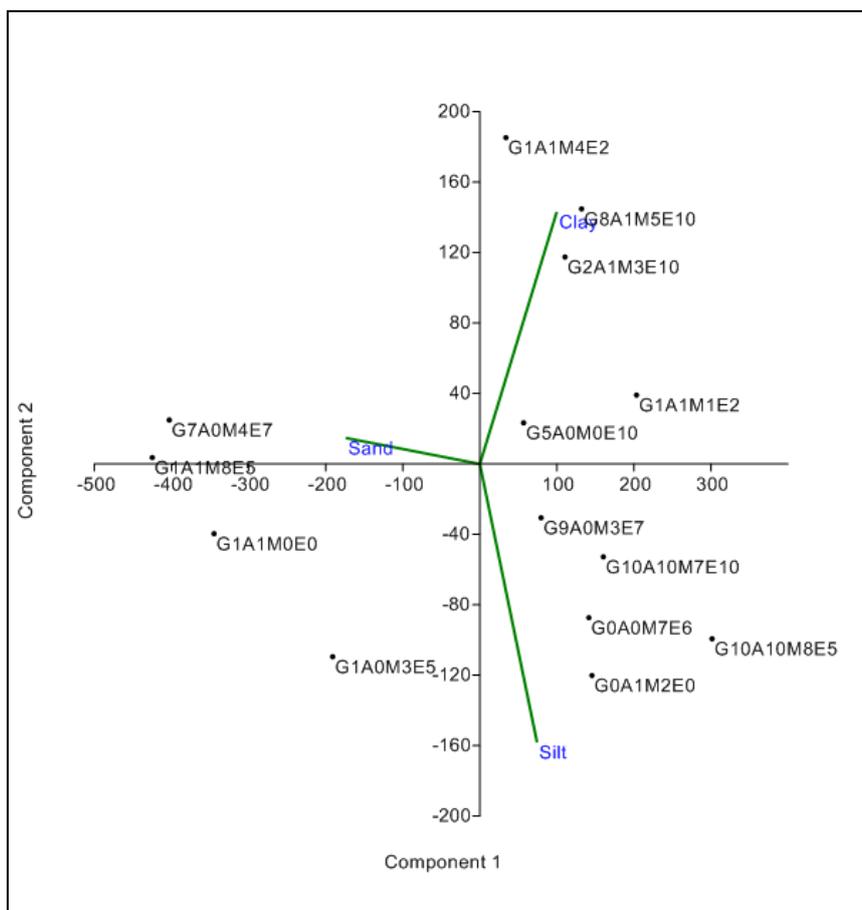


Figura S1: Distribuição dos pontos correspondentes às populações de *Attalea pindobassu* definido pelos dois primeiros eixos da componente principal para a variável de textura.

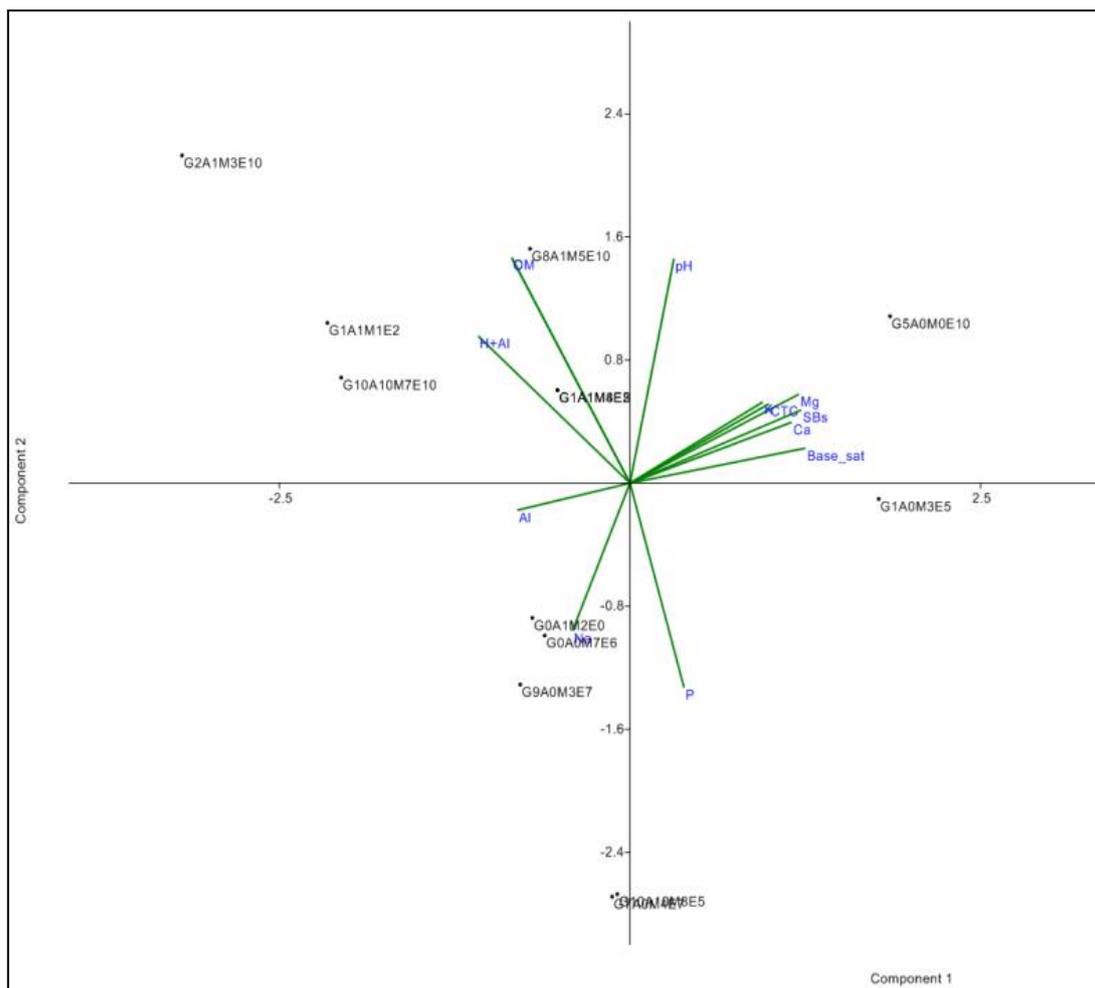


Figura S2: Distribuição dos pontos correspondentes às populações de *Attalea pindobassu* definido pelos dois primeiros eixos da componente principal para a variável de fertilidade.

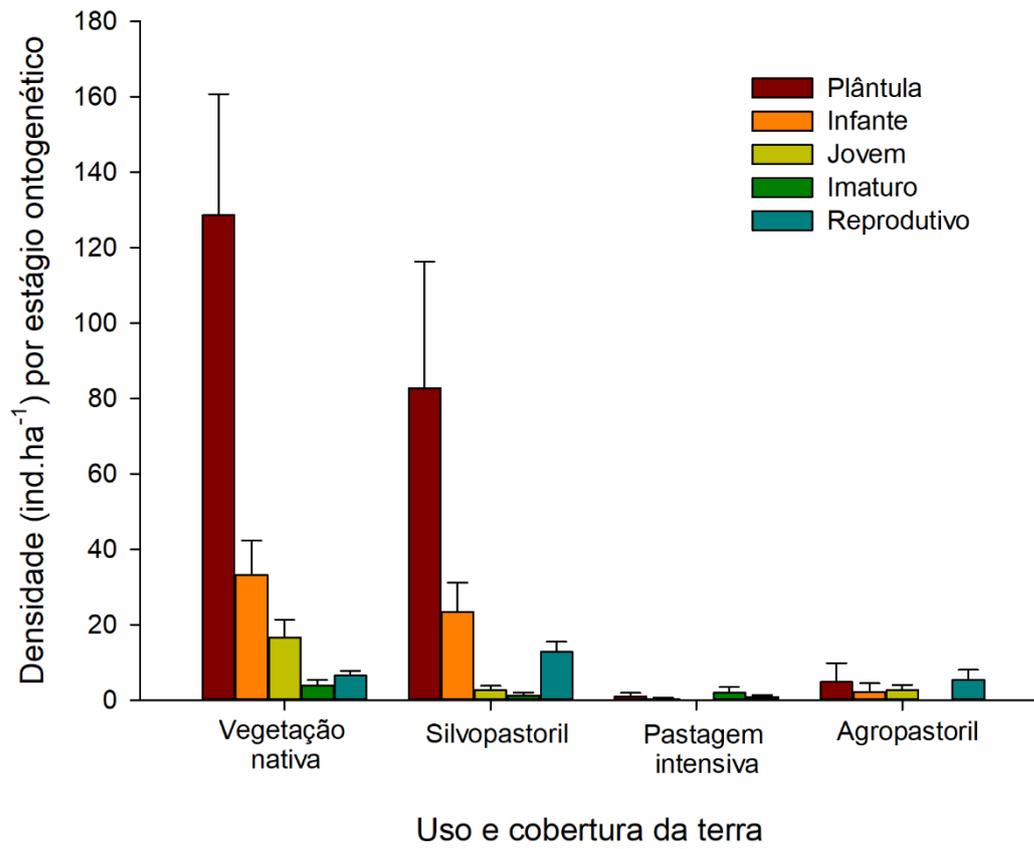


Figura S3: Densidade (ind/ha⁻¹) de estágios ontogenéticos para 14 áreas (n=58 parcelas) com presença de *Attalea pindobassu* em áreas de caatinga com diferentes históricos de uso e ocupação de terra. Os valores correspondem à média e \pm um erro padrão.

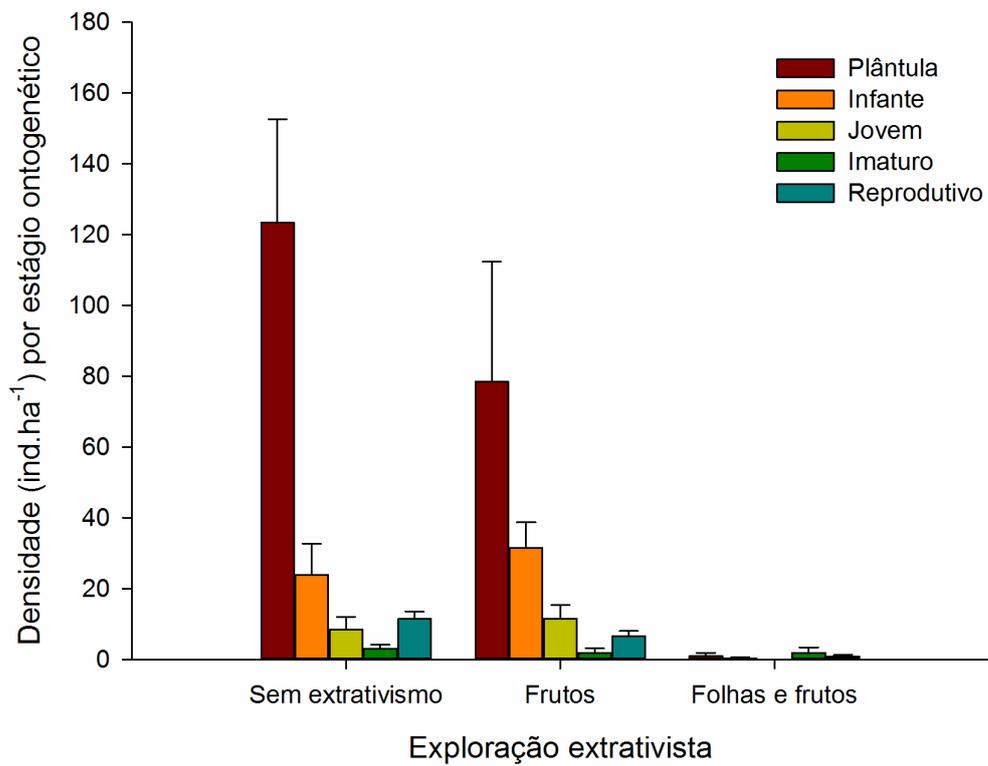


Figura S4: Densidade (ind./ha⁻¹) de estágios ontogenéticos para 14 áreas (n=58 parcelas) com presença de *Attalea pindobassu* de acordo com o histórico de extrativismo dos recursos naturais (folhas ou frutos). Os valores correspondem à média e \pm um erro padrão.