

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**INFLUÊNCIA DO EFEITO DE BORDA SOBRE A HERBIVORIA E A  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE *Miconia cabucu* Hoehne (Melastomataceae) EM  
DIFERENTES ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO EM UM REMANESCENTE  
DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA  
FURADA, ORLEANS, SC**

**Gabriela Thomaz da Silva**

Criciúma, SC  
2012

GABRIELA THOMAZ DA SILVA

**INFLUÊNCIA DO EFEITO DE BORDA SOBRE A HERBIVORIA E A  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE *Miconia cabucu* Hoehne (Melastomataceae) EM  
DIFERENTES ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO EM UM REMANESCENTE  
DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA  
FURADA, ORLEANS, SC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração:  
Ecologia e Gestão de Ambientes Alterados

Orientadora: Profa. Dra. Birgit Harter-Marques  
Co-Orientadora: Profa. Dra. Patrícia de Aguiar Amaral

Criciúma, SC  
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S586i Silva, Gabriela Thomaz da.  
Influência do efeito de borda sobre a herbivoria e a composição química de *Miconia Cabucu Hoehne* (Melastomataceae) em diferentes estágios de desenvolvimento em um remanescente de floresta ombrófila densa do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans,SC / Gabriela Thomaz da Silva; orientadora: Birgit Harter-Marques, co-orientadora: Patricia de Aguiar Amaral. – Criciúma, SC : Ed. do Autor, 2013.  
76 p. : il. ; 21 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma-SC, 2013.

1. Pixiricão. 2. Herbivoria. 3. Insetos herbívoros. 4. Relação inseto-planta. I. Título.

CDD. 22<sup>a</sup> ed. 583.76

Bibliotecária Rosângela Westrupp – CRB 14º/364  
Biblioteca Central Prof. Eurico Back - UNESC

Folha de aprovação e parecer

*À minha família.*

*Aos meus pais, Tânia, que sempre me apoiou e nunca mediu esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos, e Paulo (in memoriam) que me ilumina e me guia pelos caminhos a serem percorridos.*

*Dedico...*

## AGRADECIMENTOS

À minha família, Tânia, Carol e Paulinha, pelo carinho, pelo amor e pela força que sempre me deram para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Birgit Harter-Marques, por acreditar em mim, pelos ensinamentos, e principalmente pela amizade durante estes dois anos de mestrado.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia de Aguiar Amaral, pela confiança em mim depositada, pelo empenho, disponibilidade e objetividade durante a co-orientação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Álvaro Back pela imensa paciência e disposição, por toda ajuda com as análises estatísticas, e disponibilidade dos dados climáticos.

Ao Alan, por toda a ajuda e ensino em laboratório, paciência e amizade.

Aos Biólogos, Ismael, Alencar e Peterson, pela ajuda fundamental em campo.

À CAPES pela bolsa de estudos no Mestrado.

À Fundação do Meio Ambiente (FATMA), Vanessa e André, pela atenção e disponibilidade do acesso à área de estudo.

À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, por seus ensinamentos e momentos de descontração dentro e fora da sala de aula.

Aos colegas da turma 2010 do Mestrado em Ciências Ambientais, Aline, Camila, Caroline, Daniel, Edevar, Erilson, Joao, Kelly, Mainara, Pedro, Priscila, Rudnei e Thaianne, por tornarem os momentos em sala de aula e saídas de campo mais divertidas e inesquecíveis.

Aos colegas do Laboratório de Interação Animal-Planta, Brunno, Isma, Mai, Mari, e Riti por todo auxílio, conversas e bagunça durante e fora das horas de trabalho no laboratório.

Ao Pedro e Pedrinho, pela amizade que começou e ainda vai continuar e, porque simplesmente não poderiam faltar aqui!

Às minhas queridas amigas, Mainara e Patrícia, que além da amizade incondicional foram minhas parceiras, professoras e até quase mães, e compartilharam junto comigo, com muita paciência e motivação todos meus momentos, de crise ou alegria.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade!

Muito obrigada!

*“A verdadeira viagem de descoberta não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos.” (Marcel Proust)*

## RESUMO

A herbivoria, relação entre as plantas que são consumidas ou danificadas por animais, incluindo os insetos, e a reação desenvolvida pelas plantas como mecanismos de defesa, é uma interação fundamentais para a conservação e manutenção de ecossistemas e da biodiversidade, pois influencia na evolução, distribuição espacial e na dinâmica populacional das plantas de uma comunidade. O presente estudo teve por objetivo avaliar a influencia do efeito de borda na herbivoria e nos mecanismos de defesa química foliar de *Miconia cabucu* Hoene (Melastomataceae) em diferentes estágios de desenvolvimento, assim como identificar se existem variações ao longo do ano junto aos fatores climáticos. Para análise dos índices de herbivoria foram escolhidas folhas novas e maduras de 40 indivíduos em ambientes de borda e interior de um remanescente de Floresta Ombrófila Densa Montana, situado no município de Orleans, SC. As análises químicas foram realizadas a fim de detectar os metabólitos secundários presentes em folhas novas e maduras de diferentes estágios de desenvolvimento e diferentes ambientes. Indivíduos jovens foram em geral, mais atacados que indivíduos adultos, sendo que os maiores índices de herbivoria foram observados para folhas maduras de indivíduos jovens da borda e do interior. As análises químicas apresentaram resultados positivos para polifenóis, flavonóides, taninos, e cumarinas; não foi constatada a presença de alcalóides, antraquinonas, saponinas e heterosídeos cardiotônicos. Folhas maduras apresentaram maior concentração de polifenóis e flavonóides, sendo que a borda obteve maiores teores no verão e o interior maiores teores no inverno. A umidade relativa do ar e a pluviosidade foram correlacionadas positivamente com os índices de herbivoria enquanto a insolação e fotoperíodo foram correlacionados negativamente. Até o momento existem poucos estudos que abordem a herbivoria em áreas preservadas da Mata Atlântica, o presente estudo mostrou que *M. cabucu* foi consideravelmente predada por insetos herbívoros, sendo que folhas maduras sofreram maiores danos, e também foram as mais protegidas quimicamente, o que indica uma adaptação ou imunidade dos insetos a estas defesas.

Palavras-chave: interação inseto-plantas, pixiricão, taxas de herbivoria, compostos secundários, Mata Atlântica.



## ABSTRACT

Herbivory is a relationship between plants that are consumed or damaged by animals, including insects, and the reaction developed by plants as defense mechanism, is a fundamental interaction for conservation and maintenance of ecosystems and biodiversity because it influences on evolution, space distribution and on population dynamics of a plant community. This study aims to evaluate the influence of edge effect on herbivory rates and the chemical defense mechanism from leaves of *Miconia cabucu* Hoene (Melastomataceae) of different development stages and different environments, as well as identify if variations of these data exists in relation to seasonality and climatic factors. Young and mature leaves of 40 individuals were sampled at the edge and the interior of the remnant forest for the herbivory analysis. The chemical analysis was accomplished in order to detect the secondary compounds in young and mature leaves of different development stages and different environments. Young individuals were in general, more attacked than adults, and the higher herbivory rates were observed for mature leaves of young individuals, from the edge and interior. The chemical analysis presented positive results for phenolic compounds, flavonoids, tannins, and cumarins; it was not verified the presence of alkaloids, quinones, saponins and cardiotoxic heterosides. Mature leaves presented higher phenolic compounds and flavonoids concentration, and, the edge higher contents in the summer, and the interior, higher contents in the winter. The relative humidity of air and the pluviosity were positively correlated with the herbivory rates, while the insolation and photoperiod were negatively correlated. Until now, there are few studies approaching herbivory in preserved areas of Atlantic Forest, the present study showed that *Miconia cabucu* was notable consumed by herbivorous insects, and its mature leaves suffered higher damage beyond more chemical protected, which indicates an adaption or immunity of insects to these defenses.

Key-words: insect-plants interactions, pixirica, herbivory rates, secondary compounds, Atlantic Forest.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa de localização do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans, SC..... 26
- Figura 2 - Área do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans, SC. .... 26
- Figura 3 - Foto aérea parcial do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans, SC, com destaque em amarelo para a área estudada, e em vermelho para a sede do Parque. .... 27
- Figura 4 - Indivíduos selecionados para coleta das folhas para a extração dos compostos secundários. A= indivíduo jovem marcado no interior. B= indivíduo adulto marcado na borda da área remanescente. .... 28
- Figura 5 - Armazenamento do material, preparado a partir da moagem das folhas..... 29
- Figura 6 - Lagartas do gênero *Hylesia* (Saturniidae) alimentando-se de folhas de *Miconia cabucu*. .... 34
- Figura 7 - Curva padrão de determinação dos teores de polifenóis e flavonóides com ácido gálico e quercetina, respectivamente, encontrados nas amostras analisadas..... 40
- Figura 8 - Concentração de polifenóis totais, dados em mg/L, para cada amostra analisada nas quatro estações. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura. .... 42
- Figura 9 - Concentração de flavonóides dados em mg/L para cada amostra analisada nas quatro estações. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura. .... 43
- Figura 10 - Relação dos índices de herbivoria amostrados ao longo do período de estudo e dados climáticos. A= IH em folhas novas de indivíduos jovens de borda em relação à umidade relativa do ar. B= IH em folhas novas de indivíduos adultos de borda em relação à umidade relativa do ar. C= IH em folhas maduras de indivíduos adultos do interior em relação à umidade relativa do ar. D= IH em folhas novas de indivíduos adultos de borda em relação à pluviosidade. Legenda: B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura. .... 45
- Figura 11 - Relação dos índices de herbivoria amostrados ao longo do período de estudo e dados climáticos. A= IH em folhas novas de indivíduos adultos de borda em relação à insolação. B= IH em folhas maduras de indivíduos adultos de borda em relação à insolação. C= IH em folhas maduras de indivíduos adultos do interior em relação à insolação. D= IH em folhas maduras de indivíduos adultos do interior em relação ao fotoperíodo. .... 46
- Figura 12 - Relação do teor de flavonóides detectado em cada estação, e dados climáticos. A= Teor de flavonóides detectado em folhas novas de indivíduos jovens do interior da área remanescente estudada em relação à pluviosidade. B= Teor de flavonóides detectado em folhas novas de indivíduos jovens do interior do remanescente em relação à pluviosidade.... 48

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Média dos índices de herbivoria de cada ambiente, idade da planta e maturidade foliar, calculados para cada mês amostrado. Os índices marcados com um \* mostram onde houve maiores índices de herbivoria em folhas maduras com diferença significativa ( $p < 0,05$ ). ..... 36
- Tabela 2 - Média dos índices de herbivoria de cada ambiente, idade da planta e maturidade foliar, calculados para cada estação. Os índices marcados com um \* mostram onde houve maiores índices de herbivoria em folhas maduras com diferença significativa ( $p < 0,05$ ). ..... 37
- Tabela 3 - Detecção dos compostos secundários encontrados em *Miconia cabucu*, apresentando a presença (+) ou ausência (-) do composto. .... 39
- Tabela 4 - Concentração de polifenóis totais encontrados nas folhas de *Miconia cabucu* dados em mg/L, por meio de curva-padrão com ácido gálico. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura. .... 41
- Tabela 5 - Concentração de flavonóides encontrados nas folhas de *Miconia cabucu* dados em mg/L, por meio de curva-padrão com quercetina. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura. .... 41
- Tabela 6 - Resultados do Teste de Tukey para as concentrações de polifenóis entre as estações. .... 42
- Tabela 7 - Resultados do Teste de Tukey para as concentrações de flavonóides entre as estações. .... 42

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
<b>1.1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 FRAGMENTAÇÃO E OS EFEITOS DE BORDA .....	14
2.2 INTERAÇÃO INSETO-PLANTA.....	15
2.3 HERBIVORIA .....	16
2.4 MECANISMOS DE DEFESA DAS PLANTAS .....	18
<b>2.4.1 Compostos secundários .....</b>	<b>20</b>
2.5 <i>Miconia cabucu</i> Hoehne (MELASTOMATACEAE) .....	23
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	25
3.2 AMOSTRAGEM.....	27
3.3 ANÁLISES FITOQUÍMICAS .....	28
<b>3.3.1 Compostos Fenólicos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2 Terpenos .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.3 Compostos Nitrogenados .....</b>	<b>31</b>
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
4.1 ÍNDICES DE HERBIVORIA .....	34
4.2 ANÁLISES FITOQUÍMICAS .....	38
4.3 INTERAÇÕES, FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS .....	44
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o atual avanço da fragmentação das florestas nativas e os impactos provocados pela ação antrópica, os fragmentos estão cada vez mais isolados e com maiores áreas de borda, o que pode acabar resultando na perda de biodiversidade, recursos naturais e diversas interações biológicas (COSTA, 2003; ROCHA, 2006;). Entre estas interações, estão as das plantas e insetos, representantes dos maiores grupos de organismos e que dependem diretamente da disponibilidade dos recursos naturais presentes nas florestas que estão sendo alteradas (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998).

Grande parte dos insetos possui uma alimentação restrita a vegetais, sendo chamados insetos herbívoros, que podem se alimentar das plantas de diversas maneiras e intensidades (HERRERA, 2002). A escolha do consumo de diferentes partes vegetais pelos insetos ocorre muitas vezes devido ao conteúdo nutricional e palatabilidade oferecidos pela planta. A herbivoria pode afetar o crescimento, a reprodução e até a sobrevivência de várias espécies vegetais (BARBOSA et al., 2005). Entretanto, o ataque de insetos herbívoros atua como uma pressão seletiva (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012), que pode ocasionar o desenvolvimento de mecanismos de defesa das plantas contra o ataque dos herbívoros (HERRERA, 2002).

Estes mecanismos de defesa desenvolvidos pelas plantas podem estar naturalmente presente nas plantas ou podem ser produzidos e ativados após o ataque de um herbívoro (HERRERA, 2002; CHEN, 2008). Algumas defesas possuem características que dificultam especialmente a alimentação e locomoção dos insetos (LARA, 1991; COLEY; BARONE, 2001; MÜLLER, 2008), enquanto outras incluem substâncias que geralmente repelem ou intoxicam os herbívoros (COLEY; BARONE, 2001). A produção de substâncias químicas para a defesa contra a herbivoria pode comprometer outras funções importantes da planta, pois como requerem matéria e energia, sua síntese e armazenamento vão exigir algum custo, podendo influenciar de maneira adversa o crescimento da planta e redirecionar recursos que poderiam ser utilizados em outros processos importantes (CORNELISSEN; FERNANDES, 2001).

Essas substâncias químicas são os compostos ou metabólitos secundários de três grandes grupos que são quimicamente distintos, dos quais os principais atuantes na defesa da planta contra os herbívoros são os compostos fenólicos, compostos nitrogenados e os terpenos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Os compostos secundários não interferem no metabolismo primário da planta e também não apresentam qualquer significância nutricional aos insetos

(SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998). A composição química de um vegetal pode ser bastante heterogênea em uma mesma planta (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998), e sua quantidade também pode variar entre os diferentes tecidos (HERRERA, 2002). Segundo Coley (1983), as partes de uma planta em crescimento são quimicamente melhor protegidas do que outras partes já maduras, porém apresentam maiores taxas de herbivoria por serem mais macias e mais nutritivas. O mesmo autor sugere, que somente para as folhas adultas existem diferenças de herbivoria quanto ao ambiente no qual ocorrem (borda ou interior da floresta) e que espécies pioneiras na borda seriam mais danificadas que espécies no interior da floresta por sofrerem diretamente influências de fatores abióticos.

Conhecida popularmente como pixiricão, *Miconia cabucu* Hoehne é uma espécie nativa e pioneira de rápido crescimento, com distribuição geográfica nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, sendo frequente em formações secundárias da Mata Atlântica (MEDEIROS; MORRETES, 1995; GOLDENBERG, 2004; CARVALHO, 2008; WANDERLEY et al., 2009). Para o Estado de Santa Catarina, ainda são poucos os estudos aplicados à defesa química de espécies pioneiras presentes nos diversos fragmentos da Mata Atlântica da região. Atualmente, o conhecimento sobre a espécie se restringe principalmente aos estudos taxonômicos e fitogeográficos de Goldenberg (2004) no Estado do Paraná, estudos da anatomia e morfologia vegetal de Medeiros (1995) e de Rodrigues et al. (2006), estudando a química dos compostos secundários. Em relação à herbivoria, Medeiros (1995) verificou que *Miconia cabucu* apresenta características referentes à idade foliar, tamanho e composição de compostos para defesa química bastante incomum em relação ao que é proposto pela literatura.

Devido à abundância de espécies do gênero *Miconia* na família Melastomataceae e da importância que as espécies pioneiras como a *M. cabucu* tem para a regeneração de áreas remanescentes e fragmentadas e para a recuperação de matas ciliares (CITADINI-ZANETTE, 1995; LORENZI, 2009), se faz necessário a realização de mais estudos aplicados à interação entre os animais e as plantas da região, para melhor entendimento e manutenção da biodiversidade local. O estudo presente visa compreender a interação entre *Miconia cabucu* e herbívoros em um remanescente de Floresta Ombrófila Densa Montana, no município de Orleans, Santa Catarina.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Compreender influência do efeito de borda sobre a herbivoria e a composição química de *Miconia cabucu* Hoehne em diferentes estágios de desenvolvimento em um remanescente de Floresta Ombrófila Densa Montana do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans, SC.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar as taxas de herbivoria das folhas novas e maduras de *Miconia cabucu* entre indivíduos do mesmo e de diferentes estágios de desenvolvimento (juvenis e adultos), presentes na área remanescente florestal;
- Avaliar as taxas de herbivoria das folhas novas e maduras de *Miconia cabucu* entre indivíduos da borda e do interior do remanescente florestal estudado;
- Detectar compostos secundários das folhas novas e adultas comparando-as entre o mesmo indivíduo, entre indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento e entre a borda e o interior do remanescente;
- Verificar se existe variação das taxas de herbivoria em relação à concentração dos compostos secundários e em relação à estação do ano junto a fatores climáticos como: temperatura, pluviosidade, umidade do ar e radiação solar.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 FRAGMENTAÇÃO E OS EFEITOS DE BORDA

A fragmentação florestal é o resultado do isolamento de florestas nativas onde áreas de vegetação natural são interrompidas por barreiras naturais ou antrópicas (THOMAZINI; THOMAZINI, 2000; RIBEIRO; RAMOS; SANTOS, 2009). A estrutura e composição da vegetação de florestas constituem um dos componentes mais importantes do ecossistema, fornecendo habitats e fontes de alimento para a fauna (HARPER et al., 2005). Quando se tornam pequenas e isoladas umas das outras, as florestas acabam resultando em áreas de fácil acesso para a população humana para introdução de gado, queimadas e a caça de animais silvestres, vulnerabilizando cada vez mais os fragmentos florestais (TONHASCA JUNIOR, 2005).

Além de fatores como tamanho, forma e grau de isolamento, fragmentos isolados apresentam em seu entorno uma nova e maior área de borda e, como consequência, ficam sujeitos à maior exposição de efeitos abióticos como vento, luminosidade, temperatura e umidade, influenciando assim a composição e a estrutura do fragmento florestal (ZARIN et al., 2005). A borda de um fragmento é o resultado da interação entre dois ecossistemas adjacentes separados por uma transição abrupta (MURCIA, 1995), um limite físico formado após a fragmentação que fica exposta a uma paisagem antrópica (RIBEIRO; RAMOS; SANTOS, 2009). O impacto que a fragmentação causa não se restringe apenas ao entorno do fragmento, mas pode também atingir áreas centrais mais protegidas distantes deste limite, aumentando, desta forma, os efeitos de borda (RODRIGUES; NASCIMENTO, 2006).

Murcia (1995) aponta três tipos de efeito de borda que ocorrem nos fragmentos: efeitos abióticos, efeitos bióticos diretos e efeitos bióticos indiretos. O primeiro envolve as mudanças nas condições físicas ambientais, como o microclima local, permitindo maior incidência de luz, variação na temperatura e umidade do ar e do solo. Os efeitos bióticos diretos são as consequências das mudanças físicas no ambiente, que podem alterar a composição, abundância e distribuição das espécies no fragmento. Estas alterações na estrutura do fragmento são capazes de influenciar a dinâmica das interações entre as espécies, como a predação, polinização, dispersão de sementes e herbivoria, sendo estes, os fatores afetados pelos efeitos biológicos indiretos.



As consequências da fragmentação relacionadas aos efeitos de borda influenciam diretamente a estrutura das comunidades vegetais e animais, podendo implicar na restrição da aptidão, causando a redução de populações de diversas espécies que dependem particularmente de um habitat, e podendo, em última instância, causar a extinção local da população (ROCHA, 2006). As espécies não são afetadas da mesma forma pelo processo de fragmentação; algumas populações são compostas por espécies que apresentam características morfológicas e fisiológicas bastante distintas, capazes de apresentar diferentes limites de tolerância quanto às mudanças dos habitats disponíveis, podendo, inclusive, afetar toda a comunidade de uma região fragmentada (CERQUEIRA et al., 2005; DAJOZ, 2005).

## 2.2 INTERAÇÃO INSETO-PLANTA

Indivíduos de diversas espécies coexistem e interagem uns com os outros, compõem uma população e estruturam comunidades e ecossistemas (DAJOZ, 2005; DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012). Populações que incluem plantas e insetos compreendem uma assembleia considerada como uma comunidade inseto-planta, sendo que essas populações interagem de diversas formas. As plantas e os insetos representam os taxa mais representativos entre os organismos, tanto em abundância de espécies como em quantidade de biomassa (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998).

A base para a irradiação dos animais é, essencialmente, a disponibilidade dos recursos oferecidos pelas plantas. A maior parte dos animais terrestres, incluindo os insetos, depende da produção autotrófica, seja de forma direta para alimentação e abrigo, ou de forma indireta para proteção, como por exemplo, contra predadores e parasitas (HERRERA, 2002). Os insetos que utilizam as plantas como abrigo, também precisam entrar em confronto com fatores bióticos e abióticos, como a coabitação com outros indivíduos, incluindo competidores e inimigos naturais, e a adaptação a um microclima específico, respectivamente, e, muitas vezes, precisam lidar com os efeitos induzidos por patógenos da planta hospedeira (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998).

Uma espécie vegetal pode ser a principal ou única fonte de recursos primários disponíveis para a grande maioria dos animais (DAJOZ, 2005). A quantidade e a variedade de formas e a história de vida dos insetos que se alimentam das plantas acabam naturalmente também diversificando as espécies vegetais, considerando-se, então, a interação entre os insetos e plantas como uma relação fundamental para o conhecimento e entendimento de

como funciona a biodiversidade e a vida na Terra (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998).

### 2.3 HERBIVORIA

A interação na qual um animal obtém energia, alimentando-se de um produtor primário, uma planta fotossintética, chama-se herbivoria. Cerca de 18% da biomassa vegetal terrestre é removida por animais herbívoros, sendo este dano provocado às plantas podendo ser atribuído tanto à alimentação de animais mamíferos quanto à de diversos grupos de invertebrados, principalmente a de insetos, e à alguns tipos de patógenos (HERRERA, 2002, SEVEGNONI, 2007). Em todo o Reino Animal, os insetos são o grupo dominante em riqueza, representados por mais de 1.100.000 espécies (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012), onde metade deles são insetos fitófagos, ou seja, dependentes de material vegetal para a sobrevivência (SCHAEILLER, 2008). Os insetos herbívoros podem se alimentar de diversas maneiras e englobando diferentes tipos de interação que diferem quanto à duração e mortalidade da planta. A predação de sementes ou de mudas pode matar imediatamente o indivíduo atacado, já no caso de folhas ou outras partes maduras da planta raramente causam a mortalidade (HERRERA, 2002).

A herbivoria não ocorre em todos os grupos de insetos; algumas ordens podem ser quase exclusivamente herbívoras enquanto outras podem apresentar uma menor frequência ou a ausência da herbivoria, ou ainda grupos que incluem espécies predatórias e parasitas. Sob o ponto de vista do inseto, existem diferentes tipos de alimentação na qual o herbívoro pode obter sua fonte de energia, por meio de alimentação externa ou interna (HERRERA, 2002) e a preferência por partes e tecidos diferentes da planta, que mostra a especialização que os insetos desenvolveram em suas dietas (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998).

Os insetos que se alimentam externamente, como os mastigadores, incluem diversos membros das ordens Lepidoptera, Orthoptera, Coleoptera e Hymenoptera, por exemplo, que possuem mandíbulas que cortam e maceram os tecidos vegetais podendo ingerir até grandes pedaços do material. Outros insetos, sobretudo os Hemípteros, extraem seus nutrientes por meio de um aparelho bucal especializado, sugando fluidos da planta hospedeira. A alimentação interna da planta inclui os insetos minadores, broqueadores e galhadores. Minadores vivem e se alimentam do tecido parenquimático entre as epidermes da folha durante seu estágio larval. Os broqueadores possuem hábitos variados que os permitem se

alimentar de material vivo, morto ou em decomposição e em diferentes partes da planta. Os insetos galhadores podem induzir em várias partes da planta a formação de galhas, manipulando o tecido da planta hospedeira para alimentarem-se com recursos ricos em nutrientes do tecido alterado (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998, HERRERA, 2002).

Assim como outros animais, os insetos também requerem gorduras, proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais em sua dieta. No entanto, alguns nutrientes mais complexos, como os aminoácidos essenciais e esteróis, são difíceis de sintetizar, portanto os insetos precisam obter esses nutrientes de suas plantas hospedeiros (HERRERA, 2002). Essa exigência nutricional dos herbívoros pode variar entre as espécies, entre estágios de desenvolvimento e até entre condições ambientais. O conteúdo de nitrogênio é um dos principais fatores que determinam o valor da planta para o inseto, assim como a dureza foliar, que afeta tanto a alimentação como o crescimento do herbívoro (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998). Em geral, as folhas mais novas de uma planta são mais predadas por possuírem maior palatabilidade aos insetos, são mais macias pelo menor conteúdo de fibras e mais nutritivas. Porém, também possuem uma maior concentração de compostos secundários, o que pode explicar a preferência por insetos herbívoros especialistas. Já as folhas maduras, apesar de sua dureza, são consumidas especialmente por insetos mais generalistas por não apresentarem alta toxicidade (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998, CORNELISSEN; FERNANDES, 2001;).

Os efeitos que os herbívoros podem causar a uma planta vão depender basicamente de quais herbívoros estão envolvidos, do momento de ataque em relação ao desenvolvimento da planta, e das partes que foram atacadas (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Quando o dano causado pelos herbívoros ocorre na raiz, pode haver uma redução ou o impedimento da captura de água e nutrientes do solo, tornando a planta mais susceptível à tombamentos, alagamentos e à erosão do solo. O consumo de seiva do floema reduz a quantidade de energia e nutrientes, que são essenciais para o crescimento e reprodução da planta, enquanto a perda de material foliar por insetos desfolhadores acaba reduzindo a área de superfície fotossintética da planta. Quando o dano ocorre pelo consumo de flores, frutos e sementes, o potencial reprodutivo da planta pode ser comprometido (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

A elevada diversidade e biomassa de insetos herbívoros, apesar de seus diminutos tamanhos, fazem com que sejam considerados os organismos mais impactantes para a vegetação. Altas taxas de herbivoria podem alterar processos reguladores da dinâmica do ecossistema terrestre, afetando crescimento, reprodução e sobrevivência das espécies vegetais,

além de poder modificar a demografia e diversidade de certas populações (BARBOSA et al., 2005). Gurevitch; Scheiner; Fox (2009) apontam que os efeitos da herbivoria em nível de comunidade podem aumentar ou diminuir a diversidade vegetal, trazendo consequências intensas para a riqueza, composição e abundância na comunidade. Insetos fitófagos que são especialistas se alimentam somente de uma única espécie ou um grupo restrito de espécies aparentadas, enquanto o comportamento dos herbívoros que atuam como generalistas, os quais se alimentam de uma diversidade de espécies de plantas, podem manter e garantir a diversidade vegetal permitindo assim o estabelecimento de um maior número de espécies vegetais (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

Embora a herbivoria seja muitas vezes classificada como uma ação com impactos negativos sobre as plantas, em determinadas circunstâncias seus efeitos também podem ser benéficos (ZVEREVA; KOZLOV, 2001). Alguns estudos sugerem que insetos herbívoros podem reduzir o sucesso reprodutivo e o fitness da planta hospedeira (MARQUIS, 1984, MARON; GARDNER, 2000; ZVEREVA; KOZLOV, 2001), enquanto outros sugerem que os insetos podem influenciar na evolução, distribuição espacial, e na dinâmica populacional das plantas (HERRERA et al., 2002, BARBOSA et al., 2005, GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009;). A herbivoria não acontece de maneira isolada, está sempre cercada por diversas interações e seus efeitos vão depender tanto das espécies envolvidas quanto das propriedades da planta danificada. A compreensão destes efeitos não depende apenas de classificações e descrições, mas de um sistema extremamente complexo de respostas a essas interações.

#### 2.4 MECANISMOS DE DEFESA DAS PLANTAS

Embora o consumo por herbivoria raramente ultrapasse 10% da biomassa vegetal de uma floresta (RICKLEFS, 2003), essa perda geralmente é maior do que a própria capacidade de distribuição e reprodução das plantas, que ainda assim, precisam manter-se disponíveis para o consumo intenso dos herbívoros. A biomassa vegetal disponível no ambiente não significa necessariamente que seja acessível como alimento para os herbívoros, e a composição química dos insetos é geralmente diferente da composição das plantas. Portanto, as plantas desenvolveram mecanismos para a defesa de seus órgãos e tecidos contra o ataque dos insetos herbívoros, defendendo-se física e quimicamente (HERRERA, 2002).

Essas defesas são adaptações desenvolvidas pelas plantas, que podem estar naturalmente presentes em algumas espécies, ou podem ser induzidas apenas quando atacadas

(HERRERA, 2002). A natureza e a quantidade de defesa que as plantas apresentam podem ser determinadas através dos recursos disponíveis no habitat em que se encontram (CORNELISSEN; FERNANDES, 2001). Segundo Chen (2008), os mecanismos de defesa das plantas podem ser diferenciados em constitutivos ou induzidos. As defesas constitutivas incluem barreiras físicas e químicas que estão naturalmente presentes na planta antes do ataque de um herbívoro (CHEN, 2008) e geralmente são fatores determinantes para o consumo e palatabilidade dos ramos, folhas e outras partes da planta (COLEY et al., 1985). Já as defesas induzidas, que são ativadas após o ataque, podem ser diretas afetando a suscetibilidade de um inseto preda a planta, ou indiretas atuando, por exemplo, na atração de inimigos naturais do predador (CHEN, 2008).

As características físicas ou morfológicas da planta que atuam como estruturas de defesa afetam negativamente os insetos e as previnem contra maiores danos (LARA, 1991). Em geral, defesas físicas atuam na redução da acessibilidade e prevenção da remoção dos tecidos da planta (COLEY; BARONE, 2001). A epiderme, superfície externa dos vegetais, funciona como a principal defesa física, sendo o local de primeiro contato entre o inseto e a planta (MÜLLER, 2008). Na maioria das vezes, texturas duras e a espessura da cutícula se tornam uma barreira mecânica e, junto com estruturas como tricomas, espinhos e acúleos, dificultam a locomoção, fixação ou penetração dos herbívoros na epiderme (LARA, 1991; MÜLLER, 2008). Estas estruturas presentes na epiderme podem apresentar diversas formas e tamanhos e, além de fornecerem resistência à planta, dificultam a permanência do hospedeiro, podendo também conter substâncias tóxicas ou repelentes aos herbívoros (LARA, 1991).

A composição química de um vegetal pode ser bastante heterogênea em uma mesma planta (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998), e sua quantidade também pode variar entre os diferentes tecidos. Na maioria das vezes, o local de produção não é o mesmo que possui as maiores concentrações (HERRERA, 2002). Fatores como a localização da planta são extremamente relevantes para a influência química da mesma. A exposição direta ao sol e características como a pobreza do solo afetam diretamente as plantas (PRUDENCIO; CAPORAL; FREITAS, 2007).

As substâncias químicas que são produzidas pelas plantas podem ser consideradas muitas vezes como os principais e mais importantes fatores controladores do comportamento de insetos fitófagos (CORNELISSEN; FERNANDES, 2001). Defesas químicas vegetais se destacam quando comparadas às físicas, pois podem agir na detenção e envenenamento de inimigos (COLEY; BARONE, 2001). Para que seja considerada realmente como defesa, Herrera (2002) aponta que os produtos químicos da planta devem apresentar algumas

características, como mostrar melhor aptidão quando comparadas com outras plantas com menor quantidade ou ausência da substância química. A presença dessas substâncias pode deter muitos herbívoros contra o ataque às plantas, entretanto, quase todas as espécies vegetais possuem uma série de insetos especializados que se adaptaram a essas propriedades químicas para o próprio benefício, como por exemplo, utilizando-as como atrativos, estimulantes de alimentação, e como recurso de toxinas para defesa contra inimigos naturais (HERRERA, 2002).

Existem diversos fatores que podem influenciar a composição química nos vegetais, tais como, a idade da planta, o tipo de solo e a sazonalidade (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012). A produção de substâncias químicas para a defesa contra a herbivoria é suposta como uma relação que pode comprometer outras funções importantes da planta, já que requerem matéria e energia, sua síntese e armazenamento vão exigir algum custo (CORNELISSEN; FERNANDES, 2001). Segundo estes mesmos autores, essa produção pode influenciar de maneira adversa o crescimento da planta, e redirecionar recursos que poderiam ser utilizados em processos de diferenciação como brotamento e produção de folhas.

#### **2.4.1 Compostos secundários**

O metabolismo primário das plantas inclui ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos, etc. e, junto com as reações bioquímicas básicas de uma planta, como a respiração e fotossíntese, evoluíram na produção de uma ampla variedade de substâncias secundárias. Essas substâncias são os compostos ou metabólitos secundários, substâncias que, a princípio, eram aplicadas apenas à medicina, como drogas, venenos, aromatizantes e produtos industriais. Atualmente, sabe-se de suas funções ecológicas que atuam na proteção contra insetos herbívoros e patógenos e na interação entre polinizadores e dispersores de sementes (TAIZ; ZEIGER, 2004). A síntese de compostos secundários pouco interfere no metabolismo primário da planta e não apresenta, na maioria das vezes, qualquer significância nutricional aos insetos (SCHOONHOVEN; JERMY; LOON, 1998).

Esses compostos possuem um metabolismo e bioquímica únicos, que caracterizam cada espécie vegetal e as oferece um elemento de diferenciação e especiação, que possibilita a garantia de sobrevivência e propagação em seus ecossistemas (SANTOS, 2003). Atualmente, já foram identificados mais de 100.000 compostos secundários (HERRERA, 2002) e, segundo Taiz e Zeiger (2004), esses compostos podem ser divididos em três grandes grupos que são

quimicamente distintos entre si e apresentam uma distribuição bastante restrita no reino vegetal, ou seja, são altamente específicos à espécie. Os principais grupos de compostos secundários que atuam na defesa das plantas contra os herbívoros são: os compostos fenólicos, os terpenos e os compostos nitrogenados (TAIZ; ZEIGER, 2004; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

Os compostos fenólicos são os produtos secundários das plantas que apresentam um grupo hidroxila funcional ligado a um anel aromático (TAIZ; ZEIGER, 2004; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001), sendo possivelmente os compostos mais comuns na defesa química das plantas (COLEY; BARONE, 2001). Estes metabólitos compreendem um grupo bastante heterogêneo, com cerca de 10.000 compostos já identificados (TAIZ; ZEIGER, 2004). Seus produtos são os mais estudados e conhecidos, especialmente por estarem presentes em todas as partes de uma planta (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). De uma forma geral, os compostos fenólicos podem atuar na defesa das plantas contra herbivoria e outros patógenos, no suporte mecânico, na atração de animais polinizadores e dispersores de sementes e também reduzindo o crescimento de plantas competidoras mais próximas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os flavonóides constituem a maior classe dentro do grupo de compostos fenólicos, contendo antocianinas, pigmentos importantes presentes nos vacúolos das células, e flavonas e flavonóis, que protegem as células contra os danos do excesso de radiação ultravioleta (TAIZ; ZEIGER, 2004; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). Quando os flavonóides encontram-se em múltiplas unidades, são chamados de taninos (COLEY; BARONE, 2001), substâncias que podem reduzir de maneira significativa o crescimento e a sobrevivência de muitos insetos herbívoros (TAIZ; ZEIGER, 2004). Os taninos agem como repelentes alimentares para uma vasta gama de animais, podendo inativar enzimas digestivas e fazer com que o alimento se torne de sabor adstringente (TAIZ; ZEIGER, 2004; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

Os produtos da oxidação de fenóis são chamados de quinonas, onde as antraquinonas são as mais conhecidas, devido a seu alto número presente na natureza. As antraquinonas possuem um papel na defesa das plantas, apresentando toxicidade para diversos insetos herbívoros, proteção contra fungos e alelopatia, onde a planta libera substâncias no ambiente que são capazes de inibir o crescimento de plantas competidoras (FALKENBERG, 2003). Cumarinas são também constituintes fenólicos derivados do metabolismo da fenilalanina e estão amplamente distribuídas no reino vegetal, podendo ser encontradas em todas as partes de uma planta (KUSTER; ROCHA, 2003). As cumarinas possuem odor fragrante

característico e acentuado e sabor aromático ardente e amargo (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Altos níveis de cumarina nas plantas são considerados tóxicos para potenciais herbívoros, causando efeitos anticoagulantes e estrogênicos para alguns insetos (DIXON; PAIVA, 1995).

Os terpenos compreendem o maior grupo de compostos secundários, estando presente em todas as plantas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). São bastante diversificados quimicamente, podendo formar outros compostos secundários quando associados com outras moléculas como, por exemplo, os óleos essenciais e o látex (COLEY; BARONE, 2001). Uma planta pode sintetizar vários terpenóides em diferentes partes e em diferentes períodos de seu desenvolvimento, atuando de diversas maneiras (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001), como por exemplo, no crescimento e desenvolvimento vegetal e como substâncias tóxicas, que agem como deterrentes alimentares para muitos mamíferos e insetos herbívoros (TAIZ; ZEIGER, 2004). Além da ação contra herbívoros, os terpenos desempenham outras funções de grande importância nas interações entre as plantas e animais e com outros micro-organismos. Terpenos podem também ser considerados como feromônios, aleloquímicos, hormônios vegetais e agentes de atração polínica (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

Saponinas são substâncias terpênicas presentes em diversas espécies vegetais que apresentam toxicidade para muitos artrópodes, incluindo diversos insetos herbívoros (COLEY; BARONE, 2001). A toxicidade das saponinas é atribuída à capacidade da substância de formar complexos com esteróis, que são importantes para a muda de muitos insetos. Esses complexos interferem a absorção dos esteróis pelo sistema digestivo dos animais, desorganizando as membranas celulares depois que entram na corrente sanguínea. Assim, a ação das saponinas acaba interferindo no desenvolvimento dos insetos (COLEY; BARONE, 2001; GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os heterosídeos ou glicosídeos cardiotônicos são esteróis formados pela mesma sequência de reações que formam os terpenos (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). Estão restritos a algumas famílias de Angiospermas, mas presentes em até mais de 2.500 espécies e em todos os órgãos da planta, porém com concentrações quase sempre inferiores a 1% (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012; RATES; BRIDI, 2003). Essas substâncias fornecem uma eficiente defesa contra herbívoros, pois possuem a capacidade de liberar ácido cianídrico quando a planta é atacada (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012), além de apresentarem gosto amargo, serem venenosas para muitos insetos e extremamente tóxicas



para vertebrados (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

Outros terpenóides também conhecidos em atuar na defesa das plantas contra a herbivoria são os óleos essenciais e piretróides. Óleos essenciais podem atribuir à planta aromas que atraem polinizadores, que protegem contra o ataque de fungos e bactérias e repelem insetos herbívoros. Alguns óleos podem ser produzidos e liberados apenas após o ataque do inseto para a atração de inimigos naturais dos predadores (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004). Os piretróides são terpenos com grande atividade inseticida, sendo que atualmente são empregados em inseticidas comerciais devido a sua baixa toxicidade para mamíferos, e curta persistência no ambiente (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

Compostos nitrogenados são metabólitos secundários largamente estudados devido as suas atividades farmacológicas e medicinais (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). Podem ser encontrados em cerca de 20% das plantas vasculares nas formas de glucosinolatos, aminoácidos não protéicos, glicosídeos cianogênicos e alcalóides, atuando na defesa contra herbivoria, além da toxicidade e propriedades medicinais para humanos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os alcalóides são, segundo Coley e Barone (2001), os metabólitos secundários estruturalmente e bioquimicamente mais diversificados. Atualmente, cerca de 10.000 alcalóides já foram identificados, sendo a cocaína, nicotina, morfina e cafeína os mais conhecidos (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001). Mesmo quando em baixas concentrações, os alcalóides são muito eficazes como veneno (COLEY; BARONE, 2001) e como defesa contra predadores, devido a sua toxicidade e deterrência (DEL-CLARO; TOREZAN-SILINGARDI, 2012). Muitos podem estar atuando com componentes do sistema nervoso de predadores, afetando o transporte das membranas e a síntese e atividade protéica. Após um ataque à planta contendo alcalóides, estes podem aumentar em quantidade como resposta ao dano inicial provocado por herbívoros, fortalecendo a planta contra futuros ataques (TAIZ; ZEIGER, 2004).

## 2.5 *Miconia cabucu* Hoehne (MELASTOMATACEAE)

A família Melastomataceae Juss. está entre um dos grupos mais abundantes e diversificados de Angiospermas. Na Mata Atlântica, a família apresenta uma significativa

riqueza de espécies que incluem árvores, arbustos e trepadeiras, ocorrendo nas florestas tropicais e também em áreas com vegetação perturbada (BARBARENA; BAUMGRATZ; CHIAVEGATTO, 2008; CLAUSING; RENNER, 2001; GOLDENBERG; REGINATO, 2006). A família é especialmente caracterizada por seu tipo de nervação acródroma, onde nervuras laterais se desenvolvem de um único ponto na base da folha, convergindo em direção ao ápice (BARBARENA; BAUMGRATZ; CHIAVEGATTO, 2008; CLAUSING; RENNER, 2001; FARIA, 2008; GOLDENBERG; REGINATO, 2006).

A família é representada por 166 gêneros que incluem cerca de 4.500 espécies (CLAUSING; RENNER, 2001; FARIA, 2008; GOLDENBERG; REGINATO, 2006) relativamente bem estudadas no Brasil (FARIA, 2008). Cerca de um quarto dessas espécies pertencem ao gênero *Miconia* Ruiz & Pav., um dos maiores da família (GOLDENBERG, 2004), com distribuição nas Américas tropical e subtropical (GOLDENBERG; CADDAH; MARTIN, 2010) e que ocorrem comumente em áreas florestais e cerrados no Brasil (LORENZI; SOUZA, 2005).

Destacando-se pelo tamanho de suas folhas, *Miconia cabucu* Hoehne é popularmente conhecida como pixiricão, uma espécie nativa, pioneira e de rápido crescimento. Sua distribuição geográfica no país ocorre nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, com maior frequência em formações secundárias da Mata Atlântica (WANDERLEY et al., 2009; CARVALHO, 2008; GOLDENBERG, 2004; MEDEIROS; MORRETES, 1995). *M. cabucu* é uma árvore perenifólia que pode chegar até 15 metros de altura (CARVALHO, 2008). Suas folhas são simples e opostas e quando maduras apresentam-se discolores, com a superfície adaxial verde-escuro e abaxial ferrugínea, devido à densa presença de tricomas estelares (MEDEIROS; MORRETES, 1995). As flores são brancas e os frutos maduros enegrecidos (CARVALHO, 2008). A floração da espécie ocorre entre agosto a novembro, dependendo de sua localização.

Lorenzi (2009) aponta que a espécie tem potencial de cultivo em reflorestamentos de áreas degradadas sobretudo em regiões da Mata Atlântica. A espécie também é recomendada para restauração da vegetação e para biomonitoramento de poluição (CARVALHO, 2008). Citadini-Zanette (1995) recomenda o plantio da espécie para a recuperação em margens de rios e ressalta também a importância dos frutos como atributos ecológicos que servem de alimentação para a fauna e sua madeira para construções rurais.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada em uma área remanescente de Floresta Ombrófila Densa Montana, situado no Parque Estadual da Serra Furada. Trata-se de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral criada em 1980 pelo Decreto Estadual nº 11.233, administrada pela Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA). O Parque possui uma área total de 1.330 ha (28°08'13''S/49°25'17''O, e 28°11'36''S/49°22'58''O) e localiza-se nos municípios de Orleans e Grão-Pará (Figuras 1 e 2) (PLANO DE MANEJO DO PESF, 2009).

O clima da região onde se encontra o Parque Estadual da Serra Furada classifica-se, segundo Köppen (1948) como Cfa, ou seja, mesotérmico úmido, sem estação seca definida, com verões quentes e temperatura média aproximadamente entre 18°C e 19°C (AGUIAR et al., 2010). A pluviosidade média é cerca de 1.700 mm/ano, com maiores precipitações entre os meses de janeiro e março para a região, e com aproximadamente 85% de umidade relativa do ar (FATMA, 2010; PLANO DE MANEJO DO PESF, 2009).

Devido a sua localização geográfica, o Parque apresenta um relevo bem acidentado, é rico em corpos d'água e possui diversas montanhas com altitudes que variam de 440 a 1.500 metros. O Parque Estadual da Serra Furada possui um solo mineral do tipo Cambissolo e Litólico derivados da ampla quantidade de rochas presentes na região e seu entorno. Estes solos, além da baixa fertilidade, sofrem graves riscos de erosão, (PLANO DE MANEJO DO PESF, 2009). O Parque está inserido na Região Hidrográfica Sul Catarinense, apresentando as bacias dos rios Tubarão e D'Una como principais cursos de água (AGUIAR et al., 2010).

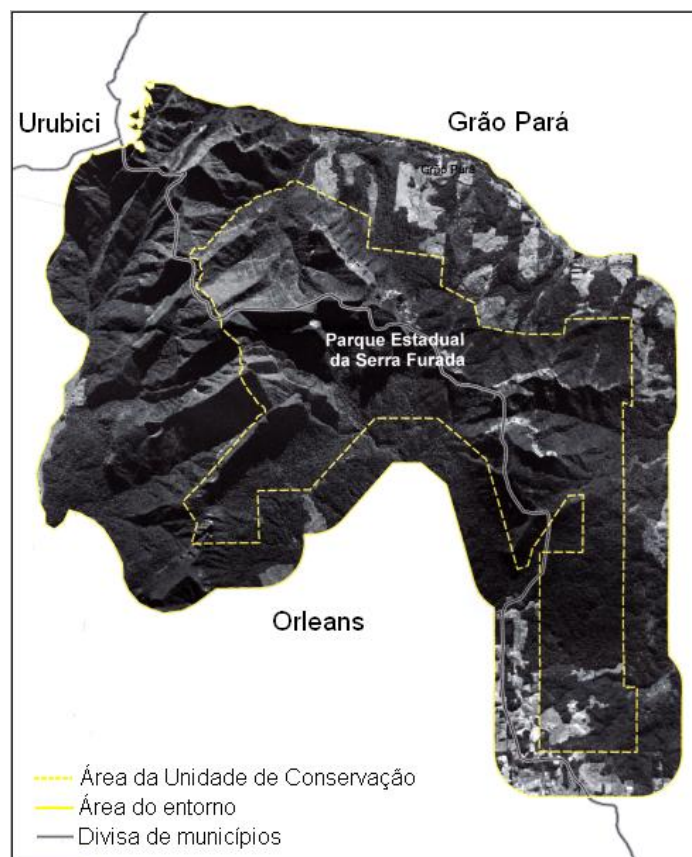
A área do Parque pertence à região fitoecológica Floresta Ombrófila Densa do bioma Mata Atlântica. Sua vegetação diversificada de florestas tropicais já passou por várias modificações, devido à ocupação e exploração humana e se destaca por sua origem fitogeográfica de formações Submontana, Montana e Altomontana (PLANO DE MANEJO DO PESF, 2009). A vegetação é composta por algumas espécies de grande porte como *Cabraela cangerana* (cangerana), *Cedrela fissilis* (cedro), *Cryptocarya aschersoniana* (canela-fogo), entre outras. A presença de espécies pioneiras como a *Miconia cabucu*, foi devido a cortes seletivos que ocorreram no passado da região (RELATÓRIO TÉCNICO, 2008).

Figura 1 - Mapa de localização do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans, SC.



Fonte: AGUIAR et al., 2010.

Figura 2 - Área do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans, SC.



Fonte: RELATÓRIO TÉCNICO, 2008.

As observações e coletas realizadas no estudo foram conduzidas na borda e no interior de uma área remanescente de formação Montana, com aproximadamente 19 mil m<sup>2</sup> (Figura 3), situada próxima à sede do Parque.

Figura 3 - Foto aérea parcial do Parque Estadual da Serra Furada, Orleans, SC, com destaque em amarelo para a área estudada, e em vermelho para a sede do Parque.



Fonte: Google – Imagens 2011 DigitalGlobe, 2011 MapLink/Tele Atlas.

### 3.2 AMOSTRAGEM

Foram amostrados um total de 40 indivíduos da espécie *Miconia cabucu* distribuídos e distantes entre si com cerca de 5 a 10 metros ao longo de um trajeto na borda e no interior da área estudada. Para o ambiente da borda, assim como para o interior, dez indivíduos jovens e dez indivíduos adultos foram marcados com placas numeradas individualmente. A condição de indivíduos em idade reprodutiva, em floração ou frutificação, foi utilizada como critério de caracterização de quais indivíduos considerou-se jovem ou adulto. Para as análises foliares, foram consideradas folhas novas aquelas presentes antes do quarto nó e folhas maduras entre o quarto e oitavo nó, contado a partir do ápice do ramo (CORRÊA, 2007).

No período de um ano, foi realizada, mensalmente, a medição das taxas de herbivoria nos indivíduos marcados. Foram analisadas as duas folhas dos dois primeiros e dois últimos nós do ramo, resultando em 20 folhas amostradas para cada ambiente, idade da planta e maturidade foliar. O percentual de área foliar consumida por herbívoros foi classificado, utilizando o método de Dirzo e Domingues (1995) a partir das seguintes categorias: 0 = sem herbivoria; 1 = até 12,5% da superfície foliar; 2 = até 25%; 3 = até 37,5%; 4 = até 50%; 5 = até 62,5%; 6 = 75%; 7 = até 87,5%; 8 = até 100% de superfície foliar perdida. Foram consideradas neste estudo apenas a herbivoria causada por insetos desfolhadores, minadores e galhadores, e outros danos provocados por insetos sugadores e patógenos não foram incluídos.

Para a extração dos compostos secundários, a coleta das folhas foi realizada quatro vezes durante o ano, no final de cada estação. Foram marcados em cada ambiente um indivíduo jovem e um adulto (Figura 4), diferentes daqueles que tiveram as taxas de herbivoria analisadas. De cada indivíduo, foram coletadas, em média, quatro folhas novas e quatro folhas maduras. Foram coletadas folhas do mesmo indivíduo adulto de borda e de interior durante as quatro estações do ano. Para indivíduos jovens, as coletas foram realizadas em indivíduos diferentes, evitando assim, que as plantas passem por um alto nível de estresse, devido ao baixo número de folhas presentes, e que ocorram alterações em suas composições químicas de defesa. Os indivíduos jovens utilizados para a coleta de cada estação foram marcados próximos daqueles utilizados na estação anterior, atenuando as variações de fatores abióticos como, luminosidade, exposição ao vento, chuva e composição do solo.

Figura 4 - Indivíduos selecionados para coleta das folhas para a extração dos compostos secundários. A= indivíduo jovem marcado no interior. B= indivíduo adulto marcado na borda da área remanescente.



Fonte: arquivo da autora.

### 3.3 ANÁLISES FITOQUÍMICAS

Para a realização das análises de detecção das substâncias presentes na *M. cabucu*, as folhas coletadas foram submetidas à secagem em estufa (NOVA TÉCNICA 514) com temperatura de 40°C por aproximadamente sete dias. O preparo do material passou inicialmente por um processo de moagem, seguido da separação das amostras devidamente pesadas em balança eletrônica de precisão (Marte AL 500) e separadas em recipientes plásticos, que foram identificados de acordo com a localidade (borda e interior), idade do



indivíduo (jovens e adultos) e maturidade foliar (novas e maduras). O material foi mantido em ambiente fechado sem exposição à luminosidade. (Figura 5).

Figura 5 - Armazenamento do material, preparado a partir da moagem das folhas.



Fonte: arquivo da autora.

### 3.3.1 Compostos Fenólicos

Para a detecção de substâncias fenólicas, 20 mL de água destilada foram adicionados à 2g de amostra e a extração foi aquecida a 80°C (agitador magnético com aquecimento DI-03) durante 10 minutos. Após o resfriamento, o extrato foi dividido em três tubos de ensaio contendo 5 mL cada. O primeiro tubo foi utilizado como controle, ao segundo tubo foram adicionadas 2 gotas de cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$  1%) e no terceiro 2 gotas de hidróxido de potássio (KOH 3%), e foram observadas as colorações obtidas. A coloração verde ou azul no tubo com  $\text{FeCl}_3$  e a coloração amarelo ou laranja no tubo com KOH indicam a presença de substâncias fenólicas (AOAC, 1975).

A determinação de polifenóis totais foi realizada, preparando-se um infuso de 1:10 (p/v), sendo 0,5 mL deste infuso ou solução de ácido gálico para a curva-padrão diluídos em 5 mL do reagente Folin Ciocalteau junto com 4 mL de solução de carbonato de sódio 1M ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10,6%). Após serem agitadas em agitador de tubos (vortex), as soluções preparadas permaneceram em temperatura ambiente por 15 minutos e a leitura das amostras foram observadas em espectrofotômetro (Biospectro SP-22) com comprimento de 765 nm (SINGLETON; ROSSI, 1965). A curva padrão para os polifenóis foi preparada nas concentrações de 0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg/L. O teor de polifenóis totais foi expresso em mg equivalente de ácido gálico (EAG)/L, e os valores resultantes tabelados no programa Microsoft Office Excel®.

Para a detecção de substâncias fenólicas foi utilizada a mesma metodologia de extração aquosa para os taninos. No entanto, ao segundo tubo foi adicionado 1 mL de solução de gelatina (1%) e ao terceiro três gotas de cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$  3%). A presença de taninos

foi verificada a partir da observação de precipitados ou turvação no tubo com gelatina e a coloração azulada ou verde para o tubo com  $\text{FeCl}_3$  (AOAC, 1975).

A detecção de flavonóides foi realizada a partir de uma extração aquosa com 2g da amostra e 50 mL de água destilada que foi aquecida a 80°C por 10 minutos. Após resfriamento, a extração foi filtrada e separada em dois tubos de ensaio com 5 mL cada, o primeiro servindo como controle e o segundo com a adição de 0,1g de óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ) com 0,5 mL de ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ). A presença flavonóides foi detectada através da mudança de coloração, onde a cor laranja ou violeta indica a presença de flavonas ou flavononas, respectivamente (AOAC, 1975). O método colorimétrico de cloreto de alumínio de Chang et al. (2002) foi utilizado para a análise quantitativa de flavonóides. Um infuso na proporção de 1:10 foi preparado e diluído em 1,5 mL de metanol junto com 0,1mL de cloreto de alumínio 10%, 0,1 mL de acetato de potássio 1M ( $\text{CH}_3\text{COOK}$  9,81%) e 2,8 mL de água destilada e agitados em vortex. As soluções permaneceram em temperatura ambiente por 30 minutos e a leitura das amostras procedidas com espectrofotômetro em comprimento de 415 nm. Para a curva-padrão, seguiu-se a mesma metodologia de diluição com solução de quercetina. A curva-padrão foi preparada nas concentrações de 200, 100, 75, 50, 25 e 12,5 mg/L de quercetina solubilizada em metanol (POURMORAD; HOSSEINIMEHR; SHAHABIMAJD, 2006). O teor de flavonóides totais foi expresso em mg/L, e os valores resultantes tabelados no programa Microsoft Office Excel®.

O procedimento realizado para a detecção de antraquinonas deu-se pela extração de 2g da amostra com 10 mL de hidróxido de potássio, sendo aquecida por 10 minutos a 80°C e então filtradas em um funil de separação após resfriamento. A cada solução foram adicionados 0,5 mL de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e, após homogeneização em balão pêra, a fase orgânica foi extraída com tolueno (metil benzeno). As soluções coletadas foram separadas em tubos de ensaio, adicionando-se 2 mL de hidróxido de potássio (KOH 3%). A constatação de uma coloração rosa a vermelho indica a presença de antraquinonas (AOAC, 1975).

Para a detecção de cumarinas, 5g da amostra foram extraídas com 20 mL de etanol (70%) durante 10 minutos a 80°C e filtradas após esfriar. Em papel Whatman nº3 colocou-se 3 gotas do extrato em dois pontos distantes entre si e em seguida gotas de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e hidróxido de potássio foram adicionados, respectivamente, em cada ponto com o extrato. A presença da cumarina foi verificada em luz UV 365nm (lanterna de emissão de radiação ultravioleta Boitton), com a revelação de fluorescência (AOAC, 1975).



### 3.3.2 Terpenos

Para constatar a presença de saponinas, uma extração aquosa de 0,5g da amostra foi aquecida a 80°C com 20 mL de água destilada por 10 minutos. Após esfriar, a solução foi filtrada, separada em um tubo e diluída com 10 mL de água destilada. Em um cilindro graduado, a solução sofreu agitação para observar a formação de espuma. O desenvolvimento de um anel de espuma superior a 10 mm, persistente em repouso e após a adição de 3 gotas de ácido clorídrico (HCl), indica a presença de saponinas (AOAC, 1975).

A detecção de heterosídeos cardiotônicos foi realizada, utilizando 1g da amostra em 20 mL de água destilada e acetato de chumbo  $[(\text{CH}_3\text{COO})_2]$  10%. A solução foi extraída a 80°C por dez minutos e, após esfriar, foi filtrada três vezes com clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ) em um balão pêra. A fase orgânica da solução foi separada em cadinhos para os testes de identificação. Em temperatura ambiente, evaporou-se 5 mL da solução clorofórmica. Em um dos cadinhos foram adicionadas gotas do reagente Baljet e no outro 3 mL de ácido-acético e uma gota de cloreto férrico 5%, vertendo a solução para um tubo de ensaio com 3 mL de ácido clorídrico. A coloração alaranjada a vermelho indica a presença dos heterosídeos cardiotônicos onde foi adicionado o reagente Baljet e o desenvolvimento de um anel marrom avermelhado (AOAC, 1975).

### 3.3.3 Compostos Nitrogenados

Para o teste de detecção de alcalóides foram utilizados 5g de amostra com 10 mL de ácido clorídrico (HCl) 1%. A solução foi aquecida durante 10 minutos a 80°C e, após esfriar, foi filtrada e separada em quatro placas de petri. À primeira placa, foram adicionadas quatro gotas do reagente Bertrand, à segunda, quatro gotas de reagente do Mayer, na terceira placa foram adicionadas quatro gotas do reagente Dragendorff e na última, quatro gotas do reagente de Bouchard. A presença de alcalóides foi determinada pelo aparecimento de precipitados branco-azulado, branco, vermelho-tijolo e marrom, respectivamente em cada placa (AOAC, 1975).

De acordo com Simões (2003), a formação de precipitados pode considerada como provável presença de alcalóides, pois substâncias como proteínas, cumarinas e ligninas poderiam formar estes precipitados. Portanto, foi realizada uma detecção de alcalóides por cromatografia em camada delgada para a confirmação dos resultados. O extrato foi preparado

com 2g da amostra com a adição de 2mL de amônia 10% e 7g de óxido de alumínio. À mistura, foram adicionados 10mL de clorofórmio. A solução foi agitada por 30 minutos em agitador (TS- 2000<sup>a</sup> VDRL SHAKER da BIOMIXER) e filtrada. Foi utilizada cromatofolha AL TLC sílicagel 60 F<sub>254</sub> (Merck), onde a solução foi aplicada com o auxílio de capilar, e deixando migrar em solvente tolueno – acetato de etila – dietilamina (70:20:10). A detecção dos alcalóides foi observada em luz UV 365nm, onde fluorescências azuis, azul-esverdeadas, ou violetas indicam resultado positivo para os alcalóides (WAGNER; BLADT, 1996).

### 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As taxas de herbivoria foram calculadas para os indivíduos de cada ambiente, através do índice de herbivoria (IH) que é dado pela fórmula  $IH = \sum (ni \times i)/N$ , onde ni = número de folhas por categoria; i = categoria de herbivoria (0 – 8) e N = número total de folhas para cada indivíduo (DIRZO; DOMINGUES, 1995).

Para a comparação dos índices de herbivoria de folhas novas e maduras entre indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento, no mesmo e em diferentes ambientes da área remanescente florestal, foi organizada uma planilha com as médias dos índices de herbivoria para cada ambiente, idade da planta, maturidade da folha e para cada mês e estação do ano com auxílio do programa Microsoft Excel®. Os dados estatísticos para as médias, desvio padrão e valores de p foram obtidos pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney a partir do programa SPSS 17.0 (NORUSIS, 2008).

Os índices de herbivoria foram correlacionados com a estação do ano e os fatores climáticos, como a temperatura, pluviosidade, umidade do ar, insolação e fotoperíodo, por meio de correlações de Pearson ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o programa PAST versão 2.04 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

A avaliação da composição dos compostos secundários das folhas novas e maduras entre o mesmo indivíduo, entre indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento e entre a borda e o interior do remanescente florestal foi realizada, indicando a presença ou ausência dos compostos secundários encontrados. E as concentrações de cada variável, realizadas para polifenóis totais e flavonóides apresentadas em forma de gráfico/tabela, e comparadas, utilizando a análise de variância ANOVA, seguida do Teste de Tukey com o programa PAST 1.78 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

As informações referentes às médias, mínimas e máximas dos dados climáticos, juntamente com as normais climatológicas para a região de cada mês, foram obtidas na Estação Experimental da EPAGRI/Urussanga.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ÍNDICES DE HERBIVORIA

Os indivíduos analisados para avaliar as taxas de herbivoria foram visivelmente predados durante todos os meses estudados, sendo possível observar que, além de se apresentarem desfolhadas, as plantas sofreram danos causados por insetos galhadores e minadores. Os insetos mais observados na *Miconia cabucu* foram algumas espécies de formigas, possivelmente utilizando as domácias presentes na espécie, pulgões, e algumas espécies de lagartas, sendo que *Hylesia* sp. (Figura 6) foi encontrada desfolhando consideravelmente alguns indivíduos jovens.

Figura 6 - Lagartas do gênero *Hylesia* (Saturniidae) alimentando-se de folhas de *Miconia cabucu*.



Fonte: arquivo da autora.

Em todos os indivíduos amostrados da espécie, algum nível de herbivoria foi observado em suas folhas novas e maduras, e nos ambientes de borda e interior durante todo o período de estudo. A categoria “0” (sem herbivoria) foi detectada apenas em algumas das folhas novas, e em folhas maduras, apenas em um indivíduo adulto da borda.

Segundo Coley; Bryant; Chapin (1985), o consumo anual de plantas de comunidades naturais por herbívoros pode alcançar uma média de 10%, sendo que em florestas tropicais, essa média pode variar de 0,0003 a 0,8% diariamente, dependendo da espécie atacada. No presente estudo, a perda de área foliar variou de 0% até cerca de 95% nos indivíduos

amostrados. Um estudo realizado por Medeiros e Morretes (1995) com *Miconia cabucu* no município de Florianópolis, SC, obteve taxas de herbivoria que variaram entre 0,5 e 50,2% de área foliar removida. Corrêa (2007) observou uma taxa de herbivoria de 0 a 21% em folhas novas e maduras de espécies lenhosas em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural da Mata Atlântica em Pernambuco.

As médias dos índices de herbivoria foram comparadas para cada ambiente, idade foliar e mês amostrado, entre as folhas novas e maduras, observando diferenças significativas entre estes fatores. Os maiores índices de herbivoria foram observados em folhas maduras. Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as folhas novas e maduras em indivíduos jovens da borda foram obtidas durante oito meses do ano estudado, com exceção dos meses de fevereiro, abril, maio e dezembro. Para indivíduos adultos da borda houve uma diferença significativa entre as folhas novas e maduras apenas nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro. Quando comparadas as folhas novas e maduras dos indivíduos do interior, os indivíduos jovens não apresentaram diferença significativa em nenhum dos meses amostrados, enquanto para os indivíduos adultos houve diferença para os meses de janeiro, fevereiro, abril, maio, julho, agosto, setembro, outubro e novembro (Tabela 1).

Tabela 1 - Média dos índices de herbivoria de cada ambiente, idade da planta e maturidade foliar, calculados para cada mês amostrado. Os índices marcados com um \* mostram onde houve maiores índices de herbivoria em folhas maduras com diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Ambiente	Idade da planta	Maturidade foliar	Meses											
			jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
Borda	Jovem	Nova	1,591	1,750	1,675	1,850	1,875	1,600	1,535	1,775	1,482	1,432	1,275	1,475
	Jovem	Madura	2,388*	2,173	2,573*	1,432	2,565	2,555*	2,830*	2,763*	2,558*	2,781*	2,212*	1,996
Borda	Adulta	Nova	1,382	1,275	1,450	0,982	1,075	1,125	1,157	1,291	1,249	1,000	0,950	0,950
	Adulta	Madura	2,141	1,578	1,797	1,348	1,778*	1,672*	1,898*	2,613*	2,357*	2,314	1,132	1,110
Interior	Jovem	Nova	1,625	1,616	1,475	1,475	1,491	1,556	1,532	1,638	2,053	1,591	1,799	1,378
	Jovem	Madura	2,298	2,497	2,072	2,350	2,321	2,412	2,303	2,177	2,290	2,278	2,184	2,313
Interior	Adulta	Nova	1,250	1,332	1,200	1,157	1,175	1,357	1,125	1,125	1,100	1,225	1,099	1,205
	Adulta	Madura	1,618*	1,979*	1,868	1,962*	1,940*	1,664	2,201*	1,939*	1,556*	1,714*	1,548*	1,332

Fonte: arquivo da autora.

Para cada estação do ano foram calculadas as médias do índice de herbivoria, comparando-as entre ambiente, idade e maturidade foliar e apontando, quando presentes, diferenças significativas entre as folhas novas e maduras (Tabela 2). Apenas na estação de inverno não foi possível detectar diferenças significativas entre as folhas novas e maduras dos indivíduos jovens do interior da área remanescente estudada.

Tabela 2 - Média dos índices de herbivoria de cada ambiente, idade da planta e maturidade foliar, calculados para cada estação. Os índices marcados com um \* mostram onde houve maiores índices de herbivoria em folhas maduras com diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Ambiente	Idade da planta	Maturidade foliar	Estação			
			Verão	Outono	Inverno	Primavera
Borda	Jovem	Nova	1,6720	1,7750	1,5940	1,3940
		Madura	2,3780*	2,5890*	2,7170*	2,3297*
Borda	Adulta	Nova	1,3690	1,0607	1,2323	0,9667
		Madura	1,8387*	1,5993*	2,2893*	1,1883*
Interior	Jovem	Nova	1,5720	1,5047	1,7336	1,5966
		Madura	2,2893*	2,3608*	2,2346	2,2577*
Interior	Adulta	Nova	1,2607	1,2297	1,1167	1,1163
		Madura	1,8427*	1,8553*	1,8333*	1,5313*

Fonte: arquivo da autora.

Para as estações de verão, outono e inverno, em geral, as médias dos índices foram maiores nas folhas da borda do que no interior e na primavera para o interior. Um estudo realizado por Turatti (2010), observando as taxas de herbivoria de diversas espécies na mesma área onde foi realizado o presente estudo, detectou índices de herbivoria com médias maiores para o interior do remanescente durante as estações de outono e inverno. Estes resultados diferem dos encontrados por Flor (2009), que observou em três fragmentos de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas maior consumo foliar na vegetação de borda.

Inúmeras diferenças podem ser encontradas entre plantas jovens e adultas, principalmente diferenças metabólicas e fisiológicas, podendo, assim, resultar em ataques distintivos de herbívoros (GREENWOOD; HOPPER; HUTCHISON 1989). Segundo estudos realizados por Santos et al. (2007), indivíduos jovens geralmente possuem menores índices de herbivoria que adultos, devido ao fato de que esses são menos atrativos aos herbívoros, e que, por possuírem maior quantidade de folhas novas, são quimicamente melhor defendidos. Medinaceli et al. (2004), analisando a herbivoria em uma floresta tropical Montana, não detectou diferenças significativas nos índices de herbivoria entre duas áreas com exposições diferentes, porém os indivíduos adultos se mostraram mais predados que indivíduos jovens

em ambos ambientes. As médias de herbivoria ao longo dos meses de estudo apontaram que indivíduos jovens, independente do ambiente que se encontravam, tiveram maiores índices de herbivoria do que indivíduos adultos, tanto para folhas novas quanto maduras, contrariando os resultados encontrados por Medinaceli et al. (2004) e Santos et al. (2007).

Fatores que influenciam o ataque de herbívoros às folhas são suas características nutricionais, morfológicas, químicas e ambientais ou, ainda, uma combinação destes fatores (EDWARDS; WRATTEN, 1981). No decorrer do amadurecimento foliar, essas características tendem a ser alteradas, modificando a concentração de compostos secundários, fibras e ligninas, o que pode muitas vezes dificultar a palatabilidade para o herbívoro, e fazendo assim, que estes tenham uma preferência por determinadas folhas (COLEY, 1988). Em um estudo realizado por Loyola Jr. e Fernandes (1993), analisando a herbivoria e os efeitos da idade de uma planta, seu desenvolvimento e aspectos qualitativos das folhas, obteve-se resultados que mostram que a média do índice de herbivoria para folhas novas foi significativamente maior que para as maduras, e esses resultados se aplicaram tanto para indivíduos jovens quanto adultos, contrariando os resultados obtidos neste estudo.

Paleari e Santos (1998) analisaram as folhas de *Miconia albicans* (Sw.) Triana quanto à pilosidade em relação à proteção contra a herbivoria e observaram que folhas com menor quantidade de pelos, ou seja, folhas mais maduras, foram consideravelmente mais predadas; concluindo que a pilosidade das folhas novas tenham basicamente a função de proteção contra a herbivoria. Assim como *M. albicans*, as folhas de *M. cabucu* são densamente cobertas por tricomas na superfície abaxial e glabras na superfície adaxial quando se tornam maduras (CARVALHO, 2008; GOLDENBERG, 2004). As características de pilosidade de *M. cabucu* podem estar relacionadas aos resultados encontrados no presente estudo, onde folhas maduras foram mais predadas, atribuindo-se que estas não possuem mais a proteção dos tricomas que possuíam quando mais novas, estando então, sujeitas à maior predação.

## 4.2 ANÁLISES FITOQUÍMICAS

A partir das análises fitoquímicas realizadas em *Miconia cabucu*, foi possível detectar resultados positivos para as substâncias fenólicas como: taninos, flavonóides e cumarinas. Não foi constatada a presença de antraquinonas, saponinas, heterosídeos



cardiotônicos e alcalóides. As análises qualitativas, verificando a presença ou ausência dos metabólitos secundários, apresentaram resultados iguais para todas as estações (Tabela 3).

Tabela 3 - Detecção dos compostos secundários encontrados em *Miconia cabucu*, apresentando a presença (+) ou ausência (-) do composto.

Composto secundário	Estação			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Polifenóis	+	+	+	+
Flavonóides	+	+	+	+
Cumarinas	+	+	+	+
Antraquinonas	-	-	-	-
Taninos	+	+	+	+
Heterosídeos cardiotônicos	-	-	-	-
Saponinas	-	-	-	-
Alcalóides	-	-	-	-

Fonte: arquivo da autora.

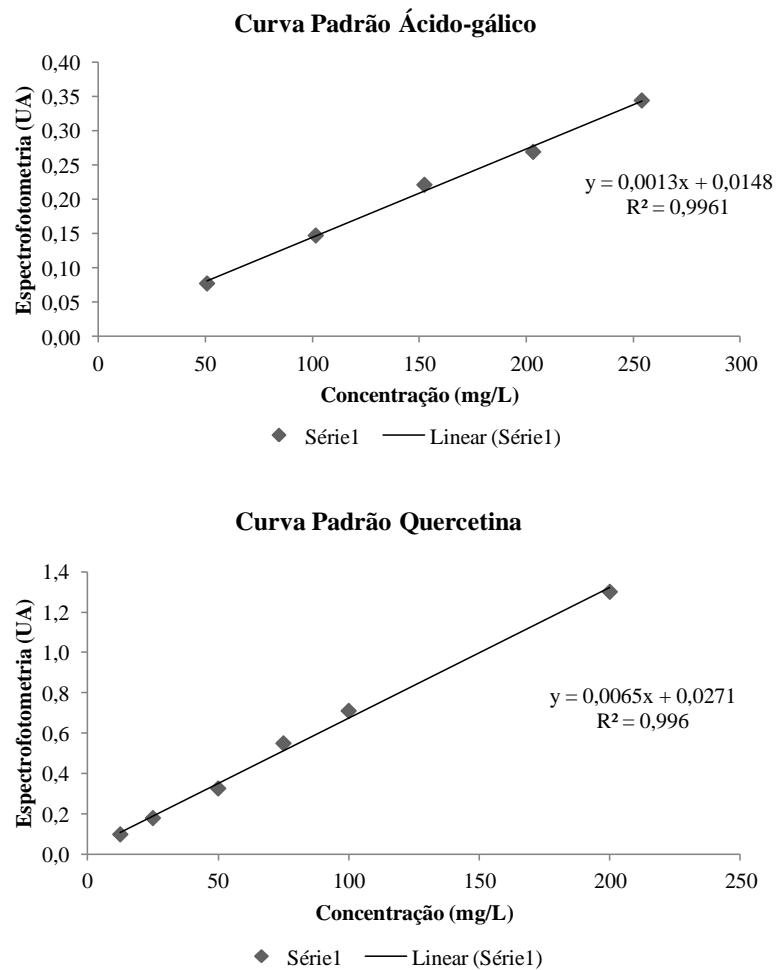
Segundo Rodrigues (2007), a família Melastomataceae ainda carece de estudos fitoquímicos, entretanto em algumas espécies estudadas é possível verificar as várias classes de metabólitos secundários, sendo que flavonóides e taninos são mais comuns e terpenos e quinonas são raramente encontrados. Resultados similares foram encontrados por Serpeloni et al. (2008), onde uma análise química do extrato metanólico de *M. cabucu* apontou como principais compostos da espécie os polifenóis, flavonóides e taninos. Bernays et al. (1984) realizou testes, nos quais foi possível encontrar quinonas em espécies de *Miconia* atuando como deterrente alimentar em seis espécies de insetos. Outras espécies do gênero, como *M. fallax* DC., *M. stenostachya* DC., *M. sellowiana* Naudin e *M. ligustroides* (DC.) Naudin, apresentaram ácidos triterpênicos em seus extratos (CUNHA et al., 2003; CUNHA et al. 2006)

Na detecção de presença para alcalóides, foi possível observar precipitados com os reagentes utilizados, entretanto, algumas substâncias como proteínas, cumarinas e ligninas, por exemplo, também podem formar precipitados, indicando que a formação dos precipitados é considerada como provável presença de alcalóides (SIMÕES, 2003). Assim, optou-se por realizar a detecção dos alcalóides por cromatografia em camada delgada que, quando observada em luz UV 365 nm, não apresentaram fluorescência positiva para alcalóides.

Os resultados das análises quantitativas realizadas para determinar a concentração de polifenóis totais foram calculados a partir de um coeficiente de correlação ( $R^2$ ), resultando no valor de  $R^2= 0,9961$  ao nível de significância de 5%. A equação de reta encontrada da curva

padrão foi de  $y = 0,0013x + 0,0148$ . Para flavonóides, o coeficiente de correlação calculado resultou em  $R^2 = 0,996$  ao nível de significância de 5% e a equação de reta encontrada da curva padrão foi de  $y = 0,0065x + 0,0271$  (Figura 7). Os valores obtidos para as concentrações de polifenóis totais e flavonóides são apresentados, respectivamente, nas tabelas 4 e 5.

Figura 7 - Curva padrão de determinação dos teores de polifenóis e flavonóides com ácido gálico e quercetina, respectivamente, encontrados nas amostras analisadas.



Fonte: arquivo da autora.

Tabela 4 - Concentração de polifenóis totais encontrados nas folhas de *Miconia cabucu* dados em mg/L, por meio de curva-padrão com ácido gálico. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura.

Ambiente/ Amostra	Estação			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
BJn	179,4	64,8	139,4	24,8
BJm	197,1	80,2	159,4	27,1
BAn	154,8	61,7	134	23,2
BAm	153,2	84	126,3	30,2
IJn	148,6	58,6	150,2	41,7
IJm	162,5	60,2	131,7	20,2
IAn	135,5	57,1	174	27,8
IAm	162,5	61,7	180,9	24

Fonte: arquivo da autora.

Tabela 5 - Concentração de flavonóides encontrados nas folhas de *Miconia cabucu* dados em mg/L, por meio de curva-padrão com quercetina. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura.

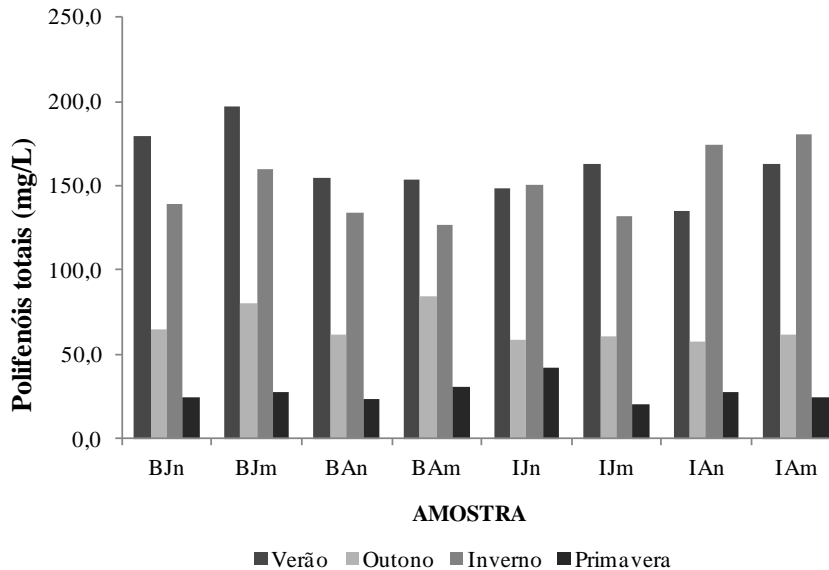
Ambiente/ Amostra	Estação			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
BJn	78,9	15,5	39,2	30,6
BJm	78,6	19,7	51,2	44,9
BAn	63,2	14,6	31,1	46,4
BAm	82,8	16,3	36	47,4
IJn	46,6	11,2	29,7	17,7
IJm	59,5	5,8	19,1	22,6
IAn	65,1	7,8	72,9	65,7
IAm	67,4	7,4	66,9	49,5

Fonte: arquivo da autora.

Os teores obtidos para polifenóis totais mostram uma maior concentração destes compostos nas estações de verão e inverno, com uma queda de aproximadamente 60 e 80% para o outono e primavera, respectivamente, quando comparados aos valores obtidos no verão que foram os mais altos (Figura 8). As concentrações de polifenóis apresentaram diferenças significativas entre as estações ( $F_{[3,28]} = 146,5$ ,  $p < 0,01$ ), sendo que a primavera foi significativamente diferente de todas as estações e o outono diferente do verão e inverno (Tabela 6). Os resultados obtidos para flavonóides mostram maior concentração na estação de verão, com exceção das folhas novas de indivíduos adultos do interior, onde os valores para inverno e primavera foram levemente maiores. A estação de outono apresentou teores de flavonóides relativamente baixos para todas as amostras quando comparados aos das outras

estações (Figura 9). Para as concentrações de flavonóides, a estação de verão foi significativamente diferente das outras e a de outono diferente do inverno e primavera ( $F_{[3,28]} = 21,27, p < 0,01$ ) (Tabela 7).

Figura 8 - Concentração de polifenóis totais, dados em mg/L, para cada amostra analisada nas quatro estações. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura.



Fonte: arquivo da autora.

Tabela 6 - Resultados do Teste de Tukey para as concentrações de polifenóis entre as estações.

Estação	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Verão	-	0,00016	0,39070	0,00016
Outono		-	0,00016	0,00027
Inverno			-	0,00016

Fonte: arquivo da autora.

Tabela 7 - Resultados do Teste de Tukey para as concentrações de flavonóides entre as estações.

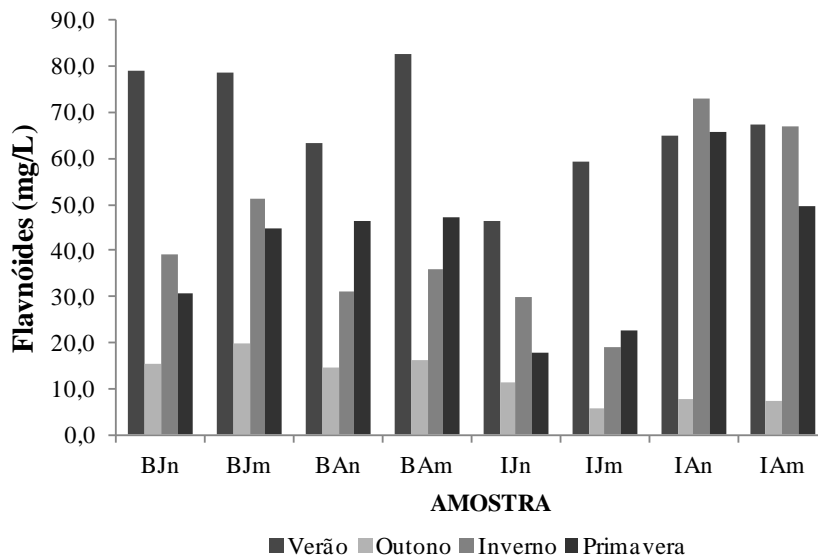
Estação	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Verão	-	0,00016	0,00781	0,00300
Outono		-	0,00081	0,00199
Inverno			-	0,98060

Fonte: arquivo da autora.

Um estudo realizado por Yariwake et al. (2005) encontrou variações sazonais significativas nas concentrações de polifenóis e flavonóides das folhas de *Maytenus aquifolium* Mart. (Celastraceae), ambos apresentando valores menores nas estações do inverno e verão e valores mais altos na primavera e outono. Os resultados encontrados pelo

autor citado acima difere completamente com os que foram encontrados para polifenóis neste estudo, onde os maiores valores foram detectados no verão e inverno. Para flavonóides, o verão mostrou-se com maior concentração nos indivíduos de borda, e jovens do interior, inverno e primavera tiveram resultados bastante semelhantes e o outono deteve as menores concentrações para todos os indivíduos.

Figura 9 - Concentração de flavonóides dados em mg/L para cada amostra analisada nas quatro estações. B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura.



Fonte: arquivo da autora.

A composição química secundária nas plantas não possui uma concentração constante durante sua vida. Apesar de ser determinada geneticamente, essa composição pode variar entre os diferentes estágios de crescimento e maturação das folhas (EDWARDS; WRATTEN, 1981), assim como o ambiente e a época do ano podem influenciar expressivamente a produção e a concentração destes metabólitos secundários (SIMÕES et al., 2003). Folhas novas são geralmente mais macias e nutritivas do que folhas mais maduras, portanto estariam mais sujeitas aos ataques de insetos (COLEY; BARONE, 2001). Devido a esta vulnerabilidade, é bastante comum que estas folhas utilizem uma variedade de formas para se defender, como por exemplo, quimicamente (COLEY; KURSAR, 1996).

No presente estudo, folhas maduras tiveram em geral as maiores concentrações de polifenóis e flavonóides nos indivíduos analisados. As folhas novas que apresentaram teores mais altos de polifenóis foram apenas para os indivíduos: adulto de borda no verão, jovem do interior no inverno e primavera, e adulto do interior na primavera. Os teores de flavonóides

encontrados em maior concentração nas folhas novas foram apenas para os indivíduos: jovem do interior no outono e inverno, e adulto do interior no inverno e primavera. Alguns estudos obtiveram resultados para folhas novas como quimicamente mais protegidas, como o de Brenes-Arguedes et al. (2006), onde foi possível observar um decréscimo na concentração de flavonóides em duas espécies de *Inga* (Fabaceae), conforme as folhas foram atingindo a maturidade. A idade foliar também influenciou a concentração de taninos em folhas de *Bauhinia brevipes* Vog. (Fabaceae), porém as maiores concentrações foram obtidas em folhas maduras da espécie (CORNELISSEN; FERNANDES, 2001).

De acordo com Kogan (1986), devido a uma taxa fotossintetizante e metabólica muito maior em folhas novas do que em maduras, isso resulta em um maior acúmulo de nutrientes nestas folhas e, conseqüentemente, numa maior produção de metabólitos secundários, que poderia explicar as maiores taxas consumidas em folhas maduras. Porém os resultados encontrados para a *Miconia cabucu* diferem do que foi proposto por Kogan, pois as folhas maduras apresentaram maiores concentrações de compostos secundários e foram também as mais predadas.

#### 4.3 INTERAÇÕES, FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS

Os maiores índices de herbivoria foram encontrados em geral nas folhas maduras, assim como foram obtidos também, as maiores concentrações de polifenóis e flavonóides nestas folhas. Embora os mecanismos de defesa química das plantas sejam eficientes na maioria das vezes e bastante diversificados, os insetos herbívoros conseguiram evoluir de maneira que possam, algumas vezes, evitar, modificar ou, até mesmo, utilizar essas defesas para próprio benefício. Alguns insetos adquiriram uma capacidade comportamental de evitar o consumo e oviposição nas plantas tóxicas, outros a capacidade de desintoxicação, onde convertem as toxinas em formas menos tóxicas ou combinam com outro composto que produzem, reduzindo o efeito tóxico. Existe ainda a possibilidade de “sequestro” de toxinas, onde o inseto pode adaptar-se ao efeito tóxico e utilizá-lo para imunidade contra predadores (HERRERA, 2002). Essas adaptações desenvolvidas por insetos herbívoros são bastante comuns, podendo explicar os altos índices de herbivoria em plantas com grandes concentrações de compostos secundários, como foi encontrado em folhas maduras no presente estudo.

O maior índice de herbivoria foi encontrado no inverno em indivíduos da borda, e no outono em indivíduos do interior. Já as concentrações, tanto de polifenóis quanto de flavonóides, tiveram teores mais altos no verão para os indivíduos de borda, e no inverno para os indivíduos do interior. Eyles et al. (2010), afirma que o hábito alimentar e as secreções orais dos herbívoros podem afetar a produção de respostas induzidas de uma planta. Como os valores dos compostos secundários foram mais altos nas estações que sucederam aquelas que tiveram maior índice de herbivoria, esta relação poderia ser considerada como um mecanismo de defesa das plantas induzido, onde a produção dos metabólitos seria ativada com o ataque dos desfolhadores (CHEN, 2008).

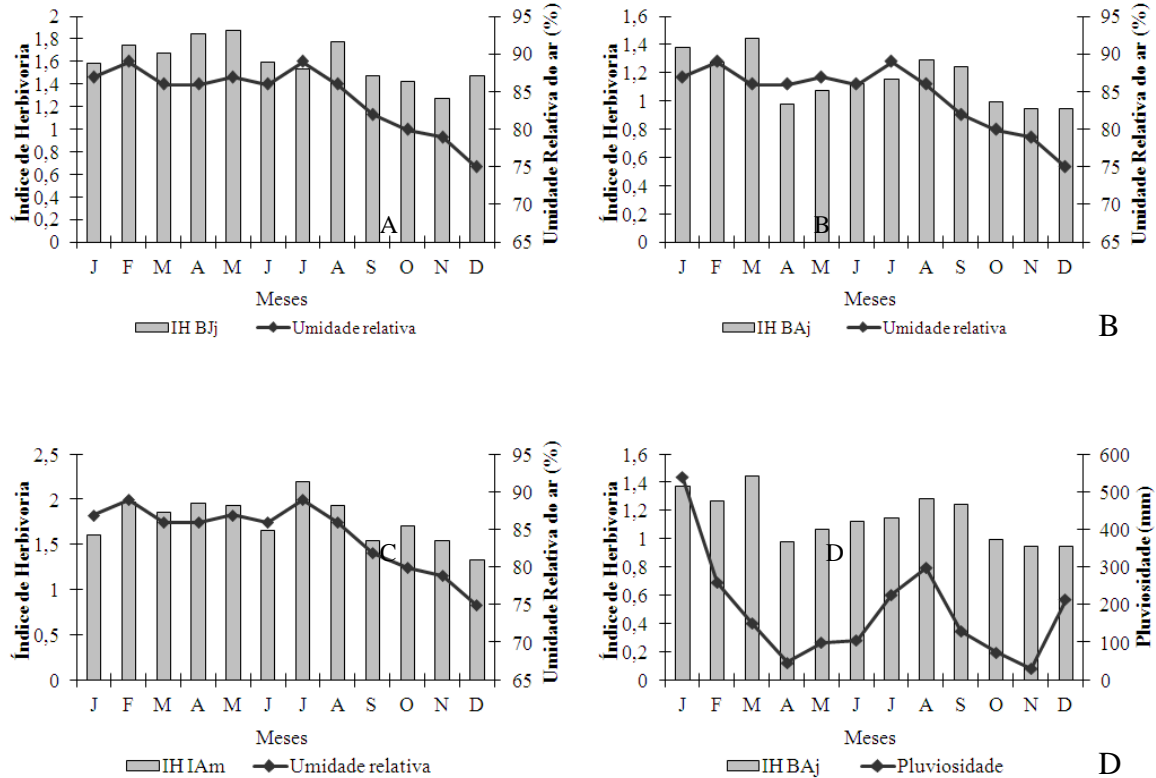
As interações planta-herbívoro podem ser afetadas por patógenos ou ataques prévios de herbívoros ou até mesmo por diversos fatores ambientais como, a temperatura, radiação solar e estresse hídrico, a umidade e a pluviosidade (KOOGAN; PAXTON, 1983). Os indivíduos do ambiente de borda apresentaram um atraso na produção dos metabólitos secundários quando comparados à produção dos indivíduos do interior, sugerindo-se que essas diferenças poderiam estar relacionadas aos fatores climáticos. Uma vez que ambientes de borda geralmente estão mais sujeitos às variações destes fatores climáticos (RIBEIRO; RAMOS; SANTOS, 2009), os indivíduos deste ambiente poderiam estar sendo influenciados na síntese e acúmulo das concentrações dos compostos secundários (KOOGAN; PAXTON, 1983).

As correlações de Pearson realizadas entre as médias mensais dos índices de herbivoria e os dados climáticos mostraram-se positivamente significativas para umidade relativa do ar e folhas novas de indivíduos jovens ( $r = 0,670$ ;  $p = 0,016$ ) e folhas novas de indivíduos adultos ( $r = 0,582$ ;  $p = 0,046$ ) da borda, e para folhas maduras de indivíduos adultos ( $r = 0,822$ ;  $p = 0,001$ ) do interior. A pluviosidade também apresentou correlação positiva entre folhas novas de indivíduos adultos ( $r = 0,620$ ;  $p = 0,031$ ) da borda (Figura 10).

Correlações de insolação foram significativamente negativas entre folhas novas e maduras de indivíduos adultos da borda ( $r = -0,635$ ;  $p = 0,026$ ) e ( $r = -0,636$ ;  $p = 0,026$ ), respectivamente, e folhas maduras de indivíduos adultos do interior ( $r = -0,658$ ;  $p = 0,019$ ). O fotoperíodo também apresentou uma correlação negativa ( $r = -0,624$ ;  $p = 0,029$ ) para folhas maduras de indivíduos adultos do interior (Figura 11). As médias sazonais de herbivoria também foram correlacionadas com as médias dos dados climáticos, porém, não foram encontrados resultados significativos.

Figura 10 - Relação dos índices de herbivoria amostrados ao longo do período de estudo e dados climáticos. A= IH em folhas novas de indivíduos jovens de borda em relação à umidade relativa do ar. B= IH em folhas novas

de indivíduos adultos de borda em relação à umidade relativa do ar. C= IH em folhas maduras de indivíduos adultos do interior em relação à umidade relativa do ar. D= IH em folhas novas de indivíduos adultos de borda em relação à pluviosidade. Legenda: B= borda; I= interior; J= jovem; A= adulta; n= folha nova; m= folha madura.

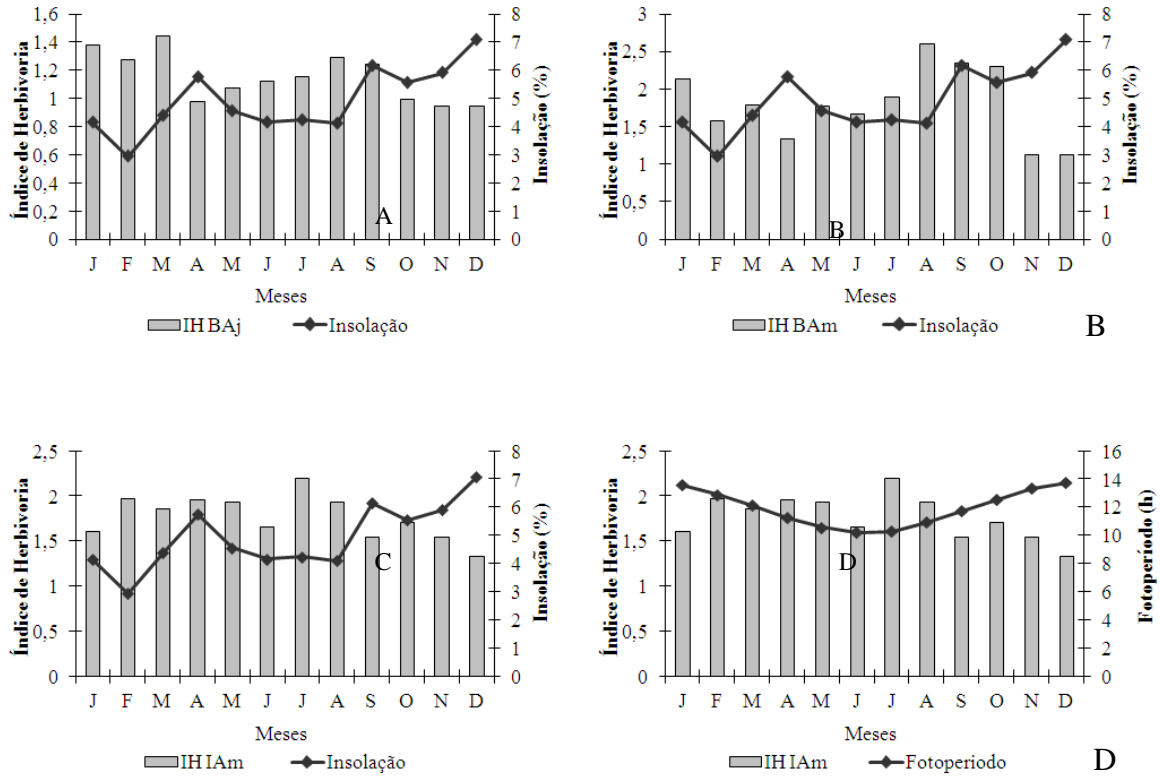


Fonte: arquivo da autora.

Quando comparada com o interior, a área de borda foi a que apresentou maior número de correlações entre os indivíduos e os dados climáticos. Um estudo realizado por Liimatainen et al. (2012), obteve resultados que mostram que a produção de compostos secundários pode ser regulado pelas plantas quando em ambientes diferentes. Segundo Ribeiro; Ramos e Santos (2009), as áreas de borda podem estar sujeitas a maiores variações de condições climáticas como temperatura, luminosidade, umidade do solo e ar entre outros fatores, que podem causar mudanças na estrutura nas interações do remanescente. Apesar de não haver grandes diferenças nos dados climáticos (com exceção da pluviosidade) ao longo do ano estudado, Murcia (1995) aponta que as variações no microclima que ocorrem nas bordas de fragmentos poderia estar agindo de forma estimulante à mudanças nas interações bióticas do ambiente, pois essas condições físicas que afetam diretamente as plantas, podem alterar também a densidade e atividade de algumas espécies de animais como, por exemplo, a de polinizadores, dispersores e de insetos herbívoros.



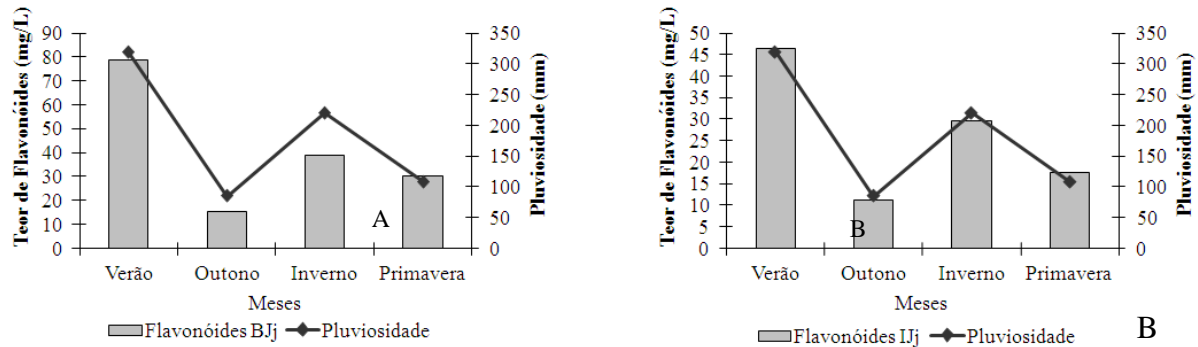
Figura 11 - Relação dos índices de herbivoria amostrados ao longo do período de estudo e dados climáticos. A= IH em folhas novas de indivíduos adultos de borda em relação à insolação. B= IH em folhas maduras de indivíduos adultos de borda em relação à insolação. C= IH em folhas maduras de indivíduos adultos do interior em relação à insolação. D= IH em folhas maduras de indivíduos adultos do interior em relação ao fotoperíodo.



Fonte: arquivo da autora.

As concentrações de polifenóis e flavonóides obtidos em cada estação também foram correlacionadas com as médias climáticas. Em nenhuma das amostras foi encontrada correlações significativas entre os dados climáticos e polifenóis. Entretanto, flavonóides mostraram correlação positiva e significativa com a pluviosidade para as folhas novas de indivíduos jovens em ambos os ambientes, borda ( $r = 0,952$   $p = 0,047$ ) e interior ( $r = 0,993$   $p = 0,006$ ) (Figura 12).

Figura 12 - Relação do teor de flavonóides detectado em cada estação, e dados climáticos. A= Teor de flavonóides detectado em folhas novas de indivíduos jovens do interior da área remanescente estudada em relação à pluviosidade. B= Teor de flavonóides detectado em folhas novas de indivíduos jovens do interior do remanescente em relação à pluviosidade.



Fonte: arquivo da autora.

A relação entre os teores de flavonóides e pluviosidade encontrada no presente estudo não corrobora com resultados obtidos em outros trabalhos. Peixoto Sobrinho (2009), analisando a pluviosidade e o efeito de borda sobre os teores de flavonóides em uma espécie de Fabaceae, *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., não encontrou correlações significativas entre os flavonóides e a pluviosidade. Enquanto Luengas-Caicedo et al. (2007), avaliando a variação sazonal e intraespecífica de flavonóides em folhas de *Cecropia*, obteve resultados que mostraram teores mais elevados de flavonóides no período de estiagem quando comparados com o período chuvoso.

## 5 CONCLUSÕES

Ainda existem poucos estudos que abordem a herbivoria em áreas preservadas da Mata Atlântica. No entanto, o presente estudo mostrou que a espécie *Miconia cabucu* no Parque Estadual da Serra Furada foi consideravelmente predada por herbívoros, com indivíduos apresentando até 95% de perda da área foliar. Com exceção de indivíduos jovens da borda no mês de abril, folhas maduras apresentaram os maiores índices de herbivoria, e em muitas das amostragens, observou-se diferenças significativas entre as folhas novas e maduras.

Os indivíduos amostrados na borda da área estudada apresentaram maiores índices de herbivoria no verão, outono e inverno. Entretanto, independentemente do ambiente que se encontravam, os indivíduos jovens foram os mais predados, tanto para suas folhas novas quanto para folhas maduras. Essas diferenças quanto ao ambiente, idade da planta e maturidade foliar, podem ser atribuídas a fatores ambientais e biológicos da planta, que influenciam expressivamente a herbivoria.

Para as análises qualitativas, os resultados encontrados neste estudo corroboram outros realizados para a espécie, indicando a presença de polifenóis totais, flavonóides, taninos e cumarinas. No entanto, não foram constatadas a presença de antraquinonas, saponinas, heterosídeos cardiotônicos e alcalóides, sendo que algumas destas substâncias apresentaram resultados positivos em análises realizadas com outras espécies do gênero *Miconia*.

As concentrações de polifenóis e flavonóides obtidas nas quatro estações foram maiores nas folhas maduras. O verão foi a estação que apresentou teores mais altos tanto para polifenóis quanto flavonóides. Quanto ao ambiente, foi possível observar que os indivíduos de borda tiveram maiores concentrações no verão, e indivíduos do interior, no inverno.

Os dados climáticos obtidos para o ano em que o estudo foi realizado não mostraram grandes diferenças entre os meses, porém foi possível observar que os indivíduos da borda apresentaram mais resultados significativos de correlação, positivos e negativos, entre os índices de herbivoria e o clima do que indivíduos do interior. Estes resultados corroboram diversos estudos que afirmam que ambientes de borda, estão mais sujeitos às variações das condições climáticas, e interferindo assim na interação planta-herbívoro.

De acordo com os resultados obtidos em relação aos índices de herbivoria e concentração dos compostos secundários encontrados, o mecanismo de defesa desta planta pode ser considerado como induzido, ou seja, a produção de seus metabólitos secundários é

ativada ou acelerada, conforme o ataque dos insetos herbívoros aumenta. Apenas lepidópteros foram observados como insetos herbívoros desfolhadores encontrados em *M. cabucu*, onde a espécie *Hylesia* sp. foi considerada como principal predadora, uma lagarta especialista, já que se alimentava apenas de folhas de *Miconia cabucu* na tentativa de criá-las em laboratório. Entretanto, novos estudos são necessários para confirmar esta hipótese.

O estudo mostrou que as folhas maduras de *M. cabucu* apresentaram maiores índices de herbivoria, e essas folhas também foram as mais protegidas quimicamente, o que indica uma adaptação ou imunidade dos insetos herbívoros a estas defesas. As diferenças na composição e estrutura das populações presentes nas bordas e no interior de um ambiente florestal também foram confirmadas neste estudo, acentuando a importância dos trabalhos realizados sobre fragmentação e os efeitos de borda.

A família Melastomataceae ainda carece de outros estudos fitoquímicos e de interação animal-planta, como a herbivoria e mecanismos de defesa. A continuidade de estudos com a espécie pode oferecer subsídios para indicações em projetos de reflorestamento e restauração vegetal de áreas de preservação, inclusive em áreas da Mata Atlântica.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P.W.; PADUA, S.M.; GOMES, M.A.O.; UEZU, A. Subsídios para o planejamento de trilha no Parque Estadual da Serra Furada (SC). *Revista Brasileira de Ecoturismo*, São Paulo, v.3, n.3, p. 498-527, 2010.
- AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Disponível em: < <http://www.aoac.org/>>. Acesso em: 10 dez. 2010.
- BARBOSA, V. S.; LEAL, I. R.; IANNUZZI, L.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; Distribution Pattern of Herbivorous Insects in a Remnant of Brazilian Atlantic Forest. *Neotropical Entomology*, Londrina, v.34, n.5, p. 701-711, 2005.
- BARBARENA, F. F. V. A.; BAUMGRATZ, J. F. A.; CHIAVEGATTO, B. Melastomataceae no parque nacional do Itatiaia, Sudeste do Brasil: tribos Bertolonieae e Merianieae. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, v.59, n.2, p. 381-392, 2008.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BERNAYS, E.; LUPI, A.; BETTOLO, R. M.; MASTROFRANCESCO, C.; TAGLIATESTA, P. Antifeedant nature of the quinone primin and its quinol miconidin from *Miconia* spp. *Experientia*, Basel - Berlin, v. 40, p. 1010–1011, 1984.
- BRENES-ARGUEDES, T.; HORTON, M. W.; COLEY, P. D.; LOKVAM, J.; WADDELL, R.A.; MEIZOSO-O'MEARA, B. E.; KURSAR, T.A. Contrasting mechanisms of secondary metabolite accumulation during leaf development in two tropical tree species with different leaf expansion strategies. *Oecologia*, Berlin, v. 149, p. 91-100, 2006.
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: EMBRAPA, v.3, 2008.
- CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília: MMA/SBF, 2005.
- CHANG, C.; YANG, M.; WEN, H.; CHERN, J. Estimation of total flavonoids content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food Drug Analysis*, Nangang District, Taipei City, v.10, n.3, p.178-182, 2002.
- CHEN, M. S. Inducible direct plant defense against insect herbivores: A review. *Insect Science*, Beijing, v.15, n. 2, p.101-114, 2008.
- COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Anti-herbivore defenses of young tropical leaves: physiological constrains and ecological tradeoffs. In: MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, .A. P. (eds) *Tropical forest plant ecophysiology*. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 305–336.

COLEY, P. D.; BARONE, J.A. Ecology of Defenses, In: LEVIN, S.A. Encyclopedia of Biodiversity, New Jersey, v.2, p.11-21, 2001.

COLEY, P. D. Effects of plant growth rate and leaf lifetime on the amount and type of anti-herbivore defense. *Oecologia*, Berlin, v. 74, p. 531-536, 1988.

COLEY, P.D.; BRYANT, J.P.; CHAPIN, S.F. Resource Availability and Plant Antiherbivory Defense, *Science*, Washington, v.230, n.4728, p.895-899, 1985.

CORNELISSEN, T. G.; FERNANDES, G. W. Defence, growth and nutrient allocation in the tropical shrub *Bauhinia brevipes* (Leguminosae). *Austral Ecology*, Australia, n.26, p.246-253, 2001.

CORRÊA, P. G. Defesas foliares em resposta à herbivoria em espécies lenhosas de restinga, Ipojuca, PE. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

COSTA, R. B. Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste. Campo Grande: UCBD, 2003.

CUNHA, W. R.; MARTINS, C.; SILVA FERREIRA, D.; CROTTI, A. E.; LOPES, N. P.; ALBUQUERQUE, S. *In vitro* trypanocidal activity of triterpenes from *Miconia* species. *Planta Medica*, Nova Iorque, v. 69, p. 470-472, 2003.

CUNHA, W. R.; CREVELIN, E. J.; ARANTES, M. A.; CROTTI, A. E.; ANDRADE e SILVA, M. L.; CARDOSO FURTADO, N. A. J.; ALBUQUERQUE, S.; SILVA FERREIRA, D. A study of the trypanocidal activity of triterpene acids isolated from *Miconia* species. *Phytotherapy Research*, Reading, v. 20, n. 6, p. 474-478, 2006.

DAJOZ, R. Princípios de ecologia. 7.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva. 1.ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.

DIRZO, R.; DOMINGUEZ, C. Plant-herbivore interactions in Mesoamerican tropical dry forest. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. A. (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 304-325. 1995.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. *The Plant Cell*, Waterbury, v.7, p.1085-1097, 1995.

EDWARDS, P. J.; WRATTEN, S. D. Ecologia das interações entre insetos e plantas. São Paulo: EPU, 1981.

EYLES, A.; BONELLO, P.; GANLEY, R.; MOHAMMED, C. Induced resistance to pests and pathogens in trees. *New Phytologist*, Lancaster, v. 185, n. 4, p. 865-1119. 2010.

FALDENBERG, M. B. Quinonas. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre: UFRGS, 5.ed. rev. ampl., 2003, p.555-580.

FARIA, C. A. Melastomataceae Juss. no Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal, Brasil. 2008. 102f. Dissertação (Mestrado de Botânica) – Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Brasília.

FATMA. Fundação do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.fatma.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=77&Itemid=158](http://www.fatma.sc.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=77&Itemid=158)>. Acesso em: nov. 2010.

FLOR, I. C. Tipos e taxas de herbivoria e riqueza de galhas em três fragmentos de floresta ombrófila densa das terras baixas no extremo sul catarinense, Brasil. 2009. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

GOLDENBERG, R.; CADDAH, M. K.; MARTIN, C. V. Taxonomic notes on South American *Miconia* (Melastomataceae). II. *Rodriguesia*, Rio de Janeiro v. 61, p.23-28, 2010.  
GOLDENBERG, R.; REGINATO, M. Sinopse da família Melastomataceae na Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa, Espírito Santo. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão, Santa Teresa, n.20, p. 33-58, 2006.

GOLDENBERG, R. O gênero *Miconia* (Melastomataceae) no estado do Paraná. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 927-947, 2004.

GREENWOOD, M. S.; HOPPER, C.A.; HUTCHISON, K. W. Effect of Age on Shoot Growth, Foliar Characteristics, and DNA Methylation. *Plant Physiology*, Urbana, v. 90, p. 406-412, 1989.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A.; *Ecologia vegetal*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analyses. *Paleontological Electronica* 4, 2001.

HARPER, K. A.; MACDONALD, S. E.; BURTON, P. J., CHEN, J.; BROSOFSKE, K. D.; SAUNDERS, S. C.; EUSKIRCHEN, E.S.; ROBERTS, D.; JAITEH, M. S.; ESSEEN, P. Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes. *Conservation Biology*, Davis, v.19, n.3, p.768-782, 2005.

HERRERA, C. M.; PELLMYR, O. *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Massachusetts: Blackwell Publishers, 2002.

HERRERA, C. M.; MEDRANO, M.; REY, P. J.; SÁNCHEZ-LAFUENTE, A. M.; GARCÍA, M. B.; GUITIÁN, J.; MANZANEDA, A. J. Interaction of pollinators and herbivores on plant fitness suggests a pathway for correlated evolution of mutualism- and antagonism-related traits. *PNAS*, Washington, v.99, n.26, p.16823-16828, 2002.

KOGAN, M.; PAXTON, J. Natural Inducers of Plant Resistance to Insects. In: Hedin, P. A. *Plant Resistance to Insects*. ACS Symposium Series; Washington: American Chemical Society, p. 153-171, 1983.

KÖPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde*. Berlin: Gruyter, 1931.

- KUSTER, R. M.; ROCHA, L. M. Cumarinas, Cromonas e Xantonas. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: UFRGS, 5.ed. rev. ampl., p. 333-364, 2003.
- LARA, F. M. Princípios de resistência de plantas a insetos. 2 ed. São Paulo: Ícone, 1991.
- LIIMATAINEN, J.; KARONEN, M.; SINKKONEN, J.; HELANDER, M.; SALMINEN, J. Phenolic Compounds of the Inner Bark of *Betula pendula*: Seasonal and Genetic Variation and Induction by Wounding. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 38, n. 11, p. 1410-1418, 2012.
- LOYOLA Jr., R.; FERNANDES, G. W. Herbivoria em *Kielmeyra coriacea* (Guttiferae): efeitos da idade da planta, desenvolvimento e aspectos qualitativos de folhas. Revista Brasileira de Biologia, São Carlos, v. 53, n. 2, p. 295-304, 1993.
- LUENGAS-CAICEDO, P. E.; BRAGA, F. C.; BRANDÃO, G. C.; OLIVEIRA, A. B. Seasonal and intraspecific variation of flavonoids and proanthocyanidins in *Cecropia glaziovii* Sneth. Leaves from native and cultivated specimens. *Zeitschrift für Naturforschung*, [S.l.] v. 62, p 701-709, 2007.
- MARON, J. L.; GARDNER, S. N. Consumer pressure, seed versus safe-site limitation, and plant population dynamics. *Oecologia*, Berlin, v.124, p.260-269, 2000.
- MARQUIS, R. J. Leaf Herbivores decrease fitness of a tropical plant. *Science*, Washington, v. 226, n.4674, p.537-539, 1984.
- MEDEIROS, J. D.; MORRETES, B. L. Dimensões da Folha e Herbivoria em *Miconia cabucu* Hoehne (Melastomataceae). *Biotemas*, Florianópolis v. 8, n. 1, p. 97–112, 1995.
- MEDINACELI, A.; MIRANDA-AVILÉS, F.; FLORES-SALDAÑA, N. P.; GUTIERREZ-CALUCHO, E. Herbivoría en relación al tamaño de la planta y a las diferencias de exposición de *Pilea* sp. (Urticaceae) en la Estación Biológica Tunquini, Cotapata, La Paz – Bolivia. *Ecología en Bolivia*, v. 39, n. 2, p. 4-8, 2004.
- MÜLLER, C. Resistance at the plant cuticle. In: SCHALLER, A. *Induced Plant Resistance to Herbivory*. Germany: Springer, 2008.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Tree*, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 58-62, fev. 1995.
- NORUSIS, M. J. SPSS 17.0 Guide to data analysis. Prentice hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2008.
- PALEARI, L. M.; SANTOS, F. A. M. Papel do Indumento Piloso na Proteção contra a Herbivoria em *Miconia albicans* (MELASTOMATACEAE). *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 58, n. 1, p. 151-157, 1998.



- PEIXOTO SOBRINHO, T. J. S.; CARDOSO, K. C. M.; GOMES, T. L. B.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Análise da pluviosidade e do efeito de borda sobre os teores de flavonóides em *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., Fabaceae. Revista Brasileira de Farmacognosia, João Pessoa, v. 19, n. 3, p. 740-745, 2009.
- PLANO DE MANEJO DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA FURADA - Volume 1: Diagnóstico e Planejamento / Fundação do Meio Ambiente P712 PPMA/SC, Socioambiental Consultores Associados Ltda. — Florianópolis: [s.n], 2009.
- POURMORAD, F.; HOSSEINIMEHR, S. J., SHAHABIMAJD, N. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. African Journal of Biotechnology, Bowie, v. 5, n. 11, p. 1142-1145, 2006.
- PRUDENCIO, M.; CAPORAL, D.; FREITAS, L. A. Espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica: produção e manejo de sementes. Projeto de Pesquisa Participativa da UPR7 – São Bonifácio. 2007.
- RATES, S. M. K.; BRIDI, R. Heterosídeos Cardioativos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: UFRGS, 5.ed. rev. ampl., 2003, p.581-606.
- RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Biologia vegetal. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- RELATÓRIO TÉCNICO. Mapeamento de unidade de conservação: Parque Estadual da Serra Furada, 2008.
- RIBEIRO, M. T.; RAMOS, F. N.; SANTOS, F. A. M. Tree structure and richness in an atlantic forest fragment: distance from anthropogenic and natural edges. Revista Árvore, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1123-1132, 2009.
- ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. Farmacognosia e farmacobiocotecnologia. São Paulo: Premier, 1997.
- ROCHA, C. F. D. Biologia da conservação: essências. São Carlos, SP: RiMA, 2006.
- RODRIGUES, P. J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre Efeitos de borda. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 63-74, 2006.
- RODRIGUES, J. Uso sustentável da biodiversidade brasileira: prospecção químico-farmacológica em plantas superiores: *Miconia* spp. 2007. 155f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2007.
- SANTOS, G.; AYUB, A.; SARMENTO, R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. Herbivoria foliar em plântulas e adultos de *Cordia nodosa* Lam. (Boraginaceae) em um remanescente de mata atlântica, Pernambuco. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 9, 2007, Caxambu - MG. Anais... São Paulo: SEB, 2007.

- SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: UFRGS, 5.ed. rev. ampl., p. 333-364, 2003.
- SCHALLER, A. Induced Plant Resistance to Herbivory. Germany: Springer, 2008.
- SCHOONHOVEN, L. M.; JERMY, T.; LOON, J. J. A. van. Insect-plant biology: from physiology to evolution. 1st ed., London: Chapman & Hall, 1998.
- SERPELONI, J. M.; REIS, M. B.; RODRIGUES, J.; SANTOS, L. C.; VILEGAS, W.; VARANDA, E. A.; DOKKEDAL, A. L.; CÓLUS, I. M. S. *In vivo* assessment of DNA damage and protective effects of extracts from *Miconia* species using the comet assay and micronucleus test. Mutagenesis, Sutton, v. 23, n. 6, p. 501-507, 2008.
- SEVEGNANI, L. A herbivoria como limitador do desenvolvimento e sobrevivência das plantas na floresta. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. P. C. **Fenologia**: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007, p. 25-36.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: UFRGS, 5.ed., 2003.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. JR. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, Davis, v. 16, p. 144-158, 1965.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed., Porto Alegre: Artmed, 2004.
- THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. B. W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 57).
- TONHASCA JR. A. Ecologia e História Natural da Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- TURATTI, M. P. Padrões de distribuição de insetos herbívoros em um fragmento de floresta ombrófila densa montana, no Sul de Santa Catarina. 2010. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.
- WAGNER, H.; BLADT, S. Plant drug analysis: a thin layer chromatography atlas. Berlin: Springer, 2. ed., 1996.
- WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; MELHEM, T. S.; GIULIETTI, A. M.; MARTINS, S. E. Flora fanerogâmica do estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica, FAPESP, v.6, 2009.

YARIWAKE, J. H.; LANÇAS, F. M.; CAPPELARO, E. A.; VASCONCELOS, E. C.; TIBERTI, L. A.; PEREIRA, A. M. S.; FRANCA, S. C. Variabilidade sazonal de constituintes químicos (triterpenos, flavonóides e polifenóis) das folhas de *Maytenus aquifolium* Mart. (Celastraceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 162-168, 2005.

ZARIN, D. J.; ALAVALAPATI, J. R. R.; PUTZ, F. E.; SCHMINK, M. *As florestas produtivas nos neotrópicos: conservação por meio do manejo sustentável?* São Paulo: IEB – Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2005.

ZVEREVA, E. L.; KOZLOV, M. V. Effects of pollution-induced habitat disturbance on the response of willows to simulated herbivory. *Journal of Ecology*, Londres, v. 89, p. 21-30, 2001.