



## **Padrão temporal de herbivoria e defesas antiherbivoria em população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) em manguezal predado maciçamente por *Hyblaea puera* (Lepidoptera)**

França<sup>1</sup>, Barbara Schminsky; Melo Jr., João Carlos Ferreira<sup>1,2</sup>; Sant'Anna-Santos, Bruno Francisco<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) – Rua Paulo Maschitzki, 10, CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil. <sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente, Laboratório de Morfologia e Ecologia Vegetal, joao.melo@univille.br <sup>3</sup> Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Anatomia e Biomecânica Vegetal, Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico, Jardim das Américas, Curitiba, Paraná.

Artigo recebido em XX/XX/2020 e Aceito em XX/XX/20XX

### **RESUMO**

Interações entre plantas e animais resultam em uma ampla variedade de adaptações nos indivíduos. Os herbívoros normalmente escolhem as plantas segundo o seu conteúdo nutricional, sendo assim, as alterações na anatomia foliar, bem como na sua composição química afetam diretamente os herbívoros. O objetivo deste trabalho foi investigar, em perspectiva temporal, se houve alterações estruturais e/ou químicas nas folhas de *Laguncularia racemosa* em resposta ao desfolhamento maciço de um bosque de manguezal causado pelo herbívoro exótico *Hyblaea puera*. Foram selecionados 10 indivíduos, dos quais foram coletadas, em intervalo de um ano, 25 folhas totalmente expandidas e fixadas nos 3º e 4º nós para a análise de atributos morfoanatômicos e histoquímica. Análise química do solo foi realizada em triplicata. Os dados foram avaliados estatisticamente por meio do teste t de Student e PCA em ambiente R. A PCA do solo evidenciou a diminuição na salinidade inversamente relacionada com o aumento do índice de saturação do Alumínio (H. AL) e da capacidade de troca catiônica do solo (CTC). A PCA mostrou que os três primeiros componentes explicaram 58,15% da variância total de dados analisados, sendo estes respectivamente a massa fresca, área herbivorada e espessura do limbo. Isso foi acompanhado pelo aumento da massa seca foliar, gerando maior resistência à perfuração do limbo, o que resultou na redução de 92,40% da área foliar atacada pela herbivoria. Os testes histoquímicos evidenciaram alteração na produção de composto metabólitos, com diminuição na produção de taninos nos tecidos vasculares, o que possivelmente se justifica pela maior resistência mecânica das folhas. Conclui-se que a herbivoria maciça em *L. racemosa* foi preditora de ajustes ligados à defesa antiherbivoria de forma a reduzir o impacto negativo em outro evento predatório de sua copa.

Palavras-chave: ajustes funcionais, histoquímica; interações planta-herbívoro; mangue branco

## **Temporal pattern of herbivory and anti-hereditary fenders in the natural population of *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) in mangroves massively predated by exotic herbivore of the species *Hyblaea puera* (Lepidoptera)**

### **ABSTRACT**

Interactions between plants and animals result in a wide variety of adaptations in individuals. Herbivores typically choose plants according to their nutritional content, so changes in leaf anatomy as well as chemical composition directly affect herbivores. The aim of this work was to investigate, in a temporal perspective, if there were structural and / or chemical alterations in the leaves of *Laguncularia racemosa* in response to the massive defoliation of a mangrove forest caused by the exotic herbivore *Hyblaea puera*. Ten individuals were selected, from which 25 fully expanded and fixed at the 3rd and 4th nodes leaves were collected, in a one year interval, for the analysis of morphoanatomic and histochemical attributes. Soil chemical analysis was performed in triplicate. Data were statistically evaluated by Student's t-test and PCA in R environment. Soil PCA showed a decrease in salinity inversely related to an increase in Aluminum saturation index (H. AL) and soil cation exchange capacity (CTC). The PCA showed that the first three components accounted for 58.15% of the total variance of analyzed data, which were fresh mass, herbivorous area and limb thickness respectively. This was accompanied by an increase in leaf dry mass, leading to greater resistance to limb perforation, which resulted in a reduction of 92.40% of the leaf area attacked by herbivory. The histochemical tests showed alteration in the production of compound metabolites, with decrease in the production of tannins in the vascular tissues, which possibly is justified by the greater mechanical resistance of the leaves. It was concluded that the massive herbivory in *L. racemosa* was a predictor of adjustments related to the antiherbivory defense in order to reduce the negative impact on another predatory event of its crown.

Key-words: functional adjustments, histochemistry; plant-herbivorous interactions; white mangrove.

## Introdução

O manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés (Copque *et al.*, 2010). Sua vegetação apresenta adaptações específicas que permitem se desenvolver em ambientes caracterizados pela alta salinidade, periodicamente inundados pela maré, baixa oxigenação e por solo lodoso (Madi *et al.*, 2015). Importantes estabilizadores de erosão do solo, assoreamento e responsáveis pela estabilização da linha de costa, os manguezais também abrigam uma ampla diversidade de organismos fornecendo alimento, habitat e local de reprodução (Silva, 2014). Nos manguezais, os herbívoros têm um papel importante na ciclagem de nutrientes e na transferência de energia para outros níveis tróficos (Silva, 2014). Contudo, a herbivoria pode afetar negativamente a aptidão das plantas, os padrões de transferência de nutrientes e de energia nas cadeias alimentares e a diversidade de organismos dentro das comunidades (Silva, 2014).

O impacto causado pela herbivoria pode ser percebido em todas as fases do desenvolvimento das plantas, sendo mais prejudicial nos estágios iniciais, além disso, a intensidade em que as plantas estão expostas ao fator de estresse e a sua fenologia são fatores que determinam seu desempenho (Aoyama & Labinas, 2012). As plantas são passíveis às agressões provocadas por vírus, bactérias, insetos e demais organismos ou agentes não biológicos como a radiação, temperaturas extremas e poluição (Pinheiro *et al.*, 1999). Com isso, as plantas desenvolvem defesas químicas (metabólicos secundários) repelentes ou que dificultam a digestão do tecido vegetal pelo animal (Pinheiro *et al.*, 1999).

Os efeitos desses metabólicos podem apresentar resultados diferentes para uma mesma espécie ou provocar efeitos contrários em espécies diferentes, podendo inibir a digestão, interferir na absorção de proteínas, oferecer danos às mandíbulas dos insetos ou ser impalatáveis (Silva, 2014). O grupo dos insetos é o mais representativo em relação à herbivoria nos manguezais, pois depende das partes da planta em grande quantidade para garantir o seu desenvolvimento, consumindo, por vezes, todo o tecido fotossintético disponível, podendo gerar impactos significativos para o ecossistema (Silva, 2014). Ainda segundo mesma autora, os níveis de herbivoria reportados na literatura para o ecossistema manguezal variam entre 1 a 47% do total de área foliar consumida. A

maioria dos estudos com espécies de manguezal indica um impacto moderado, porém há casos de desfolhação severa causada por larvas de lepidópteros (Silva, 2014). Os insetos fitófagos podem explorar as plantas de diferentes formas: alimentando-se externamente, cortando e mastigando os tecidos vegetais, por sucção de células individuais ou do sistema vascular da planta, escavando o interior da planta e ainda induzindo a formação de galhas (Penante *et al.*, 2014). Aspectos nutricionais como carboidratos e nitrogênio podem aumentar o valor nutricional da planta e conseqüentemente a tornar mais atrativa para os herbívoros, já características edáficas como salinidade, podem levar a planta a um nível de estresse capaz de promover a produção de folhas mais coriáceas ou aumentar a produção de metabolitos secundários, o que tornam a folha indigesta para o herbívoro (Silva, 2014). Com a intensa herbivoria as plantas tendem a produzir e concentrar um número maior de toxinas em seus tecidos obrigando aos herbívoros se adaptarem (Santos, 2006).

A introdução sem controle de uma espécie exótica em um ambiente natural pode ocasionar desequilíbrio na comunidade, reduzindo o crescimento, a taxa de reprodução das plantas e, por vezes, causando a perda das espécies presentes no local, influenciando na competição, composição e diversidade do ecossistema (Santos, 2006). A intensidade de herbivoria e a identificação dos principais danos e padrões de herbivoria fornecem subsídios para o manejo, conservação e restauração de áreas afetadas por desfolhações severas (Santos, 2006). Entre os anos de 2016-2017 foi registrada a bioinvasão de mariposas da espécie *Hyblaea puer* (Cramer, 1777 - Lepidoptera), causando o desfolhamento maciço em uma área de 800 hectares de manguezal no município de Joinville, Santa Catarina, (Melo Júnior, 2018). Pertencente à família: Hyblaeidae, ordem Lepidoptera, a lagarta asiática é conhecida como “desfolhadora de teca” por ter como hospedeiro primário a *Tectona grandis* L. F. (Lamiaceae), mas também apresenta interesse por hospedeiros alternativos de espécies de manguezal como *Avicennia schaueriana* Stapft & Leechm. (Avicenniaceae), *Rhizophora mangle* L. (família Rhizophoraceae) e *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn. (Combretaceae) (Arun & Mahajan, 2012). Com a intensa herbivoria, muitos indivíduos presentes na localidade sofreram danos irreversíveis em toda extensão de sua copa, o que elevou a taxa de mortalidade da população de *L. racemosa*.

O objetivo deste estudo foi investigar, em perspectiva temporal, alterações estruturais e/ou químicas nas folhas de *Laguncularia racemosa* em resposta ao desfolhamento maciço de um bosque de manguezal, causado pelo herbívoro exótico *Hyblaea puera*.

## Material e métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado em um bosque de manguezal devastado pelo herbívoro exótico

*Hyblaea puera*, localizado no bairro Espinheiros, zona leste do município de Joinville/SC, Brasil, sob as coordenadas geográficas 26°17'06.6"S 48°47'20.3"W. Os remanescentes de manguezais da região leste de Joinville estão localizados no entorno da Ilha dos Espinheiros, foz do rio Fortuna/Guaxanduva, limite deste bairro com a Lagoa do Saguçu (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE, 2017) (Figuras 1 e 2).

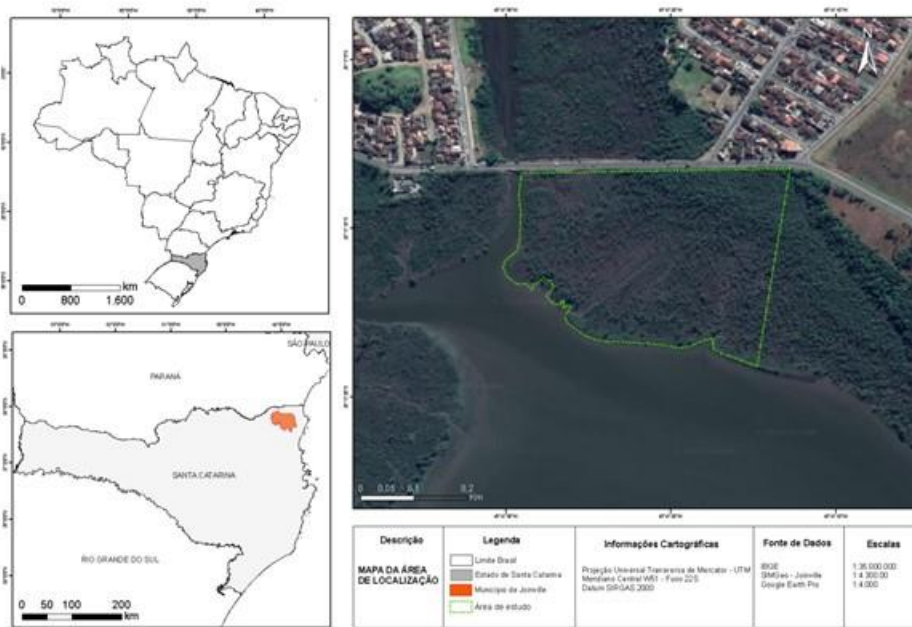


Figura 1. Localização da área de manguezal onde foram realizadas as coletas da população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) afetada por *Hyblaea puera* (Lepidoptera) na baía Babitonga, Joinville, Santa Catarina, Brasil.



Figura 2. Vista frontal da área de manguezal onde foram realizadas as coletas da população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) afetada por *Hyblaea puera* (Lepidoptera) na baía Babitonga, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

### Caracterização ambiental

Para a caracterização nutricional do solo foram coletadas 20 amostras em covas com 15 cm de profundidade nas imediações dos exemplares de *Laguncularia racemosa*. Em laboratório, as amostras foram homogeneizadas a fim de se obter 3 amostras compostas, as quais foram analisadas quimicamente pelo Laboratório de Solos da EPAGRI.

### Coleta e Análise Foliar

Foram realizadas duas coletas, sendo a primeira em março de 2018 e a segunda em março de 2019, em 10 indivíduos amostrais com copas regenerantes pós-ataque do herbívoro exótico. De cada indivíduo foram coletadas 25 folhas novas, totalmente expandidas a partir do 3° á 4° nós a contar do ápice dos ramos, sendo 20 folhas destinadas à caracterização de atributos morfológicos, 10 para ensaios mecânicos e 5 para a realização de testes histoquímicos e anatomia.

As folhas selecionadas para histoquímica não apresentavam nenhum tipo de lesão provocada por herbivoria, visando evitar falsas alterações nos níveis dos metabólitos. O material destinado à anatomia e histoquímica foi conservado em solução fixadora glutaraldeído e formaldeído (Karnovsky, 1965).

Foram avaliadas as massas fresca e seca (g), utilizando balança analítica de precisão. Área foliar total (cm<sup>2</sup>) e a área foliar restante (cm<sup>2</sup>) foram mensuradas com a utilização do software Sigma Scan Pro 5.0 por meio de imagem digitalizada em scanner de mesa. A área foliar herbivorada (cm<sup>2</sup>) foi obtida a partir da diferença entre a área foliar total e a área foliar restante. A área foliar específica (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>), foi obtida por meio da divisão entre a área foliar total (cm<sup>2</sup>) pela massa seca (g). O grau de suculência foi obtido a partir da diferença entre as massas fresca e seca foliar. O ensaio mecânico considerou a medida de força de perfuração (N/mm<sup>2</sup>) obtida com o uso de perfurômetro digital.

A preparação histológica para a mensuração da espessura dos tecidos foliares (epiderme das faces adaxial e abaxial, parênquima paliádico e parênquima lacunoso e limbo foliar μm) utilizou cortes transversais feitos a mão livre no terço médio do limbo foliar, clarificados, corados com azul de toluidina e montados em água glicerina em lâminas semipermanentes (Kraus & Arduin, 1997). Os tecidos mensurados foram. Para estas medidas e fotomicrografias foi utilizado Programa Dino Capture 2.0 em fotomicroscópio Olympus.

As folhas coletadas para a realização dos testes histoquímicos não apresentavam lesões provocadas por herbivoria. Os cortes transversais

foram feitos à mão livre, a partir do terço médio dessas folhas, os quais foram submetidos à reagentes e posteriormente montados em água glicerina para a observação das reações em microscópio óptico (Figueiredo *et al.*, 2005). A presença ou ausência do metabólito secundário foi observada em cada corte das 5 folhas dos 10 indivíduos com a utilização de microscópio óptico. Para evidenciar a presença de alcaloides foi utilizado o reagente de Dragendorff (Figueiredo *et al.*, 2005) com submersão da secção foliar por 10 minutos, passagem em solução tampão de nitrito de sódio a 5% por 1 minuto e lavagem rápida em água destilada. O resultado positivo foi evidenciado na coloração castanho-avermelhado. Para a detecção de compostos fenólicos simples foi utilizada a solução de Cloreto férrico 10% (Johansen, 1940), com submersão por 15 minutos seguida de lavagem em água destilada (Figueiredo *et al.*, 2005). O resultado positivo foi evidenciado na coloração marrom-preta. A presença de taninos foi observada com a utilização do reagente de Vanilina clorídrica (Figueiredo *et al.*, 2005) com submersão por 10 minutos. O resultado positivo foi evidenciado na coloração verde ou vermelha (Figueiredo *et al.*, 2005). A avaliação histoquímica considerou o teste branco para confirmar as reações.

### Taxa de herbivoria foliar

A taxa de herbivoria (%) foi obtida por meio da fórmula:  $TH = AH/AC * 100$ , onde: TH = taxa de herbivoria, AH = área herbivorada e AC = área completa (García-Robledo, 2005).

### Tratamento estatístico

Médias e desvios-padrão foram calculados para todos os atributos mensurados. As médias obtidas foram comparadas por meio do teste *t* de Student com  $p < 0,05$  no programa estatístico R. A partir da utilização do R também foi realizada a Análise de componentes principais (PCA) que permitiu determinar a maior variância entre os atributos foliares selecionados. (Borcard, 2011).

### Resultados

O solo da área de estudo apresentou diminuição do teor de cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e soma de base (V%) para a segunda coleta. Houve também diminuição na salinidade inversamente relacionada ao aumento do índice de saturação do Alumínio (H. Al) e da capacidade de troca catiônica do solo (CTC). O índice de matéria orgânica (MO) também apresentou aumento (Tabela 1).

A análise de componentes principais (PCA) mostrou que os três primeiros componentes explicaram 84,93% da variância total de dados

analisados. O eixo principal 1 está relacionado com a taxa de saturação de alumínio (H.Al) e explicou 58,39% da variância. Já o eixo principal 2 explicou 15,07 % da variância e está relacionado com a

capacidade de troca catiônica do solo (CTC). O eixo principal 3 por fim, relacionado à CTC, ao H. Al e ao teor de Ca no solo, explicou 11,46% da variância dos dados analisados.

Tabela 1: Médias temporais e respectivos desvios-padrão das variáveis edáficas e resultados do teste t e da análise de componentes principais (PCA) do solo da área de manguezal de coleta da população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) afetada por *Hyblaea puer* (Lepidoptera) na baía Babitonga, Joinville, Santa Catarina, Brasil. Legenda: letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa por meio do teste t de Student ( $\alpha \leq 0,05$ ). Scores da PCA: CP1 – componente principal 1, CP2 – componente principal 2 e CP3 – componente principal 3.

Variável edáfica	Ano de coleta		Teste t		PCA		
	2018	2019	t	p	CP1	CP2	CP3
Ca (cmolc/dm <sup>3</sup> )	5,60 (± 0,49) a	1,69 (± 2,05) b	28,9	<0,001	0,12	0,38	0,73
CTC (cmolc/dm <sup>3</sup> )	25,79 (± 1,01) b	26,50 (± 1,98) a	4,96	<0,001	0,38	0,39	-0,14
H + Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	6,20 (± 0,57) b	10,31 (± 7,11) a	9,07	<0,001	0,43	-0,05	0,004
K (cmolc/dm <sup>3</sup> )	712,99 (± 64,09) a	607,60 (± 323,29) b	5,02	<0,001	-0,42	-0,01	-
Mg (cmolc/dm <sup>3</sup> )	12,16 (± 1,07) a	8,98 (± 3,72) b	12,85	<0,001	-0,41	0,25	0,04
MO (%)	9,43 (± 0,65) b	10,00 (± 0,49) a	10,17	<0,001	0,3	-0,24	-0,26
P (cmolc/dm <sup>3</sup> )	44,04 (± 7,61) a	42,36 (± 4,37) b	2,77	0,006	-0,16	-0,71	0,32
pH	5,10 (± 0,08) b	5,17 (± 0,19) a	5,1	<0,001	0,18	-0,14	0,52
SB (cmolc/dm <sup>3</sup> )	19,58 (± 1,54) a	16,20 (± 5,26) b	17,36	<0,001	-0,4	0,22	-0,04
Salinidade (mg/dm <sup>3</sup> )	11933,33 (± 410,96) a	4080,00 (± 1808,05) b	9,99	<0,001	0,35	0,30	-0,15

Em 2019, as folhas de *L. racemosa* apresentaram aumento na espessura dos seus tecidos fotossintéticos, além de elevação na massa fresca, massa seca e grau de suculência, área foliar específica e a área foliar restante, mas sem apresentar alteração significativa na área foliar total (Tabela 2). Os valores de área herbivorada apresentaram redução significativa, sendo inversamente proporcional à área foliar restante. (Tabela 2). Houve também aumento nos valores de força de perfuração (Tabela 2). O aumento na produção de tecido mecânico, evidenciado pelo aumento da massa seca foliar, gerou para os indivíduos de *L. racemosa* maior resistência à perfuração do limbo, resultando na redução de 92,40% de sua área foliar atacada pela herbivoria. A taxa de herbivoria apresentou também diminuição significativa entre as duas coletas.

Em relação aos tecidos foliares, houve o aumento na espessura da epiderme adaxial e abaxial, limbo e parênquima lacunoso, o tecido paliádico também apresentou espessamento, porém, não significativo (Tabela 2).

A análise de componentes principais (PCA) para os atributos foliares mostrou que os três primeiros componentes explicaram 58,15% da variância total de dados analisados. A massa fresca foi relacionada ao eixo principal 1, que explicou 24,28% da variância. Já o eixo principal 2 explicou 18,94% da

variância e está relacionado ao limbo foliar (Tabela 2, Figura 2). O eixo 3 foi relacionado à área total herbivorada, explicando 14,92% da variância dos dados obtidos (Tabela 2).

A histoquímica evidenciou a presença de compostos fenólicos, alcaloides e taninos na epiderme adaxial e abaxial, sendo que a reação para compostos fenólicos na epiderme adaxial passou a ser totalmente positiva em relação ao ano anterior (Tabela 4). Em relação aos tecidos parenquimáticos, tanto o parênquima paliádico quanto o lacunoso permaneceram com o mesmo padrão de compostos metabólitos para os dois anos, sendo a presença de alcaloides observada em todas as folhas e a presença de compostos fenólicos e taninos apenas em parte das folhas avaliadas (Tabela 4). A reação no colênquima permaneceu positiva para compostos fenólicos, já para alcaloides e taninos, a segunda coleta apresentou reação em apenas uma parte das folhas avaliadas. Os tecidos de condução, xilema e floema primários, e as fibras do feixe vascular apresentaram, para as duas coletas, presença parcial para compostos fenólicos e reação positiva para alcaloides, porém, a reação para taninos foi negativa nos indivíduos da segunda coleta (Tabela 4).



Tabela 2. Valores médios e desvios-padrão dos atributos morfoanatômicos e mecânicos foliares e resultados da análise de componentes principais (PCA) da população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) afetada por *Hyblaea puera* (Lepidoptera) na baía Babitonga, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Atributos	Amostragem		Test. t		PCA		
	2018	2019	t	p	Comp.1	Comp.2	Comp.3
Massa Fresca (g)	1,70 (± 0,39)	1,93 (± 0,48)	5,39	<0,01	0,49	0,20	0,08
Massa Seca (g)	0,59 (± 0,17)	0,65 (± 0,19)	3,25	<0,01	0,30	-0,01	-0,08
Área Foliar Total (cm <sup>2</sup> )	25,88 (± 5,68)	26,83 (± 6,36)	1,56	0,12	0,42	0,26	0,10
Área Foliar Herbivorada (cm <sup>2</sup> )	4,75 (± 7,86)	0,37 (± 0,75)	7,83	<0,0001	-0,01	0,26	0,57
Área Foliar Restante (cm <sup>2</sup> )	21,14 (± 5,55)	26,46 (± 6,11)	8,9	<0,0001	0,40	0,002	-0,43
Grau de Suculência (g)	1,10 (± 0,44)	1,28 (± 0,37)	4,43	<0,0001	0,40	0,22	0,30
Área Foliar Específica (cm <sup>2</sup> )	36,73 (± 8,60)	39,69 (± 5,90)	2,22	0,02	0,06	0,06	0,08
Força de Perfuração	0,33 (± 0,09)	0,43 (± 0,09)	11,49	<0,0001	0,16	-0,20	-0,04
Epiderme Adaxial (µm)	33,45 (± 7,09)	36,16 (±7,46)	3,72	<0,0001	0,05	-0,29	0,07
Epiderme Abaxial (µm)	23,76 (± 5,32)	25,49 (±9,19)	2,29	<0,01	0,05	-0,34	0,08
Parênquima paliádico (µm)	222,11 (±53,49)	226,26 (±27,81)	0,97	0,3	0,07	-0,32	0,14
Parênquima lacunoso (µm)	515,81 (±106,12)	584,33 (± 84,45)	7,13	<0,0001	0,23	-0,39	0,19
Limbo (µm)	795,14 (±124,61)	872,24 (±98,30)	6,85	<0,0001	0,23	-0,49	0,22
Taxa de Herbivoria (%)	24,49 (± 17,51)	1,50 (± 2,90)	18,28	<0,0001	-	-	-

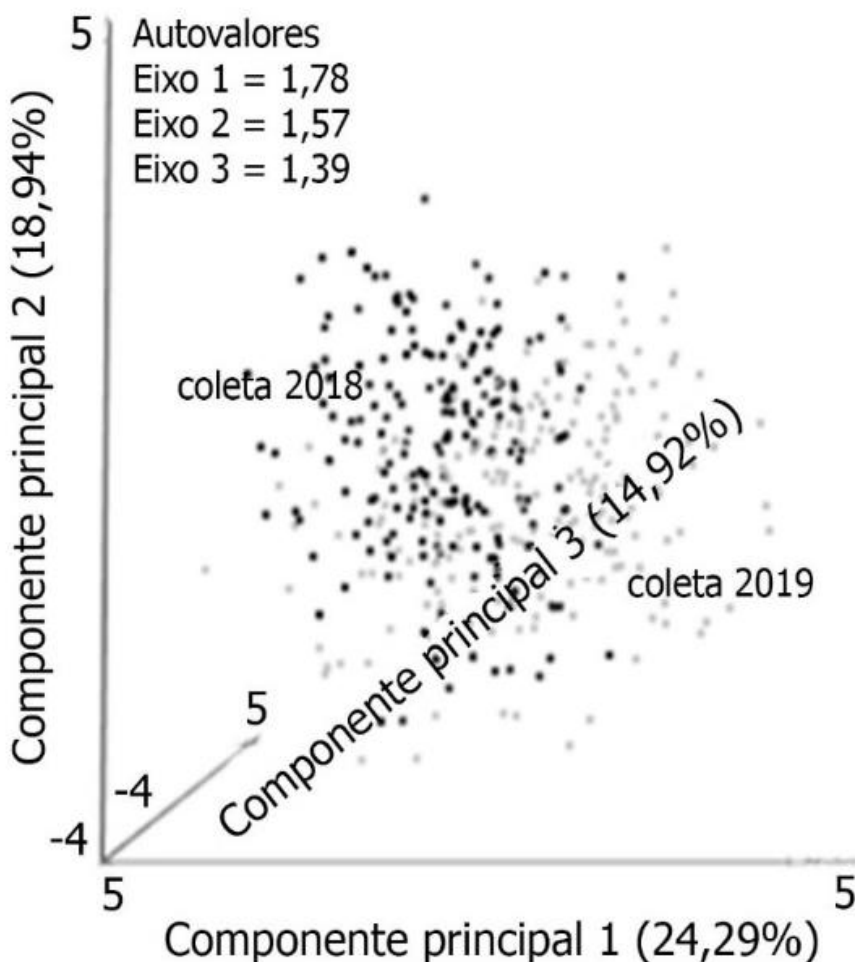


Figura 3. Análise de componentes principais dos atributos morfoanatômicos e mecânicos foliares de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) afetada por *Hyblaea puera* (Lepidoptera) na baía Babitonga, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Tabela 4: Resultados das reações para compostos fenólicos, alcaloides e taninos presentes nas folhas dos indivíduos da população natural de *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) afetada por *Hyblaea puer* (Lepidoptera) na baía Babitonga, Joinville, Santa Catarina, Brasil. Legenda: Ep. Aba: epiderme abaxial, Ep. Ada: Epiderme adaxial, Par. Pal.: Parênquima paliçádico, Par. Lac.: Parênquima lacunoso, Flo: Floema, Xil: Xilema, Colên: Colênquima, +: reação positiva em todas as folhas avaliadas, -: reação negativa em todas as folhas avaliadas, +/-: reação positiva em parte das folhas avaliadas.

Atributos	Compostos fenólicos		Alcaloides		Taninos	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Epiderme Abaxial	+	+	+	+	+	+
Epiderme Adaxial	+/-	+	+	+	+	+
Parênquima Paliçádico	+/-	+/-	+	+	+/-	+/-
Parênquima Lacunoso	+/-	+/-	+	+	+/-	+/-
Floema primário	+/-	+/-	+	+	+/-	-
Xilema primário	+	+/-	+	+	+	-
Fibras do feixe vascular	+/-	+/-	+	+	+	-
Colênquima	+	+	+	+	+/-	+/-

## Discussão

A análise química do solo, referente à segunda coleta, evidenciou que apesar do aumento significativo da matéria orgânica, os teores de nutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) sofreram uma diminuição significativa. Segundo (EMBRAPA, 2010), se grande parte da CTC do solo está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> este será caracterizado como solo pobre. Desta forma, mesmo que a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) se apresente alta, não caracteriza um solo fértil. A análise dos componentes principais (PCA) reforçou essa relação entre o aumento do índice de saturação do Alumínio (H. Al) e a CTC do solo, sugerindo que o aumento da CTC não se relaciona com a liberação de nutrientes que favorecem a manutenção da fertilidade do solo e, sim, está ocupada cátions potencialmente tóxicos.

Em relação aos atributos foliares, a população de *L. racemosa* estudada apresentou diferença significativa na espessura dos tecidos fotossintéticos, observada a partir das análises morfológicas e anatômicas. Maiores taxas de desenvolvimento de tecidos foliares propiciam uma maior dureza na folha, atuando como defesa contra a ação de herbívoros (Lucas *et al.* 2000). O aumento da força de perfuração observado para a segunda coleta, ou seja, aumento da dureza foliar reforça a hipótese da produção de barreira contra herbivoria. Segundo Lucas *et al.* (2000), uma maior dureza foliar em plantas, altera a textura das folhas, tornando-as mais rígidas e dificulta a penetração dos aparelhos bucais bem como a digestão por herbívoros.

Segundo Camilleri & Ribí (1983), plantas que estão expostas a altos níveis de salinidade apresentam aumento na espessura de suas folhas como estratégia para regulação osmótica. Porém, para a população estudada a análise do solo revelou menor salinidade na segunda coleta, reforçando a

hipótese de investimento em tecido esclerenquimático para proteção da copa contra novos episódios de herbivoria. Além disso, a taxa de herbivoria também apresentou diminuição em relação à segunda coleta, apontando a redução de 93,87% da área forrageada por herbívoros.

As análises histoquímicas evidenciaram que a composição química das folhas permaneceu relativamente similar entre os dois anos. Para a presença de alcaloides, metabólito relacionado à defesa antiherbivoria por sua ação tóxica que reduz a palatabilidade do recurso vegetal e repelem os herbívoros (Peeters, 2002), as duas coletas apresentaram presença total em todos os tecidos. Já para os compostos fenólicos, metabólito formado em resposta a condições de estresse como o ataque de patógenos (Nacz & Shahidi, 2004), houve redução da sua presença no xilema e presença total na epiderme adaxial, fato esse que, segundo (Santos, 2006), pode estar ligado ao controle de insetos galhadores. Em seu estudo em um manguezal de Maracapé (PE), o mesmo autor observou que a população de *L. racemosa* sobre a presença de insetos galhadores apresentou aumento na produção de compostos fenólicos como indicativo de defesa induzida da espécie. Na população aqui estudada, houve uma total redução da produção de taninos no xilema, floema e fibras da nervura central das folhas coletadas em 2019. Os taninos tornam a folha impalatável devido ao seu efeito adstringente (Aoyama & Labinas 2012), sendo considerados importantes compostos por sua interferência nas vias metabólicas específicas ou nos processos fisiológicos dos insetos (João & Raga, 2016). As alterações na produção de metabólitos secundários, com a diminuição de produção de compostos de defesa contra herbívoros, como os taninos, possivelmente se justificam pelo maior investimento em tecidos de sustentação que proporcionam maior resistência mecânica foliar.

## Conclusão

A população de *Laguncularia racemosa* estudada apresentou para a segunda coleta espessamento em seu mesófilo e diferença na presença de metabolitos secundários responsáveis pela defesa contra herbivoria, esse investimento em tecido mecânico pode garantir a planta melhor defesa contra insetos mastigadores e permitiu menor investimento em defesas químicas entre os períodos de coleta considerados. Conclui-se que a herbivoria maciça em *L. racemosa* foi preditora de ajustes ligados à defesa antiherbivoria de forma a reduzir o impacto negativo em outro evento predatório de sua copa.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Fundo de Amparo à Pesquisa da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE.

## Referências

- Aoyama, E.M., Labinas, A.M. 2012. Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer.
- Arun P.R., Maha Jan, M.V. 2012. Ecological Costs and Benefits of Teak Defoliator (*Hyblaea puera* Cramer) Outbreaks in a Mangrove Ecosystem.
- Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P. 2011. Numerical Ecology with R. Springer, New York.
- Camilleri, J.C., Ribí, G. 1983. Leaf thickness of mangroves (*Rhizophora mangle*) growing in different salinities. *Biotropica* 15, 139-141.
- Copque, A.C.S.M., Cunha, R.D.A., Souza, F.A. 2010. Caracterização ambiental do ecossistema manguezal na Costa leste de salinas da Margarida-Bahia. I COBESA.
- Corrêa, P.G. 2007. Defesas foliares em resposta à herbivoria em espécies lenhosas de restinga, Ipojuca-PE.
- Figueiredo, A.C.S., Barroso, J.G., Pedro, L.G., Ascensão, L. 2007. Histoquímica e Citoquímica em plantas: Princípios e protocolos. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Biotecnologia Vegetal.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. New York: McGraw- Hill.
- João, R.E.S., Raga, A. 2016. Mecanismos de defesa das plantas contra o ataque de insetos sugadores. Instituto Biológico- APTA.
- Kraus, J.E., Arduin, M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. EDUR, Seropédica.
- Madi, A.P.L.M., Boeger, M.R.T., Reissmann, C.B. 2015. Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.
- Melo Júnior, J.C.F., Chaves, M.B., Lorenzi, L., Mouga, D.M.D.S. 2018. Efeito da qualidade ambiental e da herbivoria massiva por *Hyblaea puera* (Lepidoptera) sobre um bosque de manguezal da baía Babitonga, Santa Catarina, Brasil. Univille.
- Naczki, M., Shahidi, F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A* 1054, 95-111.
- Penante, D.C.A., Silva, G.P. 2007. Herbivoria em *Laguncularia Racemosa* (L.) Gaertn (Combretaceae). Universidade Federal de Pernambuco.
- Peeters, P.J. 2002. Correlations between leaf structural traits and the densities of herbivorous insects guilds. *Biological Journal of Linnean Society* 77, 43-65.
- Lucas P.W, Turner, I.M., Dominy, N.J, Yamashita, N. 2000. Mechanical defences to herbivory. *Annals of Botany* 86, 913-920.
- Pinheiro, M.M., Sandroni, M., Lummerzheim, M., Oliveira, D.E. 1999. A defesa das plantas contra as doenças. *Ciência Hoje* 147, 1-11.
- Robledo, C. 2005. Comparación de dos métodos para medir herbivoria. Es la herbivoria em el Geotrópico mayor de lo que creemos? *Revista de Biología Tropical* 53, 111-114.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. 2010. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais.
- Santos, I.V. 2006. Estudo das interações planta-herbívoros em *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Combretaceae) no manguezal de maracápe, Ipojuca, PE.
- Silva, A.W. 2014. Danos foliares por herbivoria em floresta de mangue em três estuários do estado da Paraíba. Universidade Federal da Paraíba- UFPB.