

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

**MORFOBIOMETRIA E ANATOMIA DE
INFLORESCÊNCIAS E FLORES DE *Tillandsia*
stricta SOL. (BROMELIACEAE,
TILLANDSIOIDEAE) EM EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE**

JACKSON FABRIS FIORINI

**São Mateus/ES
Agosto/2022**

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

**MORFOBIOMETRIA E ANATOMIA DE
INFLORESCÊNCIAS E FLORES DE *Tillandsia
stricta* SOL. (BROMELIACEAE,
TILLANDSIOIDEAE) EM DIFERENTES
CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE**

JACKSON FABRIS FIORINI

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.

Orientadora: Dra. Elisa Mitsuko Aoyama

**São Mateus/ES
Agosto/2022**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: **Jackson Fabris Fiorini**

Título: **“MORFOBIOMETRIA E ANATOMIA DE INFLORESCÊNCIAS E FLORES DE *Tillandsia stricta* SOL. (BROMELIACEAE, TILLANDSIOIDEAE) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUMINOSIDADE”**

Monografia do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)
Defendida e aprovada em 09/08/2022

Com nota 9,00 (nove) pela comissão julgadora:

Orientador(a) e presidente da Comissão Examinadora
Elisa Mitsuko Aoyama

Examinador 1

Mônica Maria Pereira Tognella

Examinador 2

Mariana Maciel Monteiro

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
MONICA MARIA PEREIRA TOGNELLA - SIAPE 1545489
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 19/08/2022 às 10:44

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/542668?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
ELISA MITSUKO AOYAMA - SIAPE 1819113
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 20/08/2022 às 10:15

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/543675?tipoArquivo=O>

“A felicidade pode ser encontrada mesmo nas horas mais difíceis, se você se lembrar de acender
a luz”

Alvo Dumbledore. In: Harry Potter e o prisioneiro de Azkaban

AGRADECIMENTOS

À Deus por tantas graças recebidas.

Aos meus pais que sempre me incentivaram, apoiaram, educaram e me transformaram na pessoa que sou hoje.

À minha irmã e cunhado por toda parceria e por nunca medirem esforços para me ajudarem e, por “perderem” dois finais de semana medindo minha inflorescências para a realização desse trabalho.

À minha avó que me acolheu com todo carinho em sua casa quando eu consegui vaga na UFES.

À toda minha família por estar ao meu lado e partilhar dos bons momentos e ensinamentos.

À Julia que foi a primeira pessoa da turma que eu conheci e desde cedo desfrutarmos de momentos juntos.

Ao motorista Antônio por ser tão compreensivo e prestativo nos dias de campo.

À Prof^a Elisa, por me acolher no laboratório de Botânica logo no primeiro semestre, por ter aceito ser minha orientadora e desde então contribuir na minha formação.

Ao Laboratório de Botânica por todo conhecimento adquirido, pelas amizades, eventos, monitorias e cafés da tarde.

Ao Prof. Luis Fernando Menezes por me receber tão generosamente no LERMA e acreditar no meu potencial.

À Thaís pela amizade, por todo incentivo, conversas e desabafos.

À Estélia pela maravilhosa amizade criada durante o PICJr, e a todos os meninos e meninas do projeto.

À Kamila, Carlos Eduardo e Ana Beatriz por me auxiliarem na coleta e tornar o campo tão divertido.

À Vera Lúcia por toda ajuda com as secções anatômicas.

Ao topo da hierarquia, Alana, pelas considerações feitas nos textos e ideias para aperfeiçoamento.

À Izabela Ferreira por todo auxílio para formação de hipóteses, dicas de temas e pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Claudio Henrique por me mostrar tantos multiversos dentro das páginas de um livro.

Ao Fabricio, Maria Silvia (a eterna Silvinha), Aparício, Izabela Roque, Rayelle, Sandieli, Rafaelly, Lórem, Yasmim, Denise, Débora e Juliana por serem pessoas maravilhosas,

por compartilharem comigo esses quatro anos de UFES, pelas risadas de tirar o fôlego e toda “papagaiada”.

À Profª Drª Mônica Maria e à Drª Mariana Monteiro por terem aceito ser a banca deste trabalho e por todas as considerações.

A todos vocês, meu muitíssimo OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Mata Atlântica.....	1
1.1.1 Restinga.....	1
1.1.2 Muçununga.....	2
1.2 Bromeliaceae Juss.	3
1.2.1 <i>Tillandsia stricta</i> Sol.	4
1.3 O efeito da luminosidade e a plasticidade fenotípica.....	5
2. OBJETIVO	7
2.1 Objetivos Específicos.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Material e local de coleta	8
3.2. Morfologia e biometria	8
3.3 Anatomia.....	9
3.4 Análise estatística.....	9
4. RESULTADOS	11
4.1 Análise morfológica e biométrica	11
4.2 Análise anatômica.....	15
5. DISCUSSÃO	22
5.1 Morfologia e biometria	22
5.2 Anatomia.....	24
5. CONCLUSÃO.....	26
6. REFERÊNCIAS	27

SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 1. Análise estatística descritiva da biometria das inflorescências de *Tillandsia stricta* sob diferentes condições de luminosidade. **CI** – Comprimento total da inflorescência; **DE** – Diâmetro do escapo; **CE** – Comprimento do escapo; **BE** – Número de brácteas estéreis; **BF** – Número de brácteas férteis. 12

Tabela 2: Análise estatística descritiva da biometria das flores de *Tillandsia stricta* sob diferentes condições de luminosidade. **CC** – Comprimento da corola; **CK** – Comprimento do cálice; **DC** – Diâmetro da abertura da corola. 13

SUMÁRIO DE FIGURAS

- Figura 1. Áreas de coleta dos indivíduos de *Tillandsia stricta* Sol. A - Área de restinga do bairro Liberdade em São Mateus, Espírito Santo; B - Vegetação de muçununga no interior do município de Jaguaré, Espírito Santo. 8
- Figura 2. Morfologia dos indivíduos e estruturas reprodutivas de *T. stricta* coletados em diferentes condições de luminosidade. A-B - Padrão de alongamento da inflorescência a partir da porção central da roseta; C-D – Inflorescência racemosa com padrão de distribuição das brácteas e coloração das estruturas; E - Diferenciação das brácteas ao longo da inflorescência a começar da bráctea estéril da base até a mais apical, da esquerda para direita; F – Morfologia do racemo após o período fértil; A-C – Indivíduos da área de restinga; B-D – Indivíduos da muçununga. 11
- Figura 3. Distribuição de frequência das médias referentes às medidas das inflorescências de *Tillandsia stricta* nos habitats de restinga e muçununga. **CI**- Comprimento total da inflorescência; **DE**- Diâmetro do escapo; **CE**- Comprimento do escapo; **BE**- Número de brácteas estéreis; **BF**- Número de brácteas férteis.. 14
- Figura 4. Distribuição de frequência das médias referentes às flores das inflorescências de *Tillandsia stricta* nos habitats de restinga e muçununga. **CC**- Comprimento da corola; **CK**- Comprimento do cálice; **DC**- Diâmetro da abertura da corola. 15
- Figura 5. Caracterização anatômica dos escapos de *Tillandsia stricta* em diferentes condições de luminosidade. A-B – Secções transversais enfatizando o padrão de distribuição dos tecidos e periciclo; C-D – Formato das células da epiderme, hipoderme e córtex contendo canal de mucilagem; E – Secção evidenciando os feixes vasculares colaterais e, esclerênquima envolvendo os mesmos na área de muçununga; A-C – Área de restinga; B-D – Área de muçununga. Cm- canal de mucilagem; Hi- hipoderme; Fv- Feixe vascular; Seta- Periciclo esclerenquimatoso. 17
- Figura 6. Caracterização da epiderme das brácteas basais das inflorescências de *Tillandsia stricta*. A-B – Epiderme abaxial mostrando a presença de estômatos e escamas; C-D – Epiderme adaxial evidenciando as partes constituintes das escamas; E- Células epidérmicas da área de restinga contendo corpo de sílica e cristais prismáticos. A-C – Brácteas basais da área de restinga; B-D – Brácteas basais da área de muçununga. Et- Estômato; Es- Escama; Al- Células

da ala das escamas; Ec- Escudo central da escama; Seta fina- Cristal prismático; Seta larga-
corpo de sílica. 18

Figura 7. Caracterização da epiderme das brácteas apicais das inflorescências de *Tillandsia stricta*. A-B - Epiderme abaxial evidenciando a presença de estômatos e escamas; C-D – Ausência de escamas e estômatos na epiderme adaxial; E- Idioblasto com ráfides de oxalato de cálcio; A-C – Brácteas apicais do ambiente de restinga; B-D – Brácteas apicais da muçununga. Et- Estômato; Ec- Escudo da escama; Al- Células da ala das escamas; Ra- Idioblasto contendo ráfides. 19

Figura 8. Anatomia das sépalas e pétalas das flores de *Tillandsia stricta*. A- Secção epidérmica da sépala mostrando a presença de grande quantidade de campos de pontoação (indicados por triângulos) e presença de cristal prismático (seta); B- Ocorrência ocasional de estômato nas sépalas; C-D – Porções apicais das pétalas com alta densidade de idioblastos com ráfides de oxalato de cálcio; E-F- Porções basais das pétalas mostrando a diferença na quantidade de cristais em relação ao ápice; A - Secção paradérmica de sépalas da área de muçununga; B – Secção epidérmica do ambiente de restinga; C-E – Pétalas da área de restinga; D-F – Pétalas do ambiente de muçununga. Et- Estômato. 20

RESUMO

Bromeliaceae Juss. possui 8 subfamílias, 76 gêneros e 3.620 espécies, e somente no Brasil, o gênero *Tillandsia* L. abriga cerca de 745 espécies como a *Tillandsia stricta* Sol., essa espécie apresenta hábito preferencialmente epífita, ocorrendo tanto no dossel de matas como em campos rupestres, restingas e caatinga. A plasticidade fenotípica, que é a problemática desse trabalho, é a capacidade de um organismo alterar a sua fisiologia e morfologia em resposta a alterações das condições ambientais. A justificativa para realização deste trabalho está baseada na necessidade de maiores descrições morfológicas e anatômicas da espécie *T. stricta*, além de estimar em qual condição de luz as plantas apresentam maior plasticidade fenotípica. Para tanto, o objetivo é caracterizar a morfologia e anatomia de inflorescências e flores de indivíduos de *T. stricta* desenvolvidos em diferentes condições de luminosidade, a fim de relacionar seus atributos com o padrão de polinização e plasticidade fenotípica. Foram coletadas 30 plantas na restinga do bairro Liberdade em São Mateus/ES (alta luminosidade) e outras 30 numa vegetação de muçununga no interior de Jaguaré/ES (baixa luminosidade). As amostras foram fotografadas, medidas com paquímetro digital, foram fixadas em FAA 50 e estocadas em álcool 70%. Após realizadas as seções anatômicas, elas foram coradas e fotografadas no microscópio óptico. As análises morfológicas apresentaram diferenças entre as estruturas reprodutivas em ambos os habitats, percebeu-se que as flores têm padrão de abertura da base para o ápice e começam a surgir nas axilas das brácteas medianas. Os dados biométricos mostraram diferenças significativas, evidenciando que na área de restinga há maior investimento para a atração consequente reprodução da espécie. Houve correlação significativa entre comprimento do tubo e abertura da corola no habitat de muçununga, essa característica tem relação com o menor investimento em número de flores e que no tamanho dessas estruturas, uma vez que o habitat de restinga apresenta mais flores em relação à outra área. As análises anatômicas apresentaram diferenças como estruturas adaptativas ao hábito como: cutícula e células da epiderme de paredes espessas, hipoderme. Percebeu-se maior quantidade de feixes vasculares nos escapos do habitat de muçununga. A espécie apresenta idioblastos contendo mucilagem, ráfides de oxalato de cálcio e cristais prismáticos, a diferença visual da densidade desses caracteres são mais pronunciadas no habitat de restinga. A espécie apresenta plasticidade fenotípica, relacionando as variações biométricas, a diferença visual na densidade de escamas e idioblastos com cristais de oxalato de cálcio entre os diferentes habitats.

Palavras-chave: Luz. Tricomas peltados. Muçununga. Restinga.

ABSTRACT

Bromeliaceae Juss. has 8 subfamilies, 76 genus and 3,620 species, and in Brazil alone, the genus *Tillandsia* L. harbors about 745 species, such as *Tillandsia stricta* Sol. restingas and caatinga. Phenotypic plasticity, which is the problem of this work, is the ability of an organism to change its physiology and morphology in response to changes in environmental conditions. The justification for carrying out this work is based on the need for greater morphological and anatomical descriptions of the *T. stricta* species, in addition to estimating in which light conditions the plants present greater phenotypic plasticity. Therefore, the objective is to characterize the morphology and anatomy of inflorescences and flowers of individuals of *T. stricta* developed in different light conditions, in order to relate their attributes with the pattern of pollination and phenotypic plasticity. Thirty plants were collected in the sandbank of the Liberdade neighborhood in São Mateus/ES (high light) and another 30 in a muçununga vegetation in the interior of Jaguaré/ES (low light). The samples were photographed, measured with a digital caliper, fixed in FAA 50 and stored in 70% alcohol. After performing the anatomical sections, they were stained and photographed under an optical microscope. The morphological analyzes showed differences between the reproductive structures in both habitats, it was noticed that the flowers have a pattern of opening from the base to the apex and begin to appear in the axils of the median bracts. The biometric data showed significant differences, evidencing that in the restinga area there is greater investment to attract the consequent reproduction of the species. There was a significant correlation between tube length and corolla opening in the muçununga habitat, this characteristic is related to the lower investment in the number of flowers and that in the size of these structures, since the restinga habitat has more flowers in relation to the other area. The anatomical analyzes showed differences as adaptive structures to the habit, such as: cuticle and thick-walled epidermis cells, hypodermis. A greater amount of vascular bundles was observed in the scapes of the muçununga habitat. The species presents idioblasts containing mucilage, calcium oxalate raphides and prismatic crystals, the visual difference in the density of these characters are more pronounced in the restinga habitat. The species presents phenotypic plasticity, relating the biometric variations, the visual difference in the density of scales and idioblasts with calcium oxalate crystals between different habitats.

Keywords: Light. Pelted trichomes. *Muçununga*. *Restinga*.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Mata Atlântica

As florestas tropicais úmidas ocupam 7% da superfície da terra e são consideradas os ambientes mais ricos em biodiversidade, abrigando mais de 50% do total das espécies nas terras emersas do planeta (MYERS 2000). A Mata Atlântica é uma das maiores áreas de floresta tropical das Américas, se estendendo por uma área de 150 milhões de hectares no leste da América do Sul (RIBEIRO *et al.* 2009), perdendo apenas para a Floresta Amazônica.

Também chamada de Floresta Atlântica, esta floresta é um bioma com ampla distribuição na costa leste do Brasil, englobando também a Floresta de Araucária nos estados da região sul do país, como Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (ZANGARO e MOREIRA 2010). A Mata Atlântica faz limite com outros três biomas: na região nordeste limita-se com o bioma Caatinga, no sudeste com o Cerrado e no sul com os Campos Limpos (PEREIRA 1990). O bioma, em sua formação original totalizava 15% de todo o território brasileiro (SOS MATA ATLÂNTICA 2022), compreendendo 17 estados. As estimativas sobre os remanescentes atuais da Mata Atlântica no Brasil variam de 11 a 13% em relação à sua área inicial (RIBEIRO *et al.* 2009; SOS MATA ATLÂNTICA 2022).

O relevo do domínio é heterogêneo, com planícies sedimentares em todo seu litoral e cadeias montanhosas nas regiões sudeste e sul do Brasil, além dos trechos paraguaio e argentino. Tais aspectos permitiram que a Mata Atlântica seja considerada um dos *hotspots* de biodiversidade do planeta, ou seja, áreas de florestas que abrigam grande concentração de espécies, com alto grau de endemismo e riqueza e que estão sob ameaça (CUNHA *et al.* 2019). Além disso, o bioma é um dos mais ameaçados, uma vez que vem sendo fragmentado e por isso apresenta áreas com diferentes estágios de regeneração (RIBEIRO *et al.* 2009; MYERS 2000) que são protegidas por unidades de conservação federais, estaduais e municipais (ICMBio 2018).

1.1.1 Restinga

A denominação restinga é popularmente utilizada para designar um conjunto de dunas e áreas costeiras, revestidos de baixa vegetação. Contudo, é caracterizada quanto a vegetação edáfica, encontrada em praias, cordões arenosos, dunas e depressões que cresce sobre o sedimento arenoso marinho (MARTIN *et al.* 1993).

O sedimento desse ecossistema é proveniente das regressões e transgressões marítimas advindas das épocas Holoceno e Pleistoceno (MARTIN *et al.* 1997), com origem no início do período Quaternário. Começaram a surgir há milhares de anos e ainda estão sob um processo dinâmico e contínuo de montagem e desmontagem (SANTOS-FILHO *et al.* 2010).

A restinga brasileira é um ecossistema associado ao domínio Mata Atlântica, ocorrendo ao longo do litoral brasileiro, atingindo maior extensão nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo (HENRIQUES *et al.* 1986). A distribuição da vegetação ao longo das restingas varia de acordo com uma série de fatores, tais como os desníveis do solo, direção dos ventos, distância do mar e presença de barreiras geográficas, além da influência do nível do lençol freático, elevadas temperaturas causadas pela elevada incidência luminosa, baixas taxas de fertilidade e umidade armazenada no terreno e salinidade (MARTINS 2012).

Desse modo, faz-se necessário o conhecimento sobre este ecossistema e das espécies da flora e da fauna que nele habitam e suas características para enfrentamento das adversidades impostas pelas mais variadas condições (PEREIRA 2003), para traçar estratégias que permitem a sua conservação. Por estarem localizadas num ambiente de transição da região litorânea para o continente, elas permitem a manutenção do avanço das dunas de areia a partir da vegetação já estabelecida, além disso, apresentam grande importância na manutenção da erosão e soterramento da costa (SILVA *et al.* 2018).

1.1.2 Muçununga

As vegetações de muçununga são ecossistemas associados à Mata Atlântica, mas ainda pouco conhecidas. Possuindo um solo de terra arenosa e úmida é comumente associada às áreas de restinga, mas diferentemente dessas, a muçununga apresenta uma camada impermeável no solo composta por laterita que é responsável por alagamentos estacionais, podendo ocorrer a formação de extensos campos alagados no período chuvoso (MEIRA NETO 2005; GODOY e PIRATELLI 2021).

Esse ecossistema tem ocorrência descontínua em toda a região das Florestas Ombrófilas Densas de Terras Baixas entre o sul da Bahia e norte do Espírito Santo, devido a essa distribuição, seus limites ainda são imprecisos (GODOY e PIRATELLI 2021). As muçunungas são caracterizadas por áreas semiabertas com fisionomias graminóides até florestais, com árvores que podem alcançar cerca de 30 metros de altura, porém há predomínio de plantas de porte arbustivo e arborícola, com alta densidade de árvores de diâmetro do tronco reduzido e pequenas e considerável abundância de epífitas e lianas (MEIRA NETO *et al.* 2005;

SAPORETTI JUNIOR 2009).

1.2 Bromeliaceae Juss.

Bromeliaceae Juss. pertence à Ordem Poales (APG IV 2016), possui 3.620 espécies distribuídas em 76 gêneros (GOUDA e BUTCHER 2020), é dividida em oito subfamílias: Bromelioideae, Brocchinioideae, Hechtioideae, Lindmanioideae, Navioideae, Pitcairnioideae, Puyoideae e Tillandsioideae, com base nos caracteres morfológicos, filogenéticos e moleculares (GIVNISH *et al.* 2007; 2011; LUTHER 2014). A família apresenta distribuição neotropical, ocorrendo em zonas tropicais e temperadas das Américas, estendendo-se desde o sul da América do Norte até a Patagônia na América do Sul, com apenas uma espécie do gênero *Pitcairnia* ocorrendo na costa oeste africana (SOUZA e LORENZI 2005).

O Brasil possui um dos maiores centros de diversidade da família, detém 38% do número total de representantes e, a região leste, principalmente nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro apresenta a maior concentração de bromélias com cerca de 68% das 934 espécies que ocorrem na Mata Atlântica (MARTINELLI *et al.* 2008; WANDERLEY e TAVARES 2011; FLORA DO BRASIL 2022).

Bromeliaceae é formada por indivíduos, geralmente, de porte herbáceo, com representantes terrestres, rupícolas e, em sua maioria epífitas, e ocorrem nas mais variadas condições de altitude, temperatura e umidade, apresentando características adaptativas aos diferentes tipos de ambientes (MEDINA 1990; SILVA 2018). As raízes são quase sempre reduzidas e possuem fundamental importância na absorção de água e sais minerais nas plantas terrestres, e fixação nas epífitas e rupícolas, na sua grande maioria (OLIVEIRA 2016; MARTÍNEZ 2016). O caule normalmente é curto, raramente longo, rizomatoso ou estolonífero, encoberto de folhas, sendo comum a formação de touceiras (TAVARES 2016).

As folhas são simples, alternadas, paralelinérvias, enérveas (sem nervura aparente), espiralado-rosuladas, em geral formando uma roseta, dando origem em muitas espécies da família ao que é denominado tanque ou cisterna, revestidos por tricomas peltados na forma de escamas absorventes concentradas na bainha foliar, onde a água da chuva e detritos se acumulam e proporcionam um ambiente rico em nutrientes e biodiversidade denominado fitotelmo (BENZING 2000; WANDERLEY e MARTINS 2007; JUDD *et al.* 2009; VASCONCELOS 2016).

As inflorescências das espécies de Bromeliaceae são racemosas, simples ou compostas, terminais ou axilares, pedunculadas a sésseis, por vezes, o escapo ou raque, as brácteas e flores são coloridos e vistosos (MARTÍNEZ 2016). Além disso, as flores e o néctar em muitas espécies de bromélias atraem uma grande variedade de polinizadores no período de floração, caracterizando-se como ampliadoras da biodiversidade local (MARTÍNEZ 2016).

1.2.1 *Tillandsia stricta* Sol.

Tillandsia L. é um dos maiores gêneros em riqueza de espécies da família Bromeliaceae, é responsável pela grande amplitude geográfica da família e, o maior na subfamília Tillandsioideae (BENZING 2000). Composto por 745 espécies distribuídas em sete subgêneros (SOUZA 2020).

As espécies do gênero são essencialmente epífitas ou rupícolas, apresentam uma característica que é comumente observada na família, a absorção de água e sais minerais do ambiente pelas folhas através de estruturas/tricomos denominadas escamas (ALQUINI *et al.* 2006; DIEGO-ESCOBAR *et al.* 2013), esse gênero possui arquitetura altamente variável podendo ser encontrados desde indivíduos epífitos de apenas 3 cm a indivíduos com 1 m de altura (VASCONCELOS 2016). Assim como *Tillandsia stricta*, as espécies da família apresentam um padrão conhecido como monocarpismo (espécies monocárpicas, ou seja, após o período fértil, normalmente, o indivíduo morre e nascem outros por brotação lateral ou por germinação de sementes, formando colônias ao longo dos estágios de desenvolvimento (BRAGA 1977).

O centro de diversidade do gênero *Tillandsia* é o norte da América Central e a Cordilheira dos Andes (BARFUSS *et al.* 2016; SOUZA 2020). No Brasil, por sua vez, ocorrem 108 espécies de *Tillandsia* ao longo do território nacional (FLORA DO BRASIL 2022), destacando-se a Mata Atlântica com o maior número de espécies (56 spp.), seguido do Cerrado (27 spp.) e Caatinga (26 spp.) (FLORA DO BRASIL 2022).

Tillandsia stricta Sol. é uma espécie de hábito preferencialmente epífítico em regiões de mata, ocorrendo também em campos rupestres, restingas e caatinga (FIORATTO 2009), bem como, pode ser encontrada em áreas urbanas desenvolvendo-se nas redes de fios. Possui ampla distribuição, ocorrendo desde a Venezuela até a Argentina. No Brasil ocorre do Estado da Bahia ao Rio Grande do Sul (FIORATO 2009). É considerada uma das espécies mais características e conhecidas dentro do gênero. As flores com pétalas variando de purpúreas a róseas dão um forte contraste ao colorido das brácteas florais róseas vistosas, às vezes

tornando-se branco-amareladas conforme o amadurecimento da inflorescência, permitindo a localização e atração de polinizadores e dispersores (FIORATO 2009; WANDERLEY e TAVARES 2011; TARDIVO *et al.* 2020).

O escapo em Bromeliaceae tem caráter taxonômico, restringindo-se à distribuição dos feixes vasculares da estrutura, além disso, podem ser considerados o calibre do feixe, extensão da bainha formada por células de parede espessadas e sua composição (AOYAMA e SAJO 2003; SEGECIN e SCATENA 2004). Além disso, a inflorescência como um todo possui importância de interação entre flores e polinizadores, sendo essa família com predominância da polinização por vertebrados como beija-flores e não por insetos (MACHADO e SEMIR 2006).

1.3 O efeito da luminosidade e a plasticidade fenotípica

A incidência de luz nas folhas é capaz de promover interações que são dependentes da estrutura celular (XIAO *et al.* 2016). A quantidade de energia absorvida, transmitida ou refletida pelas folhas pode diferir de uma espécie para outra, ou até mesmo, dentro da própria espécie, porque existem, dentre outros fatores, influência direta ou indireta das condições ambientais nessa interação (RIBEIRO *et al.* 2019).

Os efeitos da luz e da temperatura nas folhas sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas dependem da intensidade e dos períodos sazonais (CASAL e QUESTA 2018). Alterações na anatomia do indivíduo constituem aspectos decisivos na capacidade de aclimação das espécies expostas a diferentes condições ambientais (CARRIQUI *et al.* 2019). Tratando-se das bromélias, a quantidade de luz que atinge o ambiente, o solo e condições adversas do ambiente, segundo Rizzini (1997) e Benzing (2000), têm influência direta no seu desenvolvimento, determinando sua forma, seu tamanho e sua coloração (CARVALHO e ROCHA 1999; GUTERRES 2022). Essas diferenças podem ser interpretadas como plasticidade fenotípica.

A plasticidade fenotípica é a capacidade de um organismo de alterar a sua fisiologia (troca de íons e reações celulares) e morfologia em resposta a alterações das condições ambientais (RIBEIRO *et al.* 2020), ou seja, a variabilidade ambiental induz um genótipo de um único organismo a expressar diferentes tipos de fenótipos (MARTINS e MASSARA 2020). Essa característica pode ser restrita ou ampla dependendo tanto do genótipo do indivíduo como também do ambiente onde o indivíduo completou seu ciclo de vida (DE LIMA e LANGARO 2015).

Segundo Aoyama e Mazzoni-Viveiros (2006) existem genótipos com maior ou menor grau de plasticidade fenotípica, permitindo a ocorrência de seus representantes em ambientes diversos ou não, respectivamente. Além disso, De Lima e Langaro (2015) também descrevem que a avaliação da plasticidade fenotípica é fundamental para as questões socioeconômicas por fornecer informações de como os organismos se comportam. Apesar das variadas diferenças relacionadas à plasticidade fenotípica e a importância das flores na interação planta-polinizador, poucos são os trabalhos sobre anatomia das estruturas reprodutivas de Bromeliaceae e sobre plasticidade fenotípica dessas estruturas, destacando-se Segecin e Scatena (2004), Scatena e Segecin (2005), Silva (2009) e Silva e Scatena (2011), além disso, os respectivos trabalhos objetivaram descrever a anatomia dessas estruturas, não havendo uma comparação desses atributos em relação à diferentes ambientes.

Nesse contexto, o presente estudo se justifica pela necessidade de descrições morfológicas e anatômicas das espécies da família, sobretudo a espécie *T. stricta*, bem como destacar a sua importância na interação com animais polinizadores, uma vez que esses dados podem influenciar diretamente a localização da estrutura e o acesso do polinizador ao recurso oferecido pela planta. Além disso, este trabalho poderá estimar em qual ambiente (condição de luz) as plantas apresentam maior plasticidade fenotípica nas estruturas reprodutivas em resposta às variações ambientais e sua relação na atração de polinizadores.

2. OBJETIVO

Caracterizar a morfologia e anatomia de inflorescências e flores de indivíduos de *Tillandsia stricta* Sol. desenvolvidos em diferentes condições de luminosidade, a fim de relacionar seus atributos com o padrão de polinização e plasticidade fenotípica.

2.1 Objetivos Específicos

- Analisar os dados morfológicos e biométricos comparando-os com o padrão de polinização das flores;
- Comparar a anatomia das estruturas reprodutivas de diferentes condições de luminosidade e, a partir dos dados obtidos, investigar a plasticidade fenotípica das inflorescências e flores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material e local de coleta

Foram coletados 30 indivíduos adultos em período fértil de *T. stricta* em uma área aberta da restinga (Figura 1A) do bairro Liberdade (S 18° 45, 12' W 39° 48, 43') no município de São Mateus em fevereiro de 2022. Os indivíduos foram coletados cerca de 0,5 m a partir do nível do solo nas bordas das moitas, onde havia maior incidência de luz.

Outros 30 indivíduos também férteis foram coletados em uma área de vegetação de muçununga no interior do município de Jaguaré (S 18° 49' 14" O 40° 4' 41") em janeiro de 2022, nessa área, a coleta ocorreu dentro da vegetação, onde a intensidade de luz era reduzida pelas copas das árvores (Figura 1B), sendo considerados locais com altura superior a 0,5 m a partir do nível do solo.

Em cada área, dois indivíduos férteis da espécie foram coletados, herborizados e depositados na coleção do Herbário SAMES localizado no campus da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em São Mateus, e identificados sob os tombos 10288 e 11821 que podem ser consultados no link: <http://brba.jbrj.gov.br/v2/consulta.php>.



Figura 1. Áreas de coleta dos indivíduos de *Tillandsia stricta* Sol. A - Área de restinga do bairro Liberdade em São Mateus, Espírito Santo; B - Vegetação de muçununga no interior do município de Jaguaré, Espírito Santo.

3.2. Morfologia e biometria

Após a coleta, no Laboratório de Botânica da UFES, as plantas foram fotografadas e as inflorescências destacadas e medidas com paquímetro digital ZAAS Precision IP54 com precisão de 0,01 mm.

Foram analisados os seguintes parâmetros: comprimento total da inflorescência, do escapo, da corola e do cálice, diâmetro do escapo e abertura da corola. Foram medidas somente as flores que se encontravam totalmente desenvolvidas, excluindo-se os botões florais e flores em senescência. Contabilizou-se o número de brácteas férteis e inférteis de cada inflorescência. A caracterização morfológica teve como base as obras de Coser *et al.* (2010) e Wanderley e Tavares (2011).

3.3 Anatomia

Para a análise anatômica, as amostras foram fixadas em FAA 50% (formaldeído: ácido acético: álcool etílico 50%, 2:1: 18 v/v) de acordo com Johansen (1940) por 48 horas e posteriormente conservadas em álcool 70%.

Secções transversais na região mediana do escapo foram feitas com auxílio de isopor e lâmina de barbear, e secções paradérmicas nas faces abaxial e adaxial de brácteas basais e apicais.

Nas sépalas foram realizadas secções paradérmicas somente na face abaxial, face que está em contato direto com o ambiente, a face adaxial não foi seccionada pela dificuldade no manuseio da estrutura. As pétalas foram clarificadas em hipoclorito de sódio 25% durante 26 minutos (BURGER e RICHTER 1991) e submetidas à tríplice lavagem com água destilada.

As secções foram coradas pelo processo de dupla coloração com Safranina 1% e Azul de Alcian 1% (LUQUE *et al.* 1996) e lavadas em água destilada para retirada do excesso de corante. Posteriormente foram montadas lâminas temporárias, analisadas em microscópio óptico DIGILAB Trinocular DI-260 LED e obtidas imagens em câmera fotográfica acoplada DIGILAB XCAM Series HDMI, com projeção de escalas micrométricas.

3.4 Análise estatística

Análises estatísticas foram realizadas para os dados biométricos obtidos das inflorescências e flores coletadas. Para testar a relação entre comprimento do tubo floral e diâmetro da abertura da corola foi calculada a razão entre os dois parâmetros.

Foi testada a normalidade dos dados de todos os parâmetros pelo teste de Shapiro-Wilk (W) ($p \leq 0,05$), logo após foram submetidos à análise pelo teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade. Para tanto, foi utilizado o software estatístico Past versão 3.26 (HAMMER *et al.* 2001).

Os gráficos de distribuição de frequência foram criados no pacote Microsoft 365 Excel® 2016.

4. RESULTADOS

4.1 Análise morfológica e biométrica

Tillandsia stricta bem como muitos representantes de Tillandsioideae apresenta hábito epífito, suas folhas estão em arranjo espiralado, mas não armazenam água. Quando comparadas as estruturas reprodutivas foram observadas diferenças morfológicas entre as duas áreas. A inflorescência é racemosa, ou seja, é uma inflorescência com flores inseridas ao longo de um eixo alongado, pode ser ereta ou pêndula (Figura 2A-B). O escapo tem alongamento da porção central da roseta com origem da porção apical do rizoma e possui coloração rósea, assim como a raque (Figura 2C-D). As brácteas basais são estéreis de coloração alvo-esverdeadas com ápice longo-aristado, com lepidotas (Figura 2C e E). As brácteas medianas a apicais são férteis, ambas possuem margem lisa e formato elíptico e apresentam coloração rósea (Figura 2D-E), padrão também observado por Coser et al. (2010). Após o período fértil as brácteas e escapo passam a ter coloração de verde a verde-amareladas (Figura 2F). Na axila das brácteas estão as flores, estas são dialissépalas, róseas, oval-lanceoladas e ápice curtoconatas; dialipétalas, com ápice obtuso, variam de azul a roxo a partir da região apical das sépalas e, por vezes, podem apresentar coloração branca como mencionado por Wanderley e Tavares (2011), mas o padrão de flores brancas não foi encontrado nos indivíduos coletados; os estames são livres em número de seis, com filete delicado e anteras basifixa; ovário súpero e ovóide, tricarpelar e trilocular. Ainda, foi percebido que as flores surgem a partir da região mediana da inflorescência e que as flores têm padrão de abertura da base para o ápice.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da estatística descritiva dos dados biométricos para as inflorescências de *T. stricta* nas diferentes áreas de coleta. São observados três parâmetros para a área de muçununga que não obtiveram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk (W) a 5% de probabilidade, sendo eles: comprimento do escapo (CE), número de brácteas estéreis (BE) e número de brácteas férteis (BF), apresentando os valores 0,03, 0,001 e 0,04 respectivamente. Percebe-se que entre eles, os parâmetros CE e BF tenderam à normalidade, portanto foram submetidos à análise de variância, além disso, suas médias não apresentaram diferença significativa. Já para BE utilizou-se o teste de Mann-Whitney, uma vez que os dados desviaram da normalidade, isso se deu porque as amostras, em seus números reais, apresentaram alguns valores muito baixos levando à diferença significativa dentro do parâmetro.

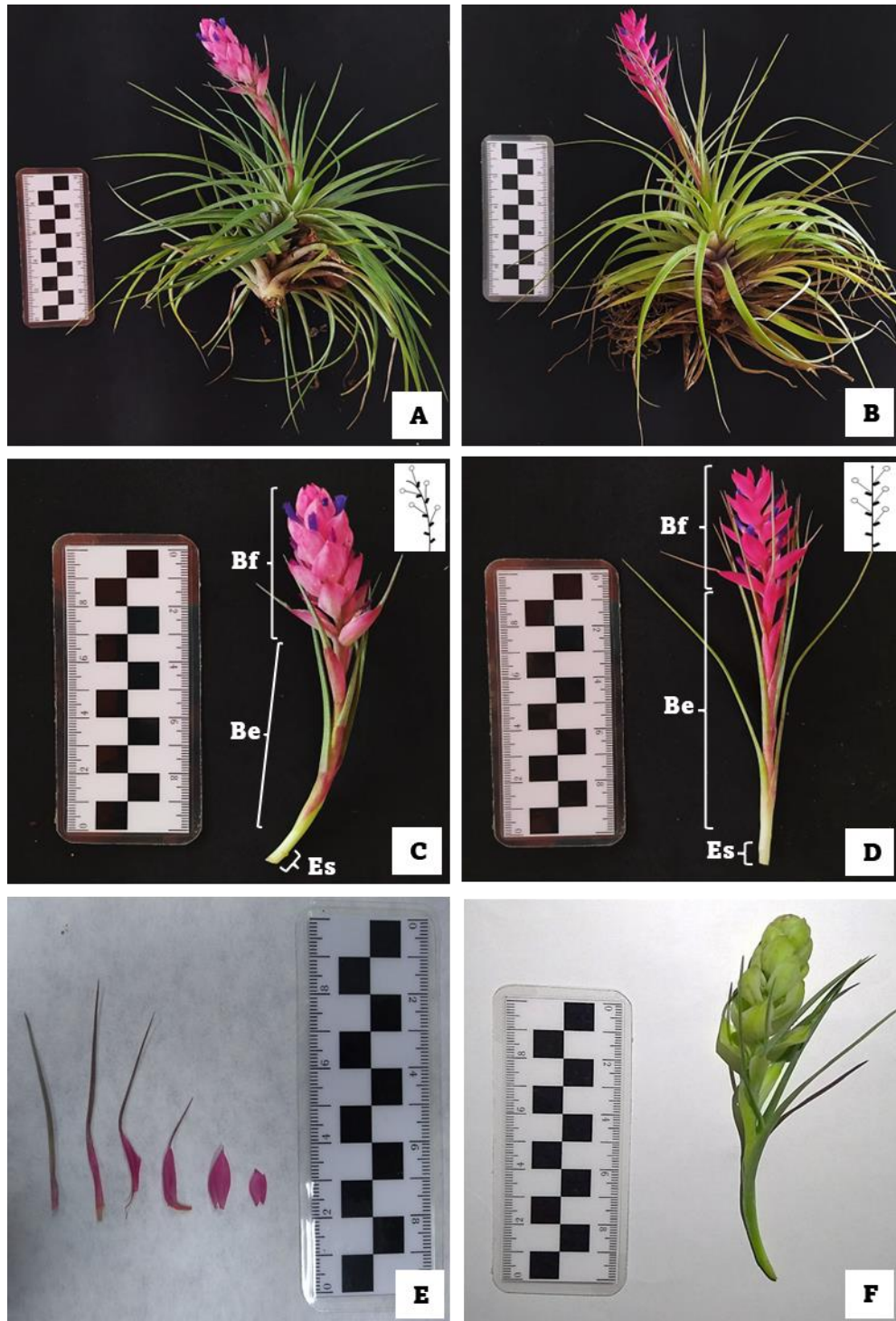


Figura 2. Morfologia dos indivíduos e estruturas reprodutivas de *Tillandsia stricta* coletados em diferentes condições de luminosidade. A-B - Padrão de alongamento da inflorescência a partir da porção central da roseta; C-D – Inflorescência racemosa com padrão de distribuição das brácteas e coloração das estruturas (esquema da organização da inflorescência no canto superior direito); E - Diferenciação das brácteas ao longo da inflorescência a começar da bráctea estéril da base até a mais apical, da esquerda para direita; F – Morfologia do racemo após o período fértil; A-C – Indivíduos da área de restinga; B-D – Indivíduos da muçununga; **Be**- Posição das brácteas estéreis; **Bf**- Posição das brácteas férteis; **Es**- Escapo.

Ainda na Tabela 1, ao analisar os valores de desvio padrão das amostras quando comparados com as médias, para cada um dos parâmetros, percebe-se que o comprimento total da inflorescência em ambas as áreas obteve maior dispersão dos dados em relação à média, indicando maior variabilidade, o que também pode ser visto na distribuição de frequência mostrada na Figura 3. Foram observadas diferenças significativas nos parâmetros diâmetro do escapo (DE) e número de brácteas estéreis (BE), com médias iguais a 3,13 e 8,70 respectivamente, ambos para a área de restinga, onde há maior intensidade de luz. Apesar dos valores do DE levarem à uma menor dispersão dos dados em relação à média, percebe-se que a média dos valores do habitat de restinga e o intervalo de confiança (IC) são maiores que os resultados apresentados para a área de muçununga, portanto, os valores obtidos para essa estrutura indicam que na área de restinga há maior investimento da planta para essa região da inflorescência. Ao comparar o número de brácteas estéreis entre as áreas, percebe-se que a média dos valores na restinga, a dispersão dos dados em torno desta e o IC são maiores que na muçununga, podendo ser explicado pelo valor real de brácteas estéreis ter obtido diferença de -30 em relação à outra área.

Tabela 1: Análise estatística descritiva da biometria das inflorescências de *Tillandsia stricta* sob diferentes condições de luminosidade. **CI** – Comprimento total da inflorescência; **DE** – Diâmetro do escapo; **CE** – Comprimento do escapo; **BE** – Número de brácteas estéreis; **BF** – Número de brácteas férteis.

Parâmetros	Área	Biometria das inflorescências				Distribuição normal*
		Média / Desvio padrão	Mediana	Moda	IC (95%)	
CI (mm)	Restinga	133,13 / 20,80 a1	131,55	-	[81,28; 177,25]	0,95
	Muçununga	128,40 / 22,82 a1	128,00	-	[85,77; 168,70]	0,38
DE (mm)	Restinga	3,13 / 0,40 a2	3,10	2,65	[2,55; 4,14]	0,06
	Muçununga	2,70 / 0,46 a1	2,64	3,01	[1,89; 3,62]	0,57
CE (mm)	Restinga	9,81 / 2,85 a1	9,39	-	[5,26; 18,05]	0,08
	Muçununga	10,05 / 2,86 a1	9,32	-	[6,30; 16,61]	0,03*
BE	Restinga	8,70 / 1,76 a2	9	8	[6;12]	0,14
	Muçununga	7,76 / 1,22 a1	8	8	[5; 10]	0,001*
BF	Restinga	16,80 / 5,04 a1	16	13	[5; 29]	0,56
	Muçununga	14,50 / 3,98 a1	14	12	[9; 24]	0,04*

Médias com letras minúsculas seguidas de números iguais não diferem estatisticamente pelo teste de

Mann-Whitney a 5%. *Teste de normalidade Shapiro-Wilk (W) para $p < 0,05$.

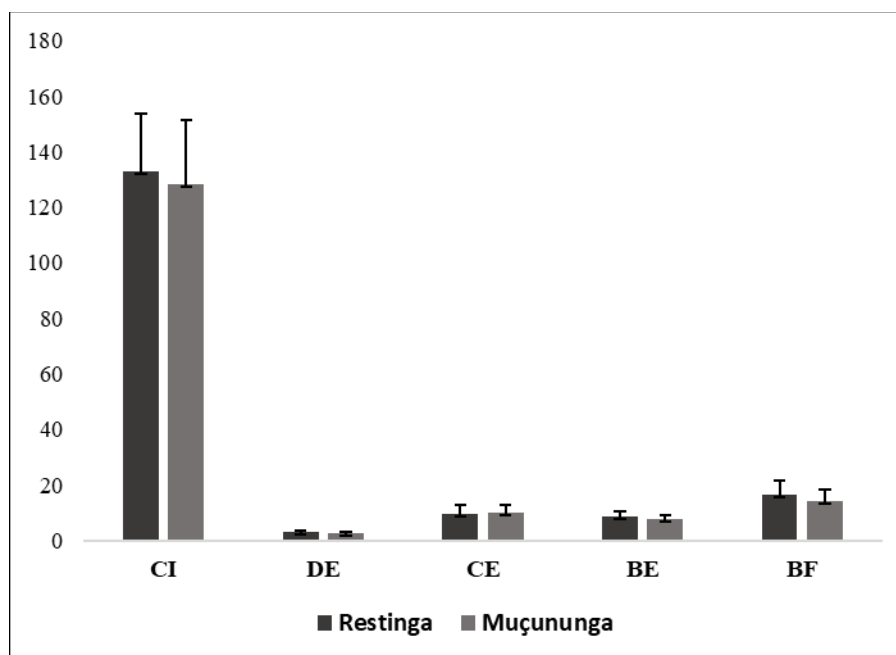


Figura 3: Distribuição de frequência das médias referentes às medidas das inflorescências de *Tillandsia stricta* nos habitats de restinga e muçununga. **CI**- Comprimento total da inflorescência; **DE**- Diâmetro do escapo; **CE**- Comprimento do escapo; **BE**- Número de brácteas estéreis; **BF**- Número de brácteas férteis.

A razão entre os parâmetros comprimento da corola e diâmetro da abertura da corola correlaciona-se positivamente, sendo, quanto maior o comprimento do tubo, maior será a abertura. O habitat de muçununga apresentou flores com comprimento da corola maiores e o diâmetro da abertura corroborou com essa medida apresentando valores maiores que o habitat de restinga. Percebeu-se também que no habitat de muçununga há menor quantidade de flores, o que pode estar intimamente relacionado com o aumento no tamanho das flores.

Na Tabela 2 é apresentada a estatística descritiva da biometria das flores de *T. stricta*. Percebe-se que apenas os dados do comprimento da corola (CC) para a área de muçununga e comprimento do cálice (CK) na área de restinga apresentaram distribuição normal e, portanto, todos os parâmetros foram submetidos ao teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade.

Analisando os valores de desvio padrão em relação às médias e a distribuição de frequência dos dados mostrada na Figura 4 percebe-se que os dados apresentaram pequena variação. Dentre os parâmetros avaliados, apenas CC não apresentou diferença significativa entre as áreas.

As medidas do CK e diâmetro da abertura da corola (DC) na condição de menor luz

apresentaram diferença significativa entre as médias, cerca de 10,17 e 2,84 respectivamente, em ambos os casos a grande variação entre os IC pode ter relação com esse resultado.

Tabela 2: Análise estatística descritiva da biometria das flores de *Tillandsia stricta* sob diferentes condições de luminosidade. **CC** – Comprimento da corola; **CK** – Comprimento do cálice; **DC** – Diâmetro da abertura da corola.

Parâmetros	Área	Biometria das flores				Distribuição normal*
		Média/ Desvio padrão	Mediana	Moda	IC (95%)	
CC (mm)	Restinga	16,58 / 1,63 a1	16,66	16,18	[11,90; 20,37]	0,02*
	Muçununga	16,37 / 1,87 a1	16,34	18,13	[10,59; 21,34]	0,27
CK (mm)	Restinga	8,77 / 1,01 a1	8,73	8,34	[6,18; 11,76]	0,29
	Muçununga	10,17 / 1,38 a2	10,03	11,89	[3,63; 13,11]	0,0004*
DC (mm)	Restinga	2,51 / 0,70 a1	2,29	2,1	[1,36; 4,54]	1,80E-07*
	Muçununga	2,84 / 0,77 a2	2,7	2,54	[1,50; 5,06]	0,0002*

Médias com letras seguidas de números iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade. *Teste de normalidade Shapiro-Wilk (W) para $p < 0,05$.

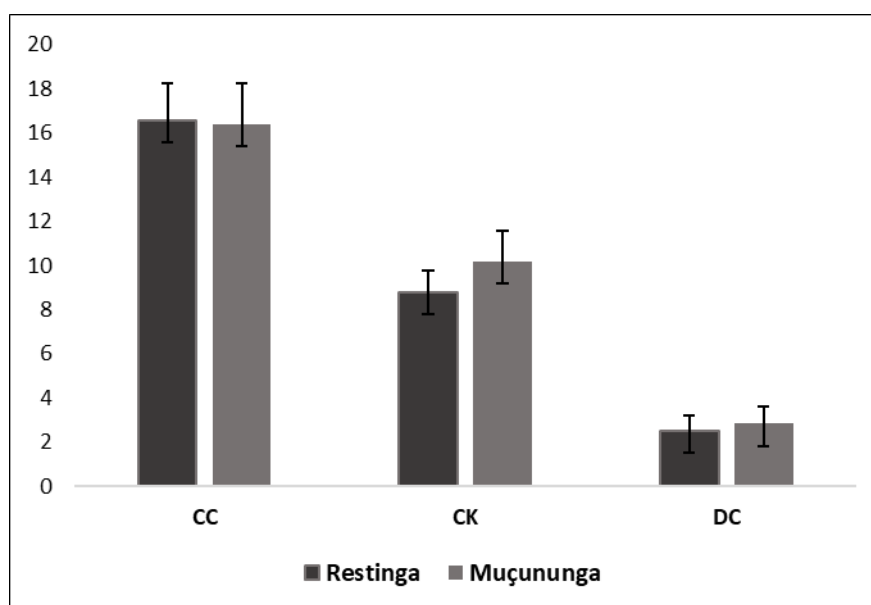


Figura 4: Distribuição de frequência das médias referentes às flores das inflorescências de *Tillandsia stricta* nos habitats de restinga e muçununga. **CC**- Comprimento da corola; **CK**- Comprimento do cálice; **DC**- Diâmetro da abertura da corola.

4.2 Análise anatômica

Anatomicamente, as inflorescências e flores analisadas ao microscópio óptico

apresentaram semelhanças no seu padrão de distribuição dos tecidos e estruturas em relação às diferentes condições de luminosidade impostas pelas áreas de restinga e de muçununga.

Os escapos de *T. stricta* apresentaram diferentes entre as condições de luminosidade imposta por cada área. Os escapos têm alongamento da região central da roseta na porção terminal do rizoma e sustentam a inflorescência racemosa. Em secção transversal os escapos apresentam forma cilíndrica e os tecidos estão distintamente separados como epiderme, hipoderme, córtex e cilindro vascular (Figura 5A-B). A espécie apresenta distribuição homogênea dos feixes vasculares e periciclo, os primeiros são espalhados e isolados e o segundo não forma um cilindro contínuo (Figura 5A-B). A epiderme é uniestratificada e de tamanho reduzido se comparadas à hipoderme, a cuticla espessa e recobre toda a extensão da estrutura. A hipoderme que também é uniestratificada apresenta células grandes, arredondadas e hexagonais, a parede celular é espessa e raramente são encontrados espaços intercelulares (Figura 5C-D). O córtex possui células parenquimáticas de forma variada, com paredes finas e raros espaços intercelulares, e o número de camadas de células varia de 18 a 25. Ainda em relação ao córtex, são encontrados canais de mucilagem e idioblóstos com ráfides de oxalato de cálcio (Figura 5C). Os feixes vasculares são do tipo colateral (Figura 5E), ou seja, o floema fica na face externa em relação ao centro do cilindro, e estão distribuídos de forma homogênea sem a formação de um periciclo contínuo no cilindro vascular e, aparentemente a densidade de feixes vasculares é maior no habitat de muçununga como mostrado na Figura 5B, além disso, apresentam células esclerenquimáticas, ou periciclo, envolvendo cada feixe vascular (Figura 5E seta).

A epiderme das brácteas basais das inflorescências, em vista frontal, apresentam células de parede sinuosa ou ondulada para ambas as faces, abaxial e adaxial, cada célula apresenta um corpúsculo de sílica. Há ocorrência de tricomas peltados e escamas, ao longo de toda a bráctea, porém há maior densidade na face abaxial e além disso, a região apical tem maior concentração de escamas em relação à base ou região mais próxima da inserção na raque. As escamas em *T. stricta* apresentam um escudo central composto por quatro células de coloração mais acentuada (Figura 6A-B), externamente a elas há outras duas camadas de células circundando-as, uma camada composta por oito células e a mais externa com dezesseis, na periferia encontra-se a ala que apresenta células alongadas e de extremidade afilada. A distribuição desses tricomas se dá de forma aleatória. Na face abaxial é comum a ocorrência de estômatos (Figura 6A-B), que normalmente são encobertos pelas alas das escamas. Na face abaxial há ocorrência somente de escamas (Figura 6C-D). Foram encontrados idioblóstos com ráfides de oxalato de cálcio e

critais prismáticos (Figura 6E), foi percebido que esses últimos estão em maior número nas brácteas do habitat de restinga, onde há maior intensidade de luz.

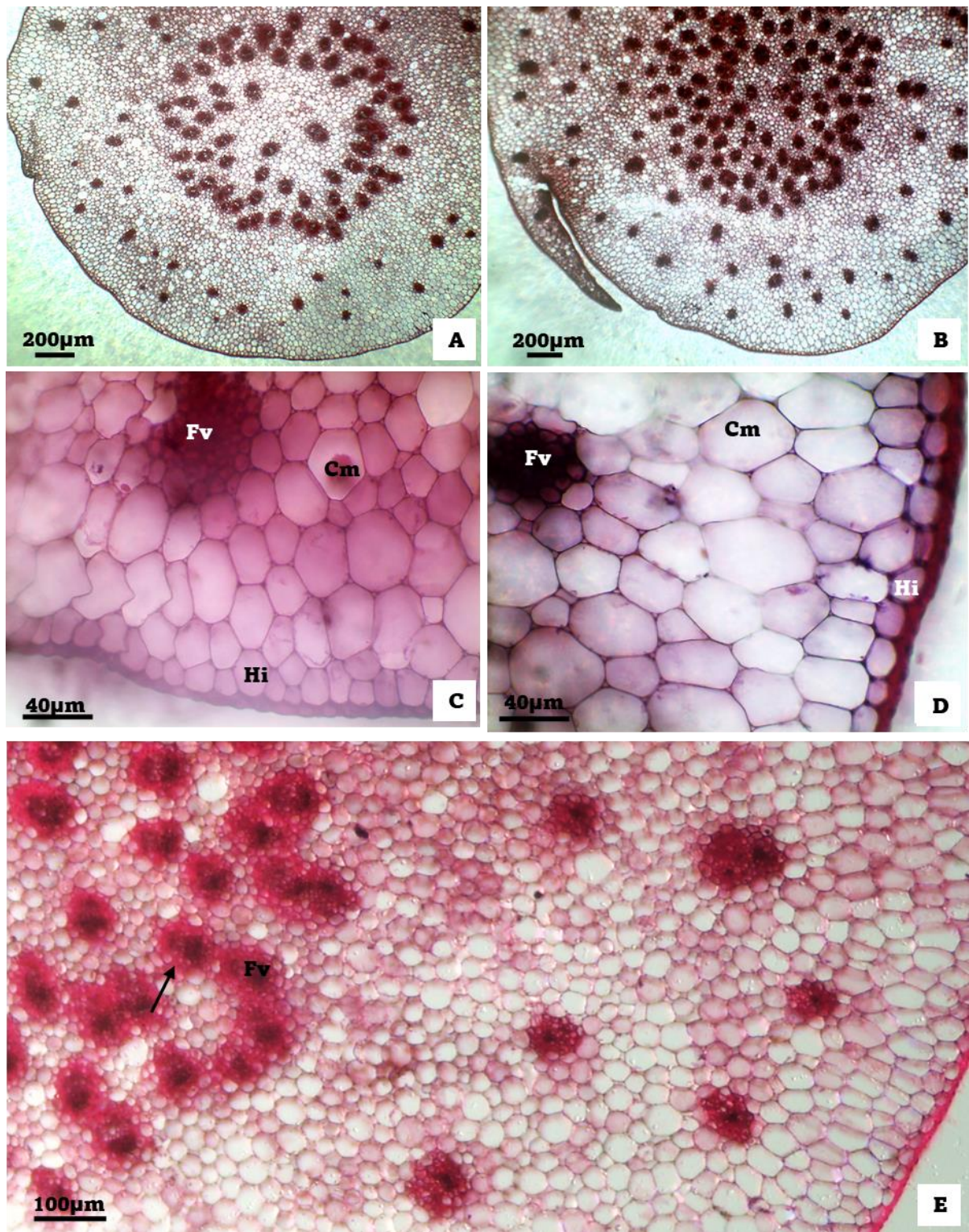


Figura 5. Caracterização anatômica dos escapos de *Tillandsia stricta* em diferentes condições de luminosidade. A-B – Secções transversais enfatizando o padrão de distribuição dos tecidos e periciclo; C-D – Formato das células da epiderme, hipoderme e córtex contendo canal de mucilagem; E – Secção evidenciando os feixes vasculares colaterais e, esclerênquima envolvendo os mesmos na área de

muçununga; A-C – Área de restinga; B-D – Área de muçununga. **Cm**- canal de mucilagem; **Hi**- hipoderme; **Fv**- Feixe vascular; **Seta**- Periciclo esclerenquimatoso.

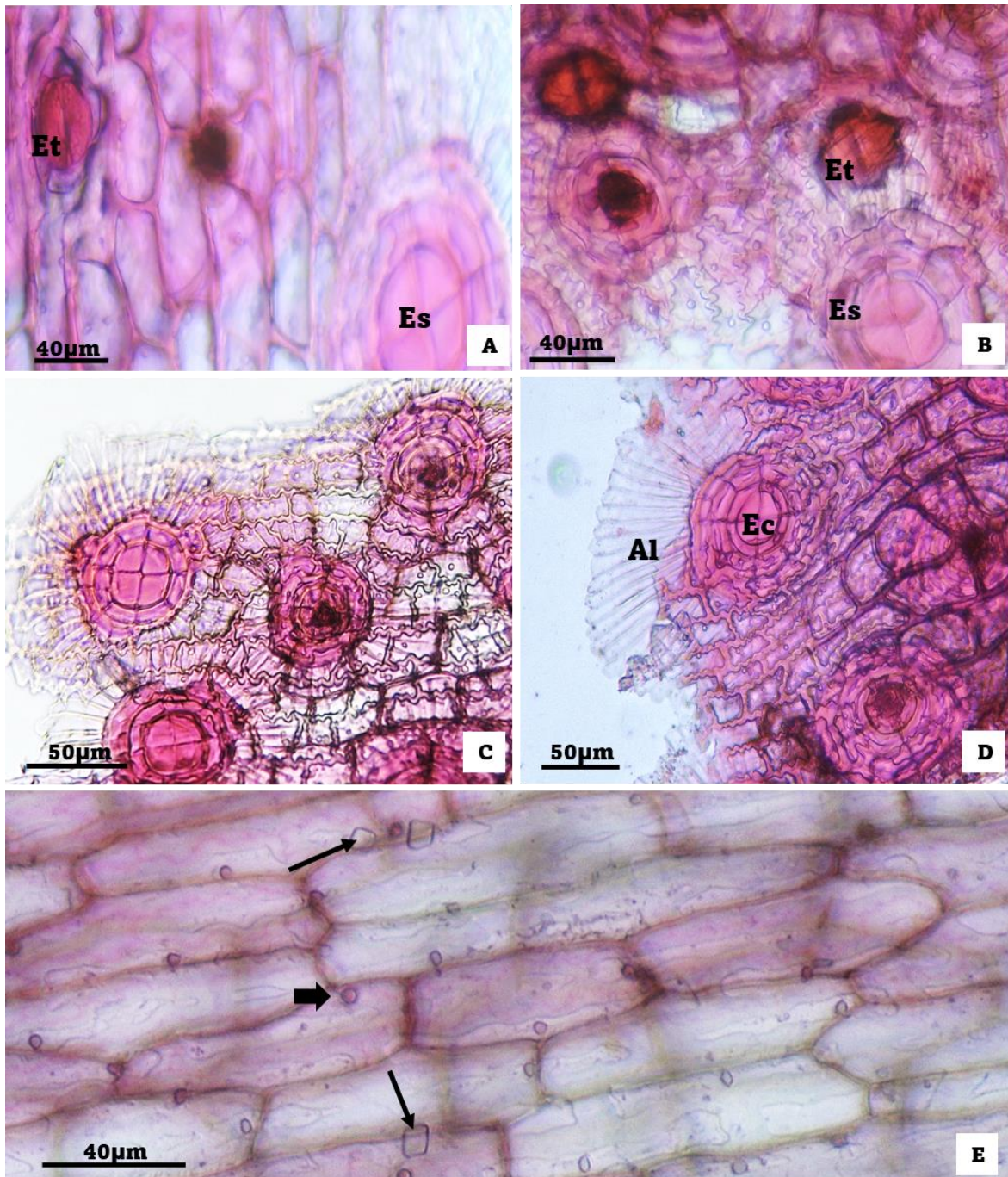


Figura 6. Caracterização da epiderme das brácteas basais das inflorescências de *Tillandsia stricta*. A-B – Epiderme abaxial mostrando a presença de estômatos e escamas; C-D – Epiderme adaxial evidenciando as partes constituintes das escamas; E- Células epidérmicas da área de restinga contendo corpo de sílica e cristais prismáticos. A-C – Brácteas basais da área de restinga; B-D – Brácteas basais da área de muçununga. **Et**- Estômato; **Es**- Escama; **Al**- Células da ala das escamas; **Ec**- Escudo central da escama; **Seta fina**- Cristal prismático; **Seta larga**- corpo de sílica.

As brácteas apicais apresentam epiderme similar às basais, com células de paredes sinuosas e com corpúsculo de sílica na região central. Na face abaxial há ocorrência de escamas e estômatos (Figura 7A-B), esses últimos ocorrem de forma esparsa e em pequena quantidade, sendo que não foram encontrados em algumas amostras. Na face adaxial não há estômatos ou escamas como visto nas Figuras 7C e D. A epiderme apresenta idioblastos com ráfides (Figura 7E) e cristais prismáticos em ambas às faces nas duas áreas.

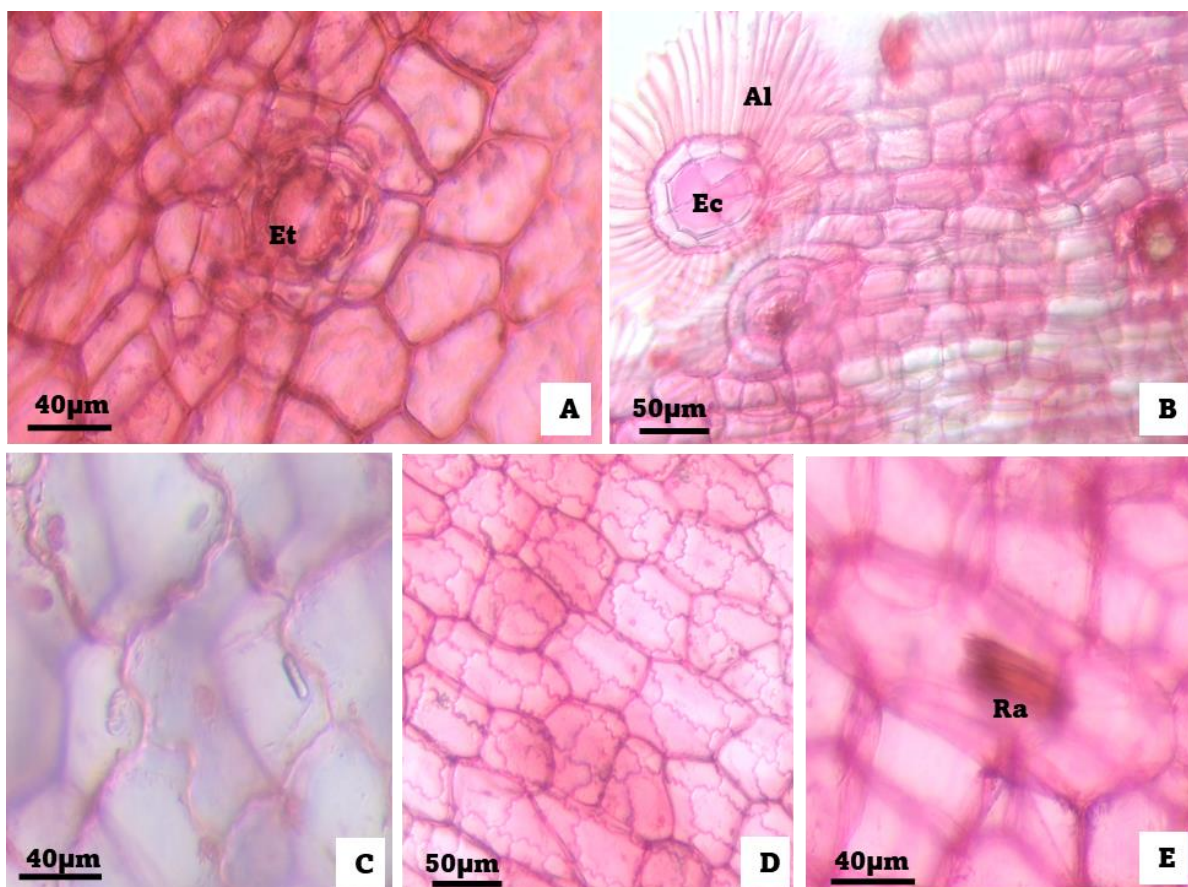


Figura 7. Caracterização da epiderme das brácteas apicais das inflorescências de *Tillandsia stricta*. A-B - Epiderme abaxial evidenciando a presença de estômatos e escamas; C-D - Ausência de escamas e estômatos na epiderme adaxial; E- Idioblasto com ráfides de oxalato de cálcio; A-C - Brácteas apicais do ambiente de restinga; C-D - Brácteas apicais da muçununga. **Et**- Estômato; **Ec**- Escudo da escama; **Al**- Células da ala das escamas; **Ra**- Idioblasto contendo ráfides.

As secções paradérmicas da face abaxial das sépalas mostraram um padrão semelhante às epidermes das brácteas. As paredes celulares são sinuosas ou onduladas, com corpo de sílica na região central. Em ambas as áreas as paredes celulares são repletas de canais comunicantes ou pontuações conforme evidenciado na Figura 8A (triângulos). As análises ao microscópio óptico mostraram grande quantidade de pigmentos antocianina, mas após o processo de dupla coloração e fotografia, não foram possíveis a sua identificação. Estão presentes também, idioblóstos contendo réfides de oxalato de cálcio e, cristais do tipo prisma (Figura 8A seta) que

podem ocorrer de forma aglomerada e em tamanhos relativamente pequenos no habitat de restinga. Raramente há presença de estômatos nas amostras de ambas as áreas (Figura 8B).

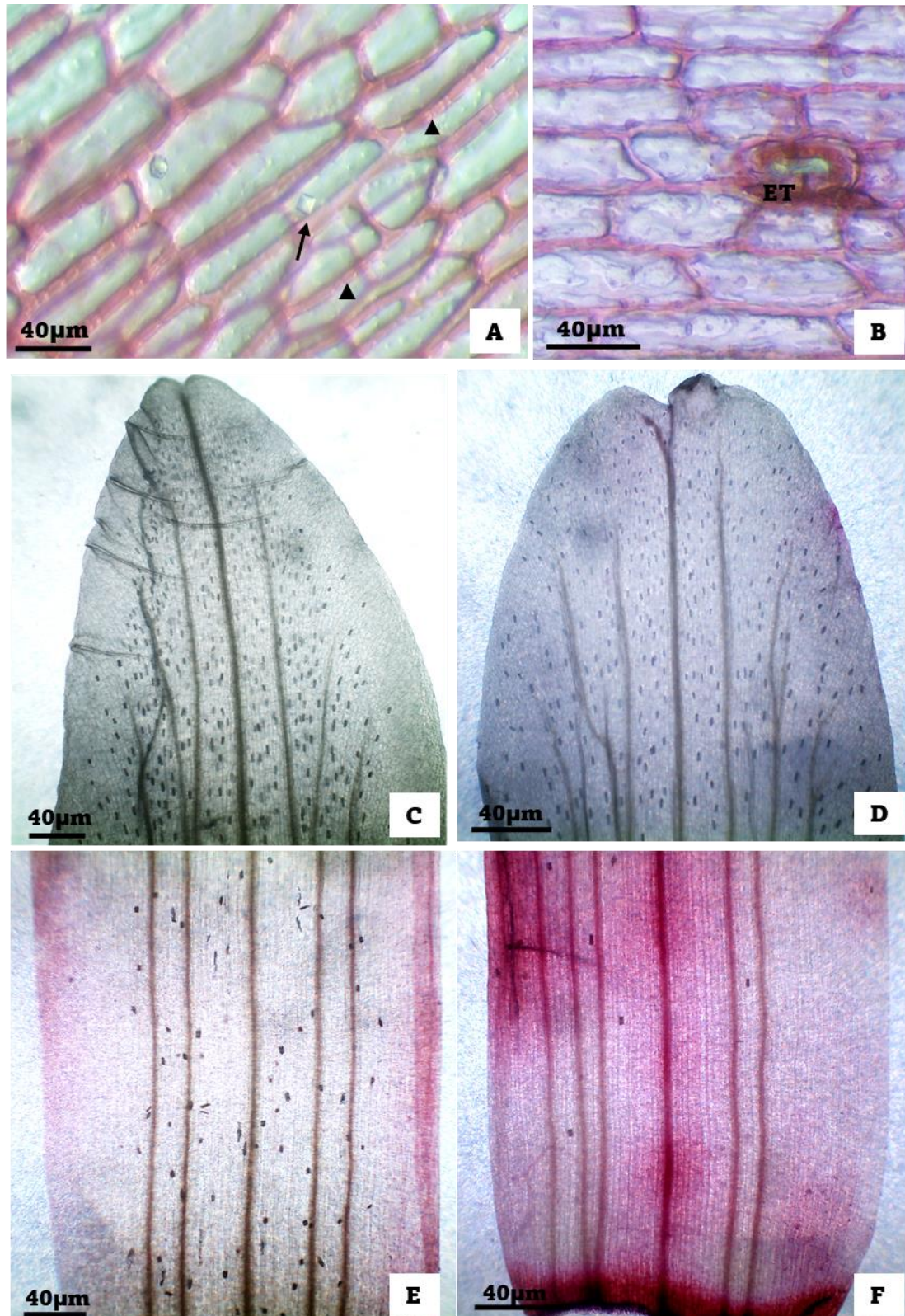


Figura 8. Anatomia das sépalas e pétalas das flores de *Tillandsia stricta*. A- Secção epidérmica da sépala mostrando a presença de grande quantidade de campos de pontoação (indicados por triângulos) e presença de cristal prismático (seta); B- Ocorrência ocasional de estômato nas sépalas; C-D – Porções

apicais das pétalas com alta densidade de idioblastos com ráfides de oxalato de cálcio; E-F- Porções basais das pétalas mostrando a diferença na quantidade de cristais em relação ao ápice; A - Secção paradérmica de sépalas da área de muçununga; B – Secção epidérmica do ambiente de restinga; C-E – Pétalas da área de restinga; D-F – Pétalas do ambiente de muçununga. **Et**- Estômato.

As pétalas das flores de *T. stricta* por serem delicadas e, portanto, difíceis de realizar as secções à mão livre foram clarificadas em hipoclorito de sódio e por a estrutura continuar intacta, algumas regiões não sofreram impregnação do corante. A epiderme possui células retangulares ou quadrangulares, por vezes apresentando extremidades lanceoladas. Cada célula apresenta um corpúsculo de sílica, bem como nas células das demais estruturas, e possui parede celular delgada. As nervuras aparentes variam de cinco a dez da base para o ápice (Figura 8C-F). Ocorrem cristais prismáticos nas amostras de ambas as áreas. Há grande diferença na densidade de idioblastos com ráfides entre as regiões das pétalas, onde, a quantidade dessas estruturas anatômicas aumentam consideravelmente da base para o ápice conforme a Figura 8C e D.

5. DISCUSSÃO

5.1 Morfologia e biometria

A caracterização morfológica das inflorescências e flores da espécie *T. stricta* não apresentou variação muito contrastantes entre as diferentes condições de luminosidade. Apesar disso, aos dados biométricos mostraram diferença significativa. Considerando que o número de flores por inflorescência na restinga é, geralmente, maior que na muçununga, a diferença encontrada entre as medidas do diâmetro dos escapos pode estar relacionada à sustentação da parte aérea da inflorescência, havendo maior investimento na área de restinga onde, é necessária mais resistência para sustentar a quantidade de flores e, os recursos e condições são considerados mais extremos (OLIVEIRA *et al.* 2009).

De acordo com o período de coleta já indicado, percebe-se que as plantas da área de restinga ou com maior incidência luminosa tiveram seu período de florescimento tardio em relação à área de muçununga. Segundo Francescato (2014), o período reprodutivo de algumas espécies vegetais pode estar relacionado à temperatura do ambiente, quando mais elevadas, a planta investe maior recurso no desenvolvimento vegetativo, seja para dominância da gema apical e conseqüente desenvolvimento do caule ou para aumento da área foliar, características evidenciadas também por Zhu *et al.* (1997). Apesar do atraso na floração, os mesmos autores indicam que há considerável aumento na formação de botões florais no ambiente com temperaturas mais elevadas e, ao considerarmos que o número de bráctas férteis (BF) contabilizadas nas inflorescências obteve maior quantidade na área de restinga, ou seja, BF remete ao número total de flores existentes e não ao de flores medidas, podemos então estabelecer uma relação, a partir dos trabalhos de Zhu *et al.* (1997) e Francescato (2014), que a maior intensidade de luz e temperatura permitem que a planta invista mais energia na produção de flores. Porém, o trabalho de Petrie e Clingeleffer (2005) e os resultados obtidos por Aguilera *et al.* (2004) ao comparar a floração de *Siegesbeckia orientalis* em diferentes luminosidades não corroboram com os autores anteriormente citados.

As diferenças mais contrastantes relatadas para as espécies de Bromeliaceae se concentram na morfologia foliar dos indivíduos, uma vez que o substrato, o ambiente, a umidade relativa e a incidência de luz são fatores preponderantes para a plasticidade fenotípica (RIZZINI 1997; BENZING 2000), normalmente há alteração no padrão do diâmetro da roseta, tamanho, espessura e coloração das folhas (OLIVEIRA *et al.* 2009). A partir dos dados obtidos para a morfologia das inflorescências de *T. stricta* e a ausência de diferenças morfológicas

entre essas estruturas reprodutivas nas distintas áreas demonstram que, a variação da luminosidade não influencia na forma, coloração e arranjo destas, além do número e padrão de abertura das flores na inflorescência, bem como comprimento do tubo e diâmetro da abertura (LENZI 2008, VASCONCELOS e PROENÇA 2015).

As espécies de Bromeliaceae são conhecidas como ampliadoras da diversidade local já que apresentam funções ecológicas que são de grande importância para os habitats onde elas estão inseridas como a possibilidade de ser abrigo para moradia, nidificação e acasalamento para grande diversidade de anfíbios, a umidade gerada pela água no tanque permite a associação de outras plantas e germinação de sementes (ROCHA *et al.* 2004; LIMA e WANDERLEY 2007; NOGUEIRA *et al.* 2013). A família apresenta uma variedade de arquiteturas florais, possuindo desde flores muito pequenas e pouco coloridas a flores chamativas e grandes, e essa variação de inflorescências, flores e recurso fornecido são responsáveis pela atração de polinizadores, que em sua grande maioria são espécies da avifauna (MAGALHÃES 2017).

Os beija-flores são os principais polinizadores das bromélias, podendo polinizar até 85% das espécies de Bromeliaceae (MACHADO e SEMIR 2006), e de acordo com os mesmos autores, características dessas plantas como: número de brácteas e coloração dessas estruturas com tonalidade tendendo para o vermelho, flores que formam tubo e presença de néctar, são características que coevoluíram em especialização com seus respectivos polinizadores. Um polinizador é denominado especialista quando visita um número restrito de plantas, que normalmente, são representantes de um mesmo grupo filogeneticamente relacionado ou de uma família (MARTINS 2013), a associação entre plantas e polinizadores específicos são importantes para a efetividade no sucesso de polinização e reprodução das espécies, o que conseqüentemente, contribui para a restauração natural das áreas de vegetação e aumento da diversidade genética de uma população, ou populações associadas (BARÔNIO *et al.* 2016; KASSAOKA 2021).

T. stricta possui arranjo da corola de forma tubular e tem como polinizadores as espécies vulgarmente conhecidas como beija-flor-de-banda-branca (*Chrysuronia versicolor* Vieillot, 1818) e besourinho-de-bico-vermelho (*Chlorostilbon lucidus* Shaw, 1812) que são descritas nos estudos de Machado e Semir (2006) e Marcon (2016), coincidentemente, as duas espécies podem ser encontradas em ambas as áreas e seus respectivos municípios capixabas (WIKIAVES 2022a;b), enfatizando que a espécie é atrativa para ambos os polinizadores e apresentam o mesmo padrão nas diferentes condições de luz.

Hoeltgebaum (2017) e Staggemeier *et al.* (2007) sugerem que com o aumento gradual da temperatura e fotoperíodo há favorecimento na intensidade da floração, assim, o florescimento tardio e o aumento do número de estruturas chamativas das plantas da restinga pode ser vantajoso, uma vez que tem maior disponibilidade de luz e fotoperíodo, induzindo a uma maior atividade dos polinizadores. Além disso, o padrão de distribuição das plantas, de abertura das flores na inflorescência (em *T. stricta* as flores iniciam a abertura pela base em relação ao ápice) e a oferta de néctar podem afetar positivamente a atração e o padrão de forrageio dos polinizadores, isso consequentemente auxilia o fluxo de pólen, sucesso da polinização e reprodução da espécie (BAZZAZ e REEKIE 1985; LENZI *et al.* 2006; MAGALHÃES 2017).

5.2 Anatomia

A espécie estudada neste trabalho apresenta hábito epífita, podendo ser encontrada presa aos caules das árvores seja no locais mais baixos ou junto à copa das mesmas, além disso, suas sementes podem germinar sobre a superfície das folhas que apresentam algum grau de rugosidade, ocorre também em áreas de afloramentos rochosos e na rede de fios das áreas urbanas (FIORATTO 2009). O epfitismo, de acordo com Zanenga-Godoy e Costa (2003), equivale em muitos aspectos às condições do ambiente desértico e, impõe às espécies alterações no seu metabolismo e características anatômicas, autores como Carneiro *et al.* (2017) e Zimolong e Krupek (2019) fortalecem a hipótese de que a condição epífita surgiu como estratégia favorável de polinização, dispersão de sementes e para a busca de luz.

Bromeliaceae está entre as poucas famílias que possuem hábito epífita. Foi percebido que a morfologia interna tem relação com esse hábito de vida e a tolerância à luz através de estruturas anatômicas especializadas para o enfrentamento dessa situação (SEGECIN e SCATENA 2004).

No escapo, a presença da cutícula, células epidérmicas com parede celular espessadas e hipoderme formada por células grandes são características que reforçam o investimento da planta para a tolerância a ambientes com alta incidência luminosa, e tem como funções evitar as altas temperaturas internas, diminuir a perda de água dos tecidos como estratégia para evitar o colapso das células por murchamento, além de estabelecer proteção mecânica contra a ação dos ventos nos diferentes ambientes (OLIVEIRA e SAJO 1999; DETTKE e MILANEZE-GUTIERRE 2008; PROENÇA e SAJO 2008).

Nas secções transversais dos escapos são encontrados canais de mucilagem que,

segundo Silva e Scatena (2011) podem atuar no controle da perda de água. Esau (1997) destaca que a presença da substância mucilagínosa exerce função de reserva e retenção de água, uma vez que na presença da água ela fica intumescida e se torna mais viscosa, conseqüentemente, evita a dessecação e possibilita a troca de íons.

Em todas as estruturas analisadas é descrita a presença de corpos de sílica em todas as células epidérmicas e, idioblastos com prismas e ráfides de oxalato de cálcio no córtex. Comparando essas características com os trabalhos de Zanenga-Godoy e Costa (2003), Scatena e Segecin (2004), Proença e Sajo (2008), Silva e Scatena (2011) e Carneiro *et al.* (2017), podemos inferir que a ocorrência dessas estruturas são de grande importância para o enfrentamento em altas condições de luminosidade, já que possuem como característica a refração de parte da radiação que incide sobre a planta, o que evita a necrose dos tecidos e auxilia na redução da transpiração, aumentam a resistência da planta ao ataque de insetos e fungos por serem indigestos e menos palatáveis, além disso, a formação e distribuição desses cristais está relacionada com a necessidade de neutralizar a quantidade de ácido oxálico no interior da planta. Associado à presença dos cristais e suas características particulares, pode-se afirmar que a alta concentração dessas estruturas nas pétalas como visto na Figura 6C-F tende a evitar a predação dos verticilos protetores da flor que garantem o sucesso da polinização, além disso, são responsáveis pela sustentação mecânica dos mesmos para receber o bico do polinizador (CASSIANO *et al.* 2010).

As paredes celulares sinuosas são comuns nas bromélias, Scatena e Segecin (2005) e Ferreira *et al.* (2007) correlacionam essa característica com a adaptação mecânica em relação aos movimentos de expansão e contração dos órgãos vegetativos e reprodutivos, seja pela saída ou entrada de água, a sinuosidade pode estar relacionada também à proteção contra o murchamento e colapso das células.

A presença de tricomas absorventes ou escamas nas brácteas das inflorescências estão intimamente relacionadas à proteção contra a transpiração excessiva, já que as células da ala podem cobrir parcial ou completamente os estômatos, auxiliam na refração da luminosidade e, principalmente são responsáveis pela absorção de água e nutrientes uma vez que há redução do sistema radicular das bromélias epífitas (BRIGHIGNA 1984; SCATENA e SEGECIN 2005; FERREIRA *et al.* 2007; PROENÇA e SAJO 2008; SILVA 2009), ainda, de acordo com Proença e Sajo (2007) e Santos *et al.* (2012), as escamas são responsáveis pela atração de polinizadores por formarem um exipso indumento sobre as folhas e órgãos reprodutivos que ao refletirem chamam a atenção do polinizador.

5. CONCLUSÃO

As inflorescências e flores dos indivíduos de *T. stricta* apresentaram diferenças morfológicas entre as duas áreas de estudo, foram observadas diferenças biométricas nas estruturas reprodutivas que podem estar relacionadas com o padrão de polinização e exigências para tolerância ao ambiente, como o maior número e tamanho das estruturas nas inflorescências do habitat de restinga, percebe-se também que o comprimento da corola no habitat de muçununga correlaciona positivamente com o diâmetro da abertura da corola, sendo assim, tubos maiores apresentam aberturas mais largas, essas características podem auxiliar na atração de polinizadores e no sucesso de polinização.

Foram percebidas diferenças anatômicas entre as estruturas avaliadas nas diferentes condições de luminosidade, como a aparente quantidade de feixes vasculares no habitat de muçununga e a considerável diferença na quantidade de cristais de oxalato de cálcio na região apical das pétalas.

A partir das análises, percebe-se que a espécie apresenta plasticidade fenotípica, relacionando as variações biométricas, a diferença visual na densidade de escamas e idioblastos com cristais de oxalato de cálcio entre as diferentes áreas. Portanto, é sugerido que estudos relacionando a densidade desses caracteres sejam realizados para elucidação de novas hipóteses, bem como as relações ecológicas referentes à variação da quantidade de cristais.

6. REFERÊNCIAS

- AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta daninha**, v. 22. p. 43-51, 2004.
- ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOEGER, M. R. T.; COSTA, C. G.; BARRA, C. F. Epiderme. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO. **Anatomia Vegetal**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. p. 87-107.
- AOYAMA, E. M.; SAJO, M. D. G. Estrutura foliar de *Aechmea Ruiz & Pav.* subgênero *Lamprococcus* (Beer) Baker e espécies relacionadas (Bromeliaceae), **Revista brasileira de botânica**, v. 26, n. 4, p. 461-473, 2003.
- AOYAMA, E. M.; MAZZONI-VIVEIROS, S. C. **Adaptações estruturais das plantas ao ambiente**. Instituto de Botânica. São Paulo, 17 p. 2006.
- APG IV - Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016.
- ATLÂNTICA, SOS MATA. **Atlas dos remanescentes florestais**, 2022.
- BARFUSS, M. H. J.; SAMUEL, R.; TILL, W.; STUESSY, T. F. Phylogenetic relationships in subfamília Tillandsioideae (Bromeliaceae) based on DNA sequence data from seven plastid regions. **American Journal of Botany**, v. 92, p. 337-351, 2005.
- BARÔNIO, G. J.; MACIEL, A. A.; OLIVEIRA, A. C.; KOBAL, R. O.; MEIRELES, D. A.; BRITO, V. L.; RECH, A. R. Plantas, polinizadores e algumas articulações da biologia da polinização com a teoria ecológica. **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 275-293, 2016.
- BAZZAZ, F. A.; REEKIE, E. G.. The meaning and measurement of reproductive effort in plants. p. 377-387, 1985. In: J. L. Harper; J. White. **Studies on Plant Demography: a Festschrift for John L. Harper**. London, Academic Press. 393 p.
- BENZING, D. H. Tillandsioideae. In: BENZING, D.H. **Bromeliaceae: Profile of an Adaptive Radiation**. Cambridge University Press, p. 555-572. 2000.
- BENZING, D.H. Bromeliad trichomes: structure, function and ecological significance. **Selbyana**, v. 1, p.330-348. 1976.
- BRAGA, M. M. N. Anatomia foliar de Bromeliaceae da campina. **Acta Amazonica**, v. 7, p 1-74, 1977.
- BRIGHIGNA, L.; FIORDI, A. C.; PALANDRI, M. R. Structural characteristics of mesophyll in some *Tillandsia* species. **Phytomorphology**, 1984.
- BURGER, M. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel. 1991. 154p.
- CASSIANO, D. S. A.; BRANCO, A.; SILVA, T. R. D. S.; SANTOS, A. K. A. D. Caracterização morfoanatômica de folhas e caules de *Microlicia hatschbachii* Wurdack,

Melastomataceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 529-535, 2010.

CARNEIRO, G. T.; DE MENEZES GONÇALVES, L.; FLORES, A. S. Anatomia foliar de duas espécies de *Cattleya* (Orchidaceae) endêmicas dos Escudos das Guianas. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 1, p. 26-29, 2017.

CARRIQUI, M.; DOUTHE, C.; MOLINS, A.; FLEXAS, J. Leaf anatomy does not explain apparent short-term responses of mesophyll conductance to light and CO₂ in tobacco. **Physiologia Plantarum**, v. 165, n. 3, p. 604-618, 2019.

CARVALHO, L. C.; ROCHA, C. F. D. Forma da bromélia depende da luz. **Ciência hoje**, v. 26, n. 155, p. 72-74. 1999.

CASAL, J. J.; QUESTA, J. I. Light and temperature cues: multitasking receptors and transcriptional integrators. **New Phytologist**, v. 217, n. 3, p. 1029-1034, 2018.

COSER, T. S.; PAULA, C. C.; WENDT, T. Bromeliaceae Juss. nos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 2, p. 261-280. 2010.

CUNHA, A. A.; CRUZ, C. B. M.; FONSECA, G. A. B. Mata Atlântica Legal: integrando visões da biodiversidade às políticas públicas para conservação de um hotspot de biodiversidade. **Sustainability in Debate**, v. 10, n. 3, p. 337-353, 2019.

DE LIMA, D. M. V.; LANGARO, A. P. **Plasticidade Fenotípica: Revisão de conceitos, metodologias mias utilizadas e aplicações.** In: Encontro de ensino, pesquisa e extensão – 8º ENEPE UFGD/ 5º EPEX UEMS. Anais do Encontro de Iniciação Científica – ENIC, n. 6. 2015.

DETTKE, G. A.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A. Anatomia caulinar de espécies epífitas de Cactaceae, subfamília Cactoideae. **Hoehnea**, v. 35, p. 583-595, 2008.

DIEGO-ESCOBAR M. V.; FLORES-CRUZ M.; KOCH, S. D. *Tillandsia* L. (Bromeliaceae). **Flora de Guerrero**, v. 56, p. 119, 2013.

ESAU, K. **Anatomy of seed plants.** John Wiley & Sons. 1977.

FERREIRA, L. M. D. S. L.; BELLINTANI, M. C.; SILVA, L. B. Anatomia Foliar de *Orthophytum mucugense* Wand. e Conceição (Bromeliaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n.1, p. 825-827, 2007.

FIORATO, L. **O gênero *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) no Estado da Bahia, Brasil.** Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2009.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 10 junho de 2022

FRANCESCATTO, P. **Desenvolvimento das estruturas reprodutivas da macieira (*Malus domestica* Borkh.) sob distintas condições climáticas – Da formação das gemas à colheita dos frutos.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2014.

GIVNISH, T. J.; MILLAM, K. C.; BERRY, P. E.; SYTSMA, K. J. Phylogeny, adaptive radiations, and historical biogeography of Bromeliaceae inferred from *ndhF* sequence data. p. 3-26. *In*: Columbus, J.T., Friar, E.A., Porter, J.M.; Prince, L. M.; Simpson, M. G. **Monocots: Comparative Biology and Evolution – Poales**. Rancho Santa Ana Botanic garden, Claremont, CA, 2007.

GIVNISH, T. J.; BARFUSS, M. H.; VAN EE, B.; RIINA, R.; SCHULTE, K.; HORRES, R.; GONSISKA, P. A.; JABAILY, R. S.; CRAYN, D. M.; SMITH, J. A. C.; WINTER, K.; BROWN, G. K.; EVANS, T. M.; HOLST, B. K.; LUTHER, H.; TILL, W.; ZIZKA, G.; BERRY, P. E. SYTSMA, K. J. Phylogeny, adaptive radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American journal of botany**, v. 98, n. 5, p. 872-895, 2011.

GODOY, F. I.; PIRATELLI, A. J. Avifauna associada a muçunungas: composição e uso do habitat. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 1, p. 7-21, 2021.

GOUDA, E. J.; BUTCHER, D.; GOUDA, C. S. **Encyclopaedia of Bromeliads**, Version 3. [Http://encyclopedia.florapix.nl/](http://encyclopedia.florapix.nl/). University Botanic Gardens. 2020. Utrecht. Acessado em: 10 junho. 2022.

GUTERRES, S. M. **Influência de diferentes espectros luminosos na recuperação de culturas nodulares criopreservadas e na germinação de sementes de *Vriesea reitzii* Leme & A.F. Costa**. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. 2022.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and Data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v.4, n. 1: 9.

HENRIQUES, R. P. B.; ARAUJO, D. S. D.; HAY, J. D. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p.173-189, 1986.

HOELTGEBAUM, M. P. **Caracterização da autoecologia de populações de *Varronia curassavica* Jacq.(Boraginaceae) em áreas de restinga de Santa Catarina**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2017.

ICMBio. (2018). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol1.pdf>

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. McGraw-Hill, New York, 1940.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F. **Plant Systematics: a phylogenic approach**. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 2009, 677 p.

KASSAOKA, S. **Papel ecológico das aves no bioma cerrado com ênfase na polinização e dispersão**. Monografia de graduação. Instituto Federal Goiano, 2021.

LENZI, M. **Biologia reprodutiva de *Opuntia monacantha* (Willd.) Haw. (Cactaceae) em restingas da Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil**. Tese de doutorado. Universidade Fderal de Santa Catarina, 2008.

- LENZI, M.; MATOS, J. Z. D.; ORTH, A. I. Variação morfológica e reprodutiva de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 487-500, 2006.
- LIMA, T. T.; WANDERLEY, M. G. L. Diversidade de Bromeliaceae da Serra do Lopo. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n.2, p. 1146-1148, 2007
- LUQUE, R., SOUSA, H. C.; KRAUS, J. E. Métodos de coloração de Roeser (1972) modificado e Kropp (1972) visando a substituição do azul de astra pelo azul de alcião 8GS ou 8GX. **Acta Botanica Brasilica**, v. 10, n. 2, p. 199-212, 1996.
- MACHADO, C. G.; SEMIR, J. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 163-174, 2006.
- MAGALHÃES, A. F. P. **INTERAÇÃO BEIJA-FLORES E BROMÉLIAS DE UMA FORMAÇÃO ABERTA DE RESTINGA**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.
- MARCON, A. P. Interações dos beija-flores e seus recursos florais em um ambiente antropizado no sul do Brasil. **Atualidades Ornitológicas**, v.193, p. 18-24. 2016
- MARTIN, C. E. Physiological ecology of the Bromeliaceae. **The Botanical Review**, v. 60, n.1, p. 1-82, 1994.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUES, J. M. L.; FLEXOR, J. M. **Geologia do Quaternário costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo**. 1. ed. Belo Horizonte, 1997.
- MARTINELLI, G.; VIEIRA, C. M.; GONZALEZZ, M.; LEITMAN, P.; PIRATININGA, A.; COSTA, A. F.; FORZZA, R. C. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de espécies, distribuição e conservação. **Rodriguésia**, v. 59, n. 1, p. 209-258, 2008.
- MARTÍNEZ, M. D. P. M. **O Gênero *Vriesea* Lindl. Seção *Vriesea* (Tillandsioideae, Bromeliaceae) no Estado do Paraná: aspectos taxonômicos**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.
- MARTINS, A. C. Abordagens históricas no estudo das interações planta-polinizador. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 39-52, 2013.
- MARTINS, M. L. L. Fitofisionomia das formações vegetais da restinga da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaibim, Valença, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, 2012.
- MARTINS, R. P.; MASSARA, R. L. A ecologia evolutiva da plasticidade fenotípica em táxons de organismos: uma breve revisão. **Revista Helius**, v. 3, n. 2, p. 1333-1373, 2020.
- MEDINA, E. Eco-Fisiologia y Evolucion de las Bromeliaceae. **Boletín de la Academia Nacional de Ciencias**, n.79, p.71-100, 1990.
- MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L. D.; LANA, J. M. D.; VALENTE, G. E. Composição florística, espectro biológico e fitofisionomia da vegetação de muçununga nos municípios de Caravelas e Mucuri, Bahia. **Revista Árvore**, v. 29, p. 139-150, 2005.

- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, 2000.
- NOGUEIRA, A. C.; CÔRTEZ, I. M.; VERÇOZA, F. C. A família Bromeliaceae na Área de Proteção Ambiental de Grumari, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista Souza Marques**, v. 1, n. 28, p. 31-42, 2013.
- OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009.
- OLIVEIRA, V. D. C.; SAJO, M. D. G. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 22, p. 365-374, 1999.
- PEREIRA, O. J. **Caracterização fitofisionômica da restinga de Setiba-Guarapari/ES**. Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, 1990.
- PEREIRA, O. J. Restinga: origem, estrutura e diversidade. In: Jardim M. A. G.; Bastos, M. N. C.; Santos, J. U. M. **Desafios da botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da biodiversidade vegetal**. vol. 1. Sociedade Botânica do Brasil/Universidade Federal Rural da Amazônia/ Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém., p. 177-179, 2003.
- PETRIE, P. R.; CLINGELEFFER, P. R. Efeitos da temperatura e luz (antes e após a brotação) na morfologia da inflorescência e número de flores de videiras Chardonnay (*Vitis vinifera* L.). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 11, n. 1, p. 59-65, 2005.
- PROENÇA, S. L.; SAJO, M. D. G. Anatomia foliar de bromélias ocorrentes em áreas de cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 657-673, 2007.
- PROENÇA, S. L.; SAJO, M. G. Anatomy of the floral scape of Bromeliaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 3, p. 399-408. 2008.
- RIBEIRO, J. E. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; COELHO, E. S.; ALBUQUERQUE, M. B. Morphophysiological aspects of young *Calotropis procera* plants submitted to different shading levels. **Scientia Plena**, v.15, n.11, p.1-10, 2019.
- RIBEIRO, J. E. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; COELHO, E. S.; ALBUQUERQUE, M. B. Morphophysiological aspects of young *Calotropis procera* plants submitted to different shading levels. **Scientia Plena**, v. 15, n. 11, p. 1-10, 2019.
- RIBEIRO, L.; CATEN, A. T; FERMINO JUNIOR, P. C. P. Plasticidade fenotípica de caracteres morfofisiológicos e reflexão espectral de folhas de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 31, 2020.
- RIZZINI, C. T.. Tratado de fitogeografia do Brasil. 2ª Edição. **Âmbito Cultural Edições Ltda**, Rio de Janeiro, 1997. 147 p.
- ROCHA, C. F. D.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; NUNES-FREITAS, A. F.; ROCHA-PESSÔA, T. C.; DIAS, A. S.; ARIANI, C. V.; MORGADO, L. N. Conservando uma larga porção da diversidade biológicas através da conservação de Bromeliaceae. **Vidalia**, v. 2, n. 1, p. 52-72, 2004.

- SANTOS-FILHO, F. S.; ALMEIDA JR, E. B. D.; SOARES, C. J. R. S.; ZICKEL, C. S. Fisionomias das restingas do delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 218-227, 2010.
- SANTOS, F. H. D. S.; ALMEIDA, E. F. A.; FRAZÃO, J. E. M.; DOS SANTOS, A. C. P. Nutrição nitrogenada de bromélias. **Ornamental Horticulture**, v. 18, n. 1, p. 39-46, 2012.
- SAPORETTI JUNIOR, A. W. **Vegetação e solos de muçununga em Caravelas, Bahia**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- SCATENA, V. L.; SEGECIN, S. Anatomia foliar de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 635-649, 2005.
- SEGECIN, S.; SCATENA, V. L. Anatomia de escapos de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 515-525. 2004.
- SILVA, I. V. **Anatomia e desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae (Poales) da Amazônia – MT**. Tese de doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 94 p., 2009.
- SILVA, C. A.; CORREA, A. D.; FIGUEIREDO, M. V.; PRANDINI, M. K.; CARVALHO JUNIOR, M.; OLIVEIRA, V. R. P.; ARMANI, F. A. S. Diagnóstico de restinga de Pontal do Ipiranga, litoral paranaense, através da utilização de drones. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, p. 1-9, 2018.
- SILVA, I. V.; SCATENA, V. L. Anatomia de escapos de espécies de Bromeliaceae da Amazônia, Mato Grosso, Brasil. **Hoehnea**, v. 38, n. 1, p. 51-59. 2011.
- SILVA, K. R. **Caracteres vegetativos e reprodutivos e desenvolvimento pós-seminal em Bromeliaceae**. Universidade Estadual Paulista, Tese de doutorado. Rio Claro. 2018.
- SOUZA, S. O. **Aspectos morfoanatômicos e reprodutivos de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) ocorrentes na Bahia, Brasil**. Dissertação de mestrado do Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2020.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática – guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 2005. 640 p.
- STAGGEMEIER, V. G.; MORELLATO, L. P. C.; GALETTI, M. Fenologia reprodutiva de Myrtaceae em uma ilha continental de Floresta Atlântica. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 423-425, 2007.
- TARDIVO, R. C.; ARAÚJO, C. C.; PAIXÃO-SOUZA, B. ***Tillandsia* in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020.
- TAVARES, R. V. **Ecologia e diversidade da herpetofauna associada à *Bromélia Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. f. em uma área de Caatinga, Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande. 2016.
- VASCONCELOS, M. R. M. **Características fitotécnicas e anatômicas de plântulas**

- micropropagadas de *Tillandsia bulbosa* Hook.** 2016. 45 f. Dissertação (Mestrado em agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2016.
- WANDERLEY, M. G. L.; MARTINS, S. E. Bromeliaceae. In: MELHEM, T. S.; WANDERLEY, M. G. L.; MARTINS, S. E.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; SHEPHERD, G. J.; IRIZAWA, M. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 39-162. 2007.
- WANDERLEY, M. G. L.; TAVARES, A. R.. **Guia de identificação de Bromélias da Reserva de Paranapiacaba**. Instituto de Botânica, São Paulo, 2011. 110 p.
- WIKIAVES 2022. [Mapa de registros da espécie beija-flor-de-banda-branca (*Chrysuronia versicolor*)]. WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil. Disponível em: https://www.wikiaves.com.br/mapaRegistros_beija-flor-de-banda-branca>. Acesso em: 16/07/2022.
- WIKIAVES 2022. [Mapa de registros da espécie besourinho-de-bico-vermelho (*Chlorostibon lucidus*)]. WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil. Disponível em: https://www.wikiaves.com.br/mapaRegistros_besourinho-de-bico-vermelho>. Acesso em: 16/07/2022.
- XIAO, Y.; THOLEN, D.; ZHU, X. The influence of leaf anatomy on the internal light environment and photosynthetic electron transport rate: exploration with a new leaf ray tracing model. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 21, p. 6021-6035, 2016.
- ZANENGA-GODOY, R.; COSTA, C. G. Anatomia foliar de quatro espécies do gênero *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) do Planalto Central Brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 101-118. 2003.
- ZANGARO, W. A. L. D. E. M. A. R.; MOREIRA, M. I. L. E. N. E. Micorrizas arbusculares nos biomas Floresta Atlântica e Floresta de Araucária, p. 279-310. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; , TSAI, S. M. **Micorrizas 30 anos de pesquisa no Brasil**. UFLA Lavras.
- ZHU, L. H.; BORSBOOM, O.; TROMP, J. The effect of temperature on floquer-bud formation in apple including some morphological aspects. **Scientia horticulture**, v. 70, p. 1-8, 1997.
- ZIMOLONG, R.; KRUPKEK, R. A. Estrutura da planta em uma população de *Aechmea recurvata* (Klotzsch) LB Sm. (Bromeliaceae) em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 2, p. 42-51, 2019.