



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



ZENEIDE DAMIÃO DA SILVA

**DISPERSÃO DE SEMENTE E REDES MUTUALÍSTICAS ENTRE MORCEGOS DA  
FAMÍLIA PHYLLOSTOMIDAE (MAMMALIA: CHIROPTERA) E PLANTAS DE  
PAISAGENS DOMINADAS POR CULTIVO DE CACAU NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Belém-PA  
2024

ZENEIDE DAMIÃO DA SILVA

**DISPERSÃO DE SEMENTE E REDES MUTUALÍSTICAS ENTRE MORCEGOS DA  
FAMÍLIA PHYLLOSTOMIDAE (MAMMALIA: CHIROPTERA) E PLANTAS DE  
PAISAGENS DOMINADAS POR CULTIVO DE CACAU NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e  
Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia animal.

**Orientador:** Prof. Dr. Thiago Bernardi Vieira

Belém-PA  
2024

## SUMÁRIO

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.0 ÁREA DE ESTUDO	7
2.1 COLETA DE MORCEGOS	8
2.2 COLETA DE SEMENTES, CLASSIFICAÇÃO E LISTA DE ESPÉCIES VEGETAIS	8
2.3 REDES DE INTERAÇÃO	9
2.4 COMPOSIÇÃO DAS ESPÉCIES DE MORCEGOS	10
2.5 ANÁLISE DE DADOS DAS REDES DE INTERAÇÃO	11
3. RESULTADOS	11
4. DISCUSSÃO	16
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
ANEXO	27

## RESUMO

A dispersão de sementes por morcegos é um processo essencial para a manutenção da biodiversidade neotropical, dado o fato que algumas espécies de plantas dependem exclusivamente desses animais para a propagação das suas sementes, além disso, o papel desses dispersores é potencializado devido à capacidade de habitarem uma variedade de ambientes, desde florestas naturais a áreas antropizadas. Entretanto, a conversão de florestas naturais em áreas de produção agrícola, assim como a urbanização, tem afetado a estrutura das redes mutualísticas entre morcegos e plantas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar o padrão de dispersão de sementes, por morcegos da família Phyllostomidae, em uma paisagem antropizada da Amazônia brasileira. A coleta de dados foi realizada em diferentes áreas de Floresta natural, Cacaicultura e Urbana em municípios do Estado do Acre e do Pará. Com relação aos resultados, as subfamílias de morcegos mais representativas foram a Carrollinae (72,15%), seguidas pela Stenodermatinae (21,8%) e Phyllostominae (2,66%). As famílias botânicas de Piperaceae (35,52%), Solanaceae (19,71%) e Clusiaceae (14,84%) foram a que tiveram maior preferência entre os morcegos, sendo 69,5% das plantas de estágio sucessional não pioneiras. Com relação a riqueza de espécies, a rede de interação geral morcego-planta apresentou 15 famílias botânicas e 26 espécies de morcegos. A área de cacau foi onde se encontrou a maior riqueza de espécies botânicas, com 12 no total ( $jack1=15.97$ ). Já na área Natural registrou-se a maior quantidade de espécies de morcegos, com 16 espécies ( $jack1=23.91$ ). Todavia, a rede de interação geral apresentou-se aninhada ( $WNODF=29.8$ ,  $p<0.05$ ), com baixa Especialização ( $H2=0.27$ ,  $p<0.001$ ), Conectância (0.17,  $p<0.001$ ) e Modularidade correspondente a  $M=0.21$ , o que levou a formação de quatro subgrupos coesos. Entretanto, quando analisamos as redes separadamente por ambiente, não houve Aninhamento em nenhuma das redes das três áreas. A espécie de morcego *Carollia perspicillata* e a família botânica Piperaceae foram as responsáveis pela maioria das interações entre as áreas. Com isso, evidenciamos a importância dessas espécies para a restauração de ambientes. Portanto, através da execução de projetos que comprovem a importância da quiropterocoria na restauração dos ecossistemas degradados na Amazônia, será possível criar medidas e subsídios com enfoque na conservação das espécies de morcegos e plantas que atuam na manutenção da biodiversidade do planeta.

**Palavras-chaves:** Mutualismo, frugivoria, interação morcego-planta, quiropterocoria, uso da terra

## 1. INTRODUÇÃO

A relação mutualística entre animais e plantas, especialmente a dispersão de sementes (Zoocoria), é uma das grandes responsáveis pela manutenção da biodiversidade neotropical (Andresen et al. 2018). Essa interação favorece ambos os envolvidos, enquanto os dispersores são beneficiados com nutrientes, as plantas ganham mobilidade, sendo dispersas longe da planta-mãe, diminuindo assim os processos endogâmicos e aumentando as chances de colonizar novos ambientes (Wang e Smith 2002). No entanto, a modificação na paisagem, causada por ação humana, altera a composição de espécies, tanto vegetais quanto animais, e, conseqüentemente, as relações mutualísticas observadas (Gawecka et al. 2021). Sendo que, a mudança no uso e na cobertura da terra é um dos principais causadores da perda da biodiversidade neotropical (Meyer et al. 2016).

De fato, as alterações antrópicas da paisagem alteram tanto o padrão como a estrutura das redes mutualistas, reduzindo o número de interações e de espécies presente nas redes (Sebastián-González et al. 2015). Essa redução ocorre devido em áreas antropizadas existir uma menor diversidade de espécies e conseqüentemente de serviços ecossistêmicos, como a Zoocoria (Regolin et al. 2020). Essas alterações levam a um menor número de interações e de espécies (dispersas e dispersoras) nas redes (Laurindo et al. 2017). Além disso, a diminuição da Zoocoria implica em menor eficiência da manutenção de áreas naturais e regeneração de áreas degradadas ou exploradas (Genes e Dirzo 2022; Fisogni et al. 2022).

Morcegos são considerados excelentes dispersores de sementes em regiões tropicais e subtropicais, já que conseguem se deslocar por grandes distâncias durante uma única noite, voando até 20 quilômetros, o que possibilita o forrageamento em inúmeros locais e habitats, além de visitar diversas plantas durante o processo de busca por alimentos (Galindo-González 1998; Kerches-Rogeri et al. 2020). Essa eficiência na dispersão de sementes se deve ao desenvolvimento de características anatômicas e morfológicas exclusivas (como por exemplo, as asas serem altamente articuladas e flexíveis), sendo o único grupo de mamíferos com a capacidade de voo verdadeiro e com a habilidade de percorrer grandes distâncias, alcançando áreas geograficamente distantes (Voigt et al. 2017). Entretanto, atividades antrópicas como desmatamento, urbanização, construção de estradas e iluminação artificial tem contribuindo para o declínio da diversidade de espécies de morcegos e colocando em risco esses serviços ecossistêmicos (Farneda et al. 2019; Kunz et al. 2011; Teixeira et al. 2022).

No Brasil ocorrem nove famílias, 68 gêneros e 182 espécies de morcegos (Bôlla et al. 2023), sendo que, aproximadamente 50% destas espécies são frugívoros. Dentre os morcegos, a família Phyllostomidae é a que apresenta maior diversidade e abundância, reunindo espécies estritamente

frugívoras (Florez-Montero et al. 2022; Mello 2007) e que consomem frutos como forma de complementar a sua dieta (Reis et al. 2007). Além disso, a família Phyllostomidae possui grande plasticidade em relação à paisagem, ocupando desde áreas naturais até áreas antropizadas, como paisagens desmatadas ou áreas Urbanas (Morales et al. 2012; Heer et al. 2015). Aliado a isso, possuem comportamento de coletar frutos em uma planta e o consumir em outro local, aumentando a taxa de dispersão e as chances de sucesso de germinação das sementes (Kerches-Rogeri et al. 2020).

Os frutos comumente consumidos pelos morcegos na região neotropical são os das famílias Moraceae (figueiras), Piperaceae (jaborandis, cava-cavas, pimenteiras selvagens, pimenta-do-reino), Urticaceae e Solanaceae (vitingas, jurubebas, quinas, tomates), com maiores interações observadas para os gêneros de planta de *Cecropia*, *Ficus*, *Piper*, *Solanum* e *Vismia* (Florez-Montero et al. 2022). Assim, a dieta de morcegos da família Phyllostomidae é composta por sementes que se estabelecem em diferentes estágios de sucessão florestal, incluindo espécies de grande importância econômica, como por exemplo, a espécie *Psidium guajava* (Enríquez-Acevedo et al. 2020). O que faz com que os morcegos da família Phyllostomidae sejam espécies chaves em florestas neotropicais (Ramirez-Francel et al. 2022) e para a restauração de ambientes degradados, dado o fato de algumas espécies de plantas tropicais dependerem exclusivamente desses organismos para a dispersão (Morales et al. 2012).

Uma forma de estudar o efeito da mudança no uso e cobertura da terra na dispersão de sementes é através da análise de redes ecológicas (Laurindo et al. 2019; Ligo et al. 2022). O estudo de redes bipartidas, construídas entre o agente zoocórico (morcegos em nosso estudo) e a planta dispersa são úteis, pois indicam a robustez (ou fragilidade) de uma rede mutualística, indicando assim o quanto as mudanças na paisagem podem afetar serviços ecossistêmicos, como a dispersão de sementes. Uma forma de acessar essa informação é através do estudo da Modularidade e do Aninhamento da rede (Mello et al. 2019). O Aninhamento na rede é dito quando espécies especialistas possuem relação mutualística com um subconjunto de espécies generalistas, por exemplo, quando em uma rede mutualista os frugívoros com dieta mais limitada se alimentam de um subconjunto dos frutos consumidos pelos frugívoros com dieta mais ampla (Mello et al. 2016). Já a Modularidade é caracterizada pela formação de subconjuntos de nó onde a densidade de interações é maior entre si em relação a outros vértices do módulo da rede, ou seja, as espécies interagem mais dentro dos subgrupos do que entre eles (Mello et al. 2011a). Essa configuração aninhada e modular demonstra uma certa fragilidade da rede, uma vez que a perda dessa espécie com poucas interações pode significar a perda do serviço ecossistêmico em questão (Valiente-Banuet et al. 2015).

Observamos, assim, que a dispersão de sementes por morcegos da família Phyllostomidae é um fator-chave para o funcionamento dos ecossistemas terrestres neotropicais, sendo que a mudança no uso e cobertura da terra pode interferir nesse serviço ecossistêmico. Deste modo, o nosso objetivo é identificar o padrão de dispersão de sementes, por morcegos da família Phyllostomidae, em uma paisagem antropizada da Amazônia brasileira. Especificamente, (1) listamos as espécies de sementes dispersas por morcegos da família Phyllostomidae diferenciando as áreas estudadas em área Natural, Cacaucultora e Urbana e (2) Quantificamos e comparamos as interações e a estrutura das redes mutualísticas de áreas Naturais, Cacaucultoras e Urbanas utilizando os índices de Aninhamento, Conectância, Modularidade e Especialização. Como hipótese, esperamos que a rede de interação morcego-planta em áreas Urbanas apresente alto índice de Aninhamento, Modularidade e Especialização como consequência da baixa riqueza e conectividade de espécies de plantas e morcegos presente nessas áreas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.0 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo inclui sete (07) municípios que estão inseridos no estado do Pará, são eles: Altamira, Anapú, Medicilândia, Placas, Senador, Uruará e Vitória do Xingu, além de dois (02) municípios localizados no Estado do Acre, Brasiléia e Sena Madureira (Figura 1, Tabela 1). O estado do Pará possui o bioma predominantemente amazônico, sendo o clima classificado como tropical úmido (Köppen e Geiger 1928), com a precipitação média anual de 25°C, os índices pluviométricos variam entre 1900 mm e 3000 mm por ano (INEP 2022). As amostras de fezes, com sementes, de morcegos da família Phyllostomidae derivam de 37 pontos, sendo 10 pontos de coleta em áreas de cacau, cinco em área Urbana e 22 em área de vegetação Natural.

Tabela 1: Municípios e Áreas onde foram realizadas coletas.

ESTADO	MUNICÍPIO	CACAU	NATURAL	URBANO
Acre	Brasiléia		X	
	Sena Madureira		X	
Pará	Altamira	X	X	X
	Anapú	X	X	
	Medicilândia	X	X	
	Placas	X	X	
	Senador		X	
	Uruará	X	X	
	Vitória do Xingu	X	X	

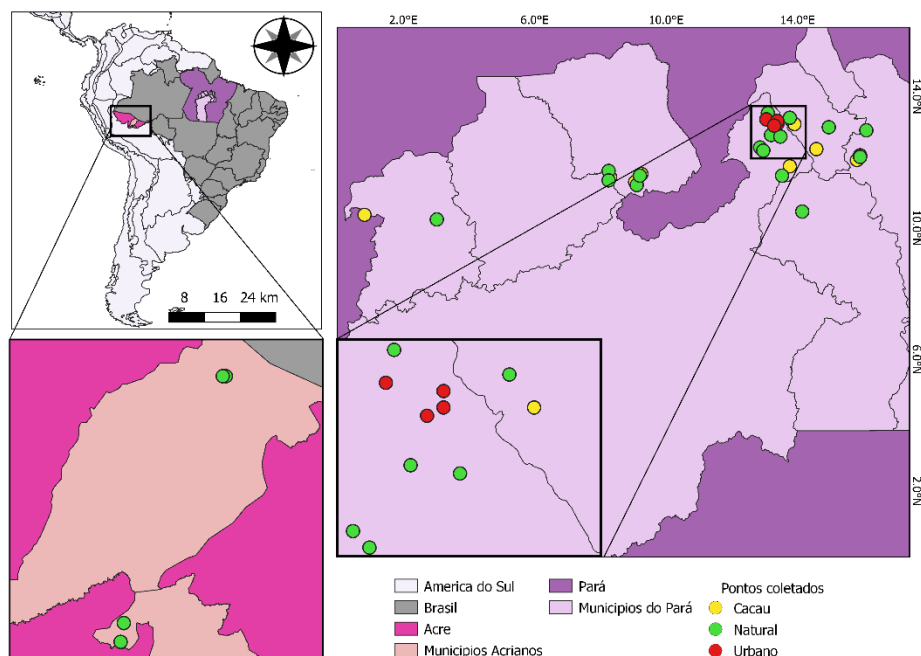


Figura 1: Distribuição geográfica das áreas amostradas para coletas de morcegos da família Phyllostomidae em municípios do Estado do Pará e do Acre.

## 2.1 COLETA DE MORCEGOS

As informações que compõem o banco de dados ChiroXingu foram coletados nos anos de 2017 a 2022. Para a captura dos morcegos utilizamos 10 redes de neblina de 9 metros de largura por 2,5 de comprimento que permaneceram abertas nas seis primeiras horas após o pôr do sol, e verificadas a cada 30 minutos, com a distância mínima de 5 km entre ambos os pontos. Após a captura dos morcegos nas redes, eles eram retirados e acondicionados em sacos de tecido 100% algodão e em seguida triados (coletando os dados morfométricos de tamanho do antebraço e peso, em seguida identificados até o nível de espécie), anilhados com anilhas de alumínio numeradas sequencialmente e soltos novamente no ambiente. O método de captura através da rede de neblina é eficiente com relação a família Phyllostomidae, uma vez que grande parte dos indivíduos dessa família possuem o tamanho corporal pequeno, além das asas mais curtas e largas, o que facilita a movimentação nos diferentes estratos e o acesso ao interior da floresta (Kalko e al. 1996).

## 2.2 COLETA DE SEMENTES, CLASSIFICAÇÃO E LISTA DE ESPÉCIES VEGETAIS.

Para a coleta das sementes, os morcegos capturados foram acondicionados em sacos de panos individuais por um período mínimo de uma hora para obtenção das fezes. As fezes obtidas foram acondicionadas em sacos de papel e triados em laboratório. As sementes foram separadas das fezes, lavadas e acondicionadas em micro-tubo de 1.5ml, após terem secado em temperatura ambiente.

Posteriormente as sementes foram contadas, identificadas e classificadas quanto ao estágio sucessional (pioneiras ou tardias) (Lobova et al. 2009; Rolim et al. 1999).

Para a identificação das sementes, utilizamos artigos publicados, consultas em herbários virtuais e guia especializado na identificação de sementes (Cornejo e Janovec 2010). Todas as amostras foram identificadas a nível de família e classificadas em gênero e morfoespécie, exceto duas que não foram possíveis chegar à nenhuma identificação (Anexo I). A lista de espécies de sementes dispersas por morcegos da família Phyllostomidae foi organizada por família e morfoespécies e diferenciada segundo o seu estágio sucessional (Barbosa et al. 2017). Os dados são apresentados por tipo de ambiente (área Natural, Cacaucultora e Urbana).

## 2.3 REDES DE INTERAÇÃO

### Construção das redes de interação

Para construção das redes de interação entre morcego-planta os dados foram organizados em matrizes, sendo as espécies de plantas ordenadas nas linhas e os morcegos nas colunas, e a interação descrita como a presença da semente na amostra fecal do morcego. Esse procedimento foi realizado considerando todo o banco de dados e para cada uma das classes da paisagem.

### Índices utilizados para a análise das redes de interação

Em relação à caracterização da estrutura das redes, utilizamos os seguintes parâmetros e métricas: Tamanho da rede, Conectância, Aninhamento, Especialização e Modularidade.

**Tamanho da rede (S):** Soma total das espécies que compõe a rede (Número de espécies de plantas, número de espécies de morcegos e o número total de ligação presente na rede).

**Conectância (C):** é calculada como  $C = I/(AP)$ , onde I é o número total de interações observadas na rede, A representa o número de espécies animais envolvidas e P é o número de espécies vegetais (Mello et al. 2011b). A proporção de interação varia de 0 a 1, onde 1 indica que todas as espécies estão conectadas entre si (Jordano 1987). Assim, a Conectância define o nível de generalização da rede.

**Aninhamento** caracteriza-se pela assimetria na rede, onde as espécies especialistas interagem com as generalistas, diminuindo a competição e permitindo que as espécies coexistam (Bastolla et al. 2009). Para calcular o Aninhamento das redes utilizamos o índice WNODF, isso porque, enquanto o NODF usa dados qualitativos (presença/ausência) de interações, o WNODF é um índice quantitativo de Aninhamento, ponderando a contribuição do Aninhamento de acordo com suas frequências, onde zero (0) indica que a rede não possui Aninhamento e cem (100) indica o perfeito Aninhamento (Almeida-Neto e Ulrich 2011).

**Especialização (H<sub>2</sub>):** descreve a exclusividade de interação por espécie dentro da rede, considerando os pesos das interações (Blüthgen 2010). O índice de Especialização permite verificar o quanto uma espécie é especialista (quanto mais as espécies forem especialistas, maior é o índice de H<sub>2</sub>). Os valores de H<sub>2</sub> variam de zero (0) a um (1), onde o 1 indica uma rede perfeitamente especializada, sem compartilhamento de parceiro entre as espécies.

**Modularidade (M)** na rede é caracterizada pela existência de subconjuntos de nó com mais conexão entre si em relação a outros módulos e com baixa interação, logo a Modularidade corresponde ao número de subconjuntos coesos de vértices e a conectividade entre eles (Danon et al. 2005, Mello et al. 2016). Quanto maior a Modularidade, maior é o nível de estabilidade da rede, uma vez que possíveis impactos negativos na rede (extinção de espécie) podem ser retidos em um único módulo, sem comprometer os demais módulos (Krause et al. 2003; Teng e McCann 2004). A Modularidade foi calculada usando a métrica Q<sub>w</sub> ponderada calculada pelo algoritmo DIRTLPAwb+ (Beckett 2016). Q<sub>w</sub> varia de zero (0) a um (1), onde um (1) indica que a rede está dividida em subgrupos de espécies perfeitamente separados e zero (0) todos os nós compõem o mesmo módulo.

## 2.4 COMPOSIÇÃO DAS ESPÉCIES DE MORCEGOS

No total 290 indivíduos apresentaram amostras de sementes em suas fezes, sendo estes pertencentes a 23 espécies de morcegos. As espécies que tiveram maior abundância foram *Carollia perspicillata* apresentando 195 indivíduos, *Artibeus lituratus* com 19, *Sturnira giannae* com 15 e *Uroderma bilobatum* com 11 representantes nas diferentes paisagens. Com relação as áreas estudadas, a Urbana foi que apresentou maior abundância de morcegos com 112 indivíduos, seguida por Cacau com 95 e a Natural com 83 indivíduos (Tabela 2).

Tabela 2: Lista de espécies de morcegos da família Phyllostomidae que apresentaram sementes nas amostras fecais. As espécies estão organizadas por subfamília e o X representa a ocorrência da espécie nos ambientes (Cacau, Natural ou Urbano) amostrados. Os valores entre parênteses são o número de pontos de cada ambiente amostrado.

Subfamília Espécies	Cacau (10)	Natural (22)	Urbano (05)
<b>Carollinae</b>			
<i>Carollia brevicauda</i> (Schinz, 1821)	X	X	
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X
<b>Glossophaginae</b>			
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	X	X	X
<b>Lonchorhininae</b>			
<i>Hsunitycteris thomasi</i> ((Allen, 1904)		X	
<b>Phyllostominae</b>			
<i>Lophostoma brasiliense</i> (Peters, 1867)	X		
<i>Lophostoma silvicola</i> d'Orbigny, 1836		X	
<i>Phyllostomus discolor</i> (Wagner, 1843)	X		
<i>Phyllostomus elongatus</i> (É. Geoffroy, 1810)		X	
<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)		X	

<i>Tonatia maresi</i> (Williams, Willig e Reid, 1995)	X	X	
<b>Rhinophyllinae</b>			
<i>Rhinophylla fischeriae</i> (Carter, 1966)	X	X	X
<b>Stenodermatinae</b>			
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	X		X
<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1821)		X	X
<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)			X
<i>Dermanura anderseni</i> (Osgood, 1916)			X
<i>Platyrrhinus angustirostris</i> (Velazco, Gardner e Patterson, 2010)	X	X	
<i>Platyrrhinus infuscus</i> (Peters, 1880)		X	
<i>Sturnira giannae</i> (Velazco e Patterson, 2019)	X	X	X
<i>Sturnira tildae</i> de la Torre, 1959	X		
<i>Uroderma bilobatum</i> (Peters, 1866)	X	X	X
<i>Uroderma magnirostrum</i> (Davis, 1968)			X
<i>Vampyressa pusilla</i> (Wagner, 1843)		X	
<i>Vampyressa thyone</i> (Thomas, 1909)		X	
<b>Riqueza</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>10</b>

## 2.5 ANÁLISE DE DADOS DAS REDES DE INTERAÇÃO

Para avaliar o grau de significância entre os índices de Aninhamento (WNODF), Conectância (C), Modularidade (M) e Especialização (H<sub>2</sub>) obtidos nas redes de interação, utilizamos o procedimento de Monte Carlo, baseado em matrizes aleatórias segundo o modelo *vaznull* (Dormann et al. 2008), com 10.000 aleatorizações. O cálculo das métricas em nível de rede (Aninhamento, Conectância, Especialização e Modularidade) foram realizadas por meio do pacote *bipartite* (Dormann et al. 2008) no ambiente R (R Core Team 2022).

## 3. RESULTADOS

Registramos a dispersão de 42 morfoespécies de plantas pertencentes a 16 famílias botânicas (Tabela 03). As famílias de Piperaceae (35,52%), Solanaceae (19,71%) e Clusiaceae (14,84%) foram a que tiveram maior preferência entre as espécies de morcegos. Quanto à classe sucessional, 69,5% das plantas foram classificadas como não pioneiras e 30,6% pioneiras (Tabela 3).

**Tabela 3:** Família, número de riqueza e o Tipo de hábito de estabelecimento sucessional de cada família encontrada nas amostras fecais dos morcegos Phyllostomidae.

Família e Morfoespécies	Estagio sucessão	Tipo de Ambiente (Abundância)		
		Cacau	Natural	Urbano
<b>Annonaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Rollinia sp</i>		8	9	
<b>Aquifoliaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Ilex affinis</i>		2		2
<b>Araceae</b>	Não Pioneira			
<i>Philodendron sp 1</i>			1	
<i>Philodendron sp 2</i>			1	

<b>Araliaceae</b>	Pioneira			
<i>Schefflera Morototoni</i>			3	
<b>Clusiaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Vismia sp 1</i>		4	5	39
<i>Vismia sp 2</i>			2	
<b>Cyclanthaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Thoracocarpus sp</i>		1		1
<b>Fabaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Fabaceae sp 1</i>				2
<i>Fabaceae sp 2</i>		1		
<b>Marcgraviaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Marcgraviaceae sp</i>		8		
<b>Moraceae</b>	Não Pioneira			
<i>Ficus pertusa</i>		3	2	1
<i>Ficus sp 1</i>		3	2	3
<i>Ficus sp 2</i>			1	
<i>Ficus sp 3</i>		4	1	2
<i>Ficus sp 4</i>				2
<i>Ficus sp 5</i>		1		1
<b>Piperaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Piper aducum L.</i>		26	17	9
<i>Piper sp 1</i>		3	9	14
<i>Piper sp 2</i>		24	9	10
<i>Piper sp 3</i>		7	3	1
<i>Piper sp 4</i>		2	3	3
<i>Piper sp 5</i>			2	
<b>Poaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Axonopus sp</i>		1		
<i>Paspalum sp</i>		2		
<b>Rubiaceae</b>	Não Pioneira			
<i>Rubiaceae sp</i>		1		1
<b>Solanaceae</b>	Pioneira			
<i>Solanum sp 1</i>		9	23	19
<i>Solanum sp 2</i>			4	8
<i>Solanum sp 3</i>		3	1	2
<i>Solanum sp 4</i>		1		3
<b>Urticaceae</b>	Pioneira			
<i>Cecropia insignis</i>		2	1	
<i>Cecropia membranaceae</i>				4
<i>Cecropia obtusifolia</i>		2	1	2
<i>Cecropia peltata</i>		2	1	5
<i>Cecropia sp 1</i>		1	2	13
<i>Cecropia sp 2</i>		1		
<i>Cecropia sp 3</i>				1
<b>S.I.</b>	S.I.	2		
<b>TOTAL</b>		<b>124</b>	<b>103</b>	<b>148</b>

Com relação a riqueza de espécies, a rede de interação geral apresentou 15 famílias botânicas e 26 espécies de morcegos. Sendo que na área de cacau foram registradas 12 famílias botânicas (jack1= 15.97) e 12 espécies de morcegos (jack1= 16.95). Já na área Natural foram registradas 8 famílias botânicas (jack1=8.00) e 16 espécies de morcegos (jack1=23.91). Enquanto que na área Urbana foram 9 famílias botânicas (jack1=11.98) e 10 espécies de morcegos registradas (jack1=13.97).

A rede de interação geral (Figura 2a) apresentou Aninhamento significativo (WNODF= 29.8,  $p < 0.05$ ) com baixa Especialização ( $H_2=0.27$ ,  $p < 0.001$ ), Conectância (0.17,  $p < 0.001$ ) e Modularidade ( $M=0.21$ ) e a formação de quatro subgrupos coesos (Figura 3a). Já a rede de interação de Cacau (Figura 2b) não apresentou Aninhamento significativo (WNODF= 29.2,  $p=0.94$ ) pouco Especialização ( $H_2=0.25$ ,  $p < 0.005$ ), Conectância (0.21,  $p < 0.001$ ) e Modularidade ( $M=0.20$ ) com a formação de cinco subgrupos coesos (Figura 3b). Na rede de interação Natural (Figura 2c) não houve Aninhamento significativo (WNODF= 17.5,  $p < 0.98$ ) com baixa Especialização ( $H_2=0.27$ ,  $p < 0.04$ ), Conectância (0.27,  $p < 0.001$ ) e Modularidade ( $M=0.20$ ) e a formação de cinco subgrupos coesos (Figura 3c). A rede de interação Urbana (Figura 2d) também não apresentou Aninhamento significativo (WNODF= 38.7,  $p < 0.8$ ) com baixa Especialização ( $H_2=0.35$ ,  $p < 0.003$ ), Conectância (0.27,  $p < 0.001$ ) e Modularidade ( $M=0.27$ ) resultando na formação de subgrupos coesos (Figura 3d) (Tabela 4).

**Tabela 4:** Sumario dos valores (V) das métricas de  $H_2$ , WNODF, C e M, Quantil 95%, Quantil 5% gerada para cada uma das redes de interação morcego-planta. Qt= Quantil. Em negrito os valores significativos

	H2			WNODF			Conectância			Modularidade		
	V	Qt 95%	Qt 5%	V	Qt 95%	Qt 5%	V	Qt 95%	Qt 5%	V	Qt 95%	Qt 5%
<b>Geral</b>	<b>0.27</b>	0.16	0.09	<b>29.8</b>	43.7	30.9	<b>0.17</b>	0.17	30.9	<b>0.21</b>	0.14	0.10
<b>Cacau</b>	<b>0.25</b>	0.19	0.02	29.2	48.3	28.7	<b>0.21</b>	0.22	28.7	<b>0.20</b>	0.18	0.13
<b>Natural</b>	<b>0.27</b>	0.25	0.09	17.5	36.7	19.3	<b>0.27</b>	0.27	0.27	<b>0.20</b>	0.24	0.16
<b>Urbano</b>	<b>0.35</b>	0.27	0.12	38.7	53.3	33.6	<b>0.27</b>	0.27	0.27	<b>0.27</b>	0.18	0.12

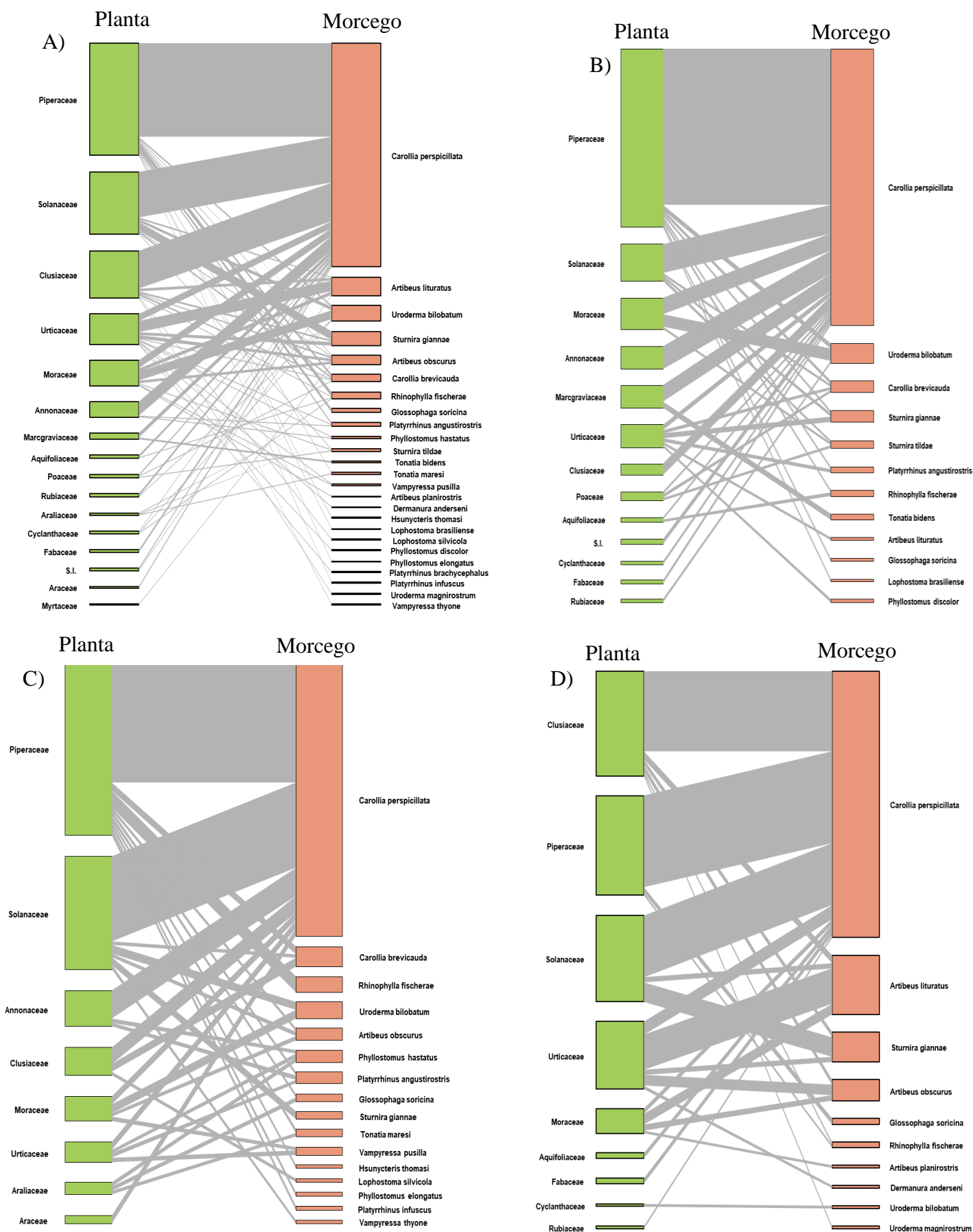


Figura 2: Rede de interação mutualística entre morcegos e plantas. A) Rede Geral, B) Área de Cacau, C) Área Natural, D) Área Urbana. A espessura da linha é ajustada a quantidade de interação entre as espécies.

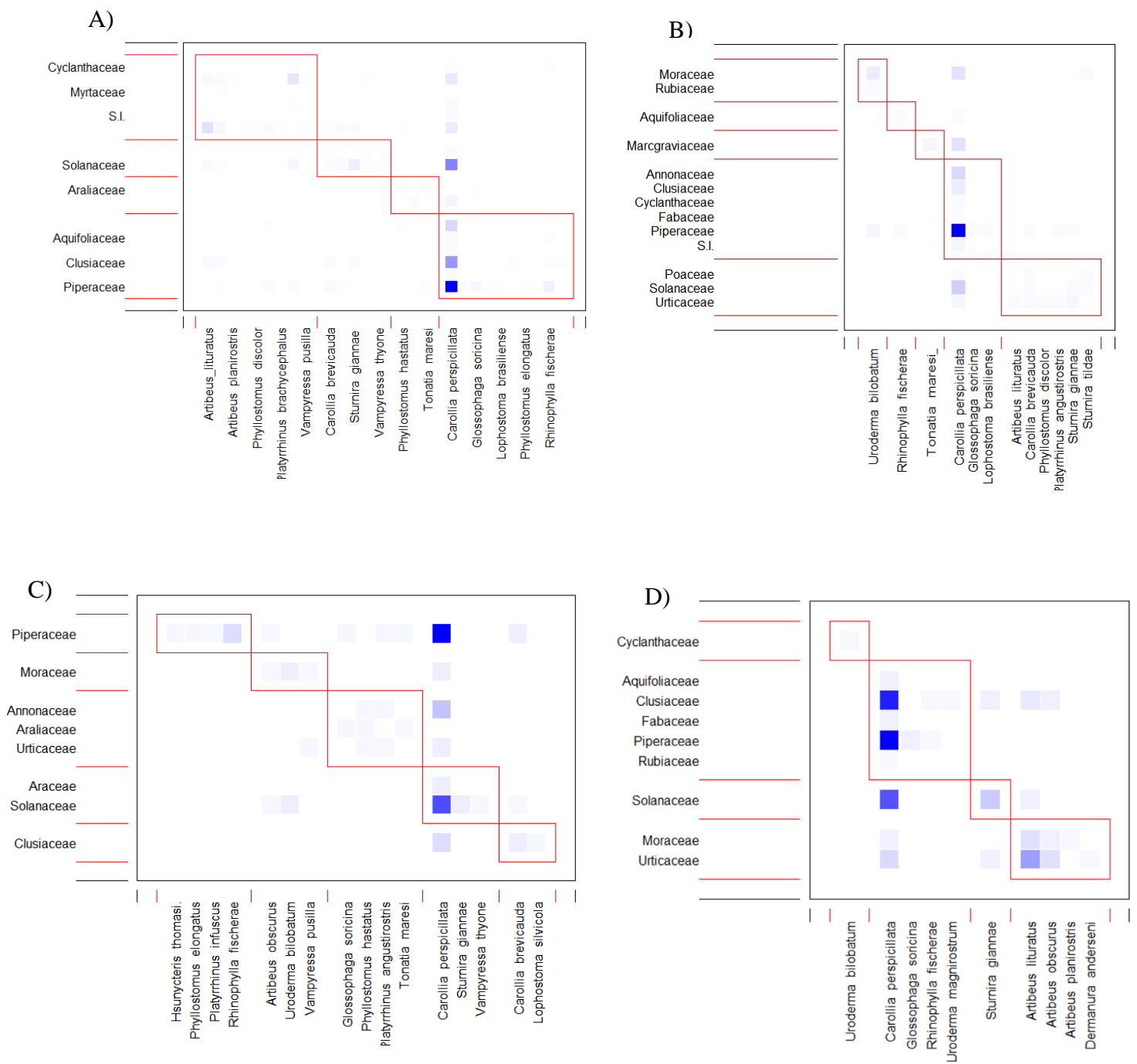


Figura 3: Modularidade resultante da interação entre plantas e morcegos. A) Modularidade Geral, B) Área de Cacau, C) Área Natural, D) Área Urbana.

Com relação a rede de interação geral, as famílias vegetais que tiveram maior grau de importância foram a família Piperaceae com 146 interações, seguida por Solanaceae com 81 interações. *Carollia perspicillata* com 263 e *Artibeus lituratus* com 24 interações, foram as espécies de morcegos que obtiveram maior grau de importância na rede geral. Na área de Cacau, a família vegetal e a espécie de morcego que tiveram maior grau de importância foram a família Piperaceae com 62 interações e *Carollia perspicillata* com 96 interações. Na área Natural as famílias vegetais e a espécie de morcegos que tiveram maior grau de importância foram a família Piperaceae com 43 interações e *Carollia perspicillata* com 68 interações. Na área Urbana as famílias vegetais e a espécie de morcego que tiveram maior grau de importância foram a família Clusiaceae com 39 interações e *Carollia perspicillata* com 99 interações.

#### 4. DISCUSSÃO

##### Riqueza de espécies de morcegos e sementes

*Carollia perspicillata* foi a espécie mais abundante e responsável pela maioria das interações nas três áreas estudadas, assumindo o papel de espécie chave para a dispersão da maioria dos propágulos vegetais, pois realizou 263 interações na rede geral. Essa característica da espécie chave na dispersão de sementes neotropicais, deve-se ao fato do gênero *Carollia* abrigar indivíduos especializados na frugivoria, com ampla distribuição geográfica e elevadas abundâncias no neotrópico (Baker et al. 2016; Pallares et al. 2021). Outro fator relacionado a dominância de *Carollia perspicillata* possivelmente está atrelada à sua alimentação, que é proveniente de uma grande variedade de espécies frutíferas, aproveitando a abundância dos recursos florestais (Carvalho-Ricardo et al. 2014).

A predominância das famílias Piperaceae, Urticaceae e Solanaceae são bem comuns na dieta das espécies da família Phyllostomidae (Castro-Luna 2012), sendo encontrados principalmente os gêneros *Piper*, *Cecropia* e *Solanum* nas amostras fecais dos indivíduos estudados (Carrillo-Villamizar et al. 2022; Hinojosa et al. 2021). Detectamos que a maioria das sementes ingeridas pelos morcegos nas áreas de Cacau e Natural pertencem as famílias Piperaceae e Solanaceae, já na área Urbana a família Clusiaceae foi a predominante, com o consumo desses frutos realizados comumente pelas subfamílias *Carollinae* e *Stenodermatinae* nas três áreas. Essa relação de consumo de Piperaceae, Urticaceae e Solanaceae com as subfamílias *Carollinae* e *Stenodermatinae*, também foram bem representadas em outros trabalhos que estudaram a dieta dos morcegos neotropicais (Acevedo et al. 2023; Parolin et al. 2016).

A ingestão frequente das sementes de Piperaceae e Solanaceae possivelmente está relacionada ao fato dessas espécies vegetais serem comuns nas áreas de Cacaucultora e Natural e apresentarem grande disponibilidade de frutos durante todo o ano, já o alto consumo de frutos de Clusiaceae na área Urbana demonstram que as espécies do grupo *Carollia* adaptam a sua dieta aos recursos

presentes no ambiente em que vivem, uma vez que na área Urbana foi observada a predominância de plantas da família Clusiaceae. Portanto, tais resultados constataam que apesar da subfamília *Carollia* se alimentar principalmente de frutos de Piperaceae, a baixa disponibilidade regional ou sazonal desse fruto leva o consumo de outros frutos alternativos (Genelhú et al. 2023; Mello et al. 2004).

Entre algumas espécies de morcegos neotropicais existe uma preferência alimentar por determinados grupos botânicos, o que caracteriza uma estrutura trófica alimentar pré-estabelecida (Fleming 1986). Por exemplo, com *Carollia* se alimentando principalmente de frutos de *Piper*, *Sturnira* de *Solanum* e *Artibeus* de *Ficus* e *Cecropia* (Castaño et al. 2018; Fleming 1986; Genelhú et al. 2021; Giannini e Kalko 2004). Neste estudo, essa estrutura de interação também foi evidenciada, onde as Piperaceae constituíram a base da dieta do gênero *Carollia*, *Solanaceae* de *Sturnira* e as Urticaceae dos *Artibeus*. Essa relação alimentar das espécies da família Phyllostomidae com esses gêneros de plantas, como por exemplo os *Ficus*, é considerada chave, uma vez que a fenologia desses frutos dispõe de grande quantidade de frutos e que frutificam em períodos diferentes de outras espécies, em períodos em que há baixa disponibilidade de outros recursos alimentares (Kissling et al. 2007).

A maior riqueza de espécies de morcegos foi registrada na área de vegetação Natural, onde há maior oferta tanto de recursos alimentares, como de forrageamento e abrigo. Demonstrando que os fragmentos florestais mesmo que pequenos, são importantes para a conservação de espécies dispersoras, pois dispõem de áreas com árvores e copas fechadas que aumentam a complexibilidade da vegetação (Purificação et al. 2020). Apesar da área Cacaucultora apresentar maior diversidade de espécies em relação a área Natural, essa diferença não foi discrepante, já que esse método combina agricultura e o plantio de árvores frutíferas, e a sombra proporcionada pela cobertura e altura das árvores são alguns dos fatores que auxiliam no aumento da diversidade, abundância e riqueza de morcegos frugívoros, insetívoros e nectarívoros, o que torna o processo agroflorestal uma técnica florestal importante para a manutenção da biodiversidade (França et al. 2023; Ferreira et al. 2023b, Palheta et al. 2020). Ademais, a importância dos morcegos tanto nos sistemas agroflorestais de cacau como nos ambientes urbanos, está relacionada ao controle de pragas agrícolas, polinização e dispersão de sementes, auxiliando no processo de manejo nessas áreas (Aguiar et al. 2021; Ferreira et al. 2023a; Russo et al. 2023).

### Aninhamento

Ao analisar as redes por área separadamente não obtivemos resultados significativos para a métrica de Aninhamento (WNODF), porém, a rede geral foi WNODF significativo. Esse resultado do Aninhamento significativo na rede geral pode ser decorrente da dieta generalista das espécies de morcegos, o que permite a conexão das espécies de morcegos com diferentes plantas presentes

nessa rede. O Aninhamento na rede permite a alta interação de espécies especialistas com espécies generalistas, conectando espécies de diferentes módulos (Newman 2006; Mariani et al. 2019). Essa composição de Aninhamento, gera robustez na rede e ajudam no caso de perturbação ou perda de espécie, como por exemplo, quando há a indisponibilidade de uma espécie de planta específica, os frugívoros tem outras alternativas de fruto para consumir e assim readaptar a sua dieta, evitando assim extinções secundárias e maiores impactos nas redes (Tylianakis et al. 2010).

### Especialização

A nossa hipótese de que a área Urbana iria apresentar os maiores índices de Especialização com relação às outras áreas foi corroborada, o que reforça o fato de que a antropização afeta a estrutura das redes de interação de dispersão de sementes. A Especialização é caracterizada pela exclusividade de interações, ou seja, interações especializadas entre as espécies planta-dispersor na rede (Sebastián-González et al. 2015) e seu alto índice é gerado como consequência da diminuição na diversidade de recursos em área antropizadas, logo a menor variedade ou disponibilidade de recursos tornam os morcegos mais especialistas nesses ambientes onde os recursos são limitados (Laurindo et al. 2018; Soares et al. 2017; Zhang et al. 2023). Com isso, a alta Especialização na rede caracteriza um fator negativo, porque tem como consequência o alto grau de dependência entre as espécies envolvidas, tornando as espécies especialistas mais vulneráveis a extinção (Kaiser-Bunbury e Blüthgen 2015). Logo, podemos considerar os altos índices da métrica de Especialização como um importante indicador da diminuição da qualidade ambiental das áreas Urbanas. Além disso, essa métrica merece atenção, uma vez que os frugívoros especialistas são espécies chaves na estruturação da rede de dispersão de sementes e no funcionamento dos ecossistemas, contribuindo para a conservação e restauração de áreas antropizadas, já que vincula espécies de diferentes partes da rede e a extinção dos indivíduos especialistas acarretaria em grandes implicações negativas na rede (Mello et al. 2015).

### Conectância

Os índices de Conectância não apresentaram diferenças discrepantes entre as áreas de Cacao, Natural e Urbana. A Conectância nas redes mutualísticas é medida através do grau de interação entre as espécies planta-dispersor, consequentemente os valores baixos de Conectância significa que a rede é composta principalmente por espécies generalistas, o que reduz a competição por recursos entre as espécies (Blüthgen 2010). Esse padrão similar de conectividade entre as áreas possivelmente é decorrente de dois fatores, o primeiro está relacionado a riqueza na composição tanto de morcegos como de plantas nas redes, e o segundo é devido a plasticidade das espécies de morcegos com relação a variedade dos frutos que compõe a dieta desses frugívoros em diferentes estações do ano (Almeida e Mikich 2018).

## Modularidade

Quanto a Modularidade, observamos que nas redes das três áreas houve a formação de pequenos módulos, grupos com mais interações entre si quando comparados com a estrutura geral da rede, sendo formados como consequência das interações preferenciais entre determinadas espécies de morcegos e gêneros de plantas (Velásquez-Roa et al. 2023). A área Urbana foi onde encontramos o maior índice de Modularidade, corroborando com a nossa hipótese de que áreas com poucos recursos e baixa Conectância aumentam a Modularidade das redes. Esse resultado foi similar a outro trabalho que analisou a métrica em redes de planta-frugívora na Mata Atlântica, onde valores baixos de Aninhamento e Conectância aumentaram a Modularidade na rede (Crestani et al. 2019). Dessa forma, a perturbação ambiental é um dos fatores ambientais que aumentam a Modularidade nas redes de interação morcego-planta, uma vez que a fragmentação de habitat acarreta a diminuição dos recursos, o que leva as espécies especialistas a formarem módulos na rede devido a segregação de nicho alimentar dos frugívoros (Gilarranz et al. 2017). A Modularidade é um fator positivo pois, confere maior robustez na rede, possibilitando amortecer dentro de um único módulo possíveis impactos que a rede possa sofrer, como por exemplo, propagação de doenças e extinções de espécies (Robinson e Strauss 2020). Deste modo, buscar conservar as espécies chaves de cada módulo é de suma importância para a manutenção da rede e consequentemente do serviço ecossistêmico que as mesmas prestam ao meio ambiente, pois, as espécies que compõem os diferentes módulos geralmente pertencem a grupos funcionais distintos, o que potencializa a dispersão de sementes em áreas de restauração (Messeder et al. 2020).

Reforçamos a importância do papel fundamental dos morcegos da família Phyllostomidae na manutenção da biodiversidade neotropical pois, são excelentes dispersores de sementes contribuindo assim para a restauração de áreas degradadas, já que estes realizaram 263 atividades de dispersão de sementes de distintas famílias botânicas entre as três áreas e 99 somente na área Urbana. Desse modo, as espécies de morcegos das subfamílias *Carollinae* e *Stenodermatinae* foram as mais representativas e dispersaram principalmente sementes de Piperaceae e Solanaceae. Além disso, as áreas Cacaucultora e Natural apresentaram maiores diversidades de espécies de morcegos, demonstrando a importância das áreas e fragmentos florestais para a conservação das espécies botânicas e animal. Evidenciamos que as ações antrópicas como a urbanização, além de alterar as características ambientais, também influenciaram na dinâmica e composição das redes de interação entre morcegos e plantas. Deste modo, avaliar e entender como o ambiente molda a relação morcego-planta e como as espécies respondem aos diferentes ambientes é de suma importância para subsidiar planos de ações de conservação, a fim de criar medidas que venham ajudar a amenizar os possíveis impactos que a antropização causa nos serviços ecossistêmicos prestados pelos morcegos frugívoros.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A. A.; Pabón, F.; Cáceres-Martínez, C. H. (2023). Chiropteran diversity and diet of fruit bats in a tropical dry forest of northern South America. **Therya**, v. 14, n. 3, p. 383. <https://doi.org/10.12933/therya-23-4914>
- Aguiar, L. M.; Bueno-Rocha, I. D.; Oliveira, G.; Pires, E. S.; Vasconcelos, S.; Nunes, G. L.; Togni, P. H. (2021). Going out for dinner—The consumption of agriculture pests by bats in urban areas. **PLoS One**, v. 16, n. 10, p. e0258066. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258066>
- Almeida-Neto, M.; Ulrich, W. (2011) A straightforward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. **Environmental Modelling & Software**, v. 26, n. 2, p. 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.08.003>
- Almeida, A. D.; Mikich, S. B. (2018). Combining plant–frugivore networks for describing the structure of neotropical communities. **Oikos**, v. 127, n. 2, p. 184-197. <https://doi.org/10.1111/oik.04774>
- Andresen, E.; Arroyo-Rodríguez, V.; Escobar, F. (2018) Tropical biodiversity: The importance of biotic interactions for its origin, maintenance, function, and conservation. In: Dáttilo, W.; Rico-Gray, V. (eds) **Ecological Networks in the Tropics: An integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on earth**. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0>
- Barbosa, L. M.; Shirasuna, R. T.; Lima, F. C.; Ortiz, P. R. T. (2017). Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo. Instituto de Botânica: São Paulo, Brazil, 344p. ISBN:000000000000000
- Baker, R. J., Solari, S., Cirranello, A., & Simmons, N. B. (2016). Higher level classification of phyllostomid bats with a summary of DNA synapomorphies. **Acta Chiropterologica**, v. 18, n. 1, p. 1-38, 2016. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2016.18.1.001>
- Bastolla, U.; Fortuna, M. A.; Pascual-García, A.; Ferrera, A., Luque, B.; Bascompte, J. (2009) The architecture of mutualistic networks minimizes competition and increases biodiversity. **Nature**, v. 458, n. 7241, p. 1018-1020. <https://doi:10.1038/nature07950>
- Beckett, S. J. (2016) Improved community detection in weighted bipartite networks. **R. Soc. open sci**, v. 3, n. 140536, p. 18. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.140536>
- Blüthgen, N. (2010). Why network analysis is often disconnected from community ecology: a critique and an ecologist's guide. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, n. 3, p. 185-195. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.01.001>
- Bôlla, D.; Santorelli Junio, S.; Marciente, R.; Biz, L. S.; Magnusson, W.; Bobrowiec, P.E. (2023). **Na escuridão da Floresta Amazônica, lá estão os: Morcegos da BR-319**. Humaitá, AM: Ed. dos Autores, 52p. ISBN 978-65-00-79362-8.
- Carvalho-Ricardo, M. C.; Uieda, W.; Fonseca, R. C. B.; Rossi, M. N. (2014). Frugivory and the effects of ingestion by bats on the seed germination of three pioneering plants. **Acta oecologica**, v. 55, p. 51-57, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.11.008>
- Carrillo-Villamizar, J. Z.; Jiménez-Ramírez, J. S.; López-Arévalo, H. F. (2022). Análisis de dieta y variación temporal de las redes de interacción mutualista de murciélagos frugívoros del nororiente

- de la amazonia de Colombia. **Caldasia**, v. 44, n. 2, p. 394-407. <https://www.jstor.org/stable/48676834>
- Castañó, J. H., Carranza, J. A., & Pérez-Torres, J. (2018). Diet and trophic structure in assemblages of montane frugivorous phyllostomid bats. **Acta Oecologica**, v. 91, p. 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.06.005>
- Castro-Luna, A. A.; Galindo-González, J. (2012). Seed dispersal by phyllostomid bats in two contrasting vegetation types in a Mesoamerican reserve. **Acta Chiropterologica**, v. 14, n. 1, p. 133-142. <https://doi.org/10.3161/150811012X654349>
- Cornejo, F.; Janovec, J. (2010) Seeds of Amazonian plants. In: **Seeds of Amazonian Plants**. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400834488>
- Crestani, A. C.; Mello, M. A. R.; Cazetta, E. (2019). Interindividual variations in plant and fruit traits affect the structure of a plant-frugivore network. **Acta Oecologica**, v. 95, p. 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.11.003>
- Danon, L.; Díaz-guilera, A.; Duch, J; Arenas, A. (2005) Comparing community structure identification. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, v.1, n. 09, p. 10. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-5468/2005/09/P09008/pdf>
- Dormann, C.; Gruber, B.; Fründ, J. (2008) Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. **Interaction**, v. 1, n. 0.2413793. <http://www.biom.unifreiburg.de/Dateien/PDF/dormann2008rnews.pdf>
- Enríquez-Acevedo, T., Pérez-Torres, J., Ruiz-Agudelo, C., & Suarez, A. (2020) Seed dispersal by fruit bats in Colombia generates ecosystem services. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, n. 6, p. 45. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-020-00645-0>
- Farneda, F. Z.; Meyer, C. F.; Grelle, C. E. (2020) Effects of land-use change on functional and taxonomic diversity of neotropical bats. **Biotropica**, v. 52, n. 1, p. 120-128. <https://doi.org/10.1111/btp.12736>
- França, J. D. O.; Alexandre, R. J. R.; Correia, L. L.; Souza, L. M.; Graciolli, G.; Moura de Souza Aguiar, L.; Vieira, T. B. (2023). Bat flies (Diptera: Streblidae) of Phyllostominae and Stenodermatinae (Chiroptera: Phyllostomidae) bats from cocoa and natural areas of Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, p. 1-10. <https://doi.org/10.1080/01650521.2023.2266190>
- Ferreira, D. F.; Jarrett, C.; Wandji, A. C.; Atagana, P. J.; Rebelo, H.; Maas, B.; Powell, L. L. (2023a). Birds and bats enhance yields in Afrotropical cacao agroforests only under high tree-level shade cover. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 345, p. 108325. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108325>
- Ferreira, D. F.; Darling, A.; Jarrett, C.; Atagana, P. J.; Sandjo, P. R.; Taedoung, H.; Powell, L. L. (2023b). Not all farms are created equal: Shady African cocoa farms promote a richer bat fauna. **Biological Conservation**, v. 284, p. 110191. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110191>
- Fisogni, A.; Hautekèete, N.; Piquot, Y.; Brun, M.; Vanappelghem, C.; Ohlmann, M.; Massol, F. (2022). Seasonal trajectories of plant-pollinator interaction networks differ following phenological mismatches along an urbanization gradient. **Landscape and Urban Planning**, v. 226, p. 104512. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104512>

- Fleming, T.H., 1986. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats. In: Estrada, A., Fleming, T. (Eds.), *Frugivores and Seed Dispersal*. Dordrecht: Springer Netherlands, pg. 105–118. [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-4812-9\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-4812-9_11)
- Hinojosa, M.; Mendez-Romero, N.; Peñuela, M. C. (2021). Diet and trophic structure of frugivorous bats (Phyllostomidae) in forests and chagras of the Andean–Amazon piedmont, Ecuador. **Mammalian Biology**, v. 101, n. 4, p. 481-495. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00144-z>
- Florez-Montero, G. L.; Muylaert, R. L.; Nogueira, M. R.; Geiselman, C.; Santana, S. E.; Stevens, R. D.; Mello, M. A. (2022) NeoBat Interactions: A data set of bat–plant interactions in the Neotropics. **Ecology**, v. 103, n 4, p. 3640. <https://doi.org/10.1002/ecy.3640>
- Galindo-González, J. (1998) Dispersión de semillas por murciélagos: su importãncia em la conservación y regeneración del bosque tropical. **Acta Zoológica Mexicana**, n. 73, p. 57-74. <https://doi.org/10.21829/azm.1998.73731727>
- Gardner, A. L. (2008) **Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats**. University of Chicago Press. ISBN 13:978-0-226-28240-4
- Gawecka, K. A.; Pedraza, F.; Bascompte, J. (2021) Effects of habitat destruction on coevolving metacommunities. **Ecology Letters**, p.1-14. <https://doi.org/10.1111/2021.12.14.472579>
- Genes, L.; Dirzo, R. (2022). Restoration of plant-animal interactions in terrestrial ecosystems. **Biological Conservation**, v. 265, p. 109393. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109393>
- Genelhú, S.; de Souza Laurindo, R.; de Carvalho Pinto, C. G., Gregorin, R. (2021). Frugivory of bats in a threatened semiarid region in southeastern Brazil. **Mammalogy Notes**, v. 7, n. 2, p. 204-204. <https://doi.org/10.47603/mano.v7n2.204>
- Genelhú, S. M. C.; de Souza Laurindo, R.; Tahara, A. S., Oliveira, L. L.; Gregorin, R. (2023). Seasonal dietary niche changes in Neotropical bats. **Journal of Tropical Ecology**, v. 39, p. e35. DOI:10.1017/S0266467423000238.
- Giannini, N. P.; Kalko, E. K. (2004). Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. **Oikos**, v. 105, n. 2, p. 209-220. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12690.x>
- Gilarranz, L. J.; Rayfield, B.; Liñán-Cembrano, G.; Bascompte, J.; Gonzalez, A. (2017). Effects of network modularity on the spread of perturbation impact in experimental metapopulations. **Science**, v. 357, n. 6347, p. 199-201. DOI: 10.1126/science.aal412
- Heer, K.; Helbig-Bonitz, M.; Fernandes, R. G.; Mello, M. A.; Kalko, E. K. (2015) Effects of land use on bat diversity in a complex plantation–forest landscape in northeastern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v. 96, n. 4, p. 720-731. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyv068>
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. <https://www.cptec.inpe.br/https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em 28/07/2022.
- Jordano, P. (1987) Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. **The American Naturalist**, v. 129, n. 5, p. 657-677. <https://doi.org/10.1086/284665>

- Kaiser-Bunbury, C. N.; Blüthgen, N. (2015). Integrating network ecology with applied conservation: a synthesis and guide to implementation. **AoB Plants**, v. 7, p. plv076. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv076>
- Kalko, E. K. V.; Handley JR, C. O.; Handley D. (1996) Organization, diversity, and long-term dynamics of a Neotropical bat community. In Cody, M. L.; Smallwood, J. A. Long-term studies in vertebrate communities Los Angeles: **Academic Press**, p. 503-553. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1017590007861>
- Kerches-Rogeri, P.; Niebuhr, B. B., Muylaert, R. L.; Mello, M. A. R. (2020) Individual specialization in the use of space by frugivorous bats. **Journal of Animal Ecology**, v. 89, n. 11, p. 2584-2595. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13339>
- Kissling, W. D.; Rahbek, C.; Böhning-Gaese, K. (2007). Food plant diversity as broad-scale determinant of avian frugivore richness. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1611, p. 799-808. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.0311>
- Köppen, W.; Geiger, R. (1928) *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. (Wall-map 150cmx200cm.).
- Krause, A. E.; Frank, K. A.; Mason, D. M.; Ulanowicz, R. E.; Taylor, W. W. (2003). **Nature**, v. 426, n. 6964, p. 282-285. <https://www.nature.com/articles/nature02115>
- Kunz, T. H.; Braun de Torrez, E.; Bauer, D.; Lobova, T.; Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. **Annals of the New York academy of sciences**, v. 1223, n. 1, p. 1-38. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>
- Laurindo, R.; Gregori, R.; Tavares, D. (2017) Effects of biotic and abiotic factor son the temporal dynamic of bat-fruit interactions. **Acta Oecologica**, v. 83, p. 38-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2017.06.009>
- Laurindo, R. S.; Novaes, R. L. M.; Vizentin-Bugoni, J.; Gregorin, R. (2019). The effects of habitat loss on bat-fruit networks. **Biodiversity and Conservation**, v. 28, p. 589-601. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1676-x>
- Ligo, A. B.; Laurindo, R. D. S.; Faria, L. D. B.; Gregorin, R. (2023). Climatic, geographic and anthropogenic factors shape the structure of bat–fruit networks in the Neotropical region. **Austral Ecology**, p. 17. <https://doi.org/10.1111/aec.13328>
- Lobova, T. A.; Geiselman, C. K.; Mori, S. A. (2009). **Seed dispersal by bats in the Neotropics**. New York, New York Botanical Garden, 465p. ISBN-10: 0893275018
- Mariani, M. S.; Ren, Z. M.; Bascompte, J.; Tessone, C. J. (2019). Nestedness in complex networks: observation, emergence, and implications. **Physics Reports**, v. 813, p. 1-90. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2019.04.001>
- Mello, M. A. R.; Schittini, G. M., Selig, P.; Bergallo, H. G. (2004). Seasonal variation in the diet of the bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in an Atlantic Forest area in southeastern Brazil. **Acta Chiropterologica**, v. 6, n. 2, p. 309–318. <https://doi.org/10.1515/mamm.2004.006>
- Mello, M. A. R. (2007) Morcegos e frutos: interação que gera florestas. **Ciência Hoje**, v. 41, n. 241, p. 30. <https://www.researchgate.net/publication/312715862>

- Mello, M. A. R.; Marquitti, F. M. D.; Guimaraes Jr, P. R.; Kalko, E. K. V.; Jordano, P.; de Aguiar, M. A. M. (2011a). The missing part of seed dispersal networks: structure and robustness of bat-fruit interactions. **PLoS One**, v. 6, n. 2, p. e17395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017395>
- Mello, M. A. R.; Marquitti, F. M. D.; Guimarães, P. R.; Kalko, E. K. V.; Jordano, P.; de Aguiar, M. A. M. (2011b) The modularity of seed dispersal: differences in structure and robustness between bat–and bird–fruit networks. **Oecologia**, v. 167, p. 131-140. Doi:[10.1007/s00442-011-1984-2](https://doi.org/10.1007/s00442-011-1984-2)
- Mello, M. A. R.; Rodrigues, F. A.; Costa, L. D. F.; Kissling, W. D.; Şekercioglu, Ç. H.; Marquitti, F. M. D.; Kalko, E. K. V. (2015). Keystone species in seed dispersal networks are mainly determined by dietary specialization. **Oikos**, v. 124, n. 8, p. 1031-1039. <https://doi.org/10.1111/oik.01613>
- Mello, M. A. R.; Muylaert, R. L.; Pinheiro, R. B. P.; Ferreira, G. M. F. (2016) **Guia para análise de Redes Ecológicas**. Belo Horizonte, p. 112. ISBN-13: 978-85-921757-0-2. <https://marcomellolab.wordpress.com>
- Mello, M. A. R.; Felix, G. M.; Pinheiro, R. B.; Muylaert, R. L.; Geiselman, C., Santana; S. E.; Tschapka, M., Lofti, N.; Rodrigues, F. A.; Stevens, R. D. (2019). Insights into the assembly rules of a continent-wide multilayer network. **Nature ecology & evolution**, v. 3, n. 11, p. 1525-1532. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1002-3>
- Meyer, C. F. J.; Struebig, M. J.; Willig, M. R. (2016) Responses of tropical bats to habitat fragmentation, logging, and deforestation. In: **Bats in the anthropocene: Conservation of bats in a changing world**. Springer, Cham, p. 63-103. ISBN 978-3-319-25218-6
- Newman, M. E. (2006). Modularity and community structure in networks. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 103, n. 23, p. 8577-8582. <https://doi.org/10.1073/pnas.0601602103>
- Messeder, J. V. S.; Guerra, T. J.; Dáttilo, W.; Silveira, F. A. (2020). Searching for keystone plant resources in fruit-frugivore interaction networks across the Neotropics. **Biotropica**, v. 52, n. 5, p. 857-870. <https://doi.org/10.1111/btp.12804>
- Morales, R. G.; Chapa-Vargas, L.; Galindo-González, J.; Badano, E. I. (2012) Seed dispersal among three different vegetation communities in the Huasteca region, Mexico, analyzed from bat feces. **Acta Chiropterologica**, v. 14, n. 2, p. 357-367. <https://doi.org/10.3161/150811012X661675>
- Pallares, I. C. A., Sánchez, A. T. S., & Londoño, J. D. S. (2021). Dieta de murciélagos frugívoros y su efecto sobre la germinación de dos especies en el Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia. **Caldasia**, v. 43, n. 2, p. 310-319. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n2.85460>
- Palheta, L. R.; Urbietta, G. L.; Brasil, L. S.; Dias-Silva, K.; Da Silva, J. B.; Graciolli, G.; Vieira, T. B. (2020). The effect of urbanization on bats and communities of bat flies (Diptera: Nycteribiidae and Streblidae) in the Amazon, northern Brazil. **Acta Chiropterologica**, v. 22, n. 2, p. 403-416. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2020.22.2.014>
- Parolin, L. C.; Bianconi, G. V.; Mikich, S. B. (2016). Consistency in fruit preferences across the geographical range of the frugivorous bats *Artibeus*, *Carollia* and *Sturnira* (Chiroptera). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 106, p. 1- 6. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2016010>

Purificação, K. N.; Pascotto, M. C.; Pedroni, F.; Mews, H. A.; Lima-Junior, D. P. (2020). Disentangling the architecture of the frugivorous bird-plant interaction networks in a savanna-forest mosaic in the Neotropical savanna. **Acta Oecologica**, v. 107, p. 103601. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103601>

R Core Team (2022) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

Ramírez-Fráncel, L. A.; García-Herrera, L. V.; Losada-Prado, S.; Reinoso-Flórez, G.; Sánchez-Hernández, A.; Estrada-Villegas, S; Guevara, G. (2022). Bats and their vital ecosystem services: a global review. **Integrative Zoology**, v. 17, n. 1, p. 2-23. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1749-4877.12552>

Regolin, A. L.; Muylaert, R. L.; Crestani, A. C.; Dáttilo, W.; Ribeiro, M. C. (2020) Seed dispersal by Neotropical bats in human-disturbed landscapes. **Wildlife Research**, v. 48, n. 1, p. 1-6. <https://doi.org/10.1071/WR19138>

Reis, N. R.; Peracchi, A. L.; Pedro, W. A.; Lima, I. P. (2007) **Morcegos do brasil**. Universidade Estadual de Londrina. ISBN 978-85-906395-1-0

Robinson, M. L.; Strauss, S. Y. (2020). Generalists are more specialized in low-resource habitats, increasing stability of ecological network structure. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 4, p. 2043-2048. <https://doi.org/10.1073/pnas.1820143117>

Rolim, S.G.; Couto, H.T.Z.; Jesus, R.M. (1999). Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares (ES). **Scientia Forestalis**, v. 55, p. 49–69. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr55/cap4.pdf>

Russo, D.; Coleman, J. L.; Ancillotto, L.; Korine, C. (2023). Ecosystem Services by Bats in Urban Areas. In: **Urban Bats: Biology, Ecology, and Human Dimensions**. Cham: Springer International Publishing. p. 167-180. DOI:10.1007/978-3-031-13173-8\_12

Sebastián-González, E.; Dalsgaard, B.; Sandel, B.; Guimaraes Jr, P. R. (2015) Macroecological trends in nestedness and modularity of seed-dispersal networks: human impact matters. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 3, p. 293-303. <https://doi.org/10.1111/geb.12270>

Soares, R. G. S.; Ferreira, P. A.; Lopes, L. E. (2017). Can plant-pollinator network metrics indicate environmental quality?. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 361-370. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.037>

Tylianakis, J. M.; Laliberté, E; Nielsen, A.; Bascompte, J. (2010) Conservation of species interaction networks. **Biological conservation**, v. 143, n. 10, p. 2270-2279. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.004>

Teixido, A. L.; Fuzessy, L. F.; Souza, C. S.; Gomes, I. N.; Kaminski, L. A.; Oliveira, P. C.; Maruyama, P. K. (2022). Anthropogenic impacts on plant-animal mutualisms: A global synthesis for pollination and seed dispersal. **Biological Conservation**, v. 266, p. 109461. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109461>

Valiente-Banuet, A.; Aizen, M.A.; Alcántara, J.M.; Arroyo, J.; Cocucci, A.; Galetti, M. et al. (2015) Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 299-307. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12356>

Velásquez Roa, T.; Calvache-Sánchez, C. C.; Bernal Rivera, A.; Medina Benavides, S. S.; Carvajal, P. (2023). Interacción entre murciélagos frugívoros y plantas en el Bosque seco Tropical del Valle del Cauca, Colombia. **Biota colombiana**, v. 24, n. 1. <https://doi.org/10.21068/2539200X.1078>

Voigt, C. C.; Frick, W. F.; Holderied, M. W.; Holland, R.; Kerth, G.; Mello, M. A.; Yovel, Y. (2017) Principles and patterns of bat movements: from aerodynamics to ecology. **The Quarterly Review of Biology**, v. 92, n. 3, p. 267-287. <https://doi.org/10.1086/693847>.

Wang, B. C.; Smith, T. B. (2002) Closing te seed dispersal loop. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 8, p. 379-386. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02541-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02541-7)

Zhang, X.; Dalsgaard, B.; Staab, M.; Zhu, C.; Zhao, Y.; Gonçalves, F.; Si, X. (2023). Habitat fragmentation increases specialization of multi-trophic interactions by high species turnover. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 290, n. 2009, p. 20231372. <https://www.researchgate.net/publication/374948563>

ANEXO





Figura 10: Morfoespécies encontradas nas fezes dos morcegos Phyllostomidae nas áreas de Cacau, Natural e Urbana. A) *Rollinia sp*, B) *Ilex affinis*, C) *Philodendron sp 1*, D) *Philodendron sp 2*, E) *Schefflera Morototoni*, F) *Vismia sp 1*, G) *Vismia sp 2*, H) *Thoracocarpus sp*, I) *Fabaceae sp 1*, J) *Fabaceae sp 2*, K) *Marcgraviaceae sp*, L) *Ficus pertusa*, M) *Ficus sp 1*, N) *Ficus sp 2*, O) *Ficus sp 3*, P) *Ficus sp 4*, Q) *Ficus sp 5*, R) *Piper aducum L.*, S) *Piper sp 1*, T) *Piper sp 2*, U) *Piper sp 3*, V) *Piper sp 4*, W) *Piper sp 5*, X) *Axonopus sp*, Y) *Paspalum sp*, Z) *Rubiaceae sp*, 1) *Solanum sp 1*, 2) *Solanum sp 2*, 3) *Solanum sp 3*, 4) *Solanum sp 4*, 5) *Cecropia insignis*, 6) *Cecropia membranaceae*, 7) *Cecropia obtusifolia*, 8) *Cecropia peltata*, 9) *Cecropia sp 1*, 10) *Cecropia sp 2*, 11) *Cecropia sp 3*, 12) *Sem identificação*, 13) *Sem identificação*

**Morfoespécies da área de Cacau:** A) *Rollinia sp 1*, B) *Ilex affinis*, F) *Vismia sp 1*, H) *Thoracocarpus sp*, J) *Fabaceae sp 2*, K) *Marcgraviaceae sp*, L) *Ficus pertusa*, M) *Ficus sp 1*, O) *Ficus sp 3*, Q) *Ficus sp 5*, R) *Piper aducum L.*, S) *Piper sp 1*, T) *Piper sp 2*, U) *Piper sp 3*, V) *Piper sp 4*, X) *Axonopus sp*, , Y) *Paspalum sp*, Z) *Rubiaceae sp 1*, 1) *Solanum sp 1*, 3) *Solanum sp 3*, 4) *Solanum sp 4*, 5) *Cecropia insignis*, , 7) *Cecropia obtusifolia*, 8) *Cecropia peltata*, 9) *Cecropia sp 1*, 10) *Cecropia sp 2*, 12) *Sem identificação*, 13) *Sem identificação*

**Morfoespécies da área Natural:** A) *Rollinia sp*, C) *Philodendron sp 1*, D) *Philodendron sp 2*, E) *Schefflera Morototoni*, F) *Vismia sp 1*, G) *Vismia sp 2*, L) *Ficus pertusa*, M) *Ficus sp 1*, N) *Ficus sp 2*, O) *Ficus sp 3*, R) *Piper aducum L.*, S) *Piper sp 1*, T) *Piper sp 2*, U) *Piper sp 3*, V) *Piper sp 4*, W) *Piper sp 5*, 1) *Solanum sp 1*, 2) *Solanum sp 2*, 3) *Solanum sp 3*, 5) *Cecropia insignis*, 7) *Cecropia obtusifolia*, 8) *Cecropia peltata*, 9) *Cecropia sp 1*.

**Morfoespécies da área Urbana:** B) *Ilex affinis*, F) *Vismia sp 1*, H) *Thoracocarpus sp*, I) *Fabaceae sp 1*, L) *Ficus pertusa*, M) *Ficus sp 1*, O) *Ficus sp 3*, P) *Ficus sp 4*, Q) *Ficus sp 5*, R) *Piper aducum L.*, S) *Piper sp 1*, T) *Piper sp 2*, U) *Piper sp 3*, V) *Piper sp 4*, Z) *Rubiaceae sp*, 1) *Solanum sp 1*, 2) *Solanum sp 2*, 3) *Solanum sp 3*, 4) *Solanum sp 4*, 6) *Cecropia membranaceae*, 7) *Cecropia obtusifolia*, 8) *Cecropia peltata*, 9) *Cecropia sp 1*, 11) *Cecropia sp 3*