AS REDES ECOLÓGICAS COMO FERRAMENTA PARA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: UMA REVISÃO SOBRE A INTERAÇÃO ENTRE BABAÇU (*Attalea speciosa* Mart Ex. Spreng) E PSITACÍDEOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Anna C. S. Silva[1,2]; Clarissa M. Knoechelmann[2,3]; Felipe F. S. Siqueira[2,3]*

[1] Graduada em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Faculdade de Ciências Biológicas (FACBIO), Marabá, Pará.

[2] ECoA (Grupo: Ecologia e Conservação da Amazônia - CNPq), Laboratório de Botânica e Ecologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Marabá, Pará.

[3]Professor(a) do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas (IESB), Faculdade de Ciências Biológicas (FACBIO), Marabá, Pará.

*E-mail: felipe.siqueira@unifesspa.edu.br

Resumo

Apesar do curto período da existência dos humanos, a nossa relação dos humanos com a Terra está em risco devido ao aceleramento do ritmo de degradação ambiental causado pelas atividades humanas. O babaçu (*A. speciosa*) é um dos organismos que podem proliferar em paisagens humanas modificadas e se tornar uma espécie superdominante, reduzindo a diversidade de plantas e a disponibilidade de alimentos vegetais. As alterações decorrentes das perturbações antrópicas estão cada vez mais frequentes e ameaçam ecossistemas tropicais biodiversos com a região amazônica. Deste modo, estudos são necessários para investigar a influência da dominância de espécies vencedoras sobre as comunidades, bem como compreender as consequências dessas transformações. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é ampliar o conhecimento sobre a dominância de babaçu sobre a comunidade de psitacídeos em áreas de floresta tropical úmida e identificar as principais espécies vegetais que atraem essas aves.

Palavras-chave: Interação planta-animal; Palmeira; Aves; Floresta tropical úmida.

ECOLOGICAL NETWORKS AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL CONSERVATION: A REVIEW ON THE INTERACTION BETWEEN BABASSU (*Attalea speciosa* Mart Ex. Spreng) AND PSITTACIDS IN THE EASTERN AMAZON

Abstract

Despite the short period of human existence, humans' relationship with the Earth is at risk due to the accelerating pace of environmental degradation caused by human activities. The babassu (*A. speciosa*) is one of the organisms that can proliferate in modified human landscapes and become a super-dominant species, reducing plant diversity and the availability of plant foods. Changes resulting from human disturbances are becoming more frequent and threaten biodiverse tropical ecosystems such as the Amazon region. Studies are therefore needed to investigate the influence of the dominance of winning species on communities, as well as to understand the consequences of these transformations. In this context, the aim of this study is

to expand knowledge about the dominance of babassu over the psittacine community in tropical rainforest areas and to identify the main plant species that attract these birds.

Keywords: Plant-animal interaction; Palm tree; Birds; Tropical rainforest.

INTRODUÇÃO

Estima-se que o humano moderno (*Homo sapiens*) surgiu a cerca de 200 mil anos, o que, comparado ao tempo geológico, é apenas um curto período na história da Terra (Da Silva, 2016). Apesar disso, a relação dos humanos com a Terra está em risco devido ao aceleramento do ritmo de degradação ambiental pelas atividades humanas (Braick e Mota, 2007). Com isso, entender como as atividades antrópicas impactam na natureza e na manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos tem sido foco de estudos por décadas, pois é de extrema importância para desenvolver soluções frente as mudanças ambientais (Hobbs et al., 2006). As principais ameaças à biodiversidade são: fragmentação e perda dos habitats (Tabarelli e Gascon, 2005); introdução de espécies e doenças exóticas (Chame, 2009); exploração em larga escala das espécies de plantas (Brites e Morsello, 2016) e animais (Persson, 2019); contaminações do solo (Järup, 2003), água (Lamego e Vidal, 2007), atmosfera (e.g. com poluentes) (Cassini, 2005); e mudanças climáticas (De Oliveira; Gontijo Neto e Nobre, 2008).

Apesar disso, algumas espécies, consideradas vencedoras, conseguem sobreviver às perturbações antrópicas (McKinney e Lockwood, 1999), como é o caso do babaçu. O babaçu (*A. speciosa*) é uma espécie nativa que, mesmo sofrendo com distúrbios antrópicos, consegue sobreviver e até mesmo se proliferar, causando modificações na biodiversidade e no ecossistema, conduzindo a comunidade a homogeneização biótica (Ribeiro-Neto et al., 2016). Desse modo, estudar a dominância dessa palmeira pode ser a chave para a melhoria nas formas de manejo do solo na região e manutenção da biodiversidade.

Estudos sobre a funcionalidade e a estrutura das comunidades biológicas, bem como quais fatores atuam sobre as espécies (Ricklefs, 2008), são fundamentais para gerar subsídios que contribuem na conservação, preservação e manejo de áreas naturais, bem como de áreas degradadas (Reis, 2021). As interações planta-animal são muito estudadas para entender a composição das comunidades, pois possibilitam a descrição das conexões entre as espécies e dos serviços ecossistêmicos realizados. O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a possibilidade do uso das redes ecológicas em estudos sobre ecologia e conservação em áreas de Floresta amazônica perante as perturbações antrópicas utilizando como modelo as interações entre plantas e psitacídeos.

METODOLOGIA

A fim de atingir os objetivos propostos, foi realizada uma revisão quali-quantitativa de artigos científicos, dissertações, teses e livros, presentes em bancos de dados como Google Scholar (scholar.google.com.br), Periódicos CAPES (www.periodicos.capes.gov.br) e Scielo (www.scielo.org), utilizando as seguintes palavras-chave: Amazônia, Floresta tropical úmida, *Attalea speciosa*, superdominância, Psittacidae, redes ecológicas, métricas de rede e combinações entre elas. Foram feitas análises de qui-quadrado de aderência com proporções esperadas iguais para verificar as proporções encontradas de: ocorrência das plantas inseticidas por região geopolítica, famílias botânicas com potencial inseticida, grupos de compostos secundários com ação inseticida e o principal método de extração do bioproduto. Todas as análises foram feitas utilizando o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Região Amazônica

A Amazônia é uma região localizada no norte da América do Sul, distribuindo-se em nove países, incluindo o Brasil (Albagli, 2010), onde ocupa cerca de 49,5% do território, abrangendo os Estados do Amazonas, Acre, Amapá, Roraima, Pará e Rondônia e parte do Maranhão, Tocantins, Mato Grosso (IBGE, 2019). Compreende os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos Amazônia e Cerrado, englobando a maior floresta tropical úmida do mundo e maior bacia hidrográfica do mundo, sendo a Floresta Amazônica e a Bacia Amazônica, respectivamente, além de conter uma grande diversidade biológica (Menin, 2007), que corresponde a aproximadamente 10% das espécies do planeta (Silva e Garda, 2010). Apesar disso, a Amazônia não é um ambiente homogêneo, visto que possui uma variedade de ecossistemas, desde ecossistemas considerados de terra firme a ecossistemas savânicos, cada um com características únicas e comuns (Ab'saber, 2002).

Assim, a Amazônia se caracteriza como uma região rica em recursos biológicos e abióticos, importante para a manutenção do ecossistema mundial. Além disso, a Amazônia também possui uma grande diversidade étnico-cultural com diversos povos e comunidades tradicionais, como ribeirinhos, pescadores artesanais, quebradeiras de coco, quilombolas, e mais de 315 povos indígenas, que possuem culturas baseadas na ligação intrínseca com o meio ambiente (Pabón-Caicedo et al., 2018; Silva, 2019). Apesar disso, a Amazônia está ameaçada com a intensificação de atividades antrópicas, como o desmatamento, a agropecuária e expansão urbana, além do aumento das atividades ilegais, como a invasão de áreas protegidas, que promovem queimadas, extração ilegal de madeira e mineração ilegal (Alencar et al., 2022; Fearnside, 2019; Fellows et al., 2021; Viana, 2022).

Babaçu e o efeito da superdominância

O babaçu (*A. speciosa* Mart ex. Spreng) é uma espécie da família Arecaceae que possui ampla distribuição desde a Bolívia até o Norte do Brasil, principalmente Pará e Maranhão, além de ocorrer em áreas isoladas nas regiões Nordeste e Centro-Oeste (Lorenzi et al., 2010). É encontrada em diversos tipos de formações vegetais, desde Floresta Ombrófila Aberta a áreas abertas e com pastagens (Bentes-Gama et al., 2007), ocorrendo também em áreas úmidas, ao contrário outras palmeiras (p. ex. *A. compta* e *Syagrus coronata*) (Pintaud et al, 2008), onde podem formar grandes adensamentos chamados babaçuais ou babaçuzais (González-Pérez et al. 2012). O babaçu pode atingir até 30 m de altura e 60 cm de diâmetro, geralmente possui inflorescências pistiladas e andrógenas na mesma planta, e produz frutos elipsoides com até 15 cm de comprimento e 7 cm de largura, podendo pesar até 0,4 kg, com coloração marrom, e sementes ricas em lipídeos (Lorenzi et al., 2010; Paixão et al., 2019). Possui grande importância para muitos povos e comunidades tradicionais, pois todas as suas partes são aproveitáveis (Lorenzi et al., 2010), resultando em diversos usos, como construção, artesanato, alimentação, combustível, uso farmacológico, fertilizante, produção de sabão e indústria cosmética (Reis, 2019; Santos et al., 2020; Paixão et al., 2019).

Assim como outras espécies de *Attalea*, o babaçu possui características morfológicas e fisiológicas que permitem sua permanência no banco de sementes, mesmo após a derrubada da floresta e limpeza da área (Kerbauy, 2004) geralmente realizada pelo fogo (Latorre et al., 2017). As sementes, por exemplo, possuem um alto conteúdo energético,

geotropismo positivo (mecanismo de crescimento que permite que durante o início da germinação o meristema apical fique protegido abaixo do solo) e possuem germinação remota (mesmo frutos profundamente enterrados podem germinar), além de ficarem próximas a indivíduos adultos, onde ficam protegidas pela sombra (Mitja e Ferraz, 2001; Ebisawa, 2018). Outra característica comum às espécies desse gênero é a capacidade de melhorar a reprodução através de fenofases estendidas e mudanças na expressão sexual (Tucker Lima et al, 2018). Além disso, impactos ocasionados pelo efeito de borda, tal como alta incidência de luz e altas temperaturas (Rosa, 2014), podem estimular maior floração e frutificação (Rosa, 2014; Tucker Lima et al., 2018), além de aumentar sua atividade fotossintética (Hogan, 1988). Desta maneira, sob condições favoráveis, como abandono de lavouras e pastagens e redução do manejo da área, devido seu elevado e contínuo sucesso reprodutivo (Tucker Lima et al., 2018), pode haver um aumento populacional dessa palmeira (Santos et al., 2017), podendo eliminar espécies nativas ou colonizadas ou até mesmo impedir a colonização por novas espécies vegetais, se tornando dominante naquela área, sendo considerada uma espécie nativa invasora (Pivello et al., 2018).

O termo "espécie invasora" geralmente se refere a uma espécie exótica, que historicamente não fez parte daquela região e foi introduzida acidental ou intencionalmente (Ricklefs e Relyea, 2016), e que são conhecidas por sua agressividade, proliferando rapidamente e persistindo como dominantes, causando mudanças drásticas na comunidade vegetal local (Ricklefs e Relyea, 2016). No caso das espécies nativas, diversos termos têm sido utilizados: invasora nativa (Valéry; Fritz e Lefeuvre, 2013); erva daninha (Richardson et al., 2000); hiperabundante (Jose et al., 2016) ou superdominante (Silva Matos e Pivello, 2009). Diferente das espécies exóticas invasoras, as espécies superdominantes possuem uma história evolutiva compartilhada com outras espécies da comunidade (i.e. predadores, dispersores, competidores), o que geralmente pode impedir a dominância dessas espécies (Pivello et al., 2018). Porém, o avanço dos distúrbios antrópicos pode causar modificações da paisagem e no funcionamento do ecossistema e das comunidades (Vitousek, 1997), promovendo a proliferação das espécies superdominantes, que podem ocasionar efeitos negativos nos ecossistemas, comunidades e interações biológicas, além de gerar novas dinâmicas ecossistêmicas (Catford et al., 2012).

A superdominância pode ocasionar na homogeneização biótica que leva a substituição de espécies perdedoras (i.e. sensíveis a distúrbios, especialistas) por espécies vencedoras (i.e. mais resistentes a distúrbios, generalistas) (McKinney e Lockwood, 1999; Ribeiro-Neto et al., 2016). Isso pode reduzir a biodiversidade, levando redução de populações de espécies especialistas de fauna e flora ou mesmo extinções locais, monopolização dos recursos disponíveis, interferindo nas dinâmicas de nutrientes e biomassa do solo e ocasionando alterações na cadeia trófica e nos serviços ecossistêmicos, além de ter consequências taxonômicas e genéticas, e até mesmo perdas econômicas (Jakovac et al., 2016; Catford et al., 2012; Ribeiro-Neto et al., 2016).

Família Psittacidae

As aves são os vertebrados terrestres mais notáveis tanto em ambientes naturais quanto em ambientes artificiais, principalmente por possuírem uma grande diversidade de formas, tamanhos e cores, podendo ser encontradas em diversas regiões do mundo, desde florestas a desertos e até mesmo no meio dos oceanos

e, portanto, este grupo possui uma variedade de guildas alimentares (Bencke et al., 2003). Os psitacídeos (Psittaciformes: Psittacidae), aves como as araras e papagaios, habitam áreas tropicais e subtropicais do planeta (Forshaw, 2010), sendo o Brasil o país com maior diversidade, com 87 espécies, das quais 52 são encontradas no Amazônia (Piacentini et al., 2015), incluindo os maiores representantes desse grupo, as araras (Sick, 1997). Com uma grande diversidade de cores, os psitacídeos possuem uma morfologia muito característica, marcada principalmente pelo bico curto, com a mandíbula superior alta e curvada, que encaixa perfeitamente na mandíbula inferior (Forshaw, 2010). O tamanho corporal é muito variado, desde pequeno com o papagaio-pigmeu (Micropsitta pusio), pesando somente 10 g, a enorme como as araras (*Ara* spp., *Anodorhynchus* spp.), pesando mais de 1 kg (Toft; Wright, 2015). Possuem um repertório de vocalização variado, que vai desde gritos ásperos e barulhentos, como das araras, a assobios e mais raramente cantos melodiosos, podendo até mesmo imitar sons (Sick, 1997; Toft; Wright, 2015).

Costumam habitar diversos habitats desde ambientes arborizados, como florestas tropicais densas, a ambientes mais abertos como as savanas, e até mesmo áreas urbanas, onde encontram os recursos necessários para sobreviver (Soares, 2020). Assim, sua dieta é frugívora, consumindo principalmente frutas e sementes, mas também se alimentam de brotos, flores, folhas, néctar e até mesmo invertebrados, como insetos e moluscos aquáticos (Barnett et al., 2018; Juniper e Parr, 2010). Embora sejam frequentemente considerados predadores de sementes, pois muitas vezes procuram e destroem as sementes durante o forrageamento (Marques et al., 2018; Sick, 2017), os psitacídeos têm sua importância como dispersores de sementes frequentemente subestimada (Blanco et al., 2016). Ademais, a maioria dos psitacídeos possui comportamento gregário, geralmente encontrados em par ou em pequenos grupos, que podem se juntar em poleiros comunitários, barrancos ou ninhos comunitários para forragear, melhorar a defesa anti-predadores e até mesmo trocar informações sobre a localização de fontes de comida (Juniper e Parr, 2010).

Entretanto, com o aumento das atividades antrópicas os psitacídeos estão cada vez mais ameaçados pela perda de habitat, desmatamento, caça, tráfico, mudanças climáticas, bem como aumento da competição e predação como resultado da introdução de espécies exóticas, fazendo com que estejam no topo das listas globais de espécies ameaçadas (Barros e Purificação, 2020; ICMBIO, 2018; Marini e Garcia, 2005; Juniper e Parr, 2010).

Interações planta-animal e redes ecológicas

Nas comunidades biológicas, é possível observar que as espécies se conectam entre si, formando redes de interações complexas (Bascompte et al., 2003), que podem ser utilizadas como complemento aos estudos de comunidades, podendo identificar variáveis importantes que moldam a comunidade através do espaço e do tempo, além de contribuir com previsões sobre alterações nos ecossistemas devido a mudanças ambientais (Bezerra, 2017; Franco, 2015). A interação planta-animal é um tipo de relação ecológica básica, que pode influenciar não apenas comunidades, mas também diversidade de espécies, serviços ecossistêmicos e regeneração florestal (Fleury, 2009; Ricklefs e Relyea, 2016). Entre essas interações podemos citar as mutualísticas, como polinização e dispersão de sementes, e as antagônicas, como herbivoria e predação de sementes (Leal et al., 2018; Silva, 2017). Assim, as interações planta-animal atuam como importantes

mecanismos para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, além de ter importante papel na conservação e recuperação de áreas degradadas (Silva et al., 2021). No entanto, com a intensificação das perturbações antrópicas, é possível observar a diminuição do número de espécies especialistas e aumento de espécies persistentes à perturbações, redução da composição taxonômica, funcional e filogenética das comunidades, alteração das interações planta-animal e nos padrões de fluxo e armazenamento de nutrientes, levando em homogeneização biótica e coextinções, que resultariam a danos irreparáveis na história evolutiva das interações interespecíficas (Santos Neto, 2016; Peres, 2016). Deste modo, estudos sobre interações planta-animal são importantes para compreender os mecanismos e padrões envolvidos na manutenção e funcionamento das comunidades, fornecendo subsídios para conservação das espécies.

A teoria de grafos foi proposta por Euler em 1736, que buscava resolver um problema matemático, e hoje possui diversas aplicações (Costa, 2011). Por exemplo em Ecologia, a Teoria de Redes Complexas (Strogatz, 2001) tem sido utilizada nos últimos anos como uma ferramenta para compreender a composição, funcionamento e estabilidade das comunidades e como são afetadas pelas perturbações antrópicas e mudanças climáticas (Bezerra, 2017). As redes de interação planta-animal são consideradas bipartidas, isto é, plantas e animais são determinados em dois grupos frente a frente, com cada espécie sendo representada por um vértice ou nó, e suas interações são chamadas de ligações ou arestas, que ocorrem obrigatoriamente entre todas as espécies (Vazquéz et al., 2009; Lewinsohn et al., 2006). Os estudos sobre redes já desenvolveram diversos tipos de ferramentas e métricas utilizados para caracterizar as redes e descrever os fatores que influenciam em sua composição ao longo do espaço e tempo (Kaiser-Bunburry e Blüthgen, 2015). Por exemplo, a conectância (*connectance* – C), por exemplo, calcula a proporção de interações observadas em relação a todas as interações possíveis da rede, de modo que, quanto mais generalistas forem as interações, maior será a quantidade ligações realizadas e maior será o valor da conectância da rede (Jordano, 1987; Franco, 2015; Blüthgen et al., 2008). O grau de aninhamento (*nestedness* – N) é outra métrica muito utilizada no estudo de redes, que mede a "temperatura" de uma matriz de presença-ausência, variando entre 0 para uma matriz perfeitamente aninhada (frio i.e. máximo aninhamento) e 100 para uma matriz maximamente "não aninhada" (quente i.e. "caos") (Blüthgen et al., 2008; Rodríguez-Gironés; Santamaría, 2006), sendo que o padrão mais comum para redes mutualísticas é o padrão aninhado, no qual espécies especialistas interagem preferencialmente com generalistas (Bascompte et al, 2003), enquanto que para redes antagonísticas são observadas baixa conectância e alta modularidade (Thébault e Fontaine, 2010). A compartimentalização verifica os compartimentos (subconjuntos) dentro da rede que possuem características de história evolutiva distintas entre os outros compartimentos e que, por isso, realizam funções ecológicas específicas (Krause et al., 2003) e pode ser abordada avaliando somente a quantidade de subconjuntos que não são conectados a outros compartimentos (Pimm e Lawton; Cohen, 1991; Dormann et al., 2009) ou pela modularidade, que considera a densidade e a frequências das interações dentro de cada módulo (Santos Neto, 2016). Outra métrica utilizada é força de interação das espécies, ou seja, a dependência entre um par de espécies (i.e. número de visitas de um animal a uma planta) (Bascompte; Jordano e Olesen, 2006), podendo ser calculada pela

assimetria de força de interação (*interaction strength asymmetry* – ISA), que pode quantificar o efeito médio que cada espécie exerce em seu parceiro, de modo que os valores positivos indicam maior dependência no nível trófico superior (varia de -1 a 1) (Blüthgen et al., 2008; Dormann et al., 2009). A especialização a nível de rede pode ser caracterizada através do grau de especialização da rede (H2), é uma métrica baseada no índice de Shannon, padronizada pelo H2 mínimo (H2min = 0, i.e. máxima especialização), máximo (H2max = 1, i.e. máxima generalização) (Blüthgen et al.¸2006), e que mede a diferença no uso dos recursos, levando em consideração quais as espécies de planta são utilizadas e a intensidade deste uso, de modo que quanto mais seletiva é uma espécie, maior é H2 para a teia (Franco, 2015). A especialização a nível de espécie pode ser obtida pela assimetria de especialização (*specialization asymmetry* – SA) que calcula o valor ponderado da especialização de cada espécie de acordo com sua respectiva abundância, de modo que valores positivos indicam uma alta especialização do nível trófico mais alto (Dormann et al., 2009; Blüthgen et al., 2007). Essa métrica é baseada no índice de especialização d' que calcula quão especializada uma determinada espécie de nível trófico inferior (i.e. plantas) é em relação aos parceiros disponíveis de nível trófico superior (i.e. animais), variando de 0 (sem especialização) a 1 (perfeitamente especializado) (Dormann et al., 2015). O índice de Shannon pode ser utilizado para medir a diversidade das interações baseada nas frequências de interações (Blüthgen et al., 2008).

O uso das redes ecológicas em estudos sobre ecologia e conservação tem facilitado a compreensão de conceitos ecológicos e de conservação (Franco, 2015), principalmente envolvendo relações mutualísticas, como planta-dispersor, planta-polinizador e planta-formiga (Bezerra, 2017). Portanto, identificar as principais espécies ou grupos funcionais são mais suscetíveis às perturbações e como podem influenciar na estrutura da rede (Harvey et al., 2017), pode ser uma boa estratégia para conservação, pois tanto os impactos antrópicos quanto as mudanças climáticas causam perdas não aleatórias, de forma que espécies especialistas são mais vulneráveis a extinção do que espécies generalistas (Bezerra, 2017).

Conceito	**Definição**	**Exemplo de aplicação**
Conectância	Medida da densidade de ligações em uma rede ecológica, comparada ao número total possível de conexões.	Em uma teia alimentar, a conectância pode indicar o grau de interdependência entre espécies, influenciando a estabilidade do ecossistema.
Grau de Aninhamento	Medida de quão estruturada é uma rede, com espécies generalistas interagindo com espécies especializadas.	Redes polinizador-planta frequentemente mostram alto grau de aninhamento, onde plantas polinizadas por muitos polinizadores são polinizadas por aqueles polinizadores que interagem com poucas plantas.
Modularidade	Medida de quão dividida é uma rede em módulos ou subgrupos com interações internas mais frequentes que interações externas.	Comunidades de corais muitas vezes apresentam modularidade, onde certas espécies de corais interagem predominantemente dentro de subgrupos específicos.

Compartimentos	Subgrupos em uma rede ecológica onde interações são mais comuns internamente do que externamente.	Na pesca, compartimentos podem indicar populações de peixes que interagem mais frequentemente entre si, ajudando a manejar recursos marinhos de forma mais eficiente.
Interaction Strength Asymmetry	Diferença na força das interações entre espécies em uma rede ecológica.	Em redes predador-presa, a assimetria na força da interação pode ocorrer quando um predador exerce uma pressão maior sobre a presa do que vice-versa, influenciando a dinâmica populacional.
Grau de Especialização da Rede	Medida de quão específicas são as interações entre espécies em uma rede.	Em uma rede de polinização, alto grau de especialização indica que certas plantas dependem de polinizadores específicos, enquanto outras são polinizadas por uma ampla gama de espécies.
Índice de Shannon	Medida da diversidade de espécies em uma rede, levando em consideração a abundância e a uniformidade das espécies.	Aplicado em ecossistemas para avaliar a diversidade de espécies e a saúde ecológica da floresta.
Specialization Asymmetry	Diferença no grau de especialização entre espécies em uma rede ecológica.	Em uma rede mutualística, a especialização assimétrica pode ocorrer quando uma espécie é altamente especializada enquanto seu parceiro é um generalista, afetando a resiliência da rede.

Estudos de interação planta-animal com babaçu ainda são escassos, mesmo as palmeiras sendo consideradas recursos-chave, contribuindo para a manutenção das populações de frugívoros (Silva, 2009). Entre os psitacídeos, as palmeiras são identificadas como um componente importante da dieta dos psitacídeos (Silva 2013, Santos & Ragusa Netto 2014, Silva & Cordeiro 2016, Marques et al. 2018), havendo, inclusive, relações específicas como *Orthopsittaca manilata* e *Mauritia flexuosa* L. f. Assim, é necessário realizar estudos para compreender a relação babaçu-psitacídeo, uma vez que há poucos registros dessa interação (De Araújo, 2011; Tinoco et al., 2023), e utilizar as redes ecológicas como ferramenta contribuirá para entender o potencial dessas aves em redes mutualísticas e sua importância na manutenção e funcionamento do ecossistema, além de compreender a coevolução de frugívoros vertebrados e plantas (Blanco et al., 2016).

CONCLUSÃO

O babaçu é uma palmeira nativa com características que a tornam uma espécie superdominante, podendo causar um desequilíbrio no ecossistema em que está inserido. O estudo das interações planta-animal podem ser uma estratégia para compreender a dominância do babaçu, utilizando diversas ferramentas para isso, como as redes ecológicas. Em nosso estudo, é possível observar a possibilidade de uso das redes ecológicas em estudos sobre ecologia e conservação em áreas de Floresta amazônica perante as perturbações antrópicas utilizando como modelo as interações entre plantas e psitacídeo, embora haja poucos estudos voltados para ecologia alimentar dessas aves na

Amazônia e poucos estudos sobre as interações do babaçu. Estudos voltados para essa interação podem fornecer subsídios para compreender os mecanismos e padrões envolvidos na manutenção e funcionamento das comunidades, bem como para conservação das espécies na região amazônica. Apesar dos psitacídeos serem tradicionalmente considerados predadores de sementes, sugerimos realizar estudos sobre interação entre plantas e psitacídeos para entender o potencial dessas aves em redes mutualísticas e sua importância na manutenção e funcionamento do ecossistema, além de compreender a coevolução de frugívoros vertebrados e plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. Estudos avançados, v. 16, p. 7-30, 2002.

ALBAGLI, S. Amazônia: fronteira geopolítica da biodiversidade. Parcerias estratégicas, v. 6, n. 12, p. 05-19, 2010.

ALENCAR, A. et al. Amazônia em chamas: o novo e alarmante patamar do desmatamento na Amazônia. IPAM Amazônia, p. 1-21, 2022.

BARNETT, A. A.; TODD, L. M.; OLIVEIRA, T. G. Leaf-slicing behavior in the Blue-headed Parrot (*Pionus menstruus*) in central Amazonia is likely linked to highly selective caterpillar predation. The Wilson Journal of Ornithology, v. 130, n. 3, p. 809-813, 2018.

BARROS, S. P.; PURIFICAÇÃO, K. N. Predação de sementes por *Ara ararauna* e *Ara chloropterus* (Aves: Psittacidae) em uma área urbana no Vale do Araguaia, Brasil. Acta Biológica Catarinense, v. 7, n. 1, p. 5-14, 2020.

BASCOMPTE, J. et al. The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 100, n. 16, p. 9383-9387, 2003.

BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; OLESEN, J. M. Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. Science, v. 312, n. 5772, p. 431-433, 2006.

BENCKE, G. A. et al. Aves. In: Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul, p. 189-479, 2003.

BENTES-GAMA, M. M. et al. Ocorrência de populações naturais de espécies não-madeireiras em Rondônia. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-RO-2010/12195/1/doc119-especiesnaomadeireiras.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BEZERRA, T. C. S. Variação espaço-temporal das interações entre plantas com nectários extraflorais e formigas na Caatinga: efeito de perturbações antrópicas e mudanças climáticas. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

BLANCO, G. et al. Internal seed dispersal by parrots: an overview of a neglected mutualism. PeerJ, v. 4, p. e1688, 2016.

BLÜTHGEN, N. et al. Specialization, constraints, and conflicting interests in mutualistic networks. Current biology, v. 17, n. 4, p. 341-346, 2007.

BLÜTHGEN, N. et al. What do interaction network metrics tell us about specialization and biological traits. Ecology, v. 89, n. 12, p. 3387-3399, 2008.

BLÜTHGEN, N.; MENZEL, F.; BLÜTHGEN, N. Measuring specialization

in species interaction networks. BMC Ecology, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2006.

BRAICK, P. R.; MOTA, M. B. História das cavernas ao terceiro milênio. São Paulo: Moderna, 2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: IBGE, 168 p., 2019.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Volume IV, 1. ed. Brasília: ICMBio/MMA, 2018.

BRITES, A. D.; MORSELLO, C. Efeitos ecológicos da exploração de produtos florestais não madeireiros: uma revisão sistemática. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 36, 2016.

CASSINI, S. T. Ecologia: conceitos fundamentais. Biblioteca Conafer, 2005.

CATFORD, J. A. et al. The intermediate disturbance hypothesis and plant invasions: Implications for species richness and management. Perspectives in plant ecology, evolution and systematics, v. 14, n. 3, p. 231-241, 2012.

CHAME, M. Espécies exóticas invasoras que afetam a saúde humana. Ciência e Cultura, v. 61, n. 1, p. 30-34, 2009.

COSTA, P. P. Teoria dos grafos e suas aplicações. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática Universitária). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2011.

DE ARAÚJO, C. B. Psitacídeos do cerrado, sua alimentação, comunicação sonora e aspectos bióticos e abióticos de sua distribuição potencial. Tese (Doutorado em Ecologia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2011.

DE OLIVEIRA, I. R.; GONTIJO NETO, M. M.; NOBRE, M. M. Mudanças climáticas e a agricultura de baixa emissão de carbono. Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação, p. 10-32, 2018.

DORMANN, C.F.; FRUEND, J.; GRUBER, B.; DORMANN, M.C.F.; LAZYDATA TRUE. Package "bipartite", 2015.

DORMANN, C. F. et al. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. The Open Ecology Journal, v. 2, p. 7-24. 2009.

EBISAWA, S. M. Comparação dos estádios ontogenéticos da palmeira *Attalea dubia* em fragmentos de Mata Atlântica, RJ. Monografia. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

FEARNSIDE, P. M. O cultivo da soja como ameaça para o meio ambiente na Amazônia brasileira. p. 55-81. In: FEARNSIDE, P.M. (ed.) Destruição e Conservação da Floresta Amazônica, Vol. 1. Editora do INPA, Manaus. 368 p. 2019.

FELLOWS, M. et al. Amazônia em Chamas: desmatamento e fogo nas Terras Indígenas. IPAM Amazônia, n. 6, 2021.

FLEURY, M. H. Interações ecológicas entre plantas e animais: implicações para a conservação e restauração de uma ilha pluvial Atlântica. Tese (Doutorada em Ecologia Aplicada). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2009.

FORSHAW, J. M. Parrots of the world. Princeton: Princeton University Press, 404 p., 2010.

FRANCO, E. L. Dinâmica da interação abelha-planta: efeito da sazonalidade nas redes ecológicas. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. E. et al. Conhecimento e usos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. e *Attalea eichleri* (Drude) AJ Hend.) entre os Mebêngôkre-Kayapó da Terra Indígena Las Casas, estado do Pará, Brasil. Acta Botanica Brasilica, v. 26, p. 295-308, 2012.

HARVEY, E. et al. Bridging ecology and conservation: from ecological networks to ecosystem function. Journal of Applied Ecology, v. 54, n. 2, p. 371-379, 2017.

HOGAN, K. P. Photosynthesis in two neotropical palm species. Functional Ecology, v. 2, p. 371-377, 1988.

JAKOVAC, C. C.; et al. Land use as a filter for species composition in Amazonian secondary forests. Journal of Vegetation Science, v.27, p. 1104-1116, 2016.

JÄRUP, L. Hazards of heavy metal contamination. British medical bulletin, v. 68, n. 1, p. 167-182, 2003

JORDANO, P. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. The American Naturalist, v. 129, n. 5, p. 657-677, 1987.

JOSE, C.M., et al. Phytotoxic effects of phenolic acids from *Merostachys riedeliana*, a native and overabundant Brazilian bamboo. Chemoecology, v. 26, p. 235–246, 2016.

JUNIPER, T. PARR, M. Parrots: a guide to parrots of the world. Yale University Press, 2010.

KAISER-BUNBURY, CHRISTOPHER N.; BLÜTHGEN, N. Integrating network ecology with applied conservation: a synthesis and guide to implementation. AoB Plants, v. 7, p. plv076, 2015.

KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 452p., 2004.

KRAUSE, A. E. et al. Compartments revealed in food-web structure. Nature, v. 426, n. 6964, p. 282– 285, 2003.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição?. Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente, v. 17, 2007.

LATORRE, N. S. et al. Impactos de queimadas sobre diferentes tipos de cobertura da terra no leste da Amazônia legal brasileira. Revista Brasileira de Cartografia, v. l, n. 69, 2017.

LEAL, I. R. et al. Interações planta-animal na Caatinga: visão geral e perspectivas futuras. Ciência e Cultura, v. 70, n. 4, p. 35-40, 2018.

LEWINSOHN, T. M. et al. Structure in plant–animal interaction assemblages. Oikos, v. 113, n. 1, p. 174-184, 2006.

LORENZI, H. Flora brasileira: Arecaceae (palmeiras). 1 ed. São Paulo: Nova Odessa, 367p., 2010.

MARINI, M. A.; GARCIA, F. I. Conservação de aves no Brasil. Megadiversidade, v.1, n.1, 95-102, 2005.

MARQUES, C. P. et al. Exploração de recursos alimentares por psitacídeos (Aves: Psittaciformes) em uma área urbana no Brasil. Biotemas, v. 31, n. 2, p. 33-46, 2018.

MCKINNEY, M. L.; LOCKWOOD, J. L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass

extinction. Trends in ecology & evolution, v. 14, n. 11, p. 450-453, 1999.

MENIN, M. Amazônia: diversidade biológica e história geológica. Reptilia, v. 708, p. 273, 2007.

MITJA, D; FERRAZ, I. Establishment of babaçu in pastures in Pará, Brazil. Palms, v. 45, n.3, p. 138-147, 2001.

PABÓN-CAICEDO, J. D. et al. Vulnerabilidade da bacia amazônica ante fenômenos hidroclimáticos extremos. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, v. 27, n. 1, p. 27-49, 2018.

PAIXÃO, L. C. Aplicações Farmacêuticas E Bioprodutos Do Babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng). Revista de Ciências da Saúde, 2021.

PERES, M. K. Estratégias de dispersão de sementes no bioma cerrado: considerações ecológicas e filogenéticas. Tese (Doutorado em Botânica). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 2016.

PERSSON, C. S. Direitos dos animais e o impacto ambiental causado em decorrência da exploração animal. Monografia (Graduação em Direito). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2019.

PIACENTINI, V. D. Q. et al. Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. Revista Brasileira de Ornitologia, v. 23, n. 2, 91-298, 2015.

PIMM, S. L.; LAWTON, J. H.; COHEN, J. E. Food Web Patterns and Their Consequences. Nature, v. 350, n. 6320, p. 669–674, 1991.

PINTAUD, J. C. et al. The palms of South America: diversity, distribution and evolutionary history. Rev. Peru. biol., v. 15, n. 1, pp. 007- 029, 2008.

PIVELLO, V. R. et al. Thinking about super-dominant populations of native species–Examples from Brazil. Perspectives in Ecology and Conservation, v. 16, n. 2, p. 74-82, 2018.

RAGUSA-NETTO, J.; FECCHIO, A. Plant food resources and the diet of a parrot community in a gallery forest of the southern Pantanal (Brazil). Brazilian Journal of Biology, v. 66, n. 4, 1021-1032, 2006.

REIS, J. A. M. Dinâmica populacional de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng.) em pastagens na Amazônia Oriental. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal da Amazônia, 2019.

REIS, K. L. S. O efeito da complexidade ambiental sobre a comunidade de formigas epigéicas na FLONA Tapirapé-Aquiri. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Faculdade de Biologia, 2021.

RIBEIRO-NETO, J. D. et al. Chronic anthropogenic disturbance causes homogenization of plant and ant communities in the Brazilian Caatinga. Biodiversity and conservation, v. 25, p. 943-956, 2016.

RICHARDSON, D. M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Divers. Distrib., v. 6, p. 93–107, 2000.

RICKLEFS, R. E. Disintegration of the ecological community. The American Naturalist, Chicago, v. 172, n. 6, p. 741-750, 2008.

RICKLEFS, ROBERT; RELYEA, RICK. A economia da natureza. 7. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

RODRÍGUEZ-GIRONÉS, M. A.; SANTAMARÍA, L. A new algorithm to calculate the nestedness temperature of presence–absence matrices. Journal of biogeography, v. 33, n. 5, p. 924-935, 2006.

ROSA, J. C. et al. Phenological pattern reproductive of *Attalea speciosa* Mart ex Spreng. in pasture area in the central region of Rondônia. Floresta, v. 50, n. 2, p. 1335-1344, 2020.

SANTOS, A. A., RAGUSA-NETTO J. Plant food resources exploited by Blue-and-Yellow Macaws (*Ara Ararauna*, Linnaeus 1758) at an urban area in Central Brazil. Braz J Biol v. 74, p. 429-437, 2014.

SANTOS NETO, P. E. Efeito de perturbações antrópicas e níveis de precipitação nas interações entre plantas e insetos herbívoros na caatinga. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

SANTOS, A. M. et al. Estimating babaçu palm density using automatic palm detection with very high spatial resolution satellite images. Journal of Environmental Management, v. 193, p.40-51, 2017.

SANTOS, F. D. R. P. et al. Uso do óleo de coco babaçu (*Attalea speciosa*) como emoliente em formulação fitocosmética com ação hidratante. Revista Cereus, v. 12, n. 4, p. 2-13, 2020.

SHIRAISHI NETO, J. Quebradeiras de coco: "babaçu livre" e reservas extrativistas. Veredas do Direito, v. 14, n. 28, p. 147-166, 2017.

SICK, H. Ornitologia brasileira. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira. 922 p., 1997.

SILVA MATOS, D. M.; PIVELLO, V.R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres alguns casos brasileiros. Cienc. Cult., v. 61, p. 27–30, 2009.

SILVA, N. C.; CORDEIRO, P. H. C. Exploração de recursos alimentares e forrageamento de Psitacidae (Aves: Psittaciformes) no Parque Aterro do Flamengo, Rio de Janeiro, Brasil. Revista BioUSU, v. 2, p. 59-69, 2016.

SILVA, P. A. Ocorrência e forrageamento de psitacídeos em paisagem antropogênica do noroeste paulista, limítrofe mata atlântica-cerrado. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 151 p., 2013.

SILVA, A. M. D. Redes de interação entre aves frugívoras e plantas: padrões de interação e influência de atributos. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

SILVA, A. T. R. Áreas protegidas, populações tradicionais da Amazônia e novos arranjos conservacionistas. Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 34, 2019.

SILVA, E. M. S.; NAPOLITANO, J. E.; BASTOS, S. Pequenos Projetos Ecossociais de quebradeiras de coco babaçu: Reflexões e aprendizados. Brasília: ISPN, 2016.

SILVA, E. M. et al. Um Pouco da História da Humanidade: Modo de produção, relações sociais e desenvolvimento do homem. Dissertação (Mestrado em Serviço Social). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

SILVA, G. F. N.; OLIVEIRA, I. J. Reconfiguração da paisagem nas savanas da Amazônia. Mercator (Fortaleza), v. 17, p. e17028, 2018.

SILVA, P. A. *Orthopsittaca manilata* (Boddaert, 1783) (Aves: Psittacidae): abundância e atividade alimentar em relação à frutificação de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) numa vereda no Triângulo Mineiro. Dissertação (Mestrado em

Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SILVA, P. A. et al. Aves visitando flores do ipê-amarelo (*Handroanthus vellosoi*) na área urbanizada ressalta a importância da interação planta-animal na arborização de cidades. Research, Society and Development, v. 10, n. 15, p. e414101522982-e414101522982, 2021.

SOARES, C. S. Ecologia alimentar de uma assembleia de psitacídeos (Aves, Psittacidae) em uma grande metrópole da Amazônia Brasileira. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, 2020.

STROGATZ, S. H. Exploring complex networks. Nature, v. 410, n. 6825, p. 268-276, 2001.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.

THÉBAULT, E.; FONTAINE, C. Stability of ecological communities and the architecture of mutualistic and trophic networks. Science, v. 329, n. 5993, p. 853-856, 2010.

TINOCO, L. et al. Dynamics of nest availability occurrence of Blue and Yellow Macaw (*Ara ararauna*) nests in the urban area of Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Urban Ecosyst 26, 1509–1516, 2023.

TOFT, C. A.; WRIGHT, T. F. Parrots of the wild: A natural history of the world's most captivating birds. University of California Press, 2015.

TUCKER LIMA, J. M. et al. Landscape change alters reproductive phenology and sex expression in *Attalea palms* (Arecaceae) of southwestern Amazonia. Plant ecology, v. 219, p. 1225-1245, 2018.

VALÉRY, L., FRITZ, H., LEFEUVRE, J. C. Another call for the end of invasion biology. Oikos, v. 122, p.1143–1146, 2013.

VÁZQUEZ, D. P. et al. Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. Oikos, v. 116, n. 7, p. 1120-1127, 2007.

VIANA, R. S. Uma Análise da Política Ambiental nos Garimpos Ilegais de Ouro na Amazônia: O Caso do Eldorado do Juma. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2022.

VITOUSEK, P. M. et al. Human domination of Earth's ecosystems. Science, v. 277, n. 5325, p. 494-499, 1997.