

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO

***AECHMEA BLANCHETIANA* (BAKER) L.B.SM
(BROMELIACEAE) AUMENTANDO A
HERBIVORIA FOLIAR EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA RESTINGA**

APARICIO DA CRUZ

São Mateus/ES
Novembro/2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO**

***AECHMEA BLANCHETIANA* (BAKER) L.B.SM
(BROMELIACEAE) AUMENTANDO A
HERBIVORIA FOLIAR EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NA RESTINGA**

APARICIO DA CRUZ

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de BACHAREL EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.

Orientador: Dr. Luis Fernando Tavares de Menezes
Co-orientadora: Dra. Izabela Ferreira Ribeiro

**São Mateus/ES
Novembro/2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: **APARICIO DA CRUZ**

Título:

***Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm (Bromeliaceae) aumentando a herbivoria foliar em área de restauração ecológica na restinga**

Monografia do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)
Defendida e aprovada em 24/11/2023

Com nota 9,0 (Nove) pela comissão julgadora:

Orientador e presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Luis Fernando Tavares de Menezes (UFES)

Examinador 1
Profa. Dra. Tathiana Guerra Sobrinho (UFES)

Examinador 2
Prof. Dr. Antelmo Ralph Falqueto (UFES)

Coorientadora
Dra. Izabela Ferreira Ribeiro (UFES)

Centro Universitário Norte do Espírito Santo

Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540

São Mateus - ES

Sítio eletrônico: <http://www.ceunes.ufes.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
LUIS FERNANDO TAVARES DE MENEZES - SIAPE 1290688
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 04/12/2023 às 10:23

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/848476?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
TATHIANA GUERRA SOBRINHO - SIAPE 1733466
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 04/12/2023 às 16:12

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/849046?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ANTELMO RALPH FALQUETO - SIAPE 1648734
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 06/12/2023 às 06:19

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/850315?tipoArquivo=O>

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Universidade Federal do Espírito Santo pela possibilidade de me formar em um curso superior.

Expresso também minha gratidão à empresa Petrobras pela parceria com a Universidade e pelo financiamento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para a revegetação de áreas degradadas pela exploração de ecossistemas de petróleo e gás natural do norte do estado do Espírito Santo.

Agradeço às instituições de fomento à pesquisa brasileira pela concessão das bolsas que proporcionaram o desenvolvimento do meu trabalho: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) por todo o apoio fornecido durante o período de realização do trabalho.

A banca examinadora que aceitaram o convite e contribuíram muito para o presente trabalho.

Agradeço também meu Orientador Luis Fernando Tavares de Menezes, pela amizade, por toda a paciência nesses anos e pelas cobranças que tanto melhoraram o trabalho.

Expresso também minha gratidão à minha Co-orientadora Izabela Ferreira Ribeiro, pelo ensinamento, pela amizade, por toda a paciência e delicadeza na correção do trabalho, por todo o esforço na reta final e também pelos inúmeros campos que realizamos juntos com Stiviny e Thalia que não mediam esforços para ajudar. Serei eternamente grato, muito obrigado.

Agradeço ao laboratório de Ecologia e Restinga da Mata Atlântica, por toda o apoio, por ser a minha casa na Universidade e pelos profissionais excelentes que encontrei nesse laboratório.

A todos os meus amigos do Lerma, por todas as brincadeiras, por toda a alegria, conversas descontraídas e disponibilidade para ajudar em todos os momentos.

Agradeço em especial a Thais que tem um lugar especial no meu coração, uma amiga pra todas as horas que conheci na graduação e que sem dúvidas vou levar para a vida toda.

Aos meus amigos, Ana Beatriz, Izabella, Jackson e Maria Silvia, pelo apoio, pela ajuda e por todas as risadas juntos.

A minha família que me apoiou em todos os momentos e me deram forças para realizar meu sonho de me formar.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.
(Marthin Luther King)

RESUMO

Este estudo avaliou a porcentagem de herbivoria em plantas na restinga em uma área experimental de restauração ecológica. A herbivoria é a remoção de tecido vegetal vivo por animais e é um dos processos ecológicos mais importantes na interação planta-animal. Como defesa, as plantas desenvolveram estratégias incluindo defesas mecânicas, como espinhos, e defesas químicas, como a produção de compostos secundários e bióticas como exemplo, as formigas que se alimentam de nectar extrafloral ou utilizam as plantas como moradia que podem defender as mesmas de outros insetos herbívoros. O estudo foi realizado em quatro espécies: *Inga laurina* Willd (Fabaceae), *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae) e *Dalbergia ecastophyllum* (L.) Taub (Fabaceae). O objetivo principal foi testar a Hipótese da Disponibilidade de Recursos, que prevê que as plantas que evoluíram em ambientes ricos em recursos são mais herbivoradas, pois investem mais em crescimento do que em defesa, ao contrário das espécies vegetais que evoluíram em ambientes pobres em recursos. A pesquisa foi conduzida em uma área de experimental de restauração ecológica dentro de uma antiga base de exploração de petróleo na cidade de São Mateus, Espírito Santo, Brasil. As plantas foram dispostas em três tratamentos: tratamento controle que foi o testemunho do experimento, tratamento adubo onde os indivíduos receberam adubação química e orgânica no momento do plantio e tratamento bromélia cujo as plantas tinham indivíduos de bromélia *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm (Bromeliaceae) associados para analisar o potencial da bromélia em causar mudanças de fatores ambientais, como: luminosidade, umidade do ar, temperatura do ar e nutrientes no solo. Os principais resultados mostraram que as plantas no tratamento com a *A. blanchetiana* foram mais herbivoradas em comparação com os indivíduos dos tratamentos controle e adubo. Isso sugere que a presença da bromélia pode afetar a herbivoria nas plantas circundantes. Além disso, as condições ambientais, como a intensidade luminosa e a temperatura, também afetaram a herbivoria, com os tratamentos controle e adubo recebendo menos herbivoria devido a condições ambientais mais severas. Assim, o estudo destacou a importância das condições ambientais, especialmente a intensidade da luz solar e a temperatura, na herbivoria foliar das plantas da restinga corroborando a Hipótese da Disponibilidade de Recursos, visto que, as plantas presentes em tratamentos de maiores recursos foram as mais herbivoradas. Esses resultados têm implicações importantes para a restauração ecológica em ambientes com condições ambientais severas, destacando a necessidade de considerar não apenas os atributos do solo, mas também as condições ambientais, ao planejar estratégias de restauração. Por fim, vale ressaltar que a herbivoria é um processo natural e em áreas de restauração ecológica a presença da *A. blanchetiana* parece facilitar o retornando da fauna local e episódios de processos ecológicos.

Palavras-chave: Bromélia; Fatores Ambientais; Folivoria; Herbívoros; Restauração Ambiental.

ABSTRACT

This study evaluated the percentage of herbivory in plants in the restinga in an experimental area of ecological restoration. Herbivory is the removal of live plant tissue by animals and is one of the most important ecological processes in plant-animal interaction. As a defense, plants have developed strategies including mechanical defenses, such as thorns, and chemical defenses, such as the production of secondary compounds, and biotic defenses, such as ants that feed on extrafloral nectar or use plants as a home that can defend them from other herbivorous insects. The study was conducted on four species: *Inga laurina* Willd (Fabaceae), *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae), and *Dalbergia ecastophyllum* (L.) Taub (Fabaceae). The main objective was to test the Resource Availability Hypothesis, which predicts that plants that have evolved in resource-rich environments are more herbivorous because they invest more in growth than in defense, unlike plant species that have evolved in resource-poor environments. The research was conducted in an experimental area of ecological restoration within an old oil exploration base in the city of São Mateus, Espírito Santo, Brazil. The plants were arranged in three treatments: a control treatment that was the experiment's witness, a fertilizer treatment where individuals received chemical and organic fertilization at the time of planting, and a bromeliad treatment whose plants had individuals of the bromeliad *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm (Bromeliaceae) associated with them to analyze the potential of the bromeliad to cause changes in environmental factors such as luminosity, air humidity, air temperature, and soil nutrients. The main results showed that plants in the treatment with *A. blanchetiana* were more herbivorous compared to individuals in the control and fertilizer treatments. This suggests that the presence of the bromeliad can affect herbivory in surrounding plants. Additionally, environmental conditions such as light intensity and temperature also affected herbivory, with the control and fertilizer treatments receiving less herbivory due to harsher environmental conditions. Thus, the study highlighted the importance of environmental conditions, especially sunlight intensity and temperature, in foliar herbivory of restinga plants, corroborating the Resource Availability Hypothesis, as plants present in richer resource treatments were the most herbivorous. These results have important implications for ecological restoration in environments with severe environmental conditions, highlighting the need to consider not only soil attributes but also environmental conditions when planning restoration strategies. Finally, it is worth noting that herbivory is a natural process and in areas of ecological restoration, the presence of *A. blanchetiana* seems to facilitate the return of local fauna and episodes of ecological processes.

Keywords: Bromeliad; Environmental Factors; Environmental Restoration; Folivory; Herbivores.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	5
2.1.	Objetivo geral:.....	5
2.2.	Objetivos específicos:.....	5
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1.	Área de estudo.....	5
3.2.	Delineamento experimental.....	7
3.3.	Coleta de dados.....	8
3.4.	Análises Estatísticas.....	10
4.	RESULTADOS.....	11
5.	DISCUSSÃO.....	13
6.	CONCLUSÃO.....	16
7.	REFERÊNCIAS.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa do município de São Mateus, ES, Brasil, indicando a área de estudo destacada no ponto marcado.	6
Figura 2: Distribuição das espécies vegetais nos núcleos nos tratamentos com e sem a presença da bromélia <i>Aechmea blanchetiana</i> (Baker) L.B.Sm (Bromeliaceae): (A) Nucleações sem a <i>A. blanchetiana</i> e (B) Nucleações com a <i>A. blanchetiana</i>	7
Figura 3: Vista aérea da área experimental analisada, contendo as quatro espécies vegetais nos três tratamentos (controle, adubo e bromélia).	8
Figura 4: Ilustração do processo de análise de herbivoria foliar: (A) Área total e (B) Área comprometida.	9
Figura 5: Gráfico indicando a umidade relativa do ar no período de um dia no tratamento com a bromélia <i>Aechmea blanchetiana</i> (Baker) L.B.Sm. (linha verde) e nos tratamentos sem a bromélia (linha azul).	12
Figura 6: Gráfico indicando a intensidade luminosa no período de um dia no tratamento com a bromélia <i>Aechmea blanchetiana</i> (Baker) L.B.Sm. (linha verde) e nos tratamentos sem a bromélia (linha azul).	12
Figura 7: Gráfico indicando a temperatura no período de um dia no tratamento com a bromélia <i>Aechmea blanchetiana</i> (Baker) L.B.Sm. (linha verde) e nos tratamentos sem a bromélia (linha azul).	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média e desvio padrão das porcentagens de herbivoria foliar das espécies vegetais nos tratamentos controle, adubo e bromélia. As letras informam se houve ou não variação estatística entre os tratamentos.11

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Fórmula utilizada para obter a porcentagem de herbivoria foliar.....9

1. INTRODUÇÃO

A herbivoria é considerada uma das principais interações entre plantas e animais e é definida como a remoção de tecido vegetal vivo (Del-claro & Torezan-Silingardi, 2012). Estudos apontam que as interações entre plantas e insetos desempenham um papel crucial na evolução dos organismos ao longo do tempo (Del-claro & Torezan-Silingardi, 2012). Esse processo influencia nas adaptações e história de vida dos seres vivos (Ehrlich & Raven, 1964).

Ao longo dos últimos 400 milhões de anos, a Terra foi palco de uma verdadeira "corrida armamentista" entre as plantas e seus herbívoros, com conjuntos genéticos que conferiram vantagens em determinados momentos (Del-Claro & Torezan-Silingardi, 2021), e que constantemente estão sujeitos às forças evolutivas da seleção natural (Holeski *et al.*, 2012). Portanto, as interações antagônicas podem ser consideradas como o ponto de partida para a evolução das relações que resultaram na diversificação conjunta de plantas e animais (Thompson, 2014).

A herbivoria pode ter impactos adversos significativos no desenvolvimento, na sobrevivência e nos mecanismos reprodutivos das plantas (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013). Como forma de defesa aos danos causados por insetos, foram selecionadas nas plantas diferentes estratégias defensivas, que podem ser classificadas como mecânicas, químicas e bióticas (Del-claro & Torezan-Silingardi, 2012).

As defesas mecânicas são estratégias físicas que as plantas desenvolveram ao longo de sua evolução, afim de dificultar ou impedir os predadores de se alimentarem ou ovopositarem em sua superfície, como por exemplo, espinhos, acúleos, acúmulo de esclerênquimas (Real-Santillán *et al.*, 2019; González-Esquível *et al.*, 2019) e cristais internos, que desgastam as peças bucais e atrapalham a digestão do tecido ingerido (Del-claro & Torezan-Silingardi, 2012). Já defesas químicas são compostas por substâncias de metabólitos secundários, sendo as principais, taninos, terpenóides e alcalóides (Del-claro & Torezan-Silingardi, 2012). Essas substâncias não possuem função essencial no crescimento e desenvolvimento das plantas

(Coley & Barone, 1996), porém podem influenciar na palatabilidade dos tecidos, atuar como repelentes para insetos herbívoros (Del-claro & Torezan-Silingardi, 2012; War *et al.*, 2018; González-Esquivel *et al.*, 2019), ou também atrativos para outras espécies inimigas de seus predadores, levando à diminuição dos danos causados por esses animais (War *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2019). As interações mutualísticas entre formigas e plantas que possuem nectários extraflorais (NEFs) exemplificam um tipo de defesa indireta (Moura *et al.*, 2021). Os NEFs são estruturas vegetais que secretam substâncias açucaradas consumidas por artrópodes, incluindo várias espécies de formigas (González-Teuber & Heil, 2009). Formigas agressivas têm a capacidade de atacar ou remover artrópodes herbívoros das plantas, o que resulta na redução dos danos causados às plantas (Rosumek *et al.*, 2009).

A herbivoria pode ser influenciada por fatores abióticos como luminosidade, nutrientes do solo e temperatura (Braga *et al.*, 2007; Coley *et al.*, 1985; Zhang *et al.*, 2020). Em floresta tropical perenifólia a intensidade luminosa se destaca como um dos fatores mais influentes na herbivoria (Braga *et al.*, 2007). Já em ambientes com escassez de nutrientes, as plantas tendem a investir mais energia em defesas contra herbívoros, portanto, sofrem menos danos foliares (Coley *et al.*, 1985). Estudos também relatam que o aumento da temperatura nos microhabitats intensifica as taxas metabólicas dos insetos, resultando em maiores taxas de danos foliares, evidenciando como esse fator interfere na alimentação dos herbívoros (Zhang *et al.*, 2020).

Analisando a taxa de herbivoria em ambientes com diferentes níveis de recursos, Coley *et al.* (1985) observaram que a herbivoria era maior em plantas que tinham evoluído em ambientes com disponibilidade de recursos superior. Com base nesses achados, formularam a Hipótese da Disponibilidade de Recursos (HDR). Essa hipótese prediz que as plantas que evoluíram em ambientes ricos em recursos (*e.g.* água, nutrientes no solo e intensidade luminosa) são mais herbivoradas, pois investem mais energia em crescimento do que em defesa. Em contrapartida, as plantas que evoluíram em ambientes pobres em recursos, investem mais energia em defesa do que em crescimento (Coley *et al.*, 1985; Endara & Coley, 2011), sendo, portanto menos herbivoradas.

Embora a HDR tenha sido inicialmente formulada para investigar os padrões de variação interespecífica, alguns estudos observaram variações na taxa de crescimento e de defesas dentro da mesma espécie (Boege & Dirzo, 2004; Gonçalves-Alvim *et al.*, 2011; Hahn *et al.*, 2019; Low & Sparks, 2016; Lowry *et al.*, 2019). Comparando as restingas com outros ambientes com maior disponibilidade de recursos, Neves (2007), da Silva & Deus-Medeiros (2005) e Zuluaga *et al.* (2013) mostraram que as maiores taxas de herbivoria estavam relacionadas a maior disponibilidade de recursos.

Sendo um ecossistema associado ao Bioma da Mata Atlântica, as Restingas formam faixas de areia e dunas na costa litorânea brasileira e originaram-se de processos de deposição de sedimentos arenosos marinhos durante o Quaternário (Scarano, 2002). As formações vegetais das restingas são classificadas de acordo com os estratos vegetais que as compõe, podendo ser herbáceo, arbustivo e arbóreo, sendo as restingas arbóreas as mais afastadas do litoral (Pereira & Menezes, 2023). As condições ambientais presentes nesses ecossistemas, como solo arenoso e infértil, alta salinidade, alta intensidade luminosa e alta incidência de ventos (Craine *et al.*, 2003; Melo Jr. & Boeger, 2015), atuam como filtro, selecionando as espécies capazes de suportar as condições ambientais abióticas desse ecossistema (Melo Jr. & Boeger, 2017).

Por ser um ecossistema costeiro, a antropização das restingas começou com a chegada dos colonizadores europeus, dando espaço aos primeiros acampamentos, que posteriormente se tornaram grandes civilizações (Zamith & Scarano, 2006). Com o aumento da antropização, estratégias de restauração foram criadas para a conservação desse ecossistema (Zamith & Scarano, 2006) com intuito de auxiliar no retorno do ambiente natural (Brancalion *et al.*, 2015). Uma das estratégias adotadas é a do tipo facilitada, onde são utilizadas ações que amenizam as condições ambientais estressantes pós distúrbios, como a utilização de troncos, rochas, arbustos ou árvores, favorecendo o recrutamento de espécies vegetais (Brancalion *et al.*, 2015).

Plantas que facilitam o desenvolvimento de outras espécies vegetais são denominadas “facilitadoras” (Kleinhesselink *et al.*, 2014; Yelenik *et al.*, 2015). Estes indivíduos formam microhabitats que podem modificar positivamente

os nutrientes do solo, a umidade do ar e a intensidade luminosa sob sua copa, e essas interferências podem facilitar o desenvolvimento de plantas (Padilla & Pugnaire, 2006; Liu *et al.*, 2014), como por exemplo a *Clusia hilariana* Schlecht (Clusiaceae), que na restinga facilita a colonização de outras espécies (Zaluar & Scarano, 2000).

Estudos mostraram efeitos benéficos no solo sob a bromélia *Neoregelia cruenta* (R.Graham) L.B.Sm, onde o teor de matéria orgânica e nutrientes era maior quando comparados a áreas abertas ao redor (Hay & Lacerda, 1980; Pereira *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2016). Portanto, sementes que germinavam sob a *N. cruenta* possuíam menor probabilidade de sofrerem com a falta de nutrientes no solo, mostrando que a bromélia também pode atuar como facilitadora em áreas de restinga.

As bromélias são consideradas elementos-chave na preservação do Bioma da Mata Atlântica diante das transformações climáticas globais (Sampaio *et al.*, 2005; Scarano, 2009). A família Bromeliaceae é um dos grupos taxonômicos mais relevantes no Bioma Atlântico, em virtude do elevado índice de endemismo e do notável valor ecológico, principalmente devido à sua interação com a fauna, desempenhando um papel significativo no enriquecimento da biodiversidade das comunidades (Martinelli *et al.*, 2008).

Diversas espécies de da família Bromeliaceae estabelecem complexas interações com plantas, animais e micro-organismos em seus tanques aquáticos, consideradas vitais para alimentação, abrigo, reprodução e cuidado da prole dos seres envolvidos (Del-Claro, 2012). Os microhabitats formados pelo acúmulo de água e detritos nas bromélias são amplamente explorados por diversos grupos, incluindo macroinvertebrados (Del-Claro, 2012), sendo considerados reservatórios servem como recursos alimentares e locais seguros para reprodução, especialmente nos estágios iniciais de suas vidas, quando a água é crucial (Dias *et al.*, 2014).

Considerando que a diversidade de insetos que utiliza as bromélias como habitat é notável, e abrange uma ampla gama de táxons (Muller & Marcondes, 2006; Fravetto *et al.*, 2011), é importante analisar como a mesma interfere nas funções ecossistêmicas onde estão presentes.

Considerando a forte influência que as bromélias podem exercer na

diversidade local de organismos, bem como na qualidade nutricional do solo, este estudo teve como hipótese que as mesmas podem interferir significativamente na herbivoria foliar de espécies vegetais presentes ao seu redor. A pesquisa contribuiu para um entendimento mais amplo das complexas interações entre as bromélias e a fauna, o que pode ter repercussões significativas nos estudos de interações nos ecossistemas na Restinga.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral:

Avaliar a porcentagem de herbivoria foliar de quatro espécies vegetais em um experimento de restauração ecológica, levando em consideração a Hipótese da Disponibilidade de Recursos e o papel das bromélias que vivem associadas a essas espécies.

2.2. Objetivos específicos:

1. Analisar as porcentagens de herbivoria das espécies *Inga laurina* Willd (Fabaceae), *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolia* Engler (Anacardiaceae) e *Dalbergia ecastophyllum* (L.) Taub (Fabaceae) entre diferentes tratamentos;
2. Avaliar a herbivoria foliar de cada espécie e os fatores ambientais em cada tratamento observando as possíveis correlações;
3. Testar a validade da Hipótese da Disponibilidade de Recursos para as quatro espécies estudadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área experimental de restauração ambiental, implantada em uma base de poço de exploração de petróleo desativada (Figura 1). O experimento está localizado no interior de uma

propriedade rural no bairro Rio Preto, São Mateus, Espírito Santo/Brasil (UTM 24K: 416533.22 m E, 7925979.37 m S), em um ambiente caracterizado como restinga holocênica, originada de sedimentos lagunares (Suguio *et al.*, 1982). O clima do município é classificado como Aw segundo Köppen, caracterizado como tropical úmido, de inverno seco e com precipitações máximas concentradas no verão (Alvares, *et al.*, 2014).

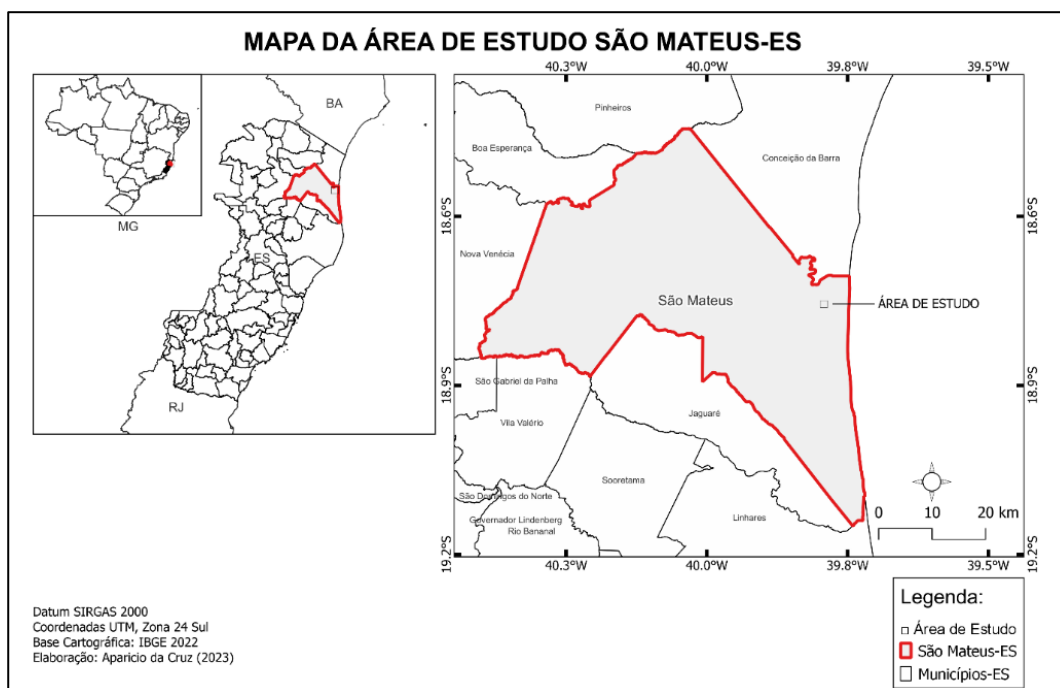


Figura 1: Mapa do município de São Mateus, ES, Brasil, indicando a área de estudo destacada no ponto marcado.

A média anual de precipitação no município de São Mateus totaliza 1.279,9 mm. Durante o período chuvoso, que abrange os meses de outubro a abril, a média pluviométrica é de 976,8 mm, correspondendo a 76,3% do total anual acumulado, conforme informações do INCAPER. Durante o período compreendido entre os meses de maio e setembro, observa-se uma menor incidência de chuvas, com uma média de 303,1 mm, equivalente a 23,7% do total anual de precipitação. Já a média anual de temperatura na região é de 24,1 °C, registrando-se a temperatura mais elevada em fevereiro, atingindo 26,5 °C, e a mais baixa em julho, com 21,5 °C de média, caracterizando um período de temperaturas amenas (INCAPER, 2020).

3.2. Delineamento experimental

O experimento foi composto por *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm (Bromeliaceae) e pelas espécies *I. laurina*, *P. cattleianum*, *S. terebinthifolia* e *D. ecastophyllum*, das quais foram coletadas folhas para análise da porcentagem de herbivoria foliar.

Os indivíduos foram dispostos em nucleações (Figura 2) e distribuídos em três tratamentos: controle, tratamento adubo e tratamento bromélia (Figura 3). Cada tratamento foi composto por cinco nucleações, onde cada nucleação continha quatro indivíduos da mesma espécie arbustiva, totalizando 20 indivíduos por espécie por tratamento (Figura 3).

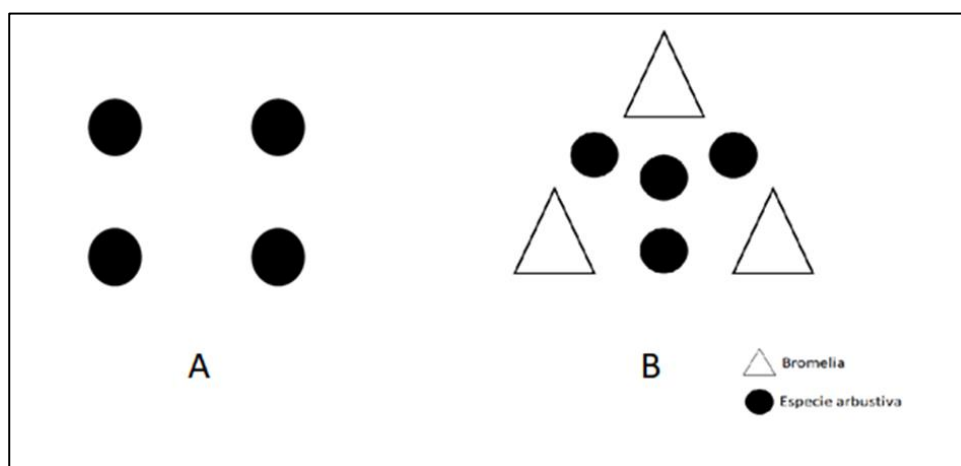


Figura 2: Distribuição das espécies vegetais nos núcleos nos tratamentos com e sem a presença da bromélia *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm (Bromeliaceae): (A) Nucleações sem a *A. blanchetiana* e (B) Nucleações com a *A. blanchetiana*.

No tratamento controle não houve nenhuma interferência, já no tratamento adubo, os indivíduos receberam adubação química (100 g de NPK 04-14-08 no fundo da cova) e orgânica (2 litros de esterco bovino no fundo da cova) no momento do plantio segundo protocolo contido em Martins (2020). Por fim, no tratamento bromélia, as nucleações possuíam três indivíduos da espécie *A. blanchetiana*, com intuito de analisar seu potencial facilitador em áreas de restinga (Figura 2; Figura 3).

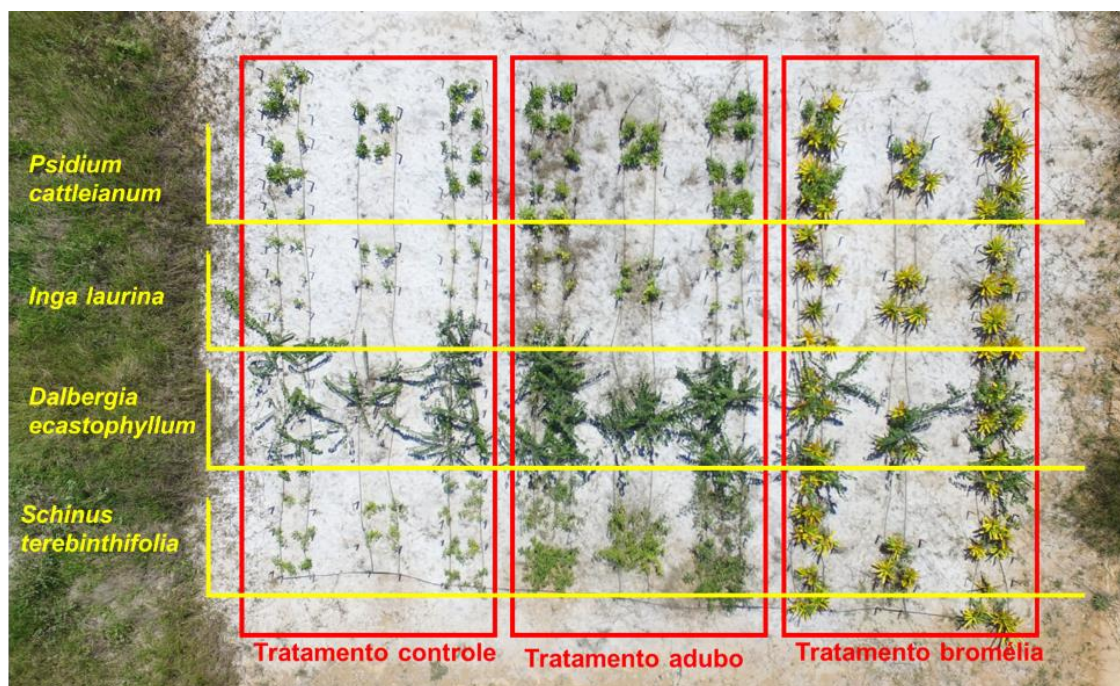


Figura 3: Vista aérea da área experimental, contendo as espécies: *Inga laurina* Willd (Fabaceae), *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolia* Engler (Anacardiaceae) e *Dalbergia ecastophyllum* (L.) Taub (Fabaceae) nos três tratamentos (controle, adubo e bromélia).

3.3. Coleta de dados

Para avaliar a porcentagem de herbivoria foliar, foram selecionados 14 indivíduos de cada espécie em cada tratamento. As coletas das folhas foram realizadas em dois momentos, a primeira dentro do período mais chuvoso do ano (fevereiro) e a segunda no período com menor média de precipitação (agosto), conforme mostrado pela série histórica de precipitação do município (Figura 4). Dos indivíduos selecionados, foram coletadas e analisadas cinco folhas dispostas no terceiro ou quarto nó contando do ápice para a base. Para as espécies de folhas compostas, como *I. laurina* e *S. terebinthifolia*, os folíolos foram tratados como folhas simples, seguindo o método descrito por Bongers & Popma (1990).

Posteriormente, as folhas foram levadas ao Laboratório de Ecologia de Restinga e Mata Atlântica (LERMA) na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) Campus de São Mateus-ES, onde foram digitalizadas em uma

impressora com câmera de resolução de 1698x2336 *pixels* em papel milimetrado, para facilitar a medição da escala. Após a digitalização, as folhas foram processadas no *software ImageJ* versão 1.44 64-bit para calcular a área foliar total e a área foliar herbivorada. Para determinar o valor de herbivoria de cada folha, foram utilizados os valores de área comprometida, que se refere à área foliar removida por insetos, bem como o valor da área total das folhas, conforme demonstrado na Figura 4.

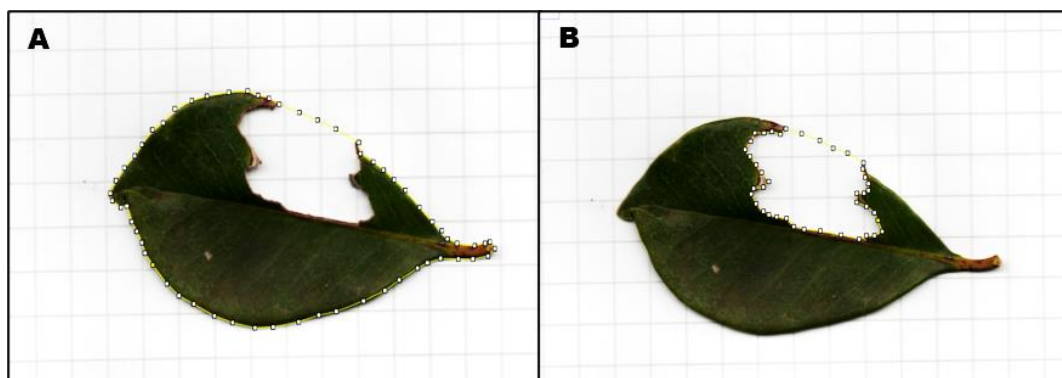


Figura 4: Ilustração do processo de análise de herbivoria foliar: (A) Área total e (B) Área comprometida.

Após adquiridos os valores de medida foliar, os mesmos foram adicionados à fórmula para obter a porcentagem de herbivoria (Equação 1).

$$\%Herbivoria: \frac{\text{Área Comprometida}}{\text{Área Total}} \times 100$$

Equação 1: Fórmula utilizada para obter a porcentagem de herbivoria foliar.

A porcentagem de herbivoria calculada foi utilizada para comparar as espécies individualmente e determinar em qual situação os indivíduos foram mais consumidos. Para análise geral, as folhas coletadas nos tratamentos foram agrupadas sem discriminação de espécie, para avaliar qual tratamento apresentou maior porcentagem de herbivoria.

Os parâmetros ambientais analisados foram temperatura do ar (°C), a umidade relativa do ar (%) e a intensidade luminosa (lum/ft²). A coleta de dados desses parâmetros foi realizada por meio de equipamentos *datalogger* do modelo Hobo, posicionados sob os indivíduos nos tratamentos controle,

adubo e bromélia. Cada tratamento contou com nove dispositivos, previamente configurados para registrar dados a cada hora, iniciando às seis da manhã e encerrando às seis da tarde no período de um dia de sol pleno. Posteriormente, os dados registrados pelos *Hobos* foram extraídos utilizando o *software Hoboware*.

3.4. Análises Estatísticas

Para selecionar o teste mais apropriado para analisar os dados de herbivoria, foram consideradas as principais premissas da Análise de Variância (ANOVA). Visto que os dados não atenderam às premissas da ANOVA, optou-se por utilizar o teste de *Kruskal-Wallis* ($p < 0,05$) para avaliar possíveis diferenças estatísticas na porcentagem de herbivoria foliar entre os tratamentos.

Quando os resultados indicaram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p < 0,05$), os dados foram submetidos ao teste *Post-Hoc* de comparação de *Dunn*. Esse teste compara os tratamentos em pares, permitindo determinar se houve ou não diferença estatística significativa entre eles. Todas as análises foram conduzidas no *software RStudio* versão 4.2.2, e as tabelas foram geradas utilizando o programa *Microsoft Excel* (2019) para auxiliar na interpretação dos dados.

Para analisar os parâmetros ambientais as premissas da ANOVA também foram observados e, após verificar que os dados atendiam as premissas foi utilizada Análise de Variância para a comparação dos grupos. Os dados foram testados separadamente e observou-se que não houve variação estatística entre os tratamentos controle e adubo, em nenhum parâmetro ambiental. Portanto, optamos por agrupar esses dados (Sem bromélia) e compará-los ao tratamento com a presença da bromélia (Com bromélia). Os testes foram realizados no programa *RStudio* versão 4.2.2 e os gráficos foram gerados no programa *Microsoft Excel* (2019) para auxiliar na interpretação dos resultados.

4. RESULTADOS

Na comparação geral entre os tratamentos, a maior porcentagem de herbivoria foliar foi observada no tratamento bromélia e posteriormente no tratamento adubo, portanto, o tratamento controle sofreu menor dano foliar por insetos (Tabela 1).

Além disso, foi verificado que para as espécies *I. laurina*, *P. cattleianum* e *S. terebinthifolia*, os indivíduos do tratamento bromélia foram mais herbivorados, quando comparados aos tratamentos controle e adubo, que não variando entre si (Tabela 1). Já para a *D. ecastaphyllum* não houve diferença na herbivoria entre os tratamentos adubo e bromélia, porém os indivíduos foram mais herbivorados em comparação com o controle (Tabela 1).

Tabela 1: Média e desvio padrão das porcentagens de herbivoria foliar das espécies vegetais nos tratamentos controle, adubo e bromélia. As letras informam se houve ou não variação estatística entre os tratamentos.

ESPÉCIES	TRATAMENTO CONTROLE	TRATAMENTO ADUBO	TRATAMENTO BROMÉLIA
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	2,13 a ± (6,48)	4,81 b ± (10,90)	4,64 b ± (10,86)
<i>Inga laurina</i>	2,15 a ± (7,83)	3,53 a ± (13,20)	4,03 b ± (10,53)
<i>Psidium cattleianum</i>	3,50 a ± (8,93)	4,76 a ± (9,45)	10,92 b ± (15,72)
<i>Schinus terebinthifolia</i>	1,12 a ± (5,63)	3,77 a ± (11,03)	20,52 b ± (25,66)
Herbivoria Geral	1,72 a ± (6,74)	4,94 b ± (10,47)	11,99 c ± (20,64)

Em relação aos parâmetros ambientais avaliados, não foi observado diferença estatística entre os tratamentos em relação aos dados de umidade relativa ($p=0,107$), como podemos observar na figura 5.

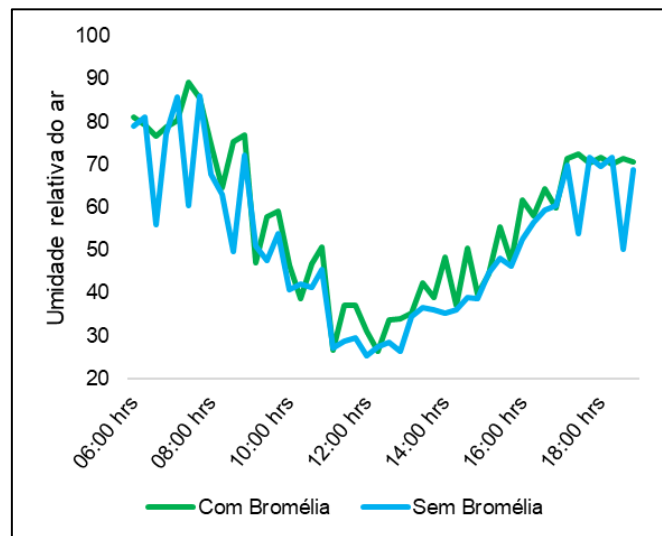


Figura 5: Gráfico indicando a umidade relativa do ar no período de um dia no tratamento com a bromélia *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm. (linha verde) e nos tratamentos sem a bromélia (linha azul).

A intensidade luminosa variou entre os diferentes tratamentos ($p=0,008$), onde os indivíduos sem bromélia (tratamento controle e tratamento adubo) receberam quantidade significativamente maior de luz solar quando comparados ao tratamento com bromélia (Figura 6).

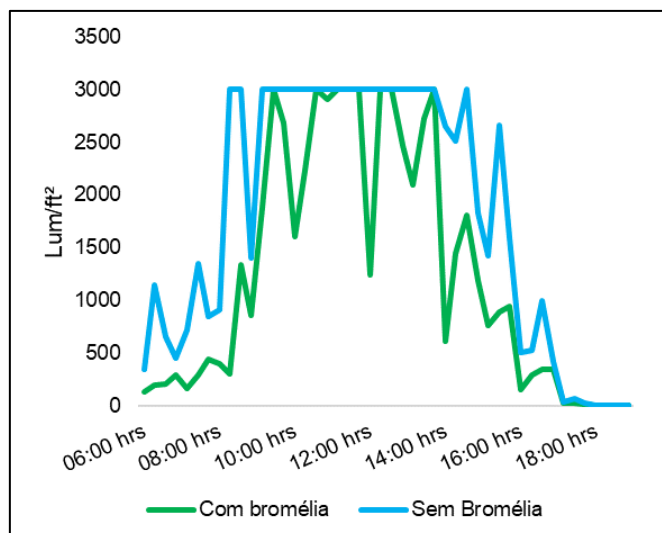


Figura 6: Gráfico indicando a intensidade luminosa no período de um dia no tratamento com a bromélia *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm. (linha verde) e nos tratamentos sem a bromélia (linha azul).

A análise da temperatura do ar mostrou que os tratamentos sem bromélia apresentaram temperaturas superiores as registradas no tratamento com a bromélia com $p=0,0175$ (Figura 7).

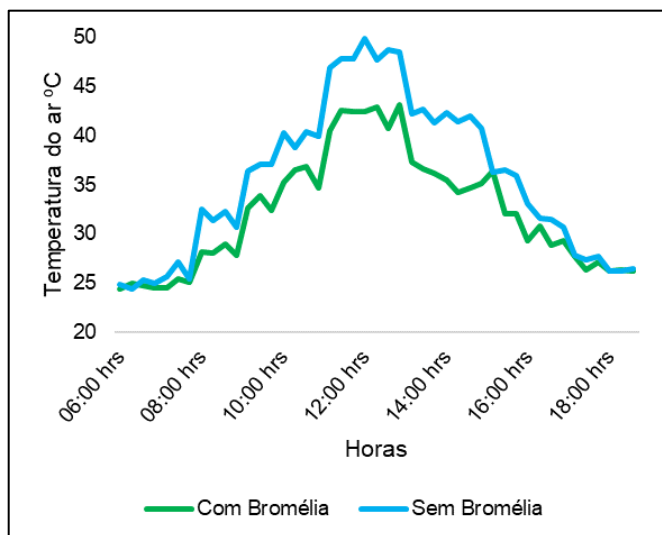


Figura 7: Gráfico indicando a temperatura no período de um dia no tratamento com a bromélia *Aechmea blanchetiana* (Baker) L.B.Sm. (linha verde) e nos tratamentos sem a bromélia (linha azul).

5. DISCUSSÃO

O estudo mostrou que os indivíduos do tratamento bromélia foram os mais herbivorados, seguidos do tratamento adubo e por fim, o tratamento controle. Isso indica que as alterações nas disponibilidade de recursos nos tratamentos adubo e bromélia interferiram na alimentação dos insetos.

O maior percentual de herbivoria encontrado no tratamento adubo quando comparado ao tratamento controle indica que o aumento do teor de matéria orgânica pode ter resultado em indivíduos mais robustos. Consequentemente, isso influenciou na preferência alimentar dos insetos, pois, plantas presentes em ambientes com maior disponibilidade de recursos são mais herbivoradas, como descrito na HDR (Neves, 2007; Silva & Deus-Medeiros, 2005; Zuluaga *et al.*, 2013).

A HDR intraespecífica também foi corroborada para a espécie *P. cattleianum* em um estudo realizado por da-Silva & Deus-Medeiros (2005). Os autores observaram uma taxa de herbivoria foliar superior e valores menores de teores de compostos secundários em uma floresta ombrófila densa, quando comparado com uma área de restinga, evidenciando que solos mais ricos em matéria orgânica e em nutrientes influenciam na herbivoria foliar de insetos. Outros trabalhos também relataram que o maior teor de nutrientes no solo aumentou significativamente as taxas de danos foliares apresentadas pelas espécies vegetais, como também observado no presente estudo (Marques *et al.*, 2000; Pontes-Ribeiro *et al.*, 2007; Neves *et al.*, 2010; Zuluaga *et al.*, 2013; Schuman & Baldwin, 2016).

Devido a robusta base de dados coletados ao longo dos anos, a HDR é considerada a hipótese que melhor explica e prevê os investimentos de defesa do crescimento nas plantas em uma abordagem interespecífica (Gianoli & Salgado-Luarte, 2017; López-Goldar *et al.*, 2020; Forrister *et al.*, 2023; Endara *et al.*, 2023). Porém, em análises intraespecíficas estudos documentaram que a HDR apresenta padrões opostos (Lamarre *et al.*, 2012; Hahn & Maron, 2016; Hernán *et al.*, 2019).

Um estudo de revisão sobre a Hipótese da Disponibilidade de Recursos (HDR) intraespecífica, mostrou resultados que corroboram os achados da HDR interespecífica assim como o presente estudo, mas também foram encontrados resultados que se opõem, sugerindo que o padrão apresentado pela HDR intraespecífica é oposto a HDR interespecífica (Hernán *et al.*, 2019). Essas descobertas destacam a necessidade e importância da coleta de novos dados para a compreensão da HDR, sobretudo no contexto de variações intraespecíficas.

Os atributos do solo do presente estudo, conforme Martins (2020), indicam que a presença da *A. blanchetiana* não afetou a qualidade nutricional do solo. Isso difere dos resultados obtidos em estudos com a bromélia *N. cruenta*, (Hay & Lacerda, 1980; Pereira *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2016) no ecossistema restinga. Portanto, o fator de nutrientes não foi responsável pelo maior dano foliar registrado no tratamento com a bromélia. Outros fatores ambientais, como temperaturas mais baixas e menor

intensidade luminosa, podem ter influenciado na herbivoria foliar neste tratamento. Vale destacar que a herbivoria é fortemente influenciada pelas variações no ambiente abiótico que atua em diferentes escalas (Abdala-Roberts, 2016).

Tanto para as espécies *I. laurina*, *P. cattleianum* e *S. terebinthifolia* e na análise geral (agrupamento das folhas sem discriminação de espécie) a porcentagens de danos foliares no tratamento bromélia foi estatisticamente maior, indicando que a *A. blanchetiana* interferiu na herbivoria. Esses dados sugerem que as plantas do tratamento bromélia eram mais atrativas para os insetos, ou então, as condições abióticas nesse tratamento são mais favoráveis para os herbívoros.

Quando submetidas a alta intensidade luminosa as plantas podem realizar ajustes morfoanatômicos como folhas com maior espessamento e folhas com menor área específica foliar (SLA) uma relação entre área foliar e massa seca (Milaneze-Gutierrez *et al.*, 2003). Esses ajustes atuam como defesas iniciais contra herbívoros generalistas, tornando as folhas mais duras com maior resistência biomecânica, reduzindo a palatabilidade e o conteúdo nutricional (González-Esquivel *et al.*, 2019). Esses fatores podem aumentar a porcentagem de herbivoria em tratamentos com condições ambientais menos desafiadoras. Em ambientes de alta luminosidade e temperatura elevada, prejudiciais aos organismos, espera-se que os microhabitats protegidos se tornem recursos vitais para os insetos.

Aechmea blanchetiana, além de mitigar as condições ambientais severas, pode apresentar outras características que potencializaram a presença de insetos em seu entorno. Diversas espécies pertencentes à família Bromeliaceae estabelecem interações complexas com organismos que dependem de alguma forma do microhabitat aquático formado nos tanques das bromélias (Del-Claro, 2012).

Algumas espécies de bromélia, assim como a *A. blanchetiana*, acumulam água em seus tanques, criando microhabitats com temperaturas moderadas e níveis de umidade elevados em comparação com as áreas circundantes (Rocha *et al.*, 2000). Essas condições favorecem a colonização da fauna local, conferindo as bromélias o papel de multiplicadoras da

biodiversidade nos ecossistemas (Jorge *et al.*, 2020). É importante destacar que, em ambientes com escassa disponibilidade hídrica, a água acumulada nas folhas das bromélias pode representar a única fonte de água doce para a fauna local (Silva *et al.*, 2011), realçando a relevância da família Bromeliaceae nos ambientes onde ocorrem.

Os resultados do presente estudo apontam que no tratamento bromélia, os insetos encontraram microhabitats caracterizados por menor intensidade luminosa e temperaturas amenas. Essas condições afetam tanto a alimentação dos insetos quanto seu desenvolvimento de maneira direta e indireta (Araújo, 2013, Bettioli *et al.*, 2017, Angelo & Dalmolin, 2007). Além disso, essas bromélias oferecem sítios ideais para moradia e reprodução (Del-Claro, 2012) e a combinação desses fatores levou a uma maior porcentagem de herbivoria nos indivíduos desse tratamento. Assim, as propriedades das bromélias, incluindo os microhabitats que proporcionam sítios de moradia e alimentação, interferem significativamente na herbivoria foliar das plantas presentes ao seu redor.

Levando em conta que a temperatura é um dos principais elementos ambientais que afetam a distribuição dos organismos vivos (Doming *et al.*, 2012), os microhabitats proporcionados pela bromélia no experimento, com temperaturas moderadas e menor exposição à luminosidade, se tornam recursos cruciais para os insetos. Essa consideração fortalece a validade da Hipótese da Disponibilidade de Recursos, especialmente diante da maior taxa de herbivoria registrada no grupo associado às bromélias.

6. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo mostraram que a adubação química/orgânica e a presença da bromélia interferiram nas porcentagens de herbivoria das espécies vegetais presente ao seu redor. De fato, nossos resultados corroboram a HDR, demonstrando que plantas com maiores disponibilidades de recursos são mais propensas à herbivoria, pois, os tratamentos com maior disponibilidade de recursos para as plantas apresentaram maior porcentagem de herbivoria foliar.

Esta pesquisa contribui para o entendimento das interações entre as plantas e os fatores ambientais que moldam a dinâmica da herbivoria em ambientes de restinga. Essas informações também são importantes para compreender como as bromélias influenciam na dinâmica ecológica das comunidades ecossistêmicas onde estão presentes.

Por fim, vale ressaltar que a herbivoria é um processo natural e em áreas de restauração ecológica a presença da *A. blanchetiana* parece facilitar o retornando da fauna local e episódios de processos ecológicos.

7. REFERÊNCIAS

ABDALA-ROBERTS, L.; RASMANN, S.; BERNY-MIER y, TERÁN, J. C.; COVELO, F.; GLAUSER, G.; MOREIRA, X. Biotic and abiotic factors associated with altitudinal variation in plant traits and herbivory in a dominant oak species. **American Journal of Botany**, v. 103, n. 12, p. 2070-2078, 2016.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **Berlin**, 22(6): 711-728, 2014.

ANGELO, A. C.; DALMOLIN, A. Interações Herbívoro-Planta e suas Implicações para o Controle Biológico: Que tipos de inimigos naturais procurar? In: PEDROSA-MACEDO, J. H.; DALMOLIN, A.; SMITH, C. W. (orgs.) **O Araçazeiro: Ecologia e Controle Biológico**. FUFEP, Curitiba, 2007, p. 71-91.

ARAÚJO, W. S. The importance of temporal factors to herbivore insect distribution in Neotropical systems. **Revista da Biologia**, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2013.

BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 488 p.

BOEGE K.; DIRZO, R. Intraspecific variation in growth, defense and herbivory in *Dialium guianense* (Caesalpiniaceae) mediated by edaphic heterogeneity. **Plant Ecology**, 175: 59-69, 2004.

BONGERS, F.; POPMA, J. Leaf characteristics of the tropical rain forest flora of los Tuxtlas, Mexico. **Botanical Gazette**, v. 151, n. 3, p. 354-365, 1990.

BRAGA, D. V.; CASTELO-BRANCO, B.; ALMEIDA-CORTEZ, J. A Intensidade Luminosa Influencia os Diferentes Tipos de Herbivoria em *Miconia prasina* (Sw.) DC. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 564-566, 2007.

BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS, S. V. (editor) **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2015.

COLEY, P. D.; BARONE, J. A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 27, n. 1, p. 305-335, 1996.

COLEY, P. D.; BRYANT, J. P.; CHAPIN III, F. S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, v. 230, n. 4728, p. 895-899, 1985.

CRAINE, J.; BOND, W.; LEE, W. G.; REICH, P. B.; OLLINGER, S. The resource economics of chemical and structural defenses across nitrogen supply gradients. **Oecologia**, v. 137, n. 4, p. 547-556, 2003.

DA SILVA, L. D. B.; DEUS MEDEIROS, J. Herbivoria em *Psidium cattleianum* Sab.(Myrtaceae). **INSULA Revista de Botânica**, 34: 83-94, 2005.

DEL-CLARO, K. Origens e importância das relações plantas-animais para a ecologia e conservação. In: TOREZAN-SILINGARDI, Helena Maura (Org.). **Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012. p. 336.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **An evolutionary perspective on plant-animal interactions**. In: PLANT-ANIMAL INTERACTIONS: SOURCE OF BIODIVERSITY. Springer International Publishing, 2021. p. 1-15.

DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das Interações Plantas-Animais: uma abordagem ecológica evolutiva**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.

DIAS, M. L. *et al.* Bromélias e suas principais interações com a fauna. **CES Revista**, v. 28, n. 1, p. 3-16, 2014.

ENDARA MJ, COLEY PD. The resource availability hypothesis revisited: a meta- analysis. **Funct Ecol**, 25: 389-398, 2011.

ENDARA, M. J.; FORRISTER, D. L.; COLEY, P. D. The evolutionary ecology of plant chemical defenses: from molecules to communities. **Annual Review of**

Ecology, Evolution, and Systematics, 54: 107-127, 2023.

EHRlich, P.; RAVEN, P. Butterflies and plants: a study in coevolution. **Evolution**, v. 18, p. 586–608, 1964.

FIGUEIREDO, S. D.; ROSINA, P.; FIGUTI, L. Dinosaurs and Other Vertebrates from the Papo-Seco Formation (Lower Cretaceous) of Southern Portugal. **Journal of Iberian Geology**, v. 41, p. 301-314, 2015.

FRAVETTO, M. A. *et al.* Entomofauna em Duas Espécies de Bromélias no Oeste de Santa Catarina, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 1, p. 10-12, 2011.

FORRISTER, D. L.; ENDARA, M. J.; SOULE, A. J.; YOUNKIN, G. C.; MILLS, A. G. *et al.* Diversidade e divergência: A distribuição global da amplitude da dieta em insetos herbívoros. **PNAS**, 112(2): 442–47, 2023.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant Defense against Insect Herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 5, p. 10242-10297, 2013.

GIANOLI, E.; SALGADO-LUARTE, C. Tolerance to herbivory and the resource availability hypothesis. **Biology Letters**, v. 13, n. 5, p. 20170120, 2017.

GONÇALVES-ALVIM, S. J. *et al.* Test of hypotheses about herbivory and chemical defences of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, p. 223-230, 2011.

GONZÁLEZ-TEUBER, M.; HEIL, M. Nectar chemistry is tailored for both attraction of mutualists and protection from exploiters. **Plant Signal Behav** 4: 809–813, 2009.

GONZÁLEZ-ESQUIVEL, J. G. *et al.* Functional attributes of two Croton species in different successional stages of tropical dry forest: effects on herbivory and fluctuating asymmetry patterns. **Tropical Ecology**, 60: 1-14, 2019.

HAHN, P. G.; MARON, J. L. A framework for predicting intraspecific variation in plant defense. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 31, n. 8, p. 646-656, 2016.

HAHN, P. G.; MARON, J. L.; KEEFOVER-RING, K. Evolutionary insights from comparing within-and among-population correlations between plant growth

and defense against insect herbivores. **Entomological Society of America**, 2019.

HAY, J. V.; LACERDA, L. D. Alterações nas características do solo após fixação de *Neoregelia cruenta* (R. Gran) L.Sm (Bromeliaceae), em um ecossistema de restinga. **Ciência e Cultura**, v. 32, n. 7, p. 863-867, 1980.

HERNÁN, G. *et al.* Herbivory and resource availability shift plant defense and herbivore feeding choice in a seagrass system. **Oecologia**, v. 189, p. 719-732, 2019.

HOLESKI, L. M.; HILLSTROM, M. L.; WHITHAM, T. G.; LINDROTH, R. L. Relative importance of genetic, ontogenetic, induction, and seasonal variation in producing a multivariate defense phenotype in a foundation tree species. **Oecologia**, 170: 695–707, 2012.

INCAPER. São Mateus: Diagnóstico Rural Participativo. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Sao_Mateus.pdf>. 2020.

INCAPER. São Mateus: Diagnóstico Rural Participativo. Disponível em: https://meteorologia.incaper.es.gov.br/graficos-da-serie-historica-sao_mateus. Acesso em: [10/11/2023].

JORGE, J. S. *et al.* Living among thorns: herpetofaunal community (Anura and Squamata) associated to the rupicolous bromeliad *Encholirium spectabile* (Pitcairnioideae) in the Brazilian semi-arid Caatinga. **Zoologia**, v. 37, p. 46661, 2020.

KLEINHESSELINK, A. R.; MAGNOLI, S. M.; CUSHMAN, J. H. Shrubs as ecosystem engineers across an environmental gradient: effects on species richness and exotic plant invasion. **Oecologia**, v. 175, p. 1277-1290, 2014.

LAMARRE, G. P. A. *et al.* Herbivory, growth rates, and habitat specialization in tropical tree lineages: implications for Amazonian beta-diversity. **Ecology**, v. 93, p. S195–S210, 2012.

LIU, C. M.; MATSUYAMA, S.; KAINOH, Y. Synergistic effects of volatiles from host-infested plants on host seeking behavior in the parasitoid wasp *Lytopylus rufipes* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 45, p. 684–692, 2019.

LIU, Y. J.; LI, D. J.; TONG, S. Adaptive output feedback control for a class of nonlinear systems with full-state constraints. **International Journal of Control**, v. 87, n. 2, p. 281-290, 2014.

LÓPEZ-GOLDAR, X.; ZAS, R.; SAMPEDRO, L. Resource availability drives microevolutionary patterns of plant defences. **Functional Ecology**, v. 34, n. 8, p. 1640-1652, 2020.

LOW, C.; SPARKS, J. P. Insect herbivory is associated with microsite quality. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 144, n. 1, p. 26-34, 2016.

LOWRY, D. B.; POPOVIC, D.; BRENNAN, D. J.; HOLESKI, L. M. Mechanisms of a locally adaptive shift in allocation among growth, reproduction, and herbivore resistance in *Mimulus guttatus*. **Evolution**, 73: 1168–1181, 2019.

MAGALHÃES, N. *et al.* Effects of leaf herbivory on the bromeliad *Aechmea blanchetiana*: a study of selective feeding by the scraper *Acentroptera pulchella*. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 944-952, 2012.

MARQUES, E. S. A.; PRICE, P. W.; COBB, N. S. Resource abundance and insect herbivore diversity on woody fabaceous desert plants. **Environmental Entomology**, v. 29, n. 4, p. 696-703, 2000.

MARTINELLI, G. *et al.* Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia**, v. 59, p. 209-258, 2008.

MARTINS, J. K. D. Produção de mudas e revegetação de base de poço em áreas de exploração de petróleo no norte do estado do Espírito Santo. **Dissertação de Mestrado**, Programa de Pós-Graduação de Agricultura Tropical, Universidade Federal do Espírito Santo, 2020.

MELO-Júnior, J. C. F. D.; BOEGER, M. R. T. Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaará, Estado de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 207-232, 2015.

MELO-Junior, J. C. F.; BOGER, M. R. T. Functional traits of dominant plant species of the Brazilian sandy coastal plain. **International Journal of Current Research**, v. 9, n. 1, p. 45585-45593, 2017.

MILANEZE-GUTIERRE, M. A.; MELLO, J. C. P.; DELAPORTE, R. H. Efeitos da intensidade luminosa sobre a morfo-anatomia foliar de *Bouchea fluminensis* (Vell.) Mold. (Verbenaceae) e sua importância no controle de qualidade da

droga vegetal. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 13, 23-33, 2003.

MOURA, R. F.; COLBERG, E, ALVES-SILVA, E. *et al.* Biotic defenses against herbivory. In: Del-Claro K, Torezan-Silingardi HM (eds) Plant–animal interactions. **Springer**, Cham, 93–118, 2021.

MULLER, G. A.; MARCONDES, C. B. Bromeliad-associated mosquitoes from Atlantic Forest in Santa Catarina Island, southern Brazil (Diptera, Culicidae), with new records for the State of Santa Catarina. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, p. 315-319, 2006.

NEVES, F. S. *et al.* Canopy herbivory and insect herbivore diversity in a dry forest-Savanna transition in Brazil. **Biotropica**, v. 42, n. 1, p. 112-118, 2010.

NEVES, V. M. A diferença de ambiente influencia o grau de herbivoria em Guanandi, *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae)? **Ecologia de Mata Atlântica**, Universidade de São Paulo, 2007.

PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, n. 4, p. 196-202, 2006.

PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T.; SILVA, A. Propriedades químicas de solos sob *Neoregelia cruenta* (Graham) L.B.Sm. na restinga da Marambaia, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 70-73, 2012.

PEREIRA, O. J.; MENEZES, L. F. T. **Restinga no Espírito Santo: Vegetação, Flora e Distribuição das Espécies**. Belo Horizonte: Editora Rupestre, 2023.

PONTES-RIBEIRO, S.; BASSET, Y. Gall-forming and free-feeding herbivory along vertical gradients in a lowland tropical rainforest: The importance of leaf sclerophylly. **Ecography**, v. 30, n. 5, p. 663-672, 2007.

REAL-SANTILLÁN, R. O. *et al.* Increased maize growth and P uptake promoted by arbuscular mycorrhizal fungi coincide with higher foliar herbivory and larval biomass of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda*. **Mycorrhiza**, v. 29, p. 615–622, 2019.

ROCHA, C. F. D. *et al.* Bromeliads: biodiversity amplifiers. **Journal of Bromeliad Society**, v. 50, p. 81–83, 2000.

ROSUMEK, F. B.; SILVEIRA, F. A. O.; DE NEVES, F. S. *et al.* Ants on plants: a meta-analysis of the role of ants as plant biotic defenses. **Oecologia** 160: 537–549, 2009.

SAMPAIO, M. C.; PICÓ, F. X.; SCARANO, F. R. Ramet demography of a nurse bromeliad in Brazilian restingas. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 4, p. 674-681, 2005.

SCARANO, F. R. Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: Rare- species bias and its risks for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1201–1208, 2009.

SCARANO, F. R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rain forest. **Annals of Botany**, v. 90, n. 4, p. 517-524, 2002.

SCHUMAN, M. C.; BALDWIN, I. T. The layers of plant responses to insect herbivores. **Annual Review of Entomology**, v. 61, n. 1, p. 373-394, 2016.

SILVA, H. R.; CARVALHO, A. L. G.; BITTENCOURT-SILVA, G. B. Selecting a hiding place: anuran diversity and the use of bromeliads in threatened coastal sand dune habitat in Brazil. **Biotropica**, v. 43, p. 218–227, 2011.

SOUZA, R. C. *et al.* Role of Terrestrial Bromeliads in Nutrient Cycling, Restinga da Marambaia, Brazil. **FLORAM - Revista Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 161-169, 2016.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L. A Evolução do “delta” do Rio Doce (ES) durante o Quaternario: Influência das variações do nível do mar. In: Simposio do quaternario no Brasil, 4, Rio de Janeiro, **Atas Rio de Janeiro, CrCQ/SBG**, 93-116, 1982.

THOMPSON, J. N. **Interaction and coevolution**. University of Chicago Press, Chicago, 2014.

WAR, A. R. *et al.* Plant defence against herbivory and insect adaptations. **AoB plants**, v. 10, n. 4, p. ply037, 2018.

YELENIK, S. G.; DIMANNO, N.; D'ANTONIO, C. M. Evaluating nurse plants for restoring native woody species to degraded subtropical woodlands. **Ecology and Evolution**, v. 5, n. 2, p. 300-313, 2015.

ZALUAR, H. L. T.; SCARANO, F. R. Facilitação em restingas de moitas: Um século de buscas por espécies focais. In: ESTEVES, F. A.; LACERDA, L. D. (Eds). **Ecologia de restingas e lagoas costeiras**. NUPEM/UFRJ, Macaé, Brasil, 2000. p. 3-23.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Restoration of a restinga sandy coastal plain in Brazil: survival and growth of planted woody species. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 1, p. 87-94, 2006.

ZHANG J, WEI L, YANG J, AHMED W, WANG Y, FU L, JI G. Probiotic consortia: reshaping the rhizospheric microbiome and its role in suppressing root-rot disease of *Panaxnotoginseng*. **Front Microbiol**, 11: 701, 2020.

ZULUAGA, C. D. *et al.* **Herbivoria em dois ambientes com alta e baixa disponibilidade de nutrientes e água**. Em: Livro do curso de Campo “Ecologia da Mata Atlântica” (MACHADO, G.; REQUENA, G. S.; PRADO, P. I. K. L.; MARTINI, A. M. Z., eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.