



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NATÁLIA ARAÚJO DE SOUSA

**MORCEGOS NECTARÍVOROS E A POLINIZAÇÃO DE PITAYAS (*Selenicereus*
spp. Cactaceae) NA CAATINGA**

AREIA

2025

NATÁLIA ARAÚJO DE SOUSA

**MORCEGOS NECTARÍVOROS E A POLINIZAÇÃO DE PITAYAS (*Selenicereus*
spp. Cactaceae) NA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Helder Farias Pereira de Araujo

Coorientadora: Profa. Dra. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S725m Sousa, Natália Araújo de.

Morcegos nectarívoros e a polinização de pitayas
(Selenicereus spp. Cactaceae) na Caatinga / Natália
Araújo de Sousa. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

33 f. : il.

Orientação: Helder Farias Pereira de Araujo.

Coorientação: Lenyneves Duarte Alvino de Araújo.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Cactaceae. 3. Interação
ecológica. 4. Agroecossistemas. 5. Semiárido. 6.
Quiroptofauna. I. Araujo, Helder Farias Pereira de. II.
Araújo, Lenyneves Duarte Alvino de. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 573(02)

NATÁLIA ARAÚJO DE SOUSA

O PAPEL DOS MORCEGOS NA POLINIZAÇÃO DE PITAYAS (*Selenicereus* spp.
Cactaceae) NA CAATINGA

Trabalho de Conclusão de Curso de
Bacharelado em Ciências Biológicas da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em:03/10/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 HELDER FARIAS PEREIRA DE ARAUJO
Data: 05/10/2025 11:38:25-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Helder Farias Pereira de Araujo (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 LAIS ANGELICA DE ANDRADE PINHEIRO BORGES
Data: 14/10/2025 10:34:08-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dra. Laís Angelica de Andrade Pinheiro Borges Universidade
Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 SAMANDRA SILVA DE LIMA
Data: 05/10/2025 11:54:17-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

MsC. Samandra Silva de Lima
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A minha família e amigos, pela dedicação,
companheirismo e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Elman e Marise, por todo amor, cuidado e constante incentivo para correr atrás de meus sonhos e objetivos. Obrigada por todo esforço para que eu traçasse esse caminho da melhor maneira possível.

Agradeço aos meus queridos orientadores, Helder e Lenyneves, por terem me recebido de braços abertos e por todo aprendizado compartilhado até aqui, sempre com muito gentileza e atenção. Obrigada por sempre enxergarem o meu potencial, mesmo nos momentos em que me sentia insegura, vocês foram essenciais para a minha jornada. À Samandra, agradeço por toda dedicação e esforço para o desenvolvimento desse trabalho, obrigada por todo companheirismo e escuta atenta, sua amizade é muito valiosa.

Aos meus amigos e companheiros de curso, Samantha, Pollyanna, Tailson, Ellen e Inaê, agradeço por tornarem essa jornada ainda mais gratificante, sempre com muito parceria, amizade, sorrisos e alguns choros pelos caminhos. Aos meus amigos da comunidade Borba II, Bianca, Aline, Maria Clara, Jamilly, José, Gabriella e Anderson, sou grata pelas vivências diárias, sempre com muitas rizada e afeto. Obrigada a todos por terem sido a melhor rede de apoio que eu poderia encontrar durante esses anos.

Agradeço também aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Biogeografia e Serviços Ecosistêmicos (LABIOGES), em especial minha querida amiga Mônica, por todo auxílio nos momentos de estresse, pela disponibilidade constante, em especial nas leituras dos meus textos mais inseguros e por todo incentivo acadêmico e pessoal, incluindo nossa saúde física. Estendo esse agradecimento, não menos importante, a Ana Paulo, Thiago, Carol, Marcos Felipe, Jaqueliney, Clara Felícia, Pedro Gabriel e Benja, por todo compartilhamento acadêmico, idas a campos e confraternizações que fortaleceram ainda mais esse relacionamento.

Um agradecimento especial a Laís Angélica pela amizade dedicada, conselhos oferecidos e por todos os momentos de descontração compartilhados.

Agradeço a Alexandra, bióloga do LABIOGES e ao técnico e biólogo do Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal (LABERV), Pedro e Renato, por todo auxílio e disponibilidade durante esses anos e amizade construída até aqui.

Por fim, agradeço aos professores Rosemberg Menezes, Loise Costa e David Holanda por terem disponibilizado materiais didáticos e de laboratório para o desenvolvimento dessa pesquisa. E aos meus companheiros de campo, Jéssica, Giuseppe, João Abraão, Isabella e Antônio, membros do Laboratório de Mamíferos, do Campus I, João Pessoa, meu reconhecimento pela parceria e dedicação.

RESUMO

A polinização é um serviço ecossistêmico de regulação, provisão e cultura, responsável por gerar frutos, sementes e diversos outros recursos essenciais para a humanidade. Portanto, é um serviço de grande importância para a economia global. Nos últimos anos, o interesse econômico nas espécies das pitayas (*Selenicereus* spp.) vem entrando em destaque devido ao seu valor comercial. As pitayas apresentam recursos florais semelhantes as cactáceas nativas polinizadas por morcegos na Caatinga, região semiárida brasileira. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o papel dos morcegos como polinizadores efetivos de espécies de pitaya na Caatinga e se a diversidade de morcegos nectarívoros é influenciada pela estrutura da paisagem. Portanto, foram realizados tratamentos de polinização natural (controle), manual e autopolinização (espontânea e manual) nas flores de pitaya. Para avaliar a eficiência da polinização, os frutos desenvolvidos foram pesados e estimado o número de sementes. A fim de testar a eficiência da polinização noturna e diurna, as flores foram expostas em períodos diferentes. Por fim, para avaliar a influência da paisagem da diversidade da quiropterofauna, foram instaladas redes de neblina em duas localidades distintas (conservada X desmatada), afim de identificar a riqueza e abundância das espécies nas regiões. Os resultados indicam que os frutos mais pesados foram produzidos pela polinização cruzada manual nas espécies *S. undatus* e *S. monacanthus*, enquanto *S. costaricensis* produziu maiores frutos na autopolinização manual. Além disso, o número de sementes apresentou relação positiva com o aumento do peso dos frutos. A comparação da polinização em períodos diferentes indicou que a polinização noturna produz frutos mais pesados que as diurnas e a diversidade de morcegos foi maior na área conservada. Assim, os plantios de pitaya se tornam mais eficientes quando formados por mais de uma espécie de pitaya, produzindo frutos mais bem desenvolvidos. A eficiência da polinização pode ser observada pelo número de sementes no fruto, influenciando diretamente no tamanho e peso dos frutos. Os morcegos são polinizadores mais eficientes na polinização das pitayas, embora abelhas possam polinizar essas espécies. Por fim, o nível de conservação da paisagem influencia a diversidade de morcegos que, conseqüentemente, afeta os serviços de polinização realizados por esses animais.

Palavras-Chave: Cactaceae; interação ecológica; agroecossistemas; semiárido; quiroptofauna.

ABSTRACT

Pollination is an ecosystem service of regulation, provision, and culture, responsible for producing fruits, seeds, and several other essential resources for humanity. Therefore, it is a service of great importance to the global economy. In recent years, economic interest in the dragon fruit species (*Selenicereus* spp.) has gained prominence due to its commercial value. Dragon fruits have floral features similar to those of native cacti pollinated by bats in the Caatinga, Brazilian semiarid region. Therefore, the present study aimed to evaluate the role of bats as effective pollinators of pitaya species in the Caatinga and whether bat diversity is influenced by the landscape. Natural pollination (control), manual pollination, and self-pollination (spontaneous and manual) treatments were performed on pitaya flowers. To assess pollination efficiency, the developed fruits were weighed and the number of seeds estimated. To test the efficiency of nocturnal and diurnal pollination, the flowers were exposed at different times. Finally, to assess the influence of the landscape on chiropteran diversity, mist nets were installed in two distinct locations (preserved vs. deforested) to identify species richness and abundance in the regions. The results indicate that the heaviest fruits were produced by manual cross-pollination in the species *S. undatus* and *S. monacanthus*, while *S. costaricensis* produced larger fruits through manual self-pollination. Furthermore, the number of seeds showed a positive correlation with increased fruit weight. Comparing pollination across different periods indicated that nocturnal pollination produces heavier fruits than diurnal pollination. Bat diversity was higher in the preserved area. Therefore, pitaya plantations become more efficient when formed by more than one pitaya species, producing better-developed fruits. Pollination efficiency can be observed by the number of seeds in the fruit, directly influencing fruit size and weight. Bats are the most efficient pollinators of dragon fruits, although bees can also pollinate these species. Finally, the level of landscape conservation influences bat diversity and, consequently, the pollination services realized by these animals.

Keyword: Cactaceae; ecological interaction; agroecosystem; semiarid; chiroptofauna.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Comparação do peso do fruto das espécies da pitaya branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*), de acordo com os tratamentos: autopolinização espontânea (AE); autopolinização manual (AM); polinização cruzada manual (PCM) e polinização natural (PN) 20
- Figura 2 – Relação entre o número de sementes e peso total dos frutos nas espécies de pitaya branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*) 20
- Figura 3 – Comparação do peso do fruto da pitaya com a polinização natural realizada em diferentes períodos: diurno (DI) e noturno (NT) ($P < 0,05$) 22
- Figura 4– Comparação da diversidade de morcegos nectarívoros entre a área degradada (linha e triângulo azul) e conservada (linha e círculo laranja): (A) comparação da diversidade total (acúmulo das capturas nos períodos de seca e chuvoso); (B) comparação da diversidade no período de seca e (C) comparação da diversidade no período chuvoso. (D) Comparação de indicadores do serviço de polinização entre área degradada e conservada (degradada em azul e conservada em vermelho). q_0 (riqueza total das espécies); q_1 (representa as espécies comuns) e q_2 (representa as espécies dominantes) 23

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Taxa de formação e desenvolvimento de frutos a partir da polinização das diferentes espécies de pitayas branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*), de acordo com o tipo de tratamento: polinização natural controle (PN); autopolinização espontânea (AE); autopolinização manual (AM) e polinização cruzada (PCM). Formação inicial do fruto (Ff); fruto abortado (Ab) e fruto desenvolvido (Fd) 19
- Tabela 2 – Peso médio (g) dos frutos das espécies de pitaya branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*), de acordo com os tratamentos: autopolinização espontânea (AE); autopolinização manual (AM); polinização cruzada manual (PCM) e polinização natural (PN). Diferenças significativas ($p < 0.05$) estão representadas por letras diferentes na mesma linha 19

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
2	CAPÍTULO I MORCEGOS NECTARÍVOROS E A POLINIZAÇÃO DE PITAYAS (<i>Selenicereus</i> spp. Cactaceae CAATINGA	13
2.2	<i>Introdução</i>	13
3	METODOLOGIA	15
3.1	<i>Área de estudo e delineamento experimental</i>	15
3.2	<i>Sistema reprodutivo</i>	16
3.3	<i>Número de sementes, peso de polpa e peso de frutos</i>	17
3.4	<i>Polinização noturna e diurna</i>	17
3.5	<i>Amostragem da diversidade de morcegos</i>	17
3.6	<i>Análises estatísticas.....</i>	18
4	RESULTADOS	18
4.1	<i>Sistema reprodutivo</i>	18
4.2	<i>Número de sementes, peso de polpa e peso de frutos</i>	20
4.3	<i>Polinização noturna e diurna</i>	21
4.4	<i>Amostragem da diversidade de morcegos</i>	22
5	DISCUSSÃO	23
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS	29

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A polinização, transferência de grãos de pólen em uma planta (autopolinização) ou entre plantas diferentes (polinização cruzada), é parte do processo reprodutivo que ocorre nas gimnospermas e angiospermas. Esse processo é uma interação ecológica que pode ocorrer de forma abiótica, através da água e do vento, e também biótica, através de espécies de animais polinizadores. A polinização exerce um papel fundamental para o funcionamento dos ecossistemas mantendo a manutenção da sua biodiversidade. Além disso, é um serviço indispensável para a humanidade, contribuindo globalmente para a produção de alimentos. No entanto, nos últimos anos, o declínio de polinizadores bióticos, ocasionado pelos diversos impactos ambientais que vem ocorrendo no mundo, tem se tornado uma preocupação crescente devido aos possíveis impactos na segurança alimentar e na preservação de espécies de plantas silvestres, que dependem dessa função para manter sua sobrevivência e distribuição.

Entre as espécies cultivadas estão as pitayas, cactáceas do gênero *Selenicereus*, do tipo epífita escandente. A pitaya é uma espécie com distribuição natural em ambientes de climas quentes, sendo oriunda das florestas tropicais decíduas da Índia, México, América Central e América do Sul. Suas flores apresentam características florais típicas de plantas quiropterófilas, polinizadas por morcegos nectarívoros, caracterizadas por apresentarem flores grades com cores claras e de antese noturna, permanecendo aberta até o início da manhã seguinte. Nos últimos anos o interesse econômico na pitaya vem crescendo em várias regiões do mundo, inclusive no Brasil, devido às características exóticas e sabor adocicado de seu fruto, além de suas propriedades nutricionais e farmacêuticas, sendo rica em vitaminas, minerais e antioxidantes.

No Brasil, a pitaya começou a ser introduzida na região Sudeste e passou a ser levada para o Nordeste, onde predomina a região de Caatinga com florestas tropicais sazonalmente secas ricas em biodiversidade. A Caatinga é o ecossistema que abriga o maior número de espécies endêmicas de Cactaceae no Brasil, bem como uma alta abundância local de indivíduos. Essa condição natural está associada a interações com a fauna local como na polinização e dispersão de sementes. Os morcegos nectarívoros na Caatinga apresentam altos níveis de sobreposição na

interação com as plantas, o que contribui para uma generalização ecológica (baixa especialização), com espécies de cactáceas aparecendo entre as plantas com flores mais visitadas. No entanto, devido ao extenso histórico de degradação ambiental que acomete a Caatinga, a transformação de áreas florestais em áreas pobres em vegetação impacta diretamente na diversidade da fauna, como a quiropterofauna.

Este estudo segue o modelo proposto pela Biblioteca Setorial Francisco Tancredo Torres, do CCA/UFPB, sendo apresentado no formato de artigo científico e organizado da seguinte forma: Introdução, com dados sobre os serviços ecossistêmicos de polinização, características sobre as espécies de pitayas e a importância dos morcegos nectarívoros, seguido da metodologia adotada para a realização desse estudo, incluindo área de estudo, processos das atividades e análises utilizadas para a avaliação de polinização. Por fim, são expostos nossos resultados, seguido da discussão e conclusão.

2 CAPÍTULO I – MORCEGOS NECTARÍVOROS E A POLINIZAÇÃO DE PITAYAS (*Selenicereus* spp. Cactaceae) NA CAATINGA

2.1 Introdução

A polinização é uma etapa do processo reprodutivo das plantas com sementes, a qual é classificada como um serviço ecossistêmico de regulação, provisão e cultura indispensável para a humanidade (IPBES, 2016). Além disso, a polinização é um processo fortemente associado a manutenção da biodiversidade e da agrobiodiversidade. Os serviços de polinização são responsáveis por grande parte da produção de frutos, sementes e mel (Klein *et al.*, 2007). Atualmente, cerca de 75% dos alimentos consumidos direta ou indiretamente na dieta humana dependem de uma polinização biótica (Klein *et al.*, 2007). Segundo o “Relatório de Avaliação sobre Polinizadores, Polinização e Produção de Alimentos”, publicado pelo IPBES em 2016, a polinização teve seu serviço estimado em aproximadamente US\$ 235 bilhões anuais (IPBES, 2016). Estudos relatam que o declínio dos polinizadores na natureza pode ocasionar a diminuição das populações de plantas silvestres que dependem dessa interação ecológica (Potts *et al.*, 2010), além de comprometer consideravelmente a segurança alimentar (Ollerton *et al.*, 2011, IPBES, 2016; Oliveira *et al.* 2020).

Dentre as espécies cultivadas, as pitayas (*Selenicereus* (A.Berger) Britton & Rose) são cactáceas que vêm sendo muito apreciadas no mercado. Esse cacto epífito escandente é oriundo das florestas tropicais decíduas do México, Índias Ocidentais, América Central e América do Sul (Bravo-Hollis, 1978; Nobel; Barrera, 2002). O interesse econômico nos frutos de pitaya vem crescendo no mercado nas últimas décadas em lugares como os Estados Unidos e a Europa, principalmente pelas suas características exóticas, capacidades nutricionais e farmacêuticas (Esquivel; Ayaraquesada, 2012). As pitayas dependem de uma polinização eficiente para a produção de frutos bem desenvolvidos exigidos pelo mercado. No México, as flores quando polinizadas por animais noturnos apresentaram melhor formação de frutos (Valiente-Banuet *et al.*, 2007). A polinização diurna produz frutos mais leves, possivelmente associados à baixa especialização das abelhas na polinização das flores da pitaya (Weiss *et al.*, 1994). Além da interação biótica, a pitaya também pode ser polinizada manualmente ou por meio da autopolinização em algumas espécies

(Valiente-Banuet *et al.*, 2007; Tran; Yen & Chen, 2015). As diferentes formas de polinização podem disponibilizar quantidades distintas de pólen na flor receptiva, que influencia a quantidade de óvulos fecundado e conseqüentemente o número de sementes encontradas nos frutos. Dessa forma, a polinização tem influência tanto na taxa de frutificação das pitayas como nas características de seus frutos desenvolvidos, a exemplo de tamanho e peso (Tran & Yen, 2014).

No Brasil, a produção de pitaya tem aumentado desde o ano 2000, principalmente na região Sudeste, no entanto, recentemente vem sendo introduzida em áreas da Caatinga, região semiárida localizada no Nordeste do país (Nunes *et al.*, 2014). A Caatinga abriga grande parte das espécies de Cactaceae endêmicas do Brasil, e é caracterizada pela considerável abundância de indivíduos (Zappi *et al.*, 2011). Tais condições estão ligadas às ações de dispersão de sementes e polinização realizadas pela fauna presente na região (Quirino; Machado, 2014; Gomes *et al.*, 2017). Os morcegos nectarívoros na Caatinga apresentaram altos níveis de sobreposição na interação com as plantas, o que contribui para uma generalização ecológica (baixa especialização), com espécies de cactáceas, aparecendo entre as plantas com flores mais visitadas (Cordero-Schmidt *et al.*, 2021). Apesar da pitaya não ser um cacto da região, suas flores possuem atributos e recursos semelhantes aos das espécies nativas, como as dos gêneros *Pilosocereus*, *Xiquexique* e *Cereus*, que têm suas flores visitadas por diferentes espécies de morcegos nectarívoros que ocorrem na região (Cordero-Schmidt *et al.*, 2021). Portanto, os morcegos nectarívoros nativos podem exercer um papel fundamental na polinização de pitayas na Caatinga.

A Caatinga é uma região de Florestas Tropicais Sazonalmente Secas caracterizada por sua rica diversidade. No entanto, também é caracterizada por seu longo histórico de degradação ambiental, com apenas 11% de remanescentes naturais originais, e um processo de degradação florestal que, marcadamente, substituiu florestas por vegetação arbustiva espaçada (Araujo *et al.*, 2023). Essa alteração na estrutura da paisagem impacta diretamente na biodiversidade e nos respectivos serviços ecossistêmicos (Araujo *et al.*, 2021, Lima *et al.*, 2025). Apesar dos morcegos nectarívoros serem relativamente comuns em áreas com vegetação nativa na Caatinga (Cordero-Schmidt *et al.*, 2021), elevados níveis de degradação florestal afetam a diversidade e abundância de morcegos nectarívoros e, conseqüentemente, seus serviços de polinização (Moreira *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*,

2020). No entanto, há uma lacuna de informações sobre o efeito dessa degradação na quiropterofauna para testar essa hipótese.

Aqui, avaliamos a influência da polinização das pitayas para a formação de frutos na Caatinga. Especificamente, nós: 1) realizamos testes de polinizações naturais e controladas para caracterizar o sistema reprodutivo de três espécies de pitayas cultivadas na Caatinga; 2) avaliamos o efeito da quantidade de sementes sobre o peso dos frutos nas três espécies; 3) avaliamos a influência de polinizadores diurnos e noturnos no peso dos frutos oriundos das flores por eles polinizadas; 4) verificamos como a diferença da cobertura vegetal em duas áreas (degradada x conservada) influencia na diversidade de morcegos nectarívoros na Caatinga, e se essa diferença pode influenciar a polinização de espécies de cactáceas, por morcegos. Esperamos encontrar: 1) variação na dependência de polinização cruzada entre as espécies de pitaya; 2) dependência positiva da quantidade de sementes no peso dos frutos, independente das espécies; 3) diferenças no peso de frutos oriundos de polinização natural diurna e noturna; e 4) diferenças na diversidade de morcegos nectarívoros entre uma área degradada e conservada.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo e delineamento experimental

Os experimentos de campo, relativos aos testes de polinização das pitayas, foram realizados na Estação Experimental São João do Cariri da UFPB (ESJC), no município de São João do Cariri, Paraíba, Brasil (7°22'21.46''S e 36°31'42.41''W). A área possui vegetação de Caatinga altamente impactada pelo corte seletivo de madeira para produção de lenha e pastagens para caprinos ao longo dos anos, com predominância de uma vegetação arbustiva e espaçada (Barbosa *et al.* 2007). No entanto, essa caracterização representa a realidade da grande parte das propriedades dos 29 municípios da região do Cariri paraibano. A ESJC está localizada a uma altitude variando de 350 a 500m, com temperatura média anual de 25° C e totais pluviométricos anuais em torno de 400 mm. A umidade relativa varia em torno de 70% e os solos são rasos, com textura média a arenosa, com presença de

cascalhos e calhaus na superfície e variando entre os tipos Luvissole Crômico Vértico, Vertissolo e Neossolo Litólico (Chaves *et al.*, 2000).

Na ESJC está o plantio experimental de pitaya, no qual as plantas estão dispostas em 12 fileiras compostas por 6 palanques cada, totalizando 72 palanques. Cada fileira corresponde a uma das três espécies do gênero *Selenicereus*, sendo elas: *S. undatus* (Haw.) D.R. Hunt (polpa branca) com 24 palanques, *S. costaricensis* (Weber) D.R.Hunt (polpa rosa arroxeada - vermelha) com 12 e *S. monacanthus* (Vaupel) Moran (polpa rosa - pink) também com 24.

A fim de realizar a comparação da diversidade de morcegos entre áreas conservada e degradada, selecionamos a Fazenda Salambaia, localizada a cerca de 27 km em linha reta da ESJC em Cabaceiras-PB, para representar a área conservada do estudo. Essa fazenda, junto com as fazendas vizinhas, abriga mais de 2.500 ha de área coberta por vegetação arbórea-arbustiva e florestal, fazendo parte da APA do Cariri. A fazenda se situa em uma altitude variando de 400 a 500 m, com temperatura média anual de 25° C e totais pluviométricos anuais em torno de 350 e 400 mm. Portanto, as duas localidades representam as áreas com distintas coberturas vegetacionais (degradada x conservada) desse estudo.

3.2 Sistema reprodutivo

O sistema reprodutivo das espécies de pitayas foi avaliado a partir de experimentos controlados de polinização, utilizando-se flores de diferentes indivíduos/espécie para cada tratamento, segundo metodologia descrita por Radford *et al.* (1974). Foram realizados quatro tratamentos de polinização, totalizando aproximadamente 970 polinizações realizadas, sendo: 396 autopolinizações espontâneas (AE); 124 autopolinizações manuais (AM); 203 polinizações cruzadas manuais (PCM) e 250 polinizações naturais (PN) (controle). No tratamento controle, as flores foram apenas marcadas e expostas aos visitantes florais (diurnos e noturnos). Nos demais tratamentos, os botões em pré-antese foram ensacados com TNT para evitar o contato com os visitantes florais. Na AE, os botões foram apenas marcados e permaneceram ensacados com TNT para registrar a formação ou não de frutos sem a polinização cruzada. Nas AM e PCM, os grãos de pólen foram coletados e depositados na região receptiva da flor, seja os grãos de pólen oriundos da mesma planta ou mesma espécie e planta diferente (AM), ou os grãos de pólen provenientes de plantas de espécie diferentes (PCM), nesse caso, as flores receptoras foram

emasculadas afim de evitar interferência de possíveis autopolinizações. Os frutos formados foram monitorados para avaliação da taxa de formação inicial do fruto (Ff) a partir dos valores de porcentagem, além da avaliação da taxa de aborto dos frutos (Ab) e de frutos desenvolvidos até a maturação (Fd), sendo realizada outra porcentagem a partir desses dados. O peso dos frutos foi comparado entre os tratamentos.

3.3 Número de sementes e peso dos frutos

Após coletados os frutos oriundos dos tratamentos, o peso fresco e número de sementes foram avaliados. O número de sementes foi estimado a partir do peso total de sementes secas (sem arilo) por fruto, dividido pelo peso médio das sementes. O peso médio por semente foi calculado a partir da média de 50 sementes maduras (com balança analítica de precisão de 0,0001g) (Valiente-Banuet *et al.*, 2007).

3.4 Polinização noturna e diurna

Nesse teste 450 flores de pitayas foram marcadas e ensacadas no início da antese e, após a abertura, 231 flores foram expostas aos morcegos no período noturno e depois ensacadas novamente. O mesmo processo foi realizado para os visitantes diurnos e, para isso, 219 flores foram ensacadas em botão em pré-antese e, após abertura, expostas apenas durante o início da manhã, quando são prioritariamente visitadas por abelhas.

3.5 Amostragem da diversidade de morcegos

fim de estimar a abundância dos morcegos nectarívoros nas duas localidades, foram realizadas capturas com 10 redes de neblinas (12 x 3m cada), em quatro expedições (3 dias cada), duas no período seco e duas no período chuvoso (período de floração das cactáceas). Os morcegos foram identificados, marcados e liberados. Caso estivessem com presença de pólen no corpo, uma amostra era retirada com cotonete antes da soltura dos indivíduos e levada para o laboratório, para identificação dos grãos de pólen de cactáceas, em comparação com grãos de pólen coletados de cactáceas nas áreas de estudo.

3.6 Análise de dados

A fim de verificar o efeito nos diferentes tratamentos de polinização sobre o peso dos frutos de pitaya, foi usada Análise de Variância (ANOVA). A fim de avaliar se o número de sementes influencia o peso do fruto e se essa influência varia entre as espécies estudadas foi realizada uma Análise de Covariância (ANCOVA). O peso dos frutos oriundos dos testes de polinização noturna e diurna foi comparado entre si, através do teste t. Esses testes foram realizados na plataforma "R" versão 4.3.1 (R Core Team, 2024), utilizando os pacotes *tidyverse*, *nlme*, *lm test*, e *ggplot2* para os gráficos.

Para avaliar a diversidade alfa de morcegos entre as duas localidades, usamos números de Hill, $q = 0, 1$ e 2 (Jost, 2006; Jost, 2007). Quando $q = 0$, o índice não é sensível às abundâncias de espécies, representando assim o número total de espécies (riqueza de espécies). Quando $q = 1$, cada espécie é ponderada de acordo com sua abundância e representa o número de espécies "comuns" na comunidade (similar à diversidade de Shannon). Quando $q = 2$, as abundâncias são elevadas ao quadrado, dando mais peso às espécies dominantes, representando assim o número de espécies "dominantes" na comunidade (similar à diversidade de Simpson) (Jost, 2007). Além disso, realizamos uma estimativa de completude amostral e rarefação (Hsieh *et al.*, 2016). Essas análises foram realizadas usando o pacote 'iNEXT' (Hsieh *et al.*, 2020) para R versão 4.3.1 (R Core Team, 2024).

4 RESULTADO

4.1 Sistema reprodutivo

Cerca de 970 flores de pitayas foram polinizadas entre os tratamentos, resultando a formação e análise de 424 frutos das três espécies branca, vermelha e pink. Nos tratamentos de autopolinização manual e espontânea, a pitaya vermelha se destaca, com 100% de formação inicial e baixa taxa de aborto ($< 20\%$) (Tabela 1). Além disso, essa espécie produziu frutos significativamente mais pesados na autopolinização manual (Tabela 2 e Figura 1). Enquanto a branca apresentou uma formação inicial de aproximadamente 40% na autopolinização manual e de 50% na

espontânea, com uma taxa de aborto de 60% e a pink não foi capaz de produzir frutos em nenhum dos dois tratamentos de autopolinização (Tabela 1 e Figura 1).

TABELA 1 – Taxa de formação e desenvolvimento de frutos a partir da polinização das diferentes espécies de pitayas branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*), de acordo com o tipo de tratamento: polinização natural controle (PN); autopolinização espontânea (AE); autopolinização manual (AM) e polinização cruzada (PCM). Formação inicial do fruto (Ff); fruto abortado (Ab) e fruto desenvolvido (Fd).

Tratamento	%	Branca	Pink	Vermelha
AE	Ff	52%	0%	100%
	Ab	60%	-	18,2%
	Fd	40%	0%	81,8%
AM	Ff	41,7%	0%	100%
	Ab	10%	-	0%
	Fd	90%	0%	100%
PCM	Ff	100%	95,4%	98,2%
	Ab	1,3%	4,8%	1,8%
	Fd	98,7%	91%	98,2%
PN	Ff	94,5%	37%	85%
	Ab	4%	57,9%	0%
	Fd	96%	42,1%	100%

Fonte: Autor

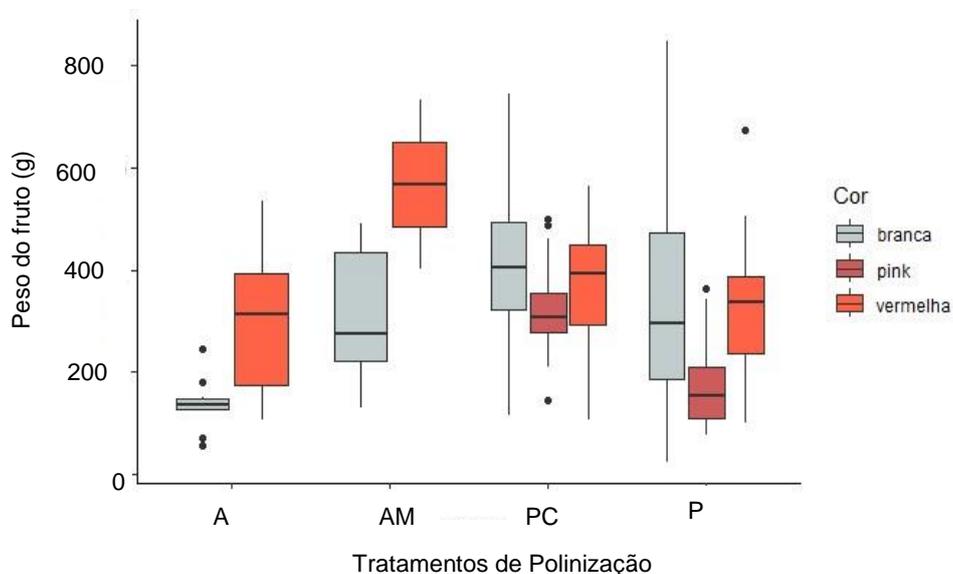
Na polinização cruzada manual, as taxas de frutos desenvolvidos na branca, vermelha e pink foram de 98,7%, 98,2%, 91%, respectivamente, com uma taxa de aborto menor que 5% (Tabela 1). Já na polinização natural (controle), a pink apresentou apenas 42,1% de frutos desenvolvidos e uma taxa de aborto de aproximadamente 57%. Por outro lado, as espécies branca e vermelha apresentaram respectivamente, 96% e 100% de frutos desenvolvidos. Na polinização cruzada manual, a Pink produziu frutos significativamente, assim como observado também na branca, porém sem diferença significativa da autopolinização manual (Tabela 2 e Figura 1).

TABELA 2 – Peso médio (g) dos frutos das espécies de pitaya branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*), de acordo com os tratamentos: autopolinização espontânea (AE); autopolinização manual (AM); polinização cruzada manual (PCM) e polinização natural (PN). Diferenças significativas ($p < 0.05$) estão representadas por letras diferentes na mesma linha.

Espécie	AE	AM	PCM	PN
Branca	138 bc	310 ab	416 a	336 b
Pink	-	-	315 a	169 b
Vermelha	297 bc	568 a	377 b	320 c

Fonte: Autor

FIGURA 1 - Comparação do peso do fruto das espécies da pitaya branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*), de acordo com os tratamentos: autopolinização espontânea (AE); autopolinização manual (AM); polinização cruzada manual (PCM) e polinização natural (PN).

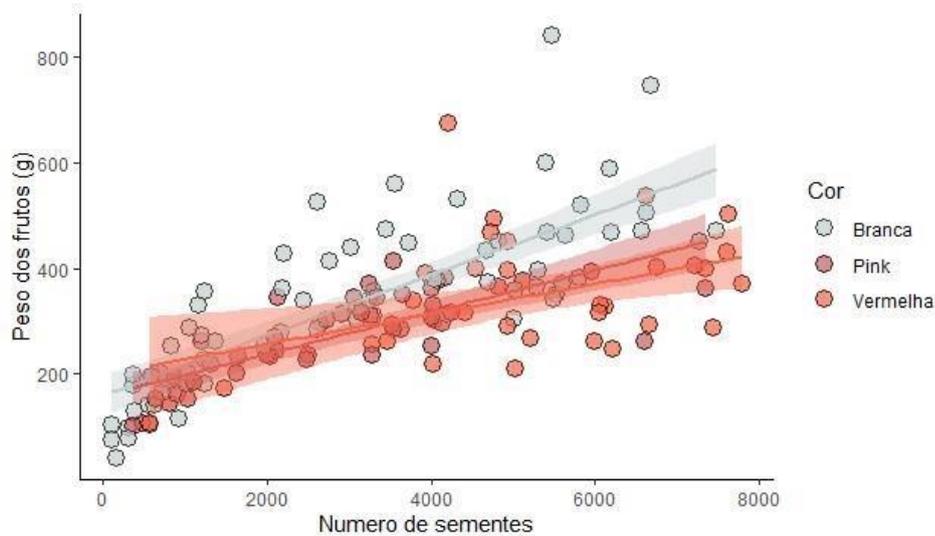


Fonte: Autor

4.2 Número de sementes e peso dos frutos

Existe uma relação positiva e significativa ($p < 0.05$) entre o número de sementes e o peso dos frutos. No entanto, essa relação pode variar entre as espécies, com uma maior influência na branca (Figura 2). Fonte: Autor

FIGURA 2 – Relação entre o número de sementes e peso total dos frutos nas espécies de pitaya branca (*Selenicereus undatus*), pink (*S. monacanthus*) e vermelha (*S. costaricensis*).



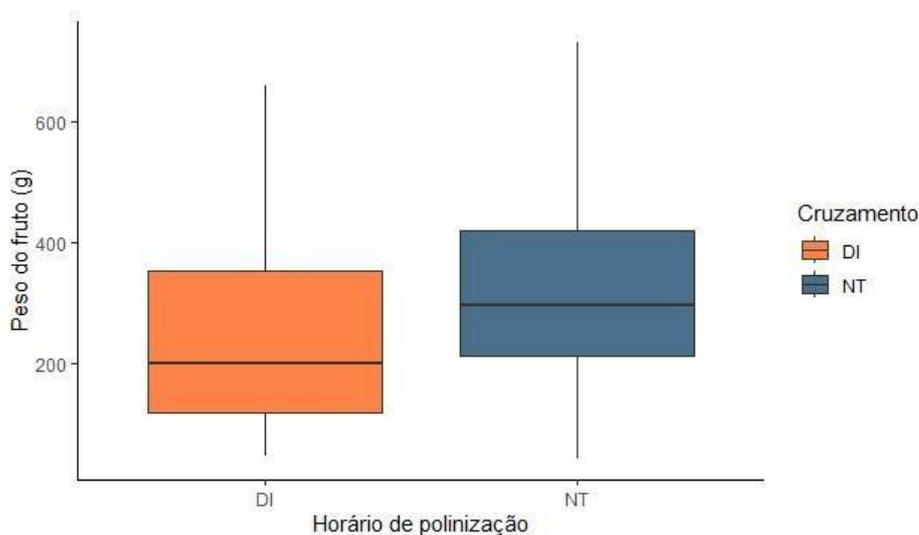
Fonte: Autor

4.3 Polinização noturna e diurna

Durante o período de polinização diurna foram observadas a interação de três espécies de abelhas com as flores da pitaya, são elas: *Xylocopa grisescens* (Lepeletiers, 1841), *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793). *Xylocopa grisescens* foi a espécie menos abundante, porém interagiu com as plantas por todo o plantio. Os indivíduos de *X. grisescens* entravam e caminhavam até o fundo da flor, mantendo maior contato com os estames, aumentando a coleta de pólen. Após a coleta, os indivíduos saem e pousam em outras flores, depositando os pólenes em seus estigmas, envolvendo-o quase por completo devido ao seu tamanho corporal. *Apis mellifera* por sua vez foi observada em grande abundância no plantio, no entanto, diferente da *X. grisescens*, elas mantinham uma interação mais fixa a flores mais próximas, sem se deslocar muito pelo plantio. Além disso, sua interação com as flores durava quase a manhã inteira, onde os indivíduos de *A. mellifera* mantinham uma agitação constante nas estruturas reprodutivas das flores. Por fim, *T. spinipes* também apresentou grande abundância durante os períodos de observações, no entanto, diferente da *X. grisescens* e *A. mellifera*, sua interação foi negativa, predando os botões ainda em pré-antese e danificando os estigmas. Além de se alimentar dos pólenes durante o período em que a flor permanecia aberta, limitando a disponibilidade de pólen para as demais espécies.

No entanto, durante o período noturno não foram observadas interações de morcegos com as flores. Apesar disso, as flores expostas durante a noite produziram frutos significativamente mais pesados do que quando expostas pela manhã ($W = 5532.5$, $p < 0.001$) (Figura 3)

FIGURA 3 - Comparação do peso do fruto da pitaya com a polinização natural realizada em diferentes períodos: diurno (DI) e noturno (NT) ($P < 0,05$).



Fonte: Autor

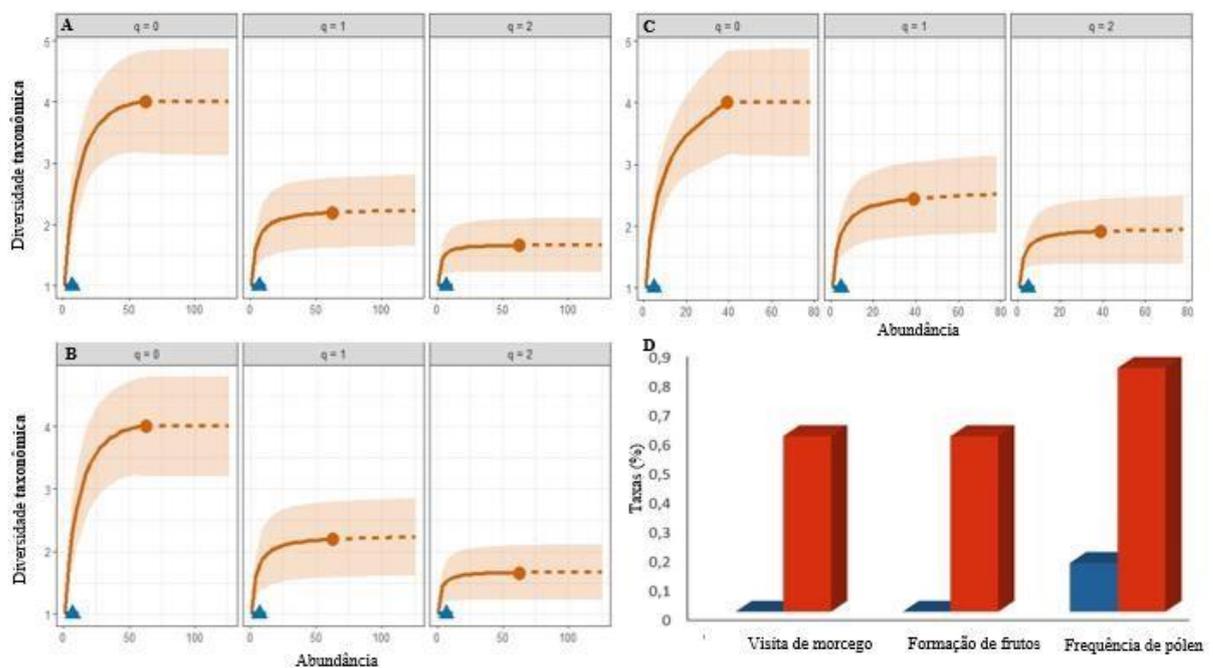
4.4 Amostragem da diversidade de morcegos

Durante os períodos de amostragem foram capturados ao total quatro espécies de morcegos nectarívoros (Figura 4A): *Glossophaga soricina* (Barquez, R.; Perez, S.; Miller, B. & Diaz, M. 2015), *Lonchophylla mordax* (Sampaio, E.; Lim, B. & Peters, S. 2016), *Anoura geoffroyi* (Solari, S. 2016) e *Xeronycteris vieirai* (Solari, S. 2015). Entre essas, apenas *G. soricina* foi registrada na área degradada (ESJC), sendo capturados cinco indivíduos no período de seca e sete no período chuvoso, totalizando 12 indivíduos (Figura 4B e 4C). Em contraste, na área conservada foram encontradas as quatro espécies, sendo capturados no período de seca 27 indivíduos de *G. soricina*, sete de *L. mordax*, quatro de *A. geoffroyi* e um de *X. vieirai*. Já no período chuvoso foram 48 indivíduos de *G. soricina*, seis de *L. mordax*, sete de *A. geoffroyi* e dois de *X. vieirai* (Figura 4B e 4C).

Quanto as amostras de pólen, mais de 80% das coletas de indivíduos com pólen foram realizadas na área conservada (Figura 4D). Na qual foram registrados 22 indivíduos com presença de pólen no corpo, sendo 18 indivíduos de *G. soricina* e quatro de *L. mordax*. Já na área degradada apenas quatro indivíduos apresentaram

pólen, representando menos de 20% das coletas realizadas no estudo (Figura 4D). Durante as observações florais realizadas nos indivíduos de Cactaceae em ambas as áreas, foram visualizadas interações de morcegos com as flores na área conservada, a qual apresentou cerca de 60% de formação de frutos. Já na área degradada, não foram registradas nenhum tipo de interação com a planta, refletindo também na não formação de frutos nas flores observadas nessa área (Figura 4D).

FIGURA 4 - Comparação da diversidade de morcegos nectarívoros entre a área degradada (linha e triângulo azul) e conservada (linha e círculo laranja): (A) comparação da diversidade total (acúmulo das capturas nos períodos de seca e chuvoso); (B) comparação da diversidade no período de seca e (C) comparação da diversidade no período chuvoso. (D) Comparação de indicadores do serviço de polinização entre área degradada e conservada (degradada em azul e conservada em vermelho). q_0 (riqueza total das espécies); q_1 (representa as espécies comuns) e q_2 (representa as espécies dominantes).



Fonte: Autor

5 DISCUSSÃO

Nos tratamentos de polinização cruzada observamos maior sucesso reprodutivo, quando comparados com as autopolinizações e polinização natural, exceto para a pitaya vermelha (*S. costaricensis*), onde a autopolinização manual resultou em maior sucesso reprodutivo. Já na polinização natural, o sucesso reprodutivo foi mais eficiente durante o período noturno, embora menor que o esperado, o que pode ter sido reflexo da baixa diversidade de morcegos encontrada na área de estudo desse tratamento. De toda forma, os frutos analisados, indicaram correlação do número de semente com seu peso e a polinização noturna gerou frutos mais pesados. Por fim, a maior diversidade de morcegos nectarívoros foi encontrada

na área conservada, bem como maior taxa de indicadores de polinização de cactáceas. Dessa forma, nossos resultados corroboram com nossas hipóteses, indicando que: 1) cada espécie de pitaya apresenta diferentes níveis de dependência de polinização cruzada, 2) a eficiência da polinização é indicada pelo peso dos frutos, que é influenciado pelo número de sementes, 3) a polinização noturna produz fruto mais pesados; 4) a diversidade de morcegos e o serviço de polinização realizado por eles são maiores em ambientes conservados.

A alta taxa de produtividade a partir da autopolinização encontrado na pitaya vermelha indica forte autocompatibilidade e caracteriza a espécie como autógama. Esse resultado difere do estudo realizado anteriormente em Israel, no qual a espécie demonstrou ser autoincompatível (Weiss *et al.*, 1994). A espécie branca, por sua vez, se apresentou parcialmente autocompatível. Entre os tratamentos de autopolinizações, as flores da branca e vermelha apresentaram frutos mais pesados quando autopolinizadas manualmente, como observado em outros estudos (Moreira *et al.*, 2022; Tran; Yen & Chen, 2015), resultado decorrente da grande quantidade de pólen depositado nas flores, quando realizado de maneira manual. Diferente das demais espécies a pink foi a única a se apresentar autoincompatível, não produzindo nenhum fruto decorrente dos tratamentos de autopolinizações (Tran&Yen, 2014), dependendo totalmente da polinização cruzada (espécie xenogâmica obrigatória). Os resultados de maior formação de frutos na polinização cruzada em branca também foi observado em Israel e no México (Weiss *et al.*, (1994); Valiente-Banuet *et al.*, 2007). Além disso, apesar de algumas espécies apresentarem algum nível de autocompatibilidade, como a branca, a polinização cruzada pode auxiliar como complemento de pólen, evitando que haja baixa deposição polínica, e conseqüentemente, diminuindo a porcentagem de aborto, como observada nas autopolinizações. Esses padrões indicam um grau de dependência de polinizadores para a produção de pitayas, embora as relações entre autopolinização e polinização cruzada variem entre espécies.

As três espécies estudadas apresentaram relação positiva do número de semente com o peso do fruto, ou seja, quanto maior o número de sementes presente no fruto, maior e mais pesado ele se torna (Weiss *et al.*, 1994; Tran; Yen & Chen, 2015; Li *et al.*, 2020). A quantidade de sementes encontrada no fruto é formada a partir do número de óvulos fecundados. Sendo influenciada pela alta deposição de pólen no estigma (estrutura feminina), junto com a compatibilidade entre as espécies.

Associada à quantidade de sementes também está a quantidade de polpa, indicando a importância de uma polinização eficiente.

Nas observações diurnas foram identificados diferentes padrões de interação entre as abelhas e as flores de pitaya. A partir das espécies observadas, *X. grisescens* foi a única que apresentou uma polinização relativamente eficiente para a produção de pitaya. Essa eficiência pode estar associada ao seu tamanho corporal juntamente com a eficácia de sua interação com ambas as partes reprodutivas das flores, garantindo tanto a coleta, quanto a deposição dos pólenes. Já *A. mellifera*, por ser uma abelha pequena em relação ao tamanho da flor da pitaya, não podemos classificá-la como polinizadora eficiente (Weiss *et al.*, 1994), embora tenha sido observada interagindo ocasionalmente com as partes florais. No entanto, sua alta abundância nas flores combinada com sua interação mais duradoura e constante por meio das agitações observadas (Marques *et al.*, 2012; Muniz *et al.*, 2020), pode complementar a polinização realizada por outros agentes polinizadores mais eficientes para as espécies de pitaya (Rocha *et al.*, 2020), como os morcegos nectarívoros. *Trigona spinipes* por sua vez, apresentou uma interação negativa com as flores de pitayas, agindo como pilhadora, se alimenta das estruturas reprodutivas das flores e impossibilitando a transferência do pólen para a região receptiva da flor. Além de apresentar florivoria, observada a partir dos ataques nos botões florais ainda em préantese, resultado observado também em outros estudos (Marques *et al.*, 2012; JPO Muniz *et al.*, 2019) Além disso, *T. spinipes* também apresentou interações negativas com as demais espécies de abelhas observadas no plantio, expulsando-as das flores e prejudicando a polinização.

Apesar de não terem sido visualizadas interações diretas durante a polinização noturna nas pitayas, os frutos produzidos durante esse período foram significativamente maiores e mais pesados que os diurnos (Valiente-Banuet *et al.*, 2007). Além disso, foram observadas espécies de mariposas ao redor do plantio, indicando possível interação com as flores (Muniz *et al.*, 2019), podendo servir como polinizador secundário (Rocha *et al.*, 2020) para as pitayas. De todo modo, embora as abelhas possam polinizar as flores de pitaya, frutos maiores oriundos da maior deposição de pólen na interação polinizador-planta são produzidos mais frequentemente no resultado da polinização noturna. Portanto, a ausência de registros de interação dos morcegos, não implica na ausência de polinização, mas é um indicador da baixa abundância de morcegos nectarívoros na área de estudo. Esse

fato foi observado quando comparamos a diversidade de morcegos nessa área altamente degradada com uma área conservada.

A heterogeneidade da paisagem é de extrema importância para proteger a biodiversidade de nossos ecossistemas, pois áreas mais heterogêneas tendem a apresentar maior riqueza de espécies (Diniz&Aguiar, 2023; Regolin *et al.*, 2020), como observado em nossos resultados. Uma grande diferença na diversidade de morcegos nectarívoros entre as áreas, sendo significativamente maior na área conservada, pode ocorrer devido a maior disponibilidade de recursos presentes nesses ambientes, aumentando não só a diversidade desses recursos, como diminuindo a competição. A conservação desses ambientes é essencial, pois servem de abrigos para espécies mais sensíveis, como é o caso de *Xeronycteris vieirai*, espécie endêmica da Caatinga observada apenas três vezes na área conservada. Além disso, a menor riqueza encontrada nos ambientes degradados, resultam na homogeneização biótica, visualizada a partir da predominância apenas de *Glossophaga soricina* e com baixa abundância.

A degradação ambiental na região reduz a diversidade da interação entre morcegos e plantas (Marchand&Ackeran, 2006, Diniz&Aguiar, 2023), tornando a rede de polinização mais pobre nesses locais. Como consequência desse empobrecimento, os ambientes se tornam menos resilientes a possíveis impactos e a distribuição das espécies de plantas que dependem de uma interação mais específica se torna limitada, como é o caso das plantas quiropterófilas. Além disso, as mudanças ambientais podem causar a interrupção da interação dos morcegos com a flora local, fator decorrente dos desencontros entre os morcegos com as espécies de plantas (Lopes *et al.*, 2019; Hegland *et al.*, 2009), fato que ocorre com menor frequência em ambientes heterogêneos. Logo, a homogeneidade ambiental nas regiões altamente degradadas acarreta a perda de recursos essenciais para a produção de cultivos mais eficientes, pois resulta na baixa eficiência de serviços ecossistêmicos, como a polinização, que pode ser usada para intensificar a polinização nos plantios, e resultar em uma maior produção sem aumento nos custos (Lima *et al.*, 2025).

A Caatinga é um ecossistema com grande diversidade vegetal e uma de suas principais características é a diversidade de cactáceas presentes em seus ambientes. Entre os diversos gêneros presentes nessa família, *Pilosocereus* e *Cereus* apresentam espécies com recursos florais voltados para a polinização por morcegos

(Cordero-Schmidt *et al.*, 2021). Dessa forma, ao compararmos a eficiência da polinização por morcegos em espécies de cactáceas entre as áreas conservada e degradada, foi possível confirmar que essa polinização se torna mais eficiente nos ambientes conservados (Zamora-Gutierrez *et al.*, 2021), pois a alta disponibilidade de recurso torna a interação do morcego com a planta mais frequente e, conseqüentemente, mais eficiente (Tremlett *et al.*, 2019). Já em áreas degradadas, a interação entre morcego e planta se torna mais instável e menos eficiente, como constatado pela ausência de interações observadas e pela não formação de frutos em nossos resultados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desse estudo, foi possível concluir que a espécie *vermelha* é capaz de produzir frutos na ausência de polinização cruzada devido a sua elevada autocompatibilidade. A polinização cruzada produz uma maior quantidade de frutos, além de serem mais pesados em *branca* e *pink*. Dessa forma, um plantio de pitaya com essas espécies é mais produtivo quando formado por mais de uma espécie. Além disso, o peso dos frutos está diretamente associado ao número de sementes formadas, resultado direto de uma polinização mais eficiente devido ao maior número de óvulos fecundados a partir da alta deposição de pólen nos estigmas das flores. As flores das pitayas podem ser polinizadas naturalmente em ambos os períodos, no entanto, a polinização noturna produz frutos mais bem desenvolvidos (maior e mais pesado), principalmente quando há a participação de morcegos na polinização.

Foi possível constatar a importância da função de polinização prestada pelos morcegos na Caatinga em espécies de cactáceas, tornando sua preservação essencial para manter a diversidade e produção de frutos no ambiente. Além disso, pode-se suportar que essa função depende diretamente de um ambiente conservado, com alta heterogeneidade ambiental, pois proporciona maior riqueza de recursos que auxiliam a permanência de populações de morcegos nectarívoros, tornando o ambiente propício para interações mais eficientes. Dessa forma, é notória a necessidade de mais áreas conservadas na região da Caatinga, que vem a cada ano sofrendo com desmatamentos. São necessários também mais projetos de pesquisa que visam aprofundar o conhecimento sobre espécies de morcegos nectarívoros e sua importância para o meio ambiente, bem como iniciativas de educação ambiental, a fim de tornar esse conhecimento de fácil acesso para a população e desmistificar a imagem negativa associada aos morcegos.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. P. 1980. A versatile stain for pollen fungi, yeast and bacteria. **Biotechnic and Histochemistry**; v. 55, n. 1, p. 13–18.
- ARAUJO, H.F.P.; CANASSA, N.F.; MACHADO, C.C.C. *et al.* Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region **Scientific Report** **1318440 (2023)**. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45571-9>
- BARBOSA, M.R.V. 2007. Vegetação e flora no Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis** 11(3): 313-322.
- BRAVO-HOLLIS, H. 1978. Las cactáceas de México. **Universidad Nacional Autónoma de México**, México D.F., 743pp
- BUNKLEY JP; MCCLURE CJ; KLEIST NJ; FRANCIS CD; BARBER JR. 2015 Anthropogenic noise alters bat activity levels and echolocation calls **Global Ecology and Conservation** 3:62–71. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.11.002>
- BUSH A; HARWOOD T; HOSKINS AJ; MOKANY K; FERRIER S. 2016. Current Uses of Beta-Diversity in Biodiversity Conservation: A response to Socolar *et al.* **Trends in Ecology & Evolution** 31:337–338.
- GIRÃO L.C.; LOPES A.V.; TABARELLI M.; BRUNA E.M. 2007. Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. **PLOS ONE** 2(9): e908. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000908>
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. 2000. Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do açude Namorados. Campina Grande: BNB/UFPB, **Boletim Técnico**. 54p
- SILVA JLS; CRUZ-NETO O; PERES C.A.; TABARELLI M.; LOPES A.V. 2019. Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants with disproportionate impacts on specialized reproductive strategies. **PLOS ONE** 14(5): e0217028. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217028>
- CORDERO-SCHMIDT, E.; MARUYAMA, P. K.; VARGAS-MENA, J. C.; PEREIRA OLIVEIRA, P.; DE ASSIS R. SANTOS, F.; MEDELLÍN, R. A.; RODRIGUEZ HERRERA, B., & VENTICINQUE, E. M. 2021. Bat–flower interaction networks in Caatinga reveal generalized associations and temporal stability. **Biotropica**, 53, 1546–1557. <https://doi.org/10.1111/btp.13007>
- CRUDEN, R. W. Pollen-Ovule Ratios: A Conservative Indicator of Breeding Systems in Flowering Plants, **Evolution**, v. 31, n. 1, p. 32–46, mar. 1977.
- DAFNI, A.; KEVAN, P.; HUSBAND, B. 2005 Practical Pollination Biology. **Eviroquest Ltda**, Cambridge, Ontario, Canada, [s.n.], p. 590.

DINIZ, U. M.; & AGUIAR, L. M. d. S. 2023. Spatiotemporal trends in floral visitation and interaction networks reveal shifting niches for bats in a Neotropical savanna. **Journal of Animal Ecology**, 92, 1442– 1455.
<https://doi.org/10.1111/13652656.13941>

DINIZ, U.M.; LIMA, S.A. & MACHADO, I.C.S. 2019. Short-distance pollen dispersal by bats in an urban setting: monitoring the movement of a vertebrate pollinator through fluorescent dyes. **Urban Ecosystem** 22, 281–291.

ESQUIVEL P.; AYARA QUESADA Y. 2012. Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, 3(1):113-129.

FAHRIG L; BAUDRY J; BROTONS L; BUREL FG; CRIST TO; FULLER RJ; SIRAMI C; SIRIWARDENA GM; MARTIN JL. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. **Ecology Letters** 14:101–112.

FERREIRA, P.; BOSCOLO, D.; LOPES, L.; CARVALHEIRO, L.; BIESMEIJER, J.; DA ROCHA, P.; & VIANA, B. 2020. Forest and connectivity loss simplify tropical pollination networks. **Oecologia**, 192, 577 - 590.
<https://doi.org/10.1007/s00442019-04579-7>.

GALEN, C.; PLOWRIGHT, R. C. 1987. Testing the accuracy of using peroxidase activity to indicate stigma receptivity. **Canadian Journal of Botany**, v. 65, n. 1, p. 107–111, 1 jan.. DOI: 10.1139/b87-015.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2015. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *Journal of economic entomology*, 108(3), 849-857. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, 25, 345–353.

GOMES *et al.* 2017. Synchronous fruiting and common seed dispersers of two endemic columnar cacti in the Caatinga, a dry forest in Brazil. **Plant Ecology**. 10.1007/s11258- 017-0771-5

GRAY CL; HILL SLL; NEWBOLD T; HUDSON LN; BOÏRGER L; CONTU S; HOSKINS AJ; FERRIER S; PURVIS A; SCHARLEMANN JPW. 2016. Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. **Nature Communications** 7:1–7.

TRAN, H.D.; YEN, C.R., & CHEN, Y.K.H. 2015. Effect of pollination method and pollen source on fruit set and growth of red-peel pitaya (*Hylocereus* spp.) in Taiwan. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 90 :3, 254258, DOI: 10.1080/14620316.2015.11513179

HEGLAND S.J; NIELSEN A; LÁZARO A; BJERNES AL; TOTLAND O. 2009. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? **Ecology. Letters** (Carta).; 12: 184–195. <https://doi.org/10.1111%2Fj.14610248.2008.01269.x> S.G.

POTTS; V. L. IMPERATRIZ-FONSECA, H. T. NGO, J. C. BIESMEIJER, T. D. BREEZE, L. V. DICKS, L. A. GARIBALDI, R. HILL, J. SETTELE, A. J. VANBERGEN, M. A. AIZEN, S. A. CUNNINGHAM, C. EARDLEY, B. M. FREITAS, N. GALLAI, P. G. KEVAN, A. KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, P. K. KWAPONG, J. LI, X. LI, D. J. MARTINS, G. NATESPARRA, J. S. PETTIS, R. RADER, AND B. F. VIANA 2016. IPBES - Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. **Secretariat of the Intergovernmental SciencePolicy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**, Bonn, Germany. 36 pages.

KEARNS, C.; INOUYE, D. 1993. Techniques for pollination biologists. Niwot, **University Press of Colorado**,

KLEIN, A. M. *et al.* 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of Royal Society B**, v. 274, p. 303-313

LI, J *et al.* 2022. Pollen germination and hand pollination in pitaya (*Selenicereus* spp.). **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 3, ed. 5.

LIMA MC; ALVARADO F e ARAUJO HFP. 2025. Birds in agrosapes: effects of forest cover and landscape heterogeneity on dryland bird diversity and composition. **Perspectives in Ecology and Conservation** v. 23, p. 12–18, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2024.12.004>

MAÊDA, J.M. 1985. Manual para uso da câmara de Newbauer para contagem de pólen em espécies florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Departamento de Silvicultura. **Seropédica**.

MARQUES *et al.* 2012. Occurrence of insects on pitaya in Lavras-MG, Brazil. **Revista Agrarian**, v.5, n.15, p.88-92.

MOREIRA E.F.; BOSCOLO D.; VIANA B.F. 2015. Spatial Heterogeneity Regulates Plant-Pollinator Networks across Multiple Landscape Scales. **PLoS ONE** 10(4): e0123628. doi:10.1371/journal.pone.0123628

MOREIRA RA; RODRIGUES MA; SOUZA RC; DA SILVA AD; SILVA FOR; LIMA CG; PIO LAS & PASQUAL M. 2022. Polinização natural e artificial da pitaya de polpa branca. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 94: e20211200. DOI 10.1590/00013765202220211200.

MORI A.S.; ISBELL F.; SEIDL R. 2018. β -Diversity, Community Assembly, and Ecosystem Functioning. **Trends in Ecology & Evolution** 33:549–564.

MUNIZ, JPO *et al.* 2019. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n.4, p. 640-649.

MUNIZ, JPO *et al.* 2020. Complementary bee pollination maximizes yield and fruit quality in two species of self-pollinating pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n.4, e20207106.

NOBEL, P.S.; DE LA BARRERA, E. 2002. High temperatures and Net CO₂ uptake, growth, and stem damage for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. **Biotropica** 34, 225–231.

NUNES *et al.*, 2014. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**. Volume 8 (1): 90-98

OLIVEIRA, W.; SILVA, J.L.S.; PORTO, R.G.; CRUZ-NETO, O.; TABARELLI, M.; VIANA, B.F.; PERES, C. A.; LOPES, A.V.; SIGNATORIES 62. 2020. Plant and pollination blindness: risky business for human food security. **Bioscience** 70, 109– 110. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz139>.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos** 120, 321–326.

POTTS, S.; BIESMEIJER, J.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. 2010. Global pollinator declines: Trends, impacts and drives. **Trends in Ecology & Evolution**, 25(6): 345-353.

QUIRINO, Z.G.M.; MACHADO, I.C., 2014. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. **Braz. J. Biol.** 74 (1). <https://doi.org/10.1590/15196984.17212>

RADFORD, A.E., DICKINSON, W.C.; MASSEY, J.R.; C.R. BELL. 1974. Vascular plant systematic, pp. 891. **Harper & Row Publishers**, New York.

RIVERA-MARCHAND B & ACKERMAN J. 2003. Analysis of bat pollination in the Caribbean columnar cactus *Pilosocereus royenii*. **Biotropica**. DOI:10.1111/j.1744-7429.2006.00179.x

ROCHA, E.A.; DOMINGOS-MELO, A.; ZAPPI, D.C. *et al.* 2019. Reproductive biology of columnar cacti: are bats the only protagonists in the pollination of *Pilosocereus*, a typical chiropterophilous genus?. **Folia Geobot** 54, 239–256 <https://doi.org/10.1007/s12224-019-09357-0>

SIQUEIRA, K. M. M. de, KIILL, L. H. P.; MARTINS, C. F., *et al.* 2012. Ecologia da polinização de *Psidium guajava* L. (Myrtaceae): riqueza, frequência e horário de atividades de visitantes florais em um sistema agrícola, **Semana Entomológica da Bahia (SINSECTA)**, v. 24, n. 2236–4420, p. 150–157.

SOCOLAR JB; GILROY JJ; KUNIN WE; EDWARDS DP. 2016. How Should Beta Diversity Inform Biodiversity Conservation? Conservation Targets at Multiple Spatial Scales. **Trends in Ecology & Evolution** 31:67–80. Elsevier Ltd.

TRAN, D. H.; YEN, C. R. 2014. Morphological characteristics and pollination requirement in red pitaya (*Hylocereus* spp.). **International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering**, 8(3), 268-272.

Tremlett CJ; Moore M; Chapman MA; Zamora-Gutierrez V; Peh KS-H. 2020. Pollination by bats enhances both quality and yield of a major cash crop in Mexico. **Journal of Applied Ecology**. 57:450–459. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13545>

ULLOCK, S.H. 1985. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. **Biotropica** 17: 287-301.

VALIENTE-BANUET, A.; GALLY, R. S.; ARIZMENDI, M. C.; CASAS, A. 2007. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, 68(1), 1-8.

WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. 1994. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, 29(12), 1487- 1492.

ZAPATA, T.R.; M.T.K. ARROYO. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. **Biotropica** 10: 221-230.

ZAPPI *et al.*, 2011. Plano de ação nacional para a conservação das cactáceas **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO**. 112 p.

ZAMORA-GUTIERREZ V; RIVERAVILLANUEVA AN; MARTÍNEZ BALVANERA S; CASTRO-CASTRO A; AGUIRRE-GUTIÉRREZ J. Vulnerability of bat–plant pollination interactions due to environmental change. **Global Change Biology**. 2021;27:3367–3382. <https://doi.org/10.1111/gcb.15611>

ZAR, J.H. 2010. Biostatistical Analysis. **Prentice Hall**.