



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA**  
**BIODIVERSIDADE**

**ANA CRISTINA CRESTANI**

**VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA NAS CARACTERÍSTICAS**  
**MORFOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE *HENRIETTEA SUCCOSA***  
**(MELASTOMATACEAE) NA ESTRUTURAÇÃO DAS REDES DE**  
**FRUGIVORIA POR AVES**

**ILHÉUS – BAHIA**

**2016**

**ANA CRISTINA CRESTANI**

**VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA NAS CARACTERÍSTICAS  
MORFOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE *HENRIETTEA SUCCOSA*  
(MELASTOMATACEAE) NA ESTRUTURAÇÃO DAS REDES DE  
FRUGIVORIA POR AVES**

**Dissertação apresentada para obtenção**

**do título de mestra em Ecologia e**

**Conservação da Biodiversidade**

**Área de concentração: Ecologia**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Eliana Cazetta**

**Co-orientador: Prof. Marco Mello**

**ILHÉUS – BAHIA**

**2016**

C922

Crestani, Ana Cristina.

Variação intraespecífica nas características morfológicas e nutricionais de *Henriettea succosa* (Melastomataceae) na estruturação das redes de frugivoria por aves / Ana Cristina Crestani. – Ilhéus, BA: UESC, 2016.

29 f. : il.

Orientadora: Eliana Cazetta.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Inclui referências e apêndice.

1. Árvores. 2. Seleção de plantas. 3. Interação animal-planta. 4. Animais frugívoros. 5. Frutas. 6. Ave – Comportamento. I. Título.

CDD 582.16

## AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço ao Universo, tão generoso. Foi através das silenciosas horas em campo que me entendi como parte de uma Natureza tão maior e bela.

Agradeço a Eliana Cazetta e ao Marco Mello pela orientação neste trabalho, por tudo que me ensinaram, pelo apoio desde o início, paciência, confiança e dedicação. Às professoras e professores, amigas e amigos da UESC, do programa e do LEAC. Às queridas, e tão prestativas, Amábile e Iky. Ao prof. Charbel El-Hani (UFBA) pela orientação, ainda que breve, porém muito valiosa. As professoras e professores, amigas e amigos da UFBA, em especial Aline Meira, Brisa Corso, Sole Serrano e à querida Equipe Nico! Ao Rafael Alves por me apresentar o mundo maravilhoso da ecologia das aves.

Agradeço prof. André Amorim pelo apoio junto ao herbário CEPEC e via PELD, fornecendo material para o trabalho em campo. A Soraya do laboratório de toxologia da CEPLAC por toda ajuda e dedicação às análises químicas.

Agradeço ao prof. Luís Fábio Silveira por me auxiliar na visita a coleção de aves do MUZUSP, pela excelente disciplina que ajudou muito em meu projeto, pela atenção e acolhida junto ao Museu. As professoras e professores, amigas e amigos do Curso de Ecologia de Campo do Pantanal (ECOPAN), em especial ao Rudi Laps e Sérgio Posso pelas passarinhadas, Ângela Matta, Linda Eggertsen, Emília Camurugi, Daniel Passos e Felipe Siquiera! Este curso foi marcante em minha trajetória pessoal e profissional. As professoras e professores do curso de Frugivoria e Dispersão de Sementes da UNESP – Rio Claro, em especial ao Pedro Jordano e Marco Pizo pelas excelentes sugestões e críticas ao trabalho. A Renata Muylaert pela ajuda com o GAM! Ao pessoal e professores do LEM (UFMG), em especial ao Rafael Almeida pela enorme ajuda com as redes e análises, e a Paloma pela acolhida!

Agradeço a Rubens, meu fiel escudeiro em campo, por tudo que me ensinou, por toda ajuda e pela deliciosa piaba frita! A todas as pessoas que me ajudaram em campo, em especial a Zé Santana por sua sempre energia positiva, conselhos, conversas, encontros “casuais” pelo centro de Ilhéus e por todo apoio em momentos difíceis. Aos gestores e funcionários da Rebio-Una e motoristas

da UESC. A Irene, Marcelo e Binho pela ótima companhia nas noites de alojamento e, ao casal, pela amizade.

Ao querido Pavel Dodonov pela amizade e imensa ajuda bem-humorada a distância! Pavito, você me ensinou um bocado e fez com que não me sentisse tão só em meio as análises cabeludas! As queridas Maíra Benchimol, Lari Boing, Andrea Dalmolin e Robertinha Elise, Karina Ramos, Patrícia Sousa e Marina Teófilo pela amizade! Vocês me fazem mais forte! Agradeço as pessoas que iluminaram esse meu caminho – Cida Sitta, Geovanna Borges, Rita Argollo e Pedro Carvalho (que revisou meu texto também!). Sou muito grata a minha família por todo apoio emocional e financeiro, a Tereza, minha avó, pelas revisões e por enxergar a poesia em meu trabalho. Agradeço a dona Alzira e família pela acolhida. Agradeço a uma pessoa que me ensinou muito sobre ciência, sobre a mata, sobre os bichos e plantas e, acima de tudo, sobre o amor: Rodrigo, te levo em meu coração.

Por fim, agradeço por não ter chegado sozinha até aqui e hoje saber que a biologia é muito mais que uma profissão, é um estilo de vida!

**VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA NAS CARACTERÍSTICAS  
MORFOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE *HENRIETTEA SUCCOSA*  
(MELASTOMATACEAE) NA ESTRUTURAÇÃO DAS REDES DE  
FRUGIVORIA POR AVES**

**RESUMO**

A relação de frugivoria entre aves e plantas é mediada, principalmente, por características dos frutos, como quantidade ofertada, conteúdo nutricional e tamanho. Para entender os padrões desta relação entre características intraespecíficas das plantas e animais frugívoros, as análises de redes mutualistas vêm sendo usada como ferramenta investigativa através de suas métricas, como por exemplo centralidade. O objetivo principal do presente trabalho foi avaliar como a variação em características individuais de *Henriettea succosa* (Melastomataceae) influenciam a seleção por aves frugívoras e, como esta relação é expressada nas redes de interação mutualista. Foram realizadas observações focais em 19 indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una (Rebio Una), área de Mata Atlântica, localizada no sudeste do estado da Bahia. Para cada indivíduo foram avaliados a altura da copa, oferta de frutos, diâmetro dos frutos e concentrações de sacarose, glicose e frutose. Além disto, foi registrado o comportamento das aves durante a manipulação dos frutos. De maneira geral as centralidades avaliadas atingiram picos nas menores alturas, nos maiores diâmetros e em níveis intermediários de sacarose. Em outras palavras, as aves interagiram mais com plantas mais baixas que apresentaram maiores frutos e com quantidades intermediárias de sacarose. Assim, a partir dos dados apresentados, pode-se sugerir que os animais em geral não se alimentam ao acaso, sendo cada vez mais necessário entender quais e como as características das plantas e dos animais mediam esta relação.

Palavras-chave: variação individual, características de frutos, interação ave/planta, dispersão de sementes.

**INTRASPECIFIC VARIATION IN MORPHOLOGICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF *HENRIETTEA SUCCOSA* (MELASTOMATACEAE) IN THE STRUCTURING OF FRUGIVORY NETWORKS BY BIRDS**

**ABSTRACT**

Intraspecific variation in the morphology of plants and their fruits nutritional content may play a major role in the selection of fruits and seed dispersal by animals. Birds make hierarchical decisions in the selection of both plant species and fruit they consume on an individual plant. This paper aims to test how the variation in the individual characteristics of *Henriettea succosa* (Melastomataceae) influence selection by frugivorous birds, and how this relationship is expressed in the mutualistic interaction networks. We conducted focal observations at 19 individual trees in the Reserva Biológica de Una, an area of Atlantic Forest in the Brazilian state of Bahia. We performed 20 hours of focal observation for each individual tree, we measured canopy height, number of fruits they produce, fruits diameter as well as their concentration of sucrose, glucose and fructose. Moreover, we recorded birds behavior during fruits consumption. We built two interaction networks between birds and individuals of *H. succosa*. Firstly, we used interaction force values and secondly, we built a multilayer network using types of birds behavior while feeding on fruits. Based on these networks, we measured the centrality of each tree according to three metrics: degree, closeness and betweenness. Out of a total of 380 hours of focal observation we recorded 271 visits of birds belonging to 22 species and 8 families. The generalized additive model between centralities and individual trees parameters pointed out that evaluated centrality values reached peaks at shorter plants, largest fruits diameter and intermediate levels of sucrose. These fruit characteristics were selected by a great variety of bird species with different feeding habits and foraging at different vegetational layers. Our results suggest that bird selection of fruit and plant characteristics may affect both ecological and evolutionary processes. For instance, seed removal and dispersion relates to the rate of consumed fruits and bird selection of fruit and plant characteristics may influence next plant generations. Therefore, variation among different individual plants of the same population affects the selection of fruits by the bird community.

Keywords: Individual trees. Fruit selection. Interaction.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	4
2.2 ESPÉCIE ESTUDADA.....	4
2.3 PARÂMETROS INDIVIDUAIS.....	5
2.4 OBSERVAÇÃO FOCAL.....	6
2.5 ANÁLISE DE REDE.....	7
2.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	8
3. RESULTADOS.....	9
4. DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	24
APÊNDICE.....	29



## 1. Introdução

Para muitos animais a polpa carnosa dos frutos é fonte primária de energia e em contrapartida muitas espécies vegetais dependem desses animais para a dispersão de suas sementes (FLEMING & KRESS, 2011). Esta interação mútua atua como elo entre a última fase da reprodução e a primeira fase do recrutamento das populações vegetais (BASCOMPTE & JORDANO, 2008). Em florestas tropicais, a regeneração natural de cerca de 90% das espécies vegetais dependem destes animais frugívoros, uma vez que os mesmos carregam as sementes para longe da planta mãe, o que proporciona maiores chances de estabelecimento para as plantas (JORDANO, 2000). Este processo influencia a persistência, evolução e distribuição geográfica das espécies envolvidas (BARBOSA *et al*, 2012).

Entre os animais frugívoros as aves destacam-se por ser um grupo abundante em que a maioria das famílias tem frutos em sua dieta (exclusiva ou facultativamente) (FRANCISCO & GALETTI, 2001; PARRINI, 2015). Esta relação entre aves e plantas é mediada, principalmente, por características das plantas, como altura da copa (PARRINI, 2015) e quantidade de frutos produzidos (PIZO & ALMEIDA-NETO, 2009), além de características dos próprios frutos (VAN DER PIJL, 1972). As aves, portanto não são atraídas ao acaso e as decisões hierárquicas tomadas pelas mesmas levam em conta variações nessas características (SALLABANKS, 1993). Alguns atributos importantes para este processo de seleção dos frutos são: a coloração (MOERMOND & DENSLOW, 1985), presença de compostos secundários (CAZETTA *et al*, 2008; CIPOLLINI & LEVEY, 1997) e diâmetro (JORDANO, 1995). Além disso, o conteúdo nutricional dos frutos, como, carboidratos, lipídios e proteínas também influenciam na escolha das aves (SCHAEFER *et al*, 2003), sendo que frutos mais ricos são em geral preferidos (CAZETTA *et al*, 2009).

As aves são capazes de detectar diferenças sutis nas variações dos conteúdos nutricionais. Grupos como frugívoros (LEVEY, 1987) e nectarívoros (BLEM *et al*, 2000) são capazes de detectar a presença de açúcares nos frutos. Estas aves identificam ainda o tipo de carboidrato, como por exemplo, são capazes de diferenciar a presença de sacarose, glicose e frutose (MARTÍNEZ DEL RIO *et al*,

1992). A identificação do tipo de açúcar tem uma relação importante com a capacidade digestiva das aves, uma vez que, algumas espécies podem se mostrar intolerantes, por exemplo, a sacarose (MALCARNEY *et al*, 1994). Por se tratar de uma importante fonte de energia (MARTÍNEZ DEL RIO *et al*, 1992), os carboidratos mediam a interação ave/fruto. Isto ocorre uma vez que a concentração de açúcares varia entre indivíduos de uma mesma espécie vegetal, sendo uma estratégia para diminuir a competição entre os animais dispersores de sementes (JANZEN, 1980). Desta maneira a concentração de açúcares pode influenciar o consumo de frutos pelas aves e, conseqüentemente, o sucesso de dispersão de sementes (LEVEY, 1987).

As variações nutricionais e morfológicas dos frutos podem ser visualmente mais evidentes entre espécies diferentes (JORDANO, 1995; JORDANO, 2000). Já as variações destas mesmas características, entre indivíduos de uma mesma espécie podem ser mais sutis, porém, também tem papel fundamental nas interações entre animais e plantas (OBESO & HERRERA, 1994). Por exemplo, o número de frutos produzidos por indivíduo pode levar a um aumento nas taxas de visitas (DAVIDAR & MORTON, 1986). Outras variações intraespecíficas também foram demonstradas em estudos prévios para diferentes características como tamanho do fruto (MELLO *et al*, 2005) e concentração de nutrientes (ALONSO & HERRERA, 2001). Ou seja, variações intraespecíficas podem ser levadas em consideração durante a seleção de frutos e as mesmas podem ter um papel significativo na remoção dos frutos pelos animais (PIZO & ALMEIDA-NETO, 2009). De fato, alguns trabalhos evidenciam a seleção de características dos frutos por animais como aves (HOWE, 1983) e morcegos (MELLO, *et al*, 2005). O potencial ecológico e evolutivo destas variações vai depender das respostas dos frugívoros, isto é, quanto o consumo responde a estas variações (OBESO & HERRERA, 1994). Por exemplo, a seleção de frutos de acordo com o tamanho pode ter implicações demográficas, uma vez que o tamanho das sementes está relacionado com o vigor e conseqüentemente com a probabilidade de germinação (ALCÁNTARA & REY, 2003; LEISHMAN *et al*, 2000)

O tamanho dos frutos tem ainda um papel fundamental, sendo que diâmetro foi a principal característica a distinguir o tipo de grupo dispersor a que aves e mamíferos pertencem (JORDANO, 1995). É possível associar o tamanho do fruto consumido a cada espécie de ave frugívora (JORDANO, 2000). Esta associação é possível porque o diâmetro do fruto pode definir a capacidade da ave de engolir o fruto inteiro em função de seu tamanho corpóreo e abertura do bico (que varia entre as espécies de aves) (GALETTI *et al*, 2013; JORDANO, 2000), relacionando-se assim, com o sucesso de dispersão de sementes (JORDANO & SCHUPP, 2000). No entanto, pouco se sabe sobre como variações intraespecíficas nessas características influenciam o consumo de frutos pelas aves.

Buscando entender os padrões destas relações entre características intraespecíficas das plantas e animais frugívoros, as análises de redes mutualistas vem sendo usada como ferramenta investigativa (ARAÚJO *et al*, 2010). A quantidade, força e o tipo de interações estabelecidas por cada par de espécie na rede, podem atuar como fator estruturador das comunidades (BASCOMPTE & JORDANO, 2008) e dar pistas sobre processos co-evolutivos e pressões evolutivas ocorrentes (JORDANO, 1987). Assim, redes de interação mutualistas auxiliam na análise dos componentes qualitativo e quantitativo das relações entre aves e frutos. As métricas de rede podem informar, por exemplo, padrões de interação (MELLO *et al*, 2015) e importância de cada vértice (representado por espécie ou indivíduo) (GONZÁLEZ *et al*, 2009).

Com isto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar como a variação em características individuais de *Henriettea succosa* (Melastomataceae) influenciam a seleção por aves frugívoras e como esta relação é expressada nas redes de interação entre indivíduos de *H. succosa* e aves. Para isso foram selecionadas algumas características-chave como altura da copa, diâmetro dos frutos, número de frutos maduros ofertados e porcentagens de açúcares na polpa dos frutos de indivíduos da espécie. Sabendo que as aves são atraídas por estímulos visuais (VAN DER PIJL, 1972), características das plantas que aumentem sua detectabilidade podem ter influência na quantidade de visitas e no consumo dos recursos ofertados. A partir

disto, espera-se que características das plantas que sejam detectáveis e apresentem maior recompensa serão selecionadas preferencialmente pelas aves. Em outras palavras, espera-se que indivíduos maiores, que produzem frutos maiores, em maior quantidade e mais ricos em carboidratos sejam preferencialmente selecionados pelas aves.

## **1. Material e Métodos**

### 2.1 Área de estudo

As coletas de campo foram realizadas na Reserva Biológica de Una (Rebio Una), área de Mata Atlântica com vegetação do tipo floresta ombrófila densa, localizada no sudeste do estado da Bahia, distante 45 km ao sul do município de Ilhéus (15°10' S e 39°03' W). A Reserva apresenta aproximadamente 9.000 ha, contendo dois tipos de vegetação: mata tropical úmida de planície (mata de tabuleiro) e mata tropical úmida submontana (AMORIM, *et al*, 2008). Em geral, a paisagem é caracterizada como um mosaico composto por florestas em diferentes estágios de regeneração, pastos e áreas de cultivo abandonados (FARIA *et al*, 2009), no entanto, apresenta alta diversidade e endemismo de espécies (AMORIM *et al*, 2008; PESSOA *et al*, 2012).

O presente trabalho foi desenvolvido na área do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração na Reserva Biológica de Una (PELD Una). Este programa visa analisar como os processos ecológicos responderão frente às mudanças climáticas, com isto, os dados sobre as interações ave planta podem ser usados como comparativos para outros períodos, buscando responder futuramente, por exemplo, se a estrutura das interações se alteram com as variações climáticas.

### 2.2 Espécie estudada

A família Melastomataceae se distribui por todo território brasileiro, sendo mais comum nos domínios de Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia, sendo que no domínio Atlântico apresenta cerca de 571 espécies (GOLDENBERG *et al*, 2012). Ocupa bordas de mata, clareiras naturais, florestas maduras e secundárias e áreas antropizadas, apresentando formas de vida variadas como, lianas, ervas, arbustos e árvores de grande porte (AMORIM *et al*, 2008; ANTONINI & NUNES-

FREITAS, 2004). Seus frutos podem ser secos, do tipo cápsula ou carnosos (GOLDENBERG *et al*, 2012), apresentando, em geral, muitas sementes pequenas (CORNEJO & JANOVEC, 2010).

*Henriettea succosa* (Aubl.) DC. (BAUMGRATZ, 2015), conhecida popularmente como Mundururu-ferro (PESSOA *et al*, 2011), apresenta porte arbóreo/arbustivo. Em geral, ocorre em florestas secundárias, capoeiras e restinga arbórea, caracterizada como uma espécie pioneira (AMORIM *et al*, 2008). Seus frutos são do tipo carnosos e apresentam coloração ferrugínea, apresentando frutificação anual estendida (PESSOA *et al*, 2011) (Apêndice Figura 1). A espécie apresenta frutificação anual estendida e, produz um elevado número de frutos por indivíduo (PESSOA *et al*, 2011), além disso é uma espécie abundante em campo. Por todas essas características *H. succosa* é um modelo adequado para o presente estudo uma vez que produz frutos suficientes para as observações, análises nutricionais e morfológicas.

### 2.3 Parâmetros individuais

Para o presente estudo foram selecionados 19 indivíduos de *Henriettea succosa*, para avaliação das características individuais e consumo de frutos pelas aves. Para cada indivíduo os seguintes parâmetros foram avaliados: altura da copa, oferta de frutos e diâmetro dos frutos. Para determinar a oferta de recursos por indivíduo, foi realizada contagem direta de frutos maduros sempre no primeiro período da observação focal, estimando a abundância total de frutos. Foi medido o diâmetro de 20 frutos maduros por indivíduo com auxílio de paquímetro eletrônico, calculando a média desta medida. A altura da copa foi estimada sempre pela mesma pessoa. A quantidade de frutos medida foi a mesma que se extraiu a polpa para análise. Esses parâmetros foram selecionados uma vez que estudos prévios indicam que essas características são importantes na determinação do consumo por frugívoros (MELLO *et al*, 2005; PIZO *et al*, 2009; SALLABANKS, 1993).

Para cada indivíduo foram avaliadas as concentrações de sacarose, glicose e frutose. De maneira geral os frutos carnosos da família Melastomataceae se destacam por apresentar elevadas quantidades de açúcares (84%) em relação aos demais nutrientes (MOERMOND & DENSLOW,

1985). Além disso, sabe-se que as aves frugívoras são capazes de identificar diferenças entre os açúcares (LEVEY, 1987) e desta maneira optamos por avaliar as concentrações destes açúcares presentes na polpa de frutos carnosos. Para isso foram coletados 20 frutos maduros de cada indivíduo que posteriormente foram despulpados em laboratório. Aproximadamente 1 g de polpa foi diluída em 100 ml de água destilada e filtrada com filtro de 25ml e 0,45 µm. Na coluna do cromatógrafo injetando-se 20 µl desta solução para a cromatografia líquida (SCHWAN & SOUZA, 1986). Pelo fato das sementes presentes nos frutos serem numerosas e pequenas (menor que 1 cm) (observação pessoal) optou-se por não separá-las da polpa. Porém, como não houve degradação das sementes e elas ficaram retidas durante a filtragem é pouco provável algum efeito destas na quantificação dos açúcares.

#### 2.4 Observação focal

As observações focais foram realizadas nos mesmos 19 indivíduos e contemplaram as variações sazonais no período de um ano, de junho de 2014 a junho de 2015. A amostragem anual busca acompanhar as variações fenológicas da espécie vegetal bem como as variações comportamentais das aves, que ao longo das estações, pode variar como por exemplo em épocas de reprodução ou cuidado com filhotes (FRANCHIN *et al*, 2010; PIZO; GALETTI, 2010).

Em cada indivíduo foram realizadas 20 horas de observação focal. As observações ocorreram em períodos de 5h, repetidos durante quatro vezes em dias não consecutivos, nos períodos da manhã (6h as 11h) e tarde (12h as 17h) (GONDIM, 2001; PIZO & GALETTI, 2010). As aves foram observadas com auxílio de binóculo 8x50, identificadas segundo guia de campo Birds of Brazil (PERLO, 2009).

Durante as observações focais foram registradas a espécie de ave visitante, comportamento de forrageio e total de frutos consumidos por visita (CAZETTA *et al*, 2002; PIZO & GALETTI, 2010). O comportamento de forrageio em relação ao tratamento dado aos frutos foi categorizado em: derrubado, engolido, carregado, mandibulado e regurgitado (adaptado MOERMOND & DENSLOW, 1985), anotando-se a frequência com que ocorriam. Tratando-se da comunidade

de aves frugívoras, a caracterização do tratamento dado ao fruto é importante pois cada espécie de ave pode desempenhar papéis distintos quanto à remoção e dispersão de sementes (PIZO & GALETTI, 2010). As observações foram feitas acompanhando o período de visita da ave à planta até que a mesma saísse ou fosse perdida de vista (CAZETTA *et al*, 2002; FRANCISCO & GALETTI, 2001). O registro de visita era feito toda vez que a ave se alimentava do fruto, aves que apenas pousavam na planta não foram registradas.

Para cada indivíduo foi estimada a probabilidade de consumo de frutos das espécies de aves a partir da multiplicação do total de visita pelo consumo total de frutos. Esta estimativa foi adaptada da fórmula de probabilidade de dispersão de semente de Godínez-Alvarez & Jordano (2007), considerando-se aqui, apenas a frequência de visita e o consumo total de frutos por espécie. Esta estimativa foi denominada de força de interação.

## 2.5 Análise de Rede

Foram elaboradas duas redes entre as aves e os indivíduos de *H. succosa* no programa Pajek 4.07, permitindo a exploração visual das interações através dos grafos (DE NOOY *et al*, 2011). Na primeira, os valores da força de interação (multiplicação do total de visita pelo consumo total de frutos) para cada par aves/indivíduos correspondem a espessura da aresta entre os vértices, ou seja, quanto maior o valor de força de interação mais espessa será a aresta. Na segunda, rede cada tipo de comportamento das aves foi representado por arestas com cores diferentes. A espessura das arestas foi representada pelos valores da frequência de cada comportamento, ou seja, quanto mais frequente o comportamento, mais espessa a aresta.

Centralidade foi utilizada para caracterizar as interações. Esta métrica de rede demonstra a importância relativa de cada vértice em relação a estrutura da rede, através do número e dos padrões de conexão dos vértices (MELLO *et al*, 2015). Foi utilizado o programa Pajek 4.07 para calcular as centralidades para cada indivíduo, considerando os valores de força de interação e as frequências de cada comportamento. As três centralidades usadas seguem detalhadas a seguir.

Centralidade por grau é o número de interações realizadas por um vértice (neste caso o indivíduo) na rede (MELLO *et al*, 2015). (BEZERRA, 2009 & MEMMOTT, 2004). Esta métrica, portanto, traz informações não apenas do número bruto de interações de uma espécie, mas também sua relação com a estrutura da rede. No presente trabalho a centralidade por grau informa quantas interações cada indivíduo faz com as espécies de aves.

A métrica de centralidade por intermédio nos mostra a importância de um vértice como um conector entre as diferentes partes da rede, podendo conectar, por exemplo, diferentes guildas dentro da rede (MELLO *et al*, 2015). No caso de redes interindividuais conectando indiretamente diferentes indivíduos através de suas ligações com as espécies de aves.

Centralidade por proximidade, em relações de frugivoria, é alta quando uma espécie se alimenta de espécies de plantas que também servem de alimento para muitos outros frugívoros da mesma rede, e tem baixa centralidade por proximidade quando sua dieta é mais exclusiva (MELLO *et al*, 2015). Em alguns casos de interações planta-polinizadores, um alto valor de centralidade por proximidade pode tornar a espécie importante para a manutenção da estrutura da rede como um todo (GONZÁLEZ *et al*, 2009). Esta centralidade pode ser alta em indivíduos que sirvam de alimento para muitas espécies de aves, indicando também os que mantêm a estrutura da rede.

## 2.6 Análise dos dados

Primeiramente foi realizada uma correlação de Spearman para avaliar as relações entre todos os parâmetros avaliados. Posteriormente, para testar a relação entre as métricas de rede (centralidades por grau, intermédio e proximidade), os parâmetros das plantas (altura e número de frutos) e dos frutos (diâmetro, sacarose, glicose e frutose), foi utilizado o modelo aditivo generalizado (Generalized Additive Model - GAM) (ZUUR *et al* 2009). Este modelo trabalha com relações não-lineares, além disso, permite a indicação da distribuição mais adequada para cada variável resposta. Com isto, para nossas variáveis de centralidade por grau e número de frutos foi usada a distribuição de Poisson, para centralidade por proximidade e centralidade por intermédio distribuição Beta e para altura, diâmetro e açúcares distribuição Gaussiana.



Apenas os modelos que apresentaram “*smoothing term*” com p-valor menor que 0.05 foram considerados significativos e apresentados nos resultados, utilizando também os valores de  $R^2$  e do termo edf (*effective degrees of freedom*) (ZUUR *et al* 2009). Estas análises foram realizadas no software R utilizando os pacotes gam e mgcv (R CORE TEAM, 2015).

### 3.Resultados

Todos os parâmetros dos indivíduos de *H. succosa* avaliados apresentaram variação. A altura da copa variou de 2,8 m a 12 m (média = 6.0), o diâmetro médio dos frutos de 8,09 mm a 18,33 mm (indivíduo P) e o número de frutos de 20 a 500 frutos (média=151.0). Os 19 indivíduos de *Henriettea succosa* diferiram também com relação as principais classes de açúcares. A concentração de sacarose variou de 3.61 (indivíduo N) a 18.22 mg/g (indivíduo D) (média=9.42), frutose de 36.55 (indivíduo L) a 99.38 mg/g (indivíduo G) (média=64.38) e glicose apresentou variação de 29.92 (indivíduo S) a 66.99 mg/g (indivíduo G) (média=42.17) (Tabela 1). Os parâmetros avaliados não se correlacionaram, com exceção dos açúcares glicose e frutose (Apêndice Tabela 1), sendo assim, dentre estes dois açúcares, utilizamos apenas a concentração de frutose nas análises posteriores.

De um total de 380 h de observação focal foram registradas 271 visitas de 22 espécies de aves consumindo os frutos de *Henriettea succosa*, distribuídas em oito famílias, sendo numericamente mais representativas Thraupidae (132 visitas) e Fringillidae (85 visitas). As espécies que tiveram maior número médio de visitas foram *Euphonia violacea* (Gaturamo-verdadeiro) (2.47) e *Coereba flaveola* (Cambacica) (2.26) (ver nome popular das espécies Apêndice Tabela 3). Estas mesmas espécies tiveram a maior quantidade média de frutos consumidos, *Coereba flaveola* (5.1) e *Euphonia violacea* (4.9) (Tabela 2). O comportamento que obteve maior número de registro foi o de mandibular o fruto (total de 528 registros) (Apêndice Figura 2), seguido por derrubar (27), carregar (14) e engolir (11) (Tabela 2). O valor médio para consumo de frutos pelas aves variou de 0 (indivíduo H) a 6.41 (indivíduo M), e para número de visitas de 0 (indivíduo H) a 3.36 (indivíduo M) (Tabela 3).

A força de interação (multiplicação do total de visita pelo consumo total de frutos) variou de 0 a 10434, em que, o indivíduo M apresentou os maiores valores e o indivíduo H os menores. No grafo da rede de interação em que a espessura das arestas de ligação é ponderada pela força de interação (Figura 1) é possível notar que o indivíduo M ocupa a região central da rede, justamente por fazer mais ligações. Além disto, a partir do indivíduo M saem as arestas mais espessas que apresentam altos valores de força. Já o indivíduo H apresenta-se isolado por não fazer nenhuma ligação (Figura 1). No grafo da rede de interação em que a espessura das arestas de ligação é ponderada por valores totais de cada comportamento de manipulação dos frutos pelas aves, é possível ver que o comportamento de mandibular é representado pelas arestas mais espessas (Figura 2). Isto porque este comportamento obteve os maiores valores totais observados (Tabela 3).

Os valores de centralidade dos indivíduos (Apêndice Tabela 2) se relacionaram positivamente com altura, diâmetro do fruto e sacarose (Tabela 4). Em outras palavras, são estes parâmetros que geram a estrutura da rede de interação entre *Henriettea succosa* e a comunidade de aves avaliada no presente estudo. As centralidades de força de interação por grau e por intermédio (Figura 3), em geral, atingem picos nas menores alturas, nos maiores diâmetros dos frutos e em níveis intermediários de sacarose. A centralidade de força de interação por proximidade não se relacionou positivamente com nenhum dos parâmetros avaliados.

Para as centralidades por tipo de comportamento, os mesmos parâmetros altura, diâmetro e sacarose se relacionaram positivamente com o comportamento de mandibular o fruto (Tabela 4) uma vez que em a maior parte dos registros das interações envolvem o comportamento de mandibular (material suplementar Figura 4).

Tabela 1. Parâmetros dos indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil. Média e desvio padrão para diâmetro dos frutos e valores totais de altura, número de frutos maduros ofertados registrados no primeiro período da observação focal, sacarose, frutose e glicose.

Plantas-individuais <i>Henriettea succosa</i>	Altura da copa (m)	Diâmetro dos frutos (mm) (n=20/indivíduo)	Número de frutos	Sacarose	Frutose	Glicose
A	6	16.01±1.51	125	11.29	70.27	45.58
B	5	14.95±1.17	50	7.9	63.25	37.34
C	8	14.1±1.58	200	6.73	55.58	34.88
D	4	8.09±1.26	40	18.22	82.79	50.95
E	10	15.43±1.37	50	4.63	51.91	30.35
F	6	15.5±0.88	20	11.97	60.24	38.18
G	4.5	15.01±1.30	150	7.08	99.38	66.99
H	3	13.51±1.68	150	4.85	79.02	47.86
I	12	16.11±0.99	50	6.42	61.61	43.47
J	8	16.28±1.48	450	7.4	50.89	35.56
K	7	15.44±0.77	160	11.87	58.04	37.65
L	8	15.29±1.04	260	13.42	36.55	37.24
M	6	16.88±1.31	130	7.69	56.02	39.1
N	8	15.06±0.98	130	3.61	52.1	34.42
O	3.5	17.14±1.23	200	13	77.39	50.84
P	2.8	18.33±1.11	63	10.87	67.12	47.14
Q	4	17.7±1.40	100	11.37	60.48	35.02
R	5	16.34±0.92	500	10.6	84.61	58.72
S	4	15±0.82	50	10.23	55.99	29.92

Tabela 2. Média e desvio padrão de visitas e frutos consumidos e valores totais registrados para cada comportamento das espécies de aves que interagiram com indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.

Família	Espécie	Visitas	Frutos consumidos	Eng.	Der.	Carre.	Mand.
Cuculinae	<i>Piaya cayana</i>	0.05± 0.23	0.05±0.23	1	0	0	0
Trochilinae	<i>Amazilia sp</i>	0.05±0.23	0.21±0.92	0	0	0	8
Fringillidae	<i>Euphonia chlorotica</i>	1.84±2.91	3.84±7.21	0	1	0	73
	<i>Euphonia sp</i>	0.16±0.69	0.37±1.61	0	0	0	7
	<i>Euphonia violacea</i>	2.47±6.79	4.89±13.39	0	5	0	93
Parulidae	<i>Setophaga pitiayumi</i>	0.47±2.06	1.58±6.88	0	0	0	30
Pipridae	<i>Ceratopipra rubrocapilla</i>	0.32±0.58	0.53±1.12	0	0	0	10
	<i>Dixiphia pipra</i>	0.95±1.58	1.68±3.23	0	2	0	32
	<i>Machaeropterus regulus</i>	0.11±0.46	0.11±0.46	0	0	0	2
	<i>Manacus manacus</i>	0.37±1.61	0.47±2.06	0	1	0	9
Thraupidae	<i>Chlorophanes spiza</i>	0.16±0.50	0.47±1.65	0	0	0	9

	<i>Coereba flaveola</i>	2.26±3.68	5.05±9.45	0	0	0	96
	<i>Dacnis cayana</i>	1.05±2.63	2.32±5.79	0	3	0	44
	<i>Lanio cristatus</i>	0.37±1.01	0.47±1.31	0	2	0	9
	<i>Ramphocelus bresilius</i>	1.21±4.80	2.11±8.46	0	3	0	40
	<i>Saltator maximus</i>	0.84±1.74	0.89±1.52	0	6	2	17
	<i>Tangara brasiliensis</i>	0.05±0.23	0.11±0.46	0	0	0	2
	<i>Tangara cayana</i>	0.26±1.15	0.47±2.06	0	0	0	9
	<i>Tangara seledon</i>	0.26±1.15	0.79±3.44	0	4	1	15
	<i>Tangara velia</i>	0.47±1.12	1.21±2.88	0	0	0	23
Trogonidae	<i>Trogon viridis</i>	0.42±1.02	0.58±1.61	9	0	11	0
Turdidae	<i>Turdus rufiventris</i>	0.05±0.23	0.05±0.23	1	0	0	0
	<b>Total:</b>			<b>11</b>	<b>27</b>	<b>14</b>	<b>528</b>

Eng.: engolido; Der.: derrubado Carre.: carregado Mand.: mandibulado

Tabela 3. Média e desvio padrão de visitas e frutos consumidos por aves e valores de força de interação (total de frutos consumidos multiplicado por o total de visitas) em cada indivíduo de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.

Indivíduos de <i>Henriettea succosa</i>	Frutos consumidos	Visitas	Força de interação
A	0.73±2.07	0.27±0.70	96
B	1.23±2.52	0.77±1.54	459
C	0.23±0.75	0.09±0.29	10
D	3.86±7.25	1.95±3.23	3655
E	0.14±0.47	0.14±0.47	9
F	0.68±2.57	0.41±1.33	135
G	4.32±10.64	1.73±3.99	3610
H	0.00±0.00	0.00±0.00	0
I	0.55±1.95	0.32±1.09	84
J	0.23±0.87	0.14±0.47	15
K	0.86±3.23	0.27±0.88	114
L	0.23±0.61	0.18±0.50	20
M	6.41±14.15	3.36±7.40	10434
N	0.59±1.44	0.32±0.72	91
O	0.14±0.35	0.14±0.35	9
P	0.23±0.75	0.18±0.59	20
Q	0.73±1.98	0.55±1.41	192
R	1.27±2.78	0.59±1.22	364
S	2.00±4.96	0.86±2.14	836

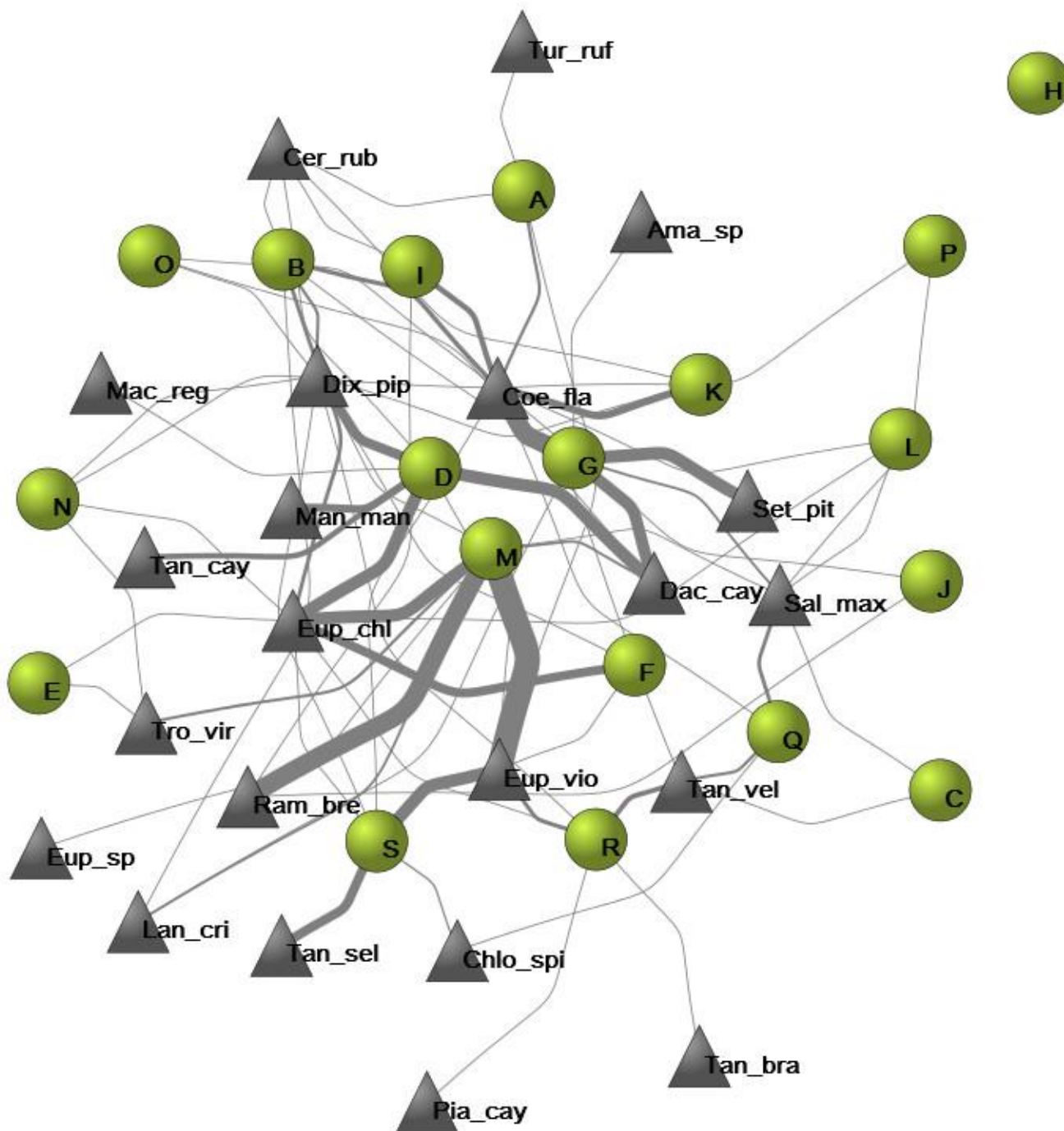


Figura 1. Rede de interação entre aves e indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil. Círculos em amarelo representam indivíduos e triângulos cinza espécies de aves. As espécies de aves estão indicadas com as três primeiras letras de seus respectivos nomes. Quanto mais espessa a aresta maior a força de interação entre ave e planta. Os indivíduos vegetais mais centralizados no desenho apresentam as maiores centralidades, já os que ocupam a periferia da rede estabelecem menor quantidade de interação.

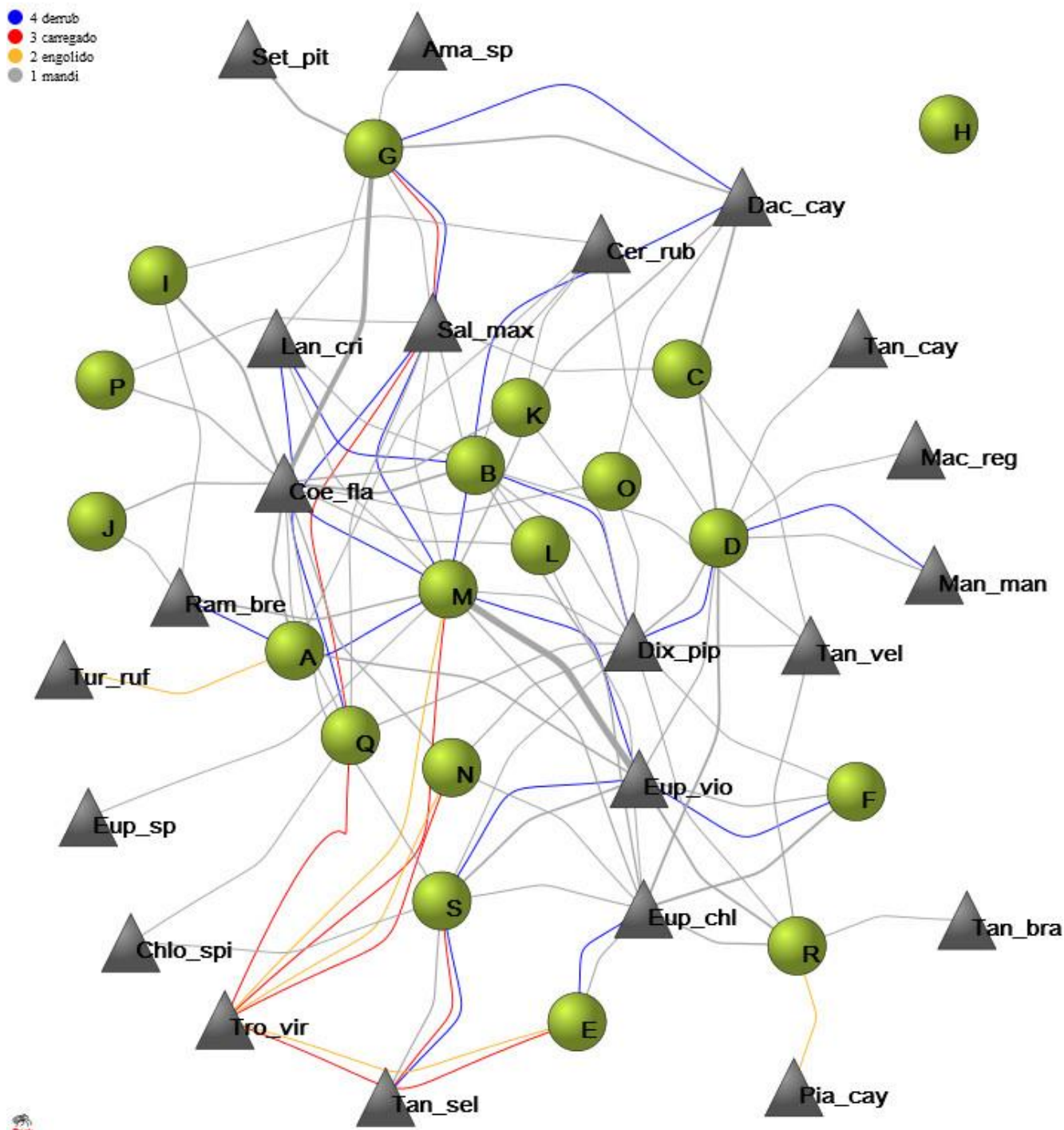
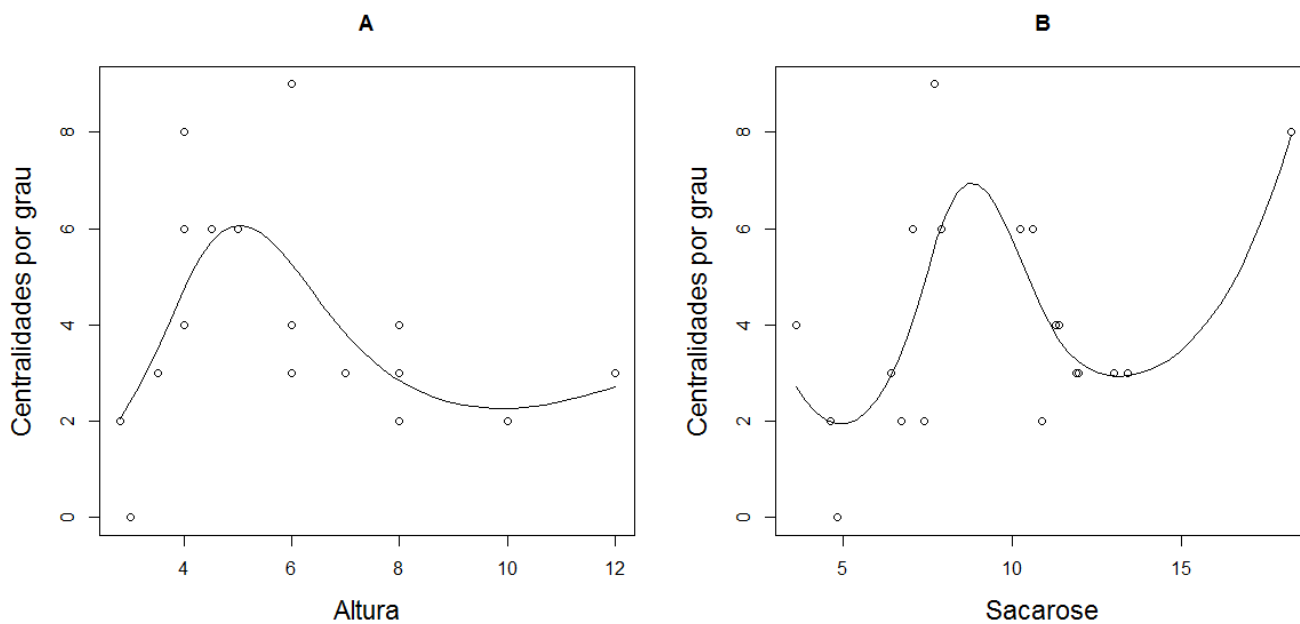


Figura 2. Rede de interação entre aves e indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil. Círculos em vermelho representam indivíduos e, triângulos amarelos, espécies de aves. As espécies de aves estão indicadas com as três primeiras letras de seus respectivos nomes. Os diferentes tipos de comportamentos estão representados através das cores das arestas. Quanto mais espessa a aresta maior a quantidade de registro para o comportamento. derrub: derrubado (azul); carregado (vermelho); engolido (laranja); mandi: mandibulado (cinza).

Tabela 4: R<sup>2</sup> das relações significativas do GAM ( $p > 0.005$ ) entre as centralidades e os parâmetros dos indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.

Parametros/ Centralidades	Sacarose	Diâmetro	Altura
Fij_grau	0.43		0.43
Fij_interm	0.06	0.44	0.12
Fij_prox		0.88	
Grau_mandi	0.52	0.52	0.46
Interm_mandi	0.46	0.14	0.27
Prox_mandi		0.87	

Fij\_grau: centralidades de força de interação por grau; Fij\_interm: centralidades de força de interação por intermédio; Fij\_prox centralidades de força de interação por proximidade; Grau\_mandi: centralidades de mandibular por grau; Intem\_mandi: centralidades de mandibular por intermédio; Prox\_mandi: centralidades de mandibular por proximidade.



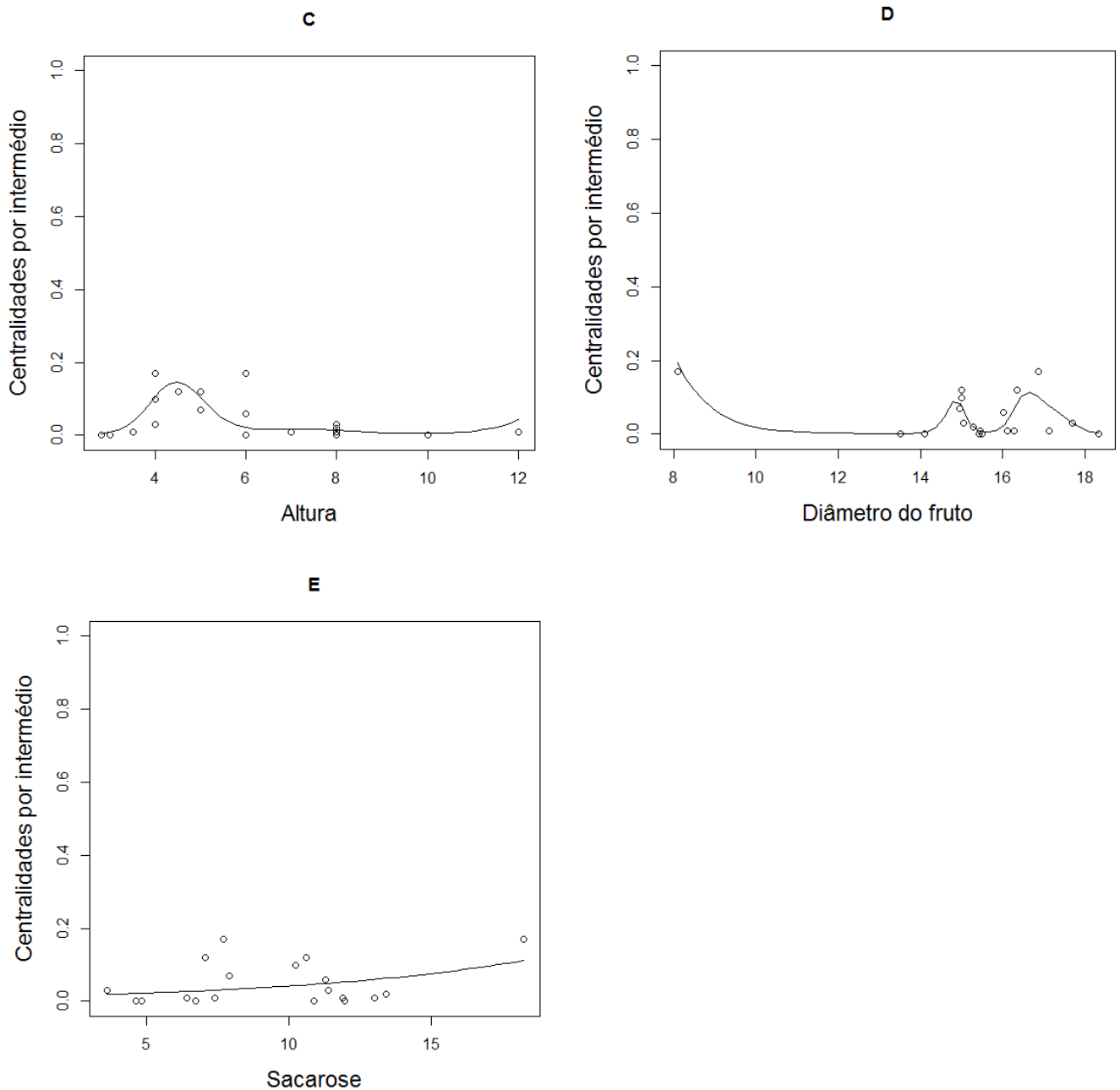
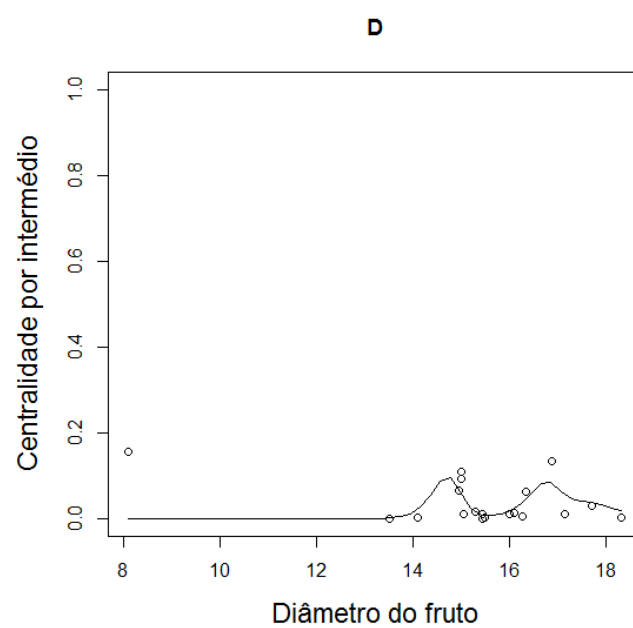
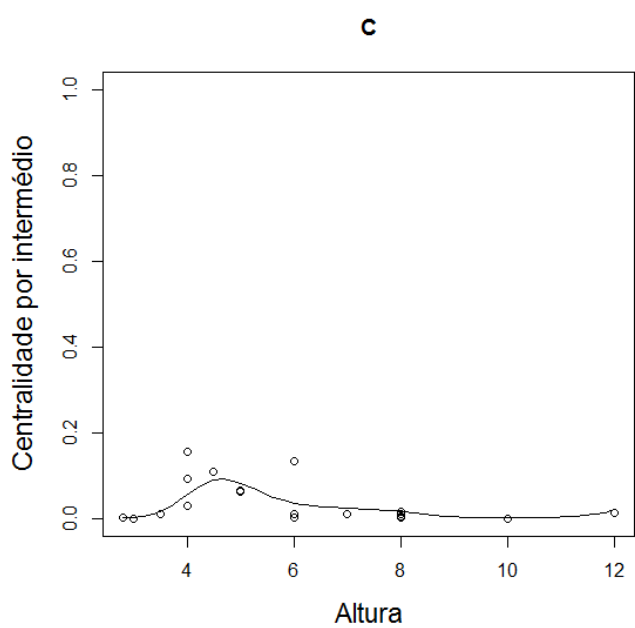
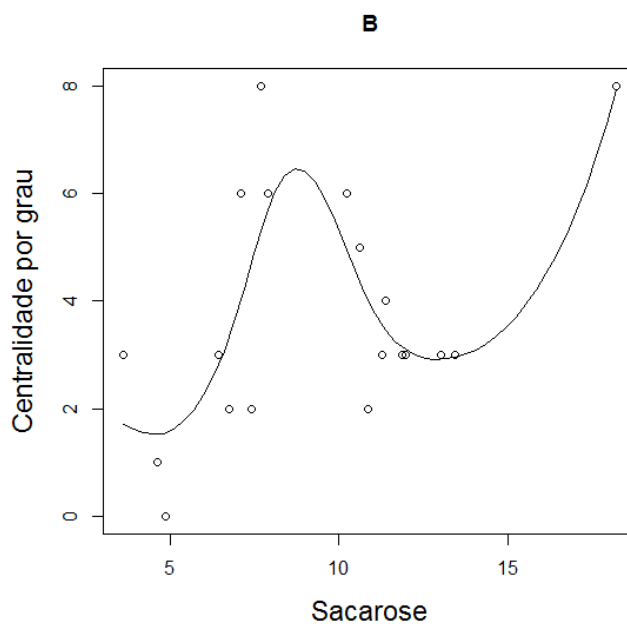
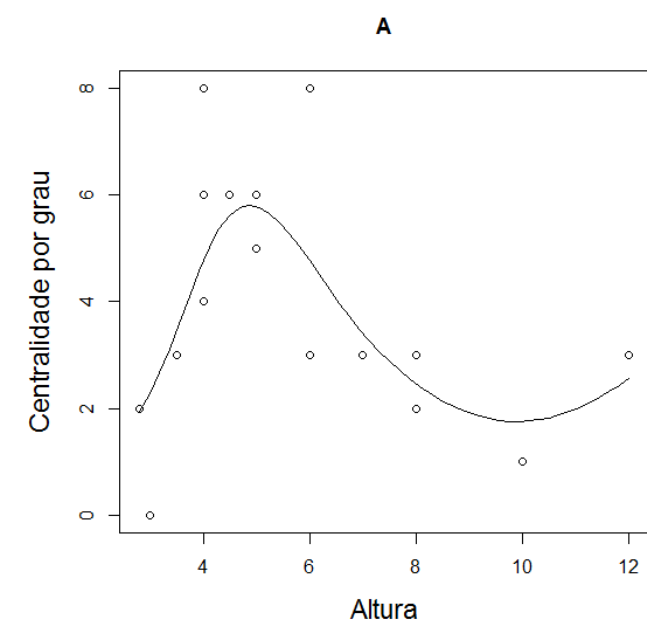


Figura 3: Modelo aditivo generalizado entre centralidades de força de interação e parâmetros de indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil. A: centralidades por grau e altura; B: centralidades por grau e sacarose; C: centralidades por intermédio e altura; D: centralidades por intermédio e diâmetro do fruto; E: centralidades por intermédio e sacarose.





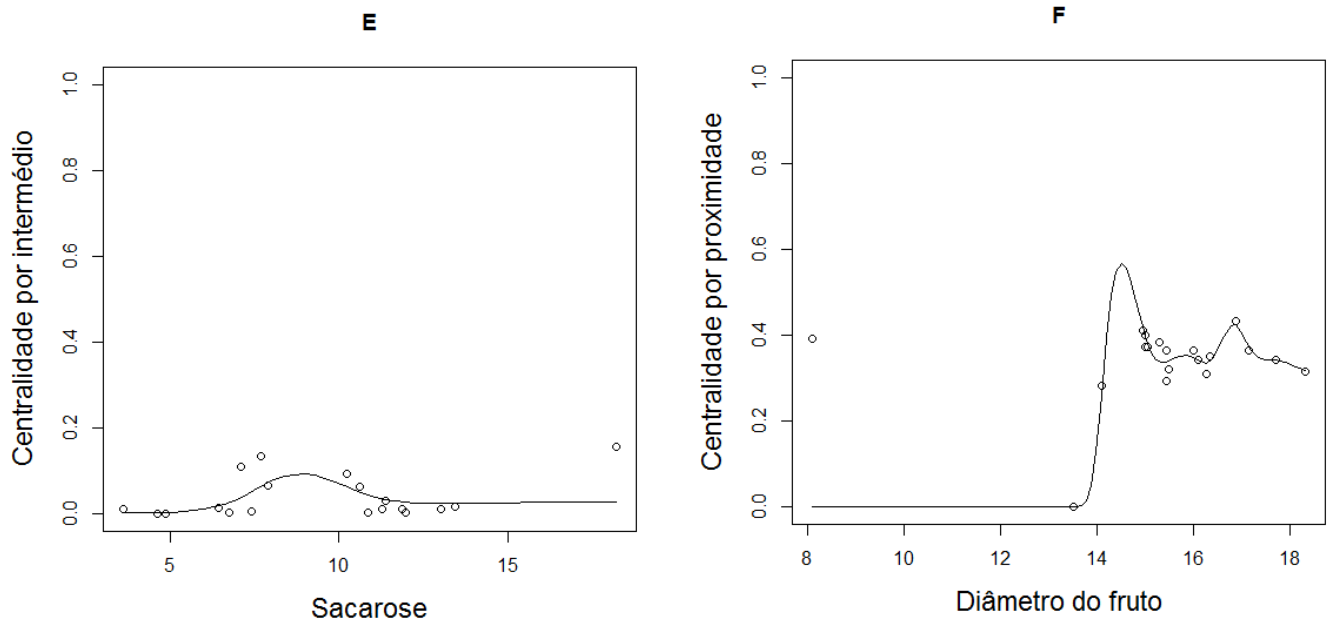


Figura 4: Modelo aditivo generalizado entre centralidades para comportamento de mandibular o fruto e parâmetros de indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil A: centralidade por grau e altura; B: centralidade por grau e sacarose; C: centralidade por intermédio e altura; D: centralidade por intermédio e diâmetro do fruto; E: centralidade por intermédio e sacarose; F: centralidade por proximidade e diâmetro do fruto.

#### 4. Discussão

O presente estudo mostra que indivíduos de *H. succosa* apresentam variações morfológicas e nutricionais e que estas variações determinam a estrutura das interações de frugivoria por aves. As análises de rede evidenciam que a centralidade dos indivíduos está ligada a variações nas características, principalmente, de altura das plantas, diâmetro e quantidade de sacarose dos frutos. Em outras palavras, as aves interagem com indivíduos de *H. succosa* mais baixos, que apresentam valores intermediários de sacarose e que produzem frutos maiores.

Os frutos de *H. succosa* foram consumidos por uma gama de espécies de aves. Entre os consumidores estão presentes desde aves extremamente frugívoras, como as do gênero *Euphonia* (HERRERA, *et al* 2009), aves predominantemente insetívoras, como *Piaya cayana*, incluindo aves nectarívoras como o gênero de beija-flor *Amazilia* (SIGRIST, 2013), mostrando que grupos com diferentes hábitos alimentares consomem frutos da espécie estudada. Ressalta-se o consumo pelo gênero de beija-flor *Amazilia*, uma vez que esse grupo é pouco visto alimentando-se de frutos. Uma possível explicação para esta interação é a característica da polpa dos frutos de *H. succosa* bastante aquosa e, que muitas vezes, extravasa na região do pecíolo (ver Figura 1 Apêndice), podendo atrair aves nectarívoras. Além disto, a presença de sacarose na polpa pode ser um outro atrativo, uma vez que este açúcar compõe o néctar, principal recurso para este grupo de aves.

Não apenas a comunidade de aves utilizou *H. succosa* como recurso alimentar, a espécie *Leontopithecus chrysomelas* (mico-leão-da-cara-dourada) foi registrada se alimentando dos frutos durante as observações focais (observação pessoal). A utilização da espécie por uma ampla gama de frugívoros sugere que esta espécie é um importante recurso alimentar, fato evidenciado pelas métricas de rede de interações que informa quanto cada indivíduo de *H. succosa* conecta aves de diferentes hábitos alimentares (MELLO *et al*, 2015). A literatura aponta ainda uma forte relação de frugivoria entre alguns grupos de aves como Tangaras, Euphonias e Piprideos com frutos de Melastomataceae (STILES &

ROSSELI, 1993). Além disso, por conta de sua frutificação estendida a espécie pode ter um papel importante principalmente em períodos de escassez ou baixa oferta de frutos (STILES & ROSSELI, 1993).

Na população avaliada podemos destacar o indivíduo (M) como sendo um dos mais centrais na rede de interações. Além de fazer maior número de interações com a maioria das espécies de aves, ele ainda conecta indiretamente outros indivíduos de *H. succosa* através de suas ligações com as espécies de aves. Este indivíduo desempenha portanto um papel chave para a estrutura da rede dentro do sistema de interações abordado (GONZÁLEZ *et al*, 2009) devido a sua elevada força de interação. Esta força de interação está associada às características morfológicas e nutricionais dos indivíduos, podendo levar a um consumo diferencial dos frutos e, conseqüentemente, a seleção destas características (GALETTI *et al*, 2013). No presente estudo plantas mais baixas, com frutos maiores e com valores intermediários de sacarose foram selecionadas preferencialmente pelas aves. É justamente a seleção destes parâmetros que estruturam a rede de interação de frugivoria aqui apresentada, o que pode ainda, acarretar em reflexos evolutivos para tais atributos (JORDANO, 1995).

Esperávamos que indivíduos mais altos fossem mais visitados visto que, em alguns casos, plantas mais altas produzem maiores quantidades de frutos (SÁNCHEZ-SÁNCHEZ *et al*, 2015). No entanto, nossos resultados apontam que as centralidades por grau e por intermédio para força de interação atingem picos nas menores alturas, ou seja, houve a seleção por plantas mais baixas, o que pode ter um reflexo nas gerações seguintes. Em trabalhos de frugivoria e dispersão de sementes, a altura da planta é um parâmetro relacionado à acessibilidade da ave aos frutos. Gondim (2001), por exemplo, relatou que espécies vegetais de porte arbórea podem receber visitas de aves de porte pequeno e médio e, espécies arbustiva, visitadas por aves pequenas que, em geral, frequentam os estratos mais baixos da mata. A autora encontrou estes resultados para espécies vegetais diferentes. O que vimos é que a variação da altura para indivíduos de uma mesma espécie é importante para determinar a força de interação. Indivíduos de menor altura podem ser mais facilmente

detectados e acessados por aves que forrageiam nos estratos médios da mata, como os onívoros de borda como *Ramphocelus bresilius* e onívoros de subosque como *Manacus manacus* (WILLIS, 1779). No entanto, espécies que forrageiam predominantemente no dossel, como *Euphonia violacea* (WILLIS, 1779) também apresentaram um grande número de visita mesmo em plantas mais baixas, o que sugere que *H. succosa* é um recurso alimentar que atrai aves que forrageiam em diferentes estratos da floresta. Neste caso, independente do estrato que ocupem, as aves interagiram mais fortemente com indivíduos de menor altura.

As concentrações das diferentes classes de açúcares (glicose, frutose e sacarose) variaram entre indivíduos e, os açúcares glicose e frutose mostraram-se correlacionados. Os resultados do presente estudo também mostram que a centralidades por grau e por intermédio para força de interação, bem como para o comportamento de mandibular os frutos, atingiram picos em níveis intermediários de sacarose. Em geral, para aves frugívoras os açúcares são uma importante fonte de energia presente na polpa dos frutos (MARTÍNEZ DEL RIO *et al*, 1992). No entanto, para alguns destes animais o consumo de frutos com altas concentrações de sacarose pode não ser benéfico uma vez que se trata de um açúcar composto em que a quebra em açúcares mais simples para absorção é dificultada açúcares (MALCARNEY *et al*, 1994). Já outras espécies, como as nectarívoras *Coereba flaveola* e o gênero *Amazilia* (SIGRIST, 2013) (registradas consumindo frutos de *H. succosa*), buscam justamente este açúcar presente também no néctar de muitas flores (MARTÍNEZ DEL RIO *et al*, 1992). Portanto, sugerimos que indivíduos com níveis intermediários de sacarose podem ser mais atrativos para diferentes espécies de aves.

As centralidades por intermédio para força de interação atingem picos nos maiores valores de diâmetros. Estudos prévios mostram que essa característica é um atrativo para as aves (HOWE, 1983; JORDANO, 1995; MELLO *et al*, 2005). Sabendo que o tamanho do fruto está relacionado com a quantidade de polpa (CAZETTA *et al*, 2008; JORDANO, 1995) sugere-se que a seleção das aves por frutos maiores seja um indicativo de busca por maiores recompensas alimentares. Para o comportamento de mandibular os frutos o mesmo padrão foi observado uma vez que ele representa a interação predominante. Porém, devido

a característica da espécie de produzir numerosas sementes pequenas, as aves conseguem engolir as mesmas ao consumir parte de sua polpa. Assim, ressalta-se que, para *H. succosa*, o diâmetro não é um fator limitante para o consumo da polpa nem para a dispersão das sementes, visto a quantidade de sementes que poderiam ser engolidas por diferentes espécies de aves (PARRINI, 2015).

Nossos resultados sugerem que dentre as espécies de aves visitantes, *Euphonia violácea* seria uma das espécie que mais contribuiu para a dispersão de sementes de *H. succosa* devido ao grande número de visitas e de frutos consumidos (JORDANO & SCHUPP, 2000; SCHUPP, 1993). Além disto, seu comportamento de mandibular o fruto pode potencializar a ingestão de sementes presentes na polpa contribuindo para a dispersão (PARRINI, 2015).

No presente estudo o comportamento mais registrado foi o de mandibular, para este a centralidades por grau e por intermédio também atingiram picos nas menores alturas. Em outras palavras, o tratamento de mandibular o fruto ocorreu predominante em plantas mais baixas. Isso pode ser explicado pelo fato de que, além de ser o mais abundante, este comportamento foi registrado pelo menos uma vez em todas os indivíduos que receberam visitas. Este fato faz com que na rede de interação todas os indivíduos (que receberam visita) se relacionem a este comportamento.

As aves escolhem a espécie que irão consumir, bem como o indivíduo e ainda quais frutos presentes naquela planta (SALLABANKS, 1993). E é nessa escolha que as características morfológicas e nutricionais atuam e não apenas para o grupo das aves. Para morcegos por exemplo, Muylaert *et al* (2014) abordaram a seleção de frutos entre diferentes espécies vegetais, já Mello *et al* (2005) viram que um gênero deste animal frugívoros seleciona os maiores frutos de uma mesma espécie de planta. Assim, a partir dos dados apresentados, pode-se sugerir que os animais em geral não se alimentam ao acaso, sendo cada vez mais necessário entender quais e como as características das plantas e dos animais mediam esta relação. Sugerimos que características morfológicas e nutricionais das plantas devem ter papel fundamental para estruturar as relações de frugivoria. Vimos também que as métricas de centralidade auxiliam no entendimento de como essas características das plantas se relacionam com o

consumo dos frutos por aves, sendo assim caracterizada como uma ferramenta de avaliação das interações biológicas.

## **5. Conclusão**

Além do presente trabalho corroborar com estudos prévios acerca da variação intraespecíficas de características morfológicas e nutricionais, o mesmo contribui para tais conhecimentos específicos para a espécie *H. succosa*. A visita de um gênero de beija-flor reforça a ideia de que esta planta apresenta características que atraí aves de diferentes hábitos alimentares. Os resultados apontam ainda que *H. succosa* é um importante recurso alimentar para diferentes grupos de aves, sendo interessante ressaltar a visita de espécies que forrageiam em diferentes estratos da mata. Assim, o presente estudo contribui não só para informações a respeito de características nutricionais e morfológicas de *H. succosa*, como também com informações sobre interações de frugivoria por aves.

## Referências

- ALCÁNTARA J. M. & REY P. Conflicting selection pressures on seed size: 20 evolutionary ecology of fruit size in a bird-dispersed tree, *Olea europaea*. **J. Evolution. Biol.**, v. 16, p. 1168–1176, 2003.
- ALONSO, C. & HERRERA, C. M. Patterns made of patterns: Variation and covariation of leaf nutrient concentrations within and between populations of *Prunus mahaleb*. **New Phytologist**, v. 150, p. 629–640, 2001.
- AMORIM, A. M., THOMAS, W. W., CARVALHO, A. M. V. & JARDIM, J. Floristic of the Una Biological Reserve, Bahia, Brazil. In: THOMAS, W. (Ed.). **The Atlantic Coastal Forests of Northeastern Brazil**. 100. ed. New York: New York Bot. Gard, 2008. p. 67–146.
- ANTONINI, R. D. & NUNES-FREITAS, A. F. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Miconia prasina* D.C. (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 671–676, 2004.
- ARAÚJO, M. S.; MARTINS, E. G.; CRUZ, L. D.; FERNANDES, F. R.; LINHARES, A. X.; DOS REIS, S. F. & GUIMARÃES JR., P. R. Nested diets: a novel pattern of individual-level resource use. **Oikos**, v. 119, n. 1, p. 81–88, 2010.
- BARBOSA, J. M., EISENLOHR, P. V., RODRIGUES, M. A. & BARBOSA, K. C. Ecologia da dispersão de sementes em florestas tropicais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2ª edição ed. [s.l.] Editora UFV, 2012.
- BASCOMPTE, J. & JORDANO, P. Redes mutualistas de especies. **Investigación y ciencia**, p. 51, 2008.
- BAUMGRATZ, J. F. A. **Henriettea**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9475>>. Acesso em: 8 out. 2015.
- BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C.; MELLO, M. A. R. Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds. **Journal of Animal Ecology**, v. 78, n. 5, p. 1096–1101, 2009.
- BLEM, C. R., BLEM, L. B., FELIX, J. G. & VAN GELDER, J. Rufous Hummingbird sucrose preference: precision of selection varies with concentration. **The Condor**, v. 102, n. 1, p. 235–238, 2000.
- CAZETTA, E.; SCHAEFER, H. M.; GALETTI, M. Does attraction to frugivores or defense against pathogens shape fruit pulp composition? **Oecologia**, v. 155, n. 2, p. 277–286, 2008.
- CAZETTA, E., RUBIM, P.; LUNARDI, V. O., FRANCISCO, M. R. & GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes de *Talauma ovata* (Magnoliaceae) no sudeste brasileiro. v. 10, n. 2, p. 199–206, 2002.
- CAZETTA, E., SCHAEFER, H. M. & GALETTI, M. Why are fruits colorful? The relative importance of achromatic and chromatic contrasts for detection by



birds. **Evolutionary Ecology**, v. 23, n. 2, p. 233–244, 2009.

CIPOLLINI, M. L.; AND LEVEY, D. J. Why are some fruits toxic? Glycolaloids in *Solanum* and fruit choice by vertebrates. **Ecology**, v. 78, n. 3, p. 782:808, 1997.

CORNEJO, F. & JANOVEC, J. **Seeds of Amazonian Plants**. New Jersey: Princeton University Press, 2010.

DAVIDAR, P. & MORTON, E. S. The Relationship Between Fruit Crop Sizes and Fruit Removal Rates by Birds. **Ecological Society of America Stable**, v. 67, n. 1, p. 262–265, 1986.

DE NOOY, W., MRVAR, A., BATAGELJ, V. **Exploratory Social Network Analysis with Pajek**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2011.

FARIA, D., MARIANO-NETO, E., MARTINI, A. M. Z., ORTIZ, J. V., MONTINGELLI, R., ROSSO, S., PACIENCIA, M. L. B. & BAUMGARTEN, J. Forest structure in a mosaic of rainforest sites: The effect of fragmentation and recovery after clear cut. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 11, p. 2226–2234, 2009.

FLEMING, T. H. & KRESS, W. J. A brief history of fruits and frugivores. **Acta Oecologica**, v. 37, n. 6, p. 521–530, 2011.

FRANCHIN, A. G., JÚNIOR, O. M. & DEL-CLARO, K. Ecologia comportamental: métodos, técnicas e ferramentas utilizadas no estudo de aves. In: MATTER, S. V., STRAUBE, F. C., PIACENTINI, V., CÂNDIDO-JR, J. F. (Ed.). **Ornitologia e conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento**. 1ª. ed. [s.l.] Technical Books Editora, 2010. p. 281–294.

FRANCISCO, M. R. GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes de *Rapanea lancifolia* ( Myrsinaceae ) por aves numa área de cerrado do Estado de São Paulo , sudeste do Brasil. **Ecologia**, v. 9, n. 1, p. 13–19, 2001.

GALETTI, M., GUEVARA, R., CORTES, M. C., FADINI, R., VON MATTER, S., LEITE, A. B., LABECCA, F., RIBEIRO, T., CARVALHO, C. S., COLLEVATTI, R. G., PIRES, M. M., GUIMARAES, P. R., BRANCALION, P. H., RIBEIRO, M. C. & JORDANO, P. Functional Extinction of Birds Drives Rapid Evolutionary Changes in Seed Size. **Science**, v. 340, p. 1086–1090, 2013.

GALETTI, M., PIZO, M. A. & MORELLATO, L. P. C. Diversity of functional traits of fleshy fruits in a species-rich Atlantic rain forest Diversity of functional traits of fleshy fruits in. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 181–194, 2011.

GODÍNEZ-ALVAREZ & JORDANO. An empirical approach to analyzing the demographic consequences of seed dispersal by frugivores. In: DENNIS, A. J., SCHUPP, E. W., GREEN, R. A. & WESTCOTT, D. A. (Ed.). **Seed dispersal: theory and its application in a changing world**. UK: CABI Publishing, Wallingford, 2007. p. 391–406.

GOLDENBERG, R., BAUMGRATZ, J. F. A. & SOUZA, M. L. D. R. Taxonomia de Melastomataceae no Brasil : retrospectiva , perspectivas e chave de identificação para os gêneros Resumo Uma retrospectiva do conhecimento taxonômico atual de Melastomataceae no Brasil é apresentada , constando

uma abordagem histórica dos est. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 145–161, 2012.

GONDIM, M. J. D. C. Dispersão de sementes de *Trichilia* spp . ( *Meliaceae* ) por aves em um fragmento de mata mesófila semidecídua , Rio Claro , SP , Brasil. **Ararajuba**, v. 9, n. 2, p. 101–112, 2001.

GONZÁLEZ, A. M. M. .; DALSGAARD, B. & OLESEN, J. M. Centrality measures and the importance of generalist species in pollination networks. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 1, p. 36–43, 2009.

HERRERA, M. L. G., RODRÍGUEZ, G. M. & HERNÁNDEZ, P. P. Sources of Assimilated Protein in a Specialized Tropical Frugivorous Bird , the Yellow-throated Euphonia ( *Euphonia hirundinacea* ). **The Auk**, v. 126, n. 1, p. 175–180, 2009.

HOWE, H. Annual variation in a neotropical seed-dispersal system. **Tropical rain forest: ecology and management**. ..., p. 211–227, 1983.

JANZEN, D. H. **Ecologia vegetal nos trópicos**. São Paulo: EDUSP, 1980.

JORDANO, P. Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution. **JSTOR**, v. 129, n. 5, p. 657–677, 1987.

JORDANO, P. Angiosperm fleshy fruits and seed dispersers.pdf. **JSTOR**, v. 145, n. 2, p. 163–191, 1995.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: FENNER, M. (Ed.). . **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2ª edição ed. UK: CABI Publishing, Wallingford, 2000. p. 125–166.

JORDANO, P.; SCHUPP, E. W. Seed Disperser Effectiveness : The Quantity Component and Patterns of Seed Rain for *Prunus mahaleb* Published by : Ecological Society of America SEED DISPERSER EFFECTIVENESS : THE QUANTITY COMPONENT AND PATTERNS OF SEED RAIN FOR *PRUNUS MAHALEB*. **Ecological Monographs**, v. 70, n. 4, p. 591–615, 2000.

LEISHMAN M. R., WRIGHT I. J., M. A. T. & W. M. The evolutionary ecology of seed size. In: FENNER, M. (Ed.). . **Seeds: the ecology of regeneration in natural plant communities**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureau International, 2000. p. 31–57.

LEVEY, D. Sugar-Tasting Ability and Fruit Selection in Tropical Fruit-Eating Birds. **the Auk**, v. 104, n. 2, p. 173–179, 1987.

MALCARNEY, H. L.; DEL RIO, C. M.; APANIUS, V. Sucrose Intolerance in Birds - Simple Nonlethal Diagnostic Methods and Consequences for Assimilation of Complex Carbohydrates. **Auk**, v. 111, n. 1, p. 170–177, 1994.

MARTÍNEZ DEL RIO, C.; BAKER, H. G.; BAKER, I. Ecological and evolutionary implications of digestive processes: Bird preferences and the sugar constituents of floral nectar and fruit pulp. **Experientia**, v. 48, n. 6, p. 544–551, 1992.

MELLO, M. A. R.; MUYLAERT, R. L. Guia para Análise de Redes Ecológicas. 2014.

MELLO, M. A. R., LEINER, N. O., GUIMARÃES JR, P. R. & JORDANO, P.

Size-based fruit selection of *Calophyllum brasiliense* ( Clusiaceae ) by bats of the genus *Artibeus* ( Phyllostomidae ) in a Restinga area , southeastern Brazil. v. 7, n. 1, p. 179–182, 2005.

MELLO, M. A. R., RODRIGUES, F. A., COSTA, L. F., KISSLING, D. W., ŞEKERCIOĞLU, Ç. H., MARQUITTI, F. M. D. & KALKO, E. K. V. Keystone species in seed dispersal networks are mainly determined by dietary specialization. **Oikos**, v. 124, n. 8, p. 1031–1039, 2015.

MEMMOTT, J.; WASER, N. M.; PRICE, M. V. Tolerance of pollination networks to species extinctions. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 271, n. 1557, p. 2605–2611, 2004.

MOERMOND, T. C. & DENSLOW, J. S. Neotropical avian frugivore: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. **The American Ornithologists' Union**, v. 36, p. 865–897, 1985.

MUYLAERT, R. L.; MATOS, D. M. D. S.; MELLO, M. A. R. Interindividual variations in fruit preferences of the yellow-shouldered bat *Sturnira lilium* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a cafeteria experiment. **Mammalia**, v. 78, n. 1, p. 93–101, 2014.

OBESO, J R & HERRERA, C. M. Inter- and intraspecific variation in fruit traits in o-occurring vertebrate-dispersed plants. **Int. J. Plant Sci.**, v. 155, n. 3, p. 382–387, 1994.

PARRINI, R. Frugivoria - começando pelas melastomatáceas. In: PARRINI, R. (Ed.). . **Quatro estações: história natural das aves na Mata Atlântica: uma abordagem trófica**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2015. p. 173–186.

PERLO, B. V. **A field guide to the birds of Brazil**. 1. ed. New York: Oxford University Press, 2009.

PESSOA, M. S. et al. Reproductive phenology of *Miconia mirabilis* (Melastomataceae) within three distinct physiognomies of Atlantic Forest, Bahia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 2, p. 49–56, 2012.

PESSOA, M. S., VLEESCHOUWER, K. M., AMORIM, A. M. & TALORA, D. C. Melastomataceae. In: PESSOA, M. S. (Ed.). . **Calendário fenológico: uma ferramenta para auxiliar no cultivo de espécies arbóreas nativas da floresta atlântica no sul da Bahia**. 1. ed. Ilhéus: Editus, 2011. p. 75–80.

PIZO, M. & GALETTI, M. Métodos e Perspectivas da Frugivoria e Dispersão de Sementes por Aves. In: MATTER, S.V., STRAUBE, F. C., PIACENTINI, V. Q., ACCORDI, I. A. & CÂNDIDO, JR., J. F. (Ed.). . **Ornitologia e conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2010. p. 1–12.

PIZO, M. A. & ALMEIDA-NETO, M. Determinants of fruit removal in *Geonoma pauciflora*, an understory palm of neotropical forests. **Ecological Research**, v. 24, n. 6, p. 1179–1186, 2009.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, , 2015.

Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

SALLABANKS, R. Hierarchical mechanisms of fruit selection by an avian frugivore. **Ecology**, v. 74, n. 5, p. 1326–1336, 1993.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, H., MANJARREZ, J., DOMÍNGUEZ-TEJADA, C. A.; & MORQUECHO-CONTRERAS, A. Individual variance in the attributes of *Clusia salvinii* Donn. Smith associated with the attraction of frugivores in the dispersal of fruits and seeds. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. XXI, n. 3, p. 307–316, 2015.

SCHAEFER, H. M.; SCHMIDT, V.; BAIRLEIN, F. Discrimination abilities for nutrients: which difference matters for choosy birds and why? **Animal Behaviour**, v. 65, n. 3, p. 531–541, 2003.

SCHUPP, E. W. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. **Vegetatio**, v. 107/108, p. 15–29, 1993.

SCHWAN, R. F. & SOUZA, S. M. M. **Quantificação por HPLC de Álcool Etilico, Ácido Láctico e Ácido Acético, produzidos na Fermentação Tradicional de Cacau**, 1986.

SIGRIST, T. **Guia de Campo Avis Brasilis - Avifauna Brasileira**. 1ª. ed. São Paulo: Série Guia de Campo Avis Brasilis, 2013.

STILES, F. G. & ROSSELI, L. Consumption of Fruits of the Melastomataceae by Birds : How Diffuse Is Coevolution ? **Vegetatio**, v. 107, p. 57–73, 1993.

VAN DER PIJL, L. **Principles of Dispersal in Higher Plants**. 2ª. ed. New York: springer, 1972.

WILLIS, E. O. **The Composition of Avian Communities in Remanent Woodlots in Southern Brazil** *Papéis Avulsos de Zoologia*, 1779.

ZUUR, A. F., IENO, E. N, WALKER, N. W., SAVELIEV, A. A. & SMITH, G. M. **Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R**. New York: springer, 2009.

## Apêndice

Tabela 1: Valores da correlação de Spearman entre as variáveis medidas em indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.

	Altura	Diâmetro	Número de frutos	Sacarose	Frutose	Glicose
<b>Altura</b>		0.78173	0.6755	0.11825	0.002031	0.03542
<b>Diâmetro</b>	-0.06811		0.46094	0.36703	0.99431	0.5913
<b>Número de frutos</b>	0.10276	0.17998		0.87746	0.74116	0.56679
<b>Sacarose</b>	-0.37065	0.2193	0.03794		0.40751	0.22348
<b>Frutose</b>	-0.66168	0.001754	0.08117	0.20175		*1.03E-02
<b>Glicose</b>	-0.48476	0.13158	0.14028	0.29298	0.87368	

\*p<0.005

Tabela 2: Valores das centralidades por indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.

Indv	gra_man	int_man	pro_man	gra_car	int_car	pro_car	gra_der	int_der
A	3	0.01	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	6	0.07	0.41	0.00	0.00	0.00	2.00	0.04
C	2	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	8	0.16	0.39	0.00	0.00	0.00	2.00	0.02
E	1	0.00	0.29	1.00	0.00	0.07	1.00	0.00
F	3	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
G	6	0.11	0.37	1.00	0.00	0.06	2.00	0.00
H	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	3	0.01	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
J	2	0.01	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	3	0.01	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	3	0.02	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M	8	0.14	0.43	1.00	0.00	0.07	5.00	0.09
N	3	0.01	0.37	1.00	0.00	0.07	0.00	0.00
O	3	0.01	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P	2	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q	4	0.03	0.34	2.00	0.01	0.10	1.00	0.00
R	5	0.06	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	6	0.09	0.40	1.00	0.00	0.05	2.00	0.02

Tabela 2a: Continuação

ndv	pro_der	gra_eng	int_eng	pro_eng	Fij_gra	Fij_pro	Fij_int
A	0.00	1.00	0.00	0.05	4	0.40	0.06
B	0.12	0.00	0.00	0.00	6	0.43	0.07
C	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.30	0.00
D	0.08	0.00	0.00	0.00	8	0.41	0.17
E	0.05	1.00	0.00	0.06	2	0.32	0.00
F	0.10	0.00	0.00	0.00	3	0.35	0.00
G	0.10	0.00	0.00	0.00	6	0.39	0.12
H	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
I	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.36	0.01
J	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.33	0.01
K	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.39	0.01
L	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.40	0.02
M	0.17	1.00	0.00	0.06	9	0.46	0.17
N	0.00	1.00	0.00	0.06	4	0.40	0.03
O	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.39	0.01
P	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.33	0.00
Q	0.10	0.00	0.00	0.00	4	0.37	0.03
R	0.00	1.00	0.00	0.05	6	0.38	0.12
S	0.11	0.00	0.00	0.00	6	0.42	0.10

**Indv:** Indivíduo; **gra\_man:** centralidades de mandibular por grau **int\_man:** centralidades de mandibular por intermédio; **pro\_man** centralidades de mandibular por proximidade; **gra\_car:** centralidades de carregar por grau; **int\_carr:** centralidades de carregar por intermédio; **pro\_car:** centralidades de carregar por proximidade; **gra\_der:** centralidades de derrubar por grau; **int\_der:** centralidades de derrubar por intermédio; **pro\_der:** centralidades de derrubar por proximidade; **gra\_eng:** centralidades de engolir por grau; **int\_eng:** centralidades de engolir por intermédio; **pro\_eng:** centralidades de engolir por proximidade; **Fij\_gra:** centralidades de força de interação por grau; **Fij\_pro:** centralidades de força de interação por proximidade; **Fij\_int:** centralidades de força de interação por intermédio.

Tabela 3: Nomes populares das espécies de aves que interagiram com indivíduos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.

Família	Espécie	Nomes populares das espécies
Cuculinae	<i>Piaya cayana</i>	Alma-de-gato
Trochilinae	<i>Amazilia sp</i>	
Fringillidae	<i>Euphonia chlorotica</i>	Fim-fim
	<i>Euphonia sp</i>	
	<i>Euphonia violacea</i>	Gaturamo-verdadeiro
Parulidae	<i>Setophaga pitiayumi</i>	Mariquita
Pipridae	<i>Ceratopipra rubrocapilla</i>	Cabeça-encarnada

	<i>Dixiphia pipra</i>	<i>Cabeça-branca</i>
	<i>Machaeropterus regulus</i>	<i>Tangará-rajado</i>
	<i>Manacus manacus</i>	<i>Rendeira</i>
Thraupidae	<i>Chlorophanes spiza</i>	<i>Saí-verde</i>
	<i>Coereba flaveola</i>	<i>Cambacica</i>
	<i>Dacnis cayana</i>	<i>Saí-azul</i>
	<i>Lanio cristatus</i>	<i>Tiê-galo</i>
	<i>Ramphocelus bresilius</i>	<i>Tiê-sangue</i>
	<i>Saltator maximus</i>	<i>Tempera-viola</i>
	<i>Tangara brasiliensis</i>	<i>Cambada-de-chaves</i>
	<i>Tangara cayana</i>	<i>Saíra-amarela</i>
	<i>Tangara seledon</i>	<i>Saíra-sete-cores</i>
	<i>Tangara velia</i>	<i>Saíra-Diamante</i>
Trogonidae	<i>Trogon viridis</i>	<i>Surucuá-grande-de-barriga-amarela</i>
Turdidae	<i>Turdus rufiventris</i>	<i>Sabiá-laranjeira</i>

---

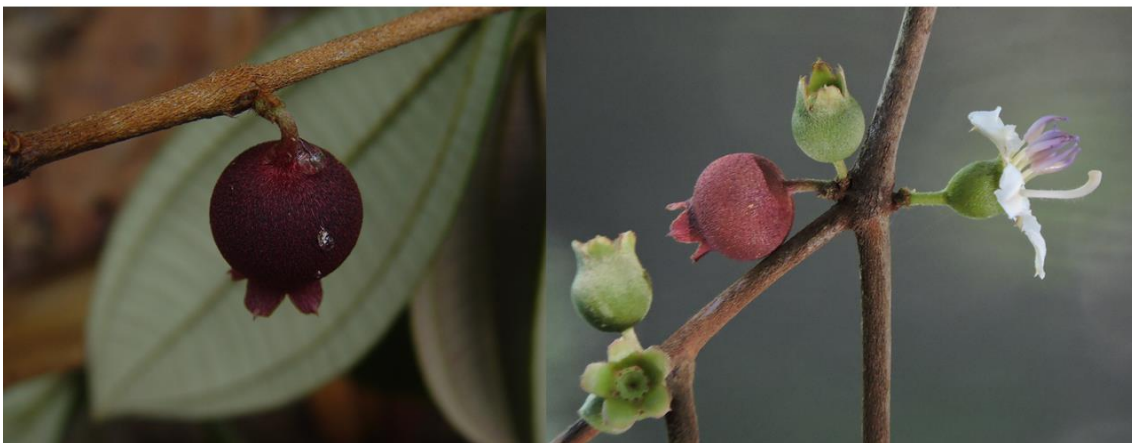


Figura 1: Ramos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil. Frutos maduros ferrugíneo, frutos imaturos verdes e flor.

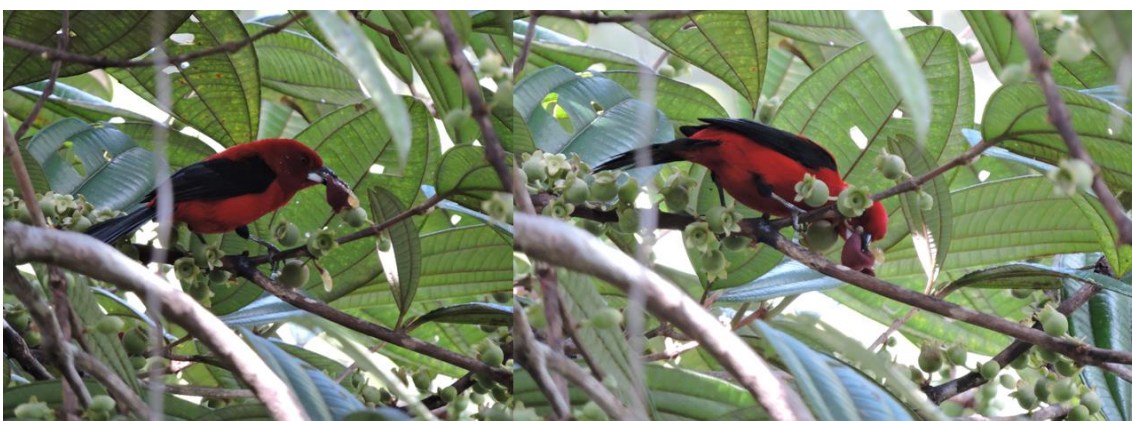


Figura 2: *Ramphocelus bresilius* (Tietê-sangue) mandibulando frutos de *Henriettea succosa* na Reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.