



JOABE MEIRA PORTO

**PLASTICIDADE FOLIAR DE *Achyrocline satureioides*
(Lam.) DC (Asteraceae) EM AMBIENTES DO CERRADO**

LAVRAS - MG

2022

JOABE MEIRA PORTO

**PLASTICIDADE FOLIAR DE *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC (Asteraceae)
EM AMBIENTES DO CERRADO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Botânica Aplicada, para obtenção do
título de Mestre.

Prof.^a Dr.^a Marinês Ferreira Pires Lira
Orientadora

Prof. Dr. Jean Marcel Sousa Lira
Coorientador

LAVRAS - MG

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Porto, Joabe Meira.

Plasticidade Foliar de *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC
(Asteraceae) em Ambientes do Cerrado / Joabe Meira Porto. - 2022.
53 p.

Orientador(a): Marinês Ferreira Pires Lira.

Coorientador(a): Jean Marcel Sousa Lira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Cerrado. 2. Macela. 3. Tecidos vegetais. I. Lira, Marinês
Ferreira Pires. II. Lira, Jean Marcel Sousa. III. Título.

JOABE MEIRA PORTO

**PLASTICIDADE FOLIAR DE *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC (Asteraceae)
EM AMBIENTES DO CERRADO**

**LEAF PLASTICITY OF *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC (Asteraceae) IN
CERRADO ENVIRONMENTS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Botânica Aplicada, para obtenção do
título de Mestre.

APROVADA em 11 de fevereiro de 2022.

Prof. Dr. Jean Marcel Sousa Lira UNIFAL
Prof. Dr. Thiago Alves Magalhães UFLA

Prof.^a Dr.^a Marinês Ferreira Pires Lira
Orientadora

LAVRAS - MG

2022

Ao Fundamento e Razão do Universo, meu Padrão, meu Exemplo, minha Referência.

À Pessoa que tem uma honestidade linda, uma firmeza tranquilizadora, humildade de quem conhece à Deus, sabedoria pujante, fé vencedora e amor cativante.

Aquele que Deus escolheu para a restauração de todas as coisas.

Ao Alfa e o Ômega, o Princípio e o Fim.

À Cristo Jesus,

Dedico.

*Aos meus queridos Pais, Ajailto e Selma,
que estiveram sempre ao meu lado me encorajando nas
horas difíceis e me aplaudindo nos momentos de glória.*

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

“E no final do meu caminho me dirão: - E tu, viveste? Amaste? E eu, sem dizer nada, abrirei o coração cheio de nomes.” (D. Pedro Casaldáliga)

Meu maior agradecimento é dirigido a Deus, por estar sempre comigo nos momentos mais difíceis, dando-me força interior para superar as dificuldades, mostrando-me os caminhos nas horas incertas e em todas as minhas necessidades. E por ter me ajudado a realizar e alcançar os meus sonhos e objetivos durante a minha trajetória.

Aos meus Pais Ajailto e Selma, que renunciaram a seus sonhos para vivermos juntos o meu. Ensinando-me, principalmente, a importância da construção e coerência de meus próprios valores.

Aos meus avós, Diomar, Honorina e Valdina, que através das suas histórias de luta de vida, foram fontes de inspiração para que eu fosse escrevendo a minha.

Ao meu querido “Dog-filho” Rothes, por sempre abrilhantar a minha vida, proporcionando-me muitas risadas, alegrias e refúgio nas horas difíceis.

Ao meu irmão Anderson e a minha cunhada Tuane, pelo incentivo e apoio.

À minha querida Madrinha Ana, pelo carinho, pelo afeto e por sempre se fazer presente em minha vida.

À Professora Marinês, pela inestimável orientação, pela amizade, pela paciência, pela confiança em mim depositada e por ser uma inspiração nesse meu caminho pela Anatomia Vegetal.

Ao Professor Jean Marcel, pelo grande apoio e auxílio na parte Estatística que compõe esse trabalho.

Aos meus queridos amigos-irmãos, Cleiton Wilquer, Ingrid Costa, Jéssica Aguiar e Joanne Lemos, por sempre acreditarem em mim e por terem me escutado, oferecendo a mim um ombro de apoio nos momentos mais tortuosos.

Ao Breno Avelar e Gabriel Valacio pela amizade, pelo suporte, pelo apoio emocional durante toda a minha estadia em Minas Gerais. Vocês são grandes presentes de Deus!

À Fernanda de Oliveira, por ter me ajudado a dar os primeiros passos na Anatomia Vegetal. Por ter me auxiliado e me direcionado em toda a minha pesquisa. Pela amizade e pelos agradáveis momentos juntos.

Ao Professor Rubens Manoel, pela oportunidade de crescimento. Abrindo-me as portas do Laboratório de Ecologia Florestal.

Aos Professores do Programa de Pós - Graduação em Botânica Aplicada, pelos ensinamentos. Em especial o Professor Evaristo, a Professora Suzana e o Professor Thiago Magalhães.

À Técnica de Laboratório Letícia Fagundes, por todo suporte no Laboratório de Anatomia Vegetal, por sempre ser solícita e pelos momentos de conversas.

Ao Márcio e a Laiany pela ajuda na condução dos experimentos.

Ao meu grande amigo e conselheiro, Pastor Marcelo, pelas conversas agradáveis e aprendizados proporcionados.

À Igreja Batista Central de Lavras, pelo acolhimento.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de crescimento e por ter concedido a oportunidade para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa (88887.487845/2020-00).

Enfim, a todos que de alguma forma fizeram dos meus objetivos a sua própria conquista, contribuindo para que eu chegasse até aqui.

Muito obrigado!!

*“Não desista, não pare de crer.
Os sonhos de Deus jamais vão morrer.”*

Ludmila Ferber

*“Consagre ao Senhor tudo o que você faz,
e os seus planos serão bem-sucedidos.”*

Provérbios 16:3

*“- Quem estará nas trincheiras ao
teu lado?
- E isso importa?
- Mais do que a própria guerra.”*

Ernest Hemingway

RESUMO

O Cerrado brasileiro é considerado um dos domínios fitogeográficos com uma grande diversidade biológica, apresentando muitas espécies endêmicas. Esse domínio apresenta uma variação em sua fitofisionomia, por isso estudos da estrutura foliar de espécies com potencial medicinal são fundamentais para se conhecer melhor a plasticidade dessas plantas em meio às variações ambientais. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi analisar a plasticidade das folhas de *Achyrocline satureioides* no Cerrado. Para isso foram coletadas folhas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), no município de Lavras – MG, em três ambientes distintos de Cerrado: Área de transição com formação florestal, Campo rupestre, e Cerrado *strictu sensu*. A partir disso, foram caracterizadas a estrutura anatômica das folhas, a área e massa foliar, a área foliar específica, massa foliar específica, índice de suculência, densidade de tecidos e conteúdo de água. Estas variáveis foram utilizadas para o cálculo do Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI). Para análise dos dados foi utilizada regressão através de modelos mistos generalizados, onde os ambientes foram fator fixo e os indivíduos fator aleatório, com diferença entre as médias comparadas pelo teste t. Diante disso, foi observado que as estruturas foliares de *Achyrocline satureioides* não sofreram influência dos ambientes, apesar de apresentarem diferenças no RDPI. Assim, o índice de plasticidade demonstrou que as variáveis estruturais podem contribuir de forma distintas para que *Achyrocline satureioides* ocorra em diferentes ambientes do Cerrado. Isso é um aspecto importante a ser considerado para a conservação da espécie e uso sustentável como planta medicinal.

Palavras-chave: Cerrado, Macela, Tecidos vegetais.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado is considered one of the phytogeographic domains with a great biological diversity, presenting many endemic species. This domain presents a variation in its phytophysiology, so studies of the leaf structure of species with medicinal potential are essential to better understand the plasticity of these plants in the midst of environmental variations. Therefore, the objective of the present study was to analyze the plasticity of *Achyrocline satureioides* leaves in the Cerrado. For this, leaves were collected in the Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), in the municipality of Lavras - MG, in three different environments of Cerrado: Transition area with forest formation, Campo rupestre, and Cerrado *strictu sensu*. From this, the anatomical structure of the leaves, leaf area and mass, specific leaf area, specific leaf mass, succulence index, tissue density and water content were characterized. These variables were used to calculate the Relative Distance Plasticity Index (RDPI). For data analysis, regression was used through generalized mixed models, where the environments were a fixed factor and the individuals a random factor, with a difference between the means compared by the t test. Therefore, it was observed that the leaf structures of *Achyrocline satureioides* were not influenced by the environments, despite showing differences in the RDPI. Thus, the plasticity index showed that structural variables can contribute in different ways for *Achyrocline satureioides* to occur in different Cerrado environments. This is an important aspect to be considered for the conservation of the species and sustainable use as a medicinal plant.

Keywords: Cerrado, Macela, Plant tissues.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Exsicata de *Achyrocline satureioides*. Herbário ESAL da Universidade Federal de Lavras, registro nº 32801.
- Figura 2 - Ocorrência da *Achyrocline satureioides* nos estados brasileiros (adaptado de Flora do Brasil, 2020).
- Figura 3 - Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando sua situação geográfica, a distribuição da floresta semidecídua, Candeal e formações abertas (Campo de altitude, Campo Rupestre e Cerrado) no interior do Parque e a localização das três transecções amostrais (A, B e C).
- Figura 4 - Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. **Área 1:** Cerrado; **Área 2:** Transição Mata - Cerrado; **Área 3:** Campo Rupestre.
- Figura 5 - Fisionomia vegetal das três áreas de coleta no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB) Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. A: Área de Cerrado; B: Área de Transição Mata - Cerrado; C: Área de Campo Rupestre.
- Figura 6 - Secções transversais da nervura e do mesofilo e paradérmicas das folhas *Achyrocline satureioides*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. (A) = Nervura Central; (B) = Mesofilo; (C) = Face Adaxial; (D) = Face Abaxial. Col = Colênquima; FV = Feixe vascular; EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Eb = Células da bainha; Cut = Cutícula; Tr = Tricoma tector; Tg = Tricoma glandular; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; Es = Estômato. Barras: A= 100 µm; B e C= 200 µm; D= 400 µm.
- Figura 7 – Secções transversais da nervura e do mesofilo foliar de *Achyrocline satureioides*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, com o Sudan IV. Gl= Gotículas lipídicas. Barras: A= 100 µm; B= 200 µm.
- Figura 8 - Gráficos das características estruturais das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Espessura dos Tecidos: (A) Cutícula, (B) Epiderme e (C) Espessura. Barras indicam o erro padrão.
- Figura 9 - Gráficos das características estruturais das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Número e Diâmetro dos Vasos (B) e (C), IVC (D) e Área do Sistema Vascular (E). Barras indicam o erro padrão.

Figura 10 – Secções transversais da nervura e do mesófilo foliar de *Achyrocline satureioides*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. (A, B) = Cerrado; (C, D) = Transição Mata-Cerrado; (D, E) = Campo Rupestre. Col = Colênquima; FV = Feixe vascular. EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Eb = Células da bainha; Cut = Cutícula; Tr = Tricoma tector; Tg = Tricoma glandular; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; FV = Feixe vascular; Es = Estômato. Barras: A, C, E= 100 µm; B, D, F= 200 µm.

Figura 11 - Gráficos de Massa (A), Dimensões Foliares (B) e Área Foliar (C) das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Barras indicam o erro padrão.

Figura 12 - Gráficos de AFE (A), Massa foliar específica (B), Conteúdo de H₂O (C), Suculência (D) e Densidade de Tecidos (E) das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Barras indicam o erro padrão.

Figura 13- Gráficos de Índice de Plasticidade das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Epiderme Adaxial x Epiderme Abaxial (A), Cutícula Adaxial x Cutícula Abaxial (B), Parênquima Paliçádico x Parênquima Esponjoso (C), Diâmetro dos vasos do xilema x Número de vasos do xilema (D). Barras indicam o erro padrão.

Figura 14 - Gráficos de Índice de Plasticidade das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Massa Seca x Densidade de tecidos foliares (A), Espessura foliar x Massa Seca (B), Espessura foliar x Área foliar específica (C), Espessura foliar x Área foliar (D), Espessura foliar x Densidade de tecidos foliares (E). Barras indicam o erro padrão.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Testes histoquímicos e localização das classes de metabólitos no mesofilo foliar da espécie *Achyrocline satureioides* (Asteraceae).

LISTA DE SIGLAS

AFE - Área Foliar Específica

Col - Colênquima

Cut - Cutícula

DTF - Densidade de tecidos foliares

EpAb - Epiderme abaxial

EpAd - Epiderme adaxial

Eb - Células da bainha

Es - Estômato

FV - Feixe vascular

Gl - Gotícula de Lipídeos

IVC - Índice de vulnerabilidade de Carlquist

PE - Parênquima esponjoso

PEQRB - Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito

PP - Parênquima paliçádico

RDPI - Índice de Plasticidade de Distância Relativa

Tg - Tricoma glandular

Tr -Tricoma tector

LISTA DE SÍMBOLOS

μm - Micrômetro

cm^2 - Centímetro quadrado

g - Grama

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Cerrado.....	19
2.2 Campo Rupestre.....	20
2.3 A espécie <i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.....	21
2.4 Características das folhas de espécies de Cerrado.....	23
2.5 Plasticidade Fenotípica.....	24
3. OBJETIVOS	25
3.1 Objetivo geral	25
3.2 Objetivos específicos	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Local de Estudo.....	26
4.2 Obtenção do Material Vegetal.....	27
4.3 Área Foliar Específica, Massa Foliar Específica e Densidade de tecidos foliares.....	28
4.4 Conteúdo de água e Suculência.....	28
4.5 Anatomia foliar.....	29
4.6 Testes Histoquímicos.....	29
4.7 Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI).....	30
5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	30
6 RESULTADOS.....	32
6.1 Anatomia qualitativa e histoquímica das folhas.....	32
6.2 Anatomia quantitativa das folhas.....	35
6.3 Dimensões foliares.....	38
6.4 Área Foliar Específica, Índices de esclerofilia e de umidade foliar.....	39
6.5 Índice de plasticidade foliar.....	40
7 DISCUSSÃO.....	42
8 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46
ANEXOS.....	52

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é considerado um dos domínios fitogeográficos com uma grande diversidade biológica, apresentando muitas espécies endêmicas (FELFILI; SILVA JR, 2001). Apresenta uma vegetação heterogênea, que é composta por várias fitofisionomias, desde formações campestres até composições florestais (BRIDGEWATER; RATTER; RIBEIRO, 2004; BUENO et al., 2018). Segundo o sistema de classificação de Ribeiro & Walter (2008), o Cerrado é constituído por 11 tipos fitofisionômicos, enquadrados como campestres, florestais e savânicos, de acordo com o seu aspecto e a sua composição.

Esse conjunto de formações vegetacionais possui uma flora muito abundante que é representada por várias famílias, a exemplo da família Asteraceae (FRANCINO, 2006). Essa família é uma das maiores dentro das angiospermas, com cerca de 24.000 espécies distribuídas em 13 subfamílias, 44 tribos e mais de 1.600 gêneros, representando cerca de 10 % da flora mundial (BREMER, 1994; FUNK et al., 2009a, 2009b; PANERO et al., 2014; PANERO; FUNK, 2002, 2008).

Achyrocline satureioides (Lam.) DC, é uma das espécies da família Asteraceae. É conhecida popularmente como Macela. As inflorescências e folhas são utilizadas para fins medicinais, pois produzem compostos químicos como flavonoides e óleos essenciais (BREMER, 1994; PIO CORRÊA, 1984; RODRIGUES et al., 2020). No entanto, poucos trabalhos registram os aspectos anatômicos e da plasticidade dessa espécie.

Devido ao seu potencial medicinal, essa espécie é alvo do extrativismo, método extremamente explorador e destrutivo, acarretando problemas ambientais e diminuindo as suas populações, representando uma grave ameaça a sua diversidade (MARQUES et al., 2001; RETTA et al. 2012). Ao estabelecer estudos que verifiquem como essa espécie se comporta e se adapta frente aos diferentes ambientes e variações ambientais, é possível criar condições para que seja cultivada comercialmente, favorecendo a geração de emprego e renda no campo, reduzindo a agressão à natureza e auxiliando em estratégias de conservação desta espécie.

Estudos com o enfoque na anatomia foliar têm sido muito utilizados em outras áreas da botânica como a morfologia, a fisiologia, a taxonomia vegetal, além de ecologia. Além disso, as relações entre as características estruturais e as variações ambientais e climáticas têm sido enfatizadas por muito tempo (LI et al., 2015). Pois é através do conhecimento das estruturas internas que se consegue explicar como um organismo vegetal se ajusta a um determinado

ambiente em que ocorre, bem como ser influenciado pelas variações nesse ambiente (GAVILANES et al., 2016), ou seja, podem ser atributos para determinação da plasticidade foliar de uma espécie.

Assim, estudos abordando a Plasticidade Fenotípica das folhas permitem entender como as plantas respondem de maneira satisfatória aos diferentes ambientes, comprovando o seu mecanismo adaptativo. Dessa forma, conhecer as características estruturais e da plasticidade das folhas de *Achyrocline satureioides*, pode contribuir com a conservação da espécie, tanto por favorecer a preservação da diversidade do Cerrado, quanto por aprimorar as estratégias de cultivo e uso sustentável para fins medicinais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cerrado

Considerado o segundo domínio fitogeográfico do Brasil e da América do Sul, o Cerrado recobre cerca de 60% de todo o território brasileiro. Faz-se presente em sua maior parte no planalto central brasileiro, e abrange vários Estados, inclusive Minas Gerais. Abriga mais de 11.000 espécies vegetais, sendo que cerca de 4.400 espécies são endêmicas desse Estado, o que evidencia a grande riqueza e diversidade de espécies neste bioma (RIBEIRO; WALTER, 1998).

No geral, a flora que corresponde à vegetação desse domínio é herbáceo-subarbusciva, apresentando diversas origens: Campos Amazônicos, Campos Meridionais, Campos Rupestres e Campos Úmidos (HERINGER et al., 1977; RIZZINI, 1963). Segundo Heringer e colaboradores (1977), a flora herbácea-arbusciva do Cerrado se distribui em ao menos 500 gêneros, predominando espécies da família Poaceae.

O clima das regiões que compõe o domínio Cerrado é bastante heterogêneo, sendo caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, segundo Aw de Köppen. Com precipitação anual na faixa de 1500 mm, ocorrendo principalmente entre os meses de outubro a março, com temperatura média do mês mais frio maior que 18 °C (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Os tipos de solo também são bastante diversos, sendo que predominam nas áreas de Cerrados os da classe Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro, que são solos ácidos com pH variando entre 4,5 e 5,5, apresentando deficiência de nutrientes como fósforo e nitrogênio, além de alta concentração de alumínio (RIBEIRO; WALTER, 1998). Ainda segundo Ribeiro e Walter (1998), a densidade arbórea pode ser influenciada por vários fatores, tais como as condições edáficas, condições hídricas, pH, profundidade do solo e saturação do alumínio, além das ações antrópicas.

O Domínio Fitogeográfico Cerrado, em seu sentido restrito, Cerrado *strictu sensu*, apresenta um relevo suave a suave ondulado, possuindo características de uma savana tropical típica. A vegetação é classificada como uma vegetação rasteira (gramino-herbácea) e apresenta algumas árvores tortuosas e esparsas, geralmente com a casca do tronco espessa e folhas grossas, entrepostas a uma vegetação graminoide com bastante evidência (BORGES, 2002; FELFILI et al., 2004; FELFILI; FAGG, 2007; NOVAES, 1993).

2.2 Campo Rupestre

Os Campos Rupestres são caracterizados por formações herbáceo-arbustivas, formando uma fisionomia do Cerrado que recobre cerca de 1% do território brasileiro, destacando-se nos estados da Bahia e Minas Gerais. Ocorrendo em locais com mais de 900 m de elevação, sofrendo grande influência dos ventos e variação térmica (AZEVEDO; VAN DEN BERG, 2007; GASTAUER et al., 2012; RIBEIRO; WALTER, 1998). Essa altitude elevada, o relevo e o afloramento rochoso promovem uma grande amplitude térmica no decorrer do dia, assim como em todas as estações do ano (REIS et al., 2015), e a declividade, favorece o rápido escoamento da água das chuvas para os rios, o que explica a baixa retenção hídrica.

Segundo Francino (2006), esta formação vegetal apresenta representantes das seguintes famílias: Asteraceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Eriocaulaceae, Iridaceae, Lamiaceae, Lythraceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Orchidaceae, Poaceae, Rubiaceae, Velloziaceae, Verbenaceae, Vochysiaceae, Xyridaceae e Leguminosae. Sendo a vegetação arbustiva bastante comum em afloramentos como exemplos as espécies de Amaryllidaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Compositae, Cyperaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Gutiferae, Melastomataceae, Leguminosae, Malpighiaceae, Rubiaceae e Orchidaceae, além de algumas licófitas e samambaias leptosporangiadas (RAPINI et al., 2008)

Para as plantas sobreviverem as condições ambientais extremas, como as observadas nessas formações, é necessário que ocorram mudanças tanto em seu metabolismo como em sua anatomia para que se adaptem (MARTINS; BATALHA, 2011). Assim, a formação vegetal de Campo Rupestre possui plantas com características de xeromorfismo, ou seja, plantas que são resistentes ao estresse hídrico e ou tolerantes à falta de água (CONCEIÇÃO; PIRANI; MEIRELLES, 2007; RAPINI et al., 2008).

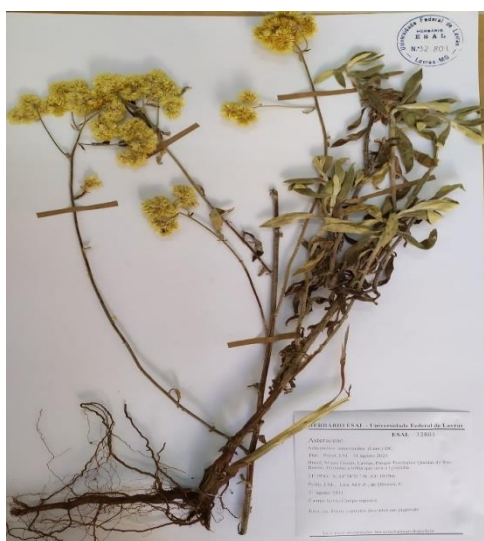
2.3 A espécie *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.

O gênero *Achyrocline* (Less.) DC. pertence à família Asteraceae e à tribo Gnaphalieae. Apresenta cerca de 45 espécies, reunidas em sua maioria na América do Sul, sendo 25 espécies ocorrentes no Brasil. Este gênero reúne plantas herbáceas, com capítulos paucifloros de estruturas morfológicas homogêneas (BREMER, 1994; DEBLE, 2007; DEBLE; MARCHIORI, 2014; LOEUILLE et al., 2013).

Uma das espécies desse gênero é a *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC, que possui ramificações de até 1,5 m de altura coberta de pilosidades brancas. As folhas são alternas inteiras, sésseis lineares, lanceoladas de até 12 cm de comprimento por 1,8 cm de largura. Possui inflorescências do tipo capítulos em dois tipos de flores, reunidas em panículas corimbosas (Figura 1). As flores são amarelo-dourado, as centrais são hermafroditas, em número de uma a duas, e as flores marginais são quatro ou cinco. O fruto é do tipo aquênio, glabro e pardo (CASTRO; CHEMALE, 1995).

É heliófita, ruderal, cresce em pastagens, terrenos baldios, taludes e capoeiras. Sendo considerada como “daninha” e “invasora”, dentre outras designações no Sul e Sudeste, por conta da sua capacidade de se desenvolver em solos arenoargilosos e pedregosos. Floresce no verão e no outono, possuindo dispersão das sementes de forma anemocórica. Suas sementes são fotoblásticas positivas e a propagação gâmica é a mais adequada para cultivos (CORREA JR; MING; SCHEFFER, 1994).

Figura 1 - Exsicata de *Achyrocline satureioides*. Herbário ESAL da Universidade Federal de Lavras, registro nº 32801.



Fonte: Do autor.

Quanto a anatomia e histologia dessa espécie, as folhas são hipoestomáticas, cutícula delgada, apresenta uma camada de parênquima paliçádico, 4-5 camadas de parênquima lacunoso, tricomas glandulares e tectores (LIESENFELD et al., 2019).

Essa espécie é também conhecida como macela, marcela, alecrim-de-parede, camomila-nacional, carrapichinho-de-agulha, chá-de-lagoa, losna-do-mato, macela-amarela, macela-do-campo, macela-do-sertão, macelinha e paina (LORENZI; MATOS, 2008).

No Brasil a macela é encontrada nos estados da Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 2). Por se tratar de uma espécie não endêmica, também ocorre em outros países da América Latina, tais como: Uruguai, Argentina, Paraguai e Colômbia (LOEUILLE, ; MONGE, 2010), além de se encontrar distribuída pela Europa e África (CALVO et al., 2006).

Figura 2 - Ocorrência da *Achyrocline satureioides* nos estados brasileiros (adaptado de Flora do Brasil, 2020).



Essa planta é amplamente utilizada tanto no Brasil como em outros países da América do Sul na medicina popular. Segundo Almeida (1993), o chá das flores, folhas e ramos secos, é usado no tratamento de problemas gástricos, epiléticos e cólicas de origem nervosa. Também é utilizado como anti-inflamatório, antiespasmódico e analgésico, no tratamento de diarreia e disenteria (LORENZI; MATOS, 2008).

Alguns estudos foram realizados para analisar a composição química de *A. saturoioides* através dos seus óleos essenciais extraídos de suas inflorescências, sendo relatada a sua capacidade antioxidante e antibacteriana (ASOLINI; TEDESCO; CARPES, 2006).

A exploração extrativista da macela pode levá-la à extinção, pois a sua dispersão natural só ocorre através dos pequenos aquênios presentes nos seus capítulos florais, o que representa grave ameaça a sua biodiversidade (MARQUES et al., 2001; BEZERRA et al., 2006; RETTA et al. 2012).

2.4 Características das folhas de espécies de Cerrado

As folhas são estruturadas anatomicamente com o intuito de maximizar o processo fotossintético, especialmente na captação de radiação solar e dióxido de carbono e minimizando a perda de água por transpiração, e também os danos de radiação solar excessiva (SOMAVILLA; GRACIANO-RIBEIRO, 2011).

Folhas de espécies do Cerrado, de maneira geral, possuem estruturas e características anatômicas ligadas à economia de água pela planta. Geralmente apresentam estruturas anatômicas de clima seco, como grande quantidade de tricomas de diversos tipos em uma ou nas duas faces da folha, grande quantidade de tecidos de sustentação como colênquima, esclerênquima, a epiderme na face adaxial revestida por uma espessa camada de cutícula, estômatos abrigados em depressões na epiderme (cripta subestomática) (DE MORRETES; FERRI, 1959).

É sugerido que esse xeromorfismo observado nas folhas do Cerrado esteja relacionado à história evolutiva desse bioma, já que os seus primeiros elementos florísticos possivelmente enfrentaram condições hídricas deficientes, bem como a conseqüente acidez e toxidade do solo. Portanto, infere-se que alguns padrões anatômicos foliares já observados em algumas espécies estavam presentes nos primeiros elementos do Cerrado e foram selecionados para garantir a sobrevivência dessas espécies no novo ambiente. Além disso, as características xeromórficas presentes nessas folhas continuam nos dias de hoje ajudando as plantas a se proteger dos diversos fatores bióticos e abióticos a que estão sujeitas, buscando meios através das modificações estruturais em suas folhas (BIERAS; SAJO, 2009).

E pelo fato de o Cerrado apresentar uma variação em sua fitofisionomia, estudos histológicos foliares dessas espécies podem favorecer o conhecimento das características

estruturais dessas plantas em meio às variações ambientais, e suas respostas de plasticidade nessas condições.

2.5 Plasticidade Fenotípica

Todos os órgãos das plantas apresentam um funcionamento e um metabolismo eficiente quando a planta e o ambiente se encontram equilibrados, no entanto, quando há alterações ambientais desajustando esse equilíbrio, é ocasionado o estresse para a planta, estimulando-a a desenvolver estruturas morfológicas e anatômicas alterando o seu metabolismo para sobreviver às diversas variações ambientais (PIGLIUCCI; MURREN; SCHLICHTING, 2006), o que pode ser chamado de plasticidade fenotípica.

Inicialmente, a plasticidade fenotípica foi determinada como a capacidade de um determinado genótipo expressar fenótipos distintos em resposta a uma variação do ambiente ou estímulo, ou seja, como que os organismos respondem a essas variações (BRADSHAW, 1965). Em comparação com os animais a plasticidade fenotípica em plantas é muito maior, e isso se deve ao tipo de crescimento dos vegetais que geralmente é indeterminado, possibilitando uma maior amplitude de variação no organismo vegetal (RAVEN, 2001).

Para o estudo da plasticidade fenotípica em plantas, deve ser levado em conta os diferentes níveis hierárquicos, de forma que ocorra um encadeamento de respostas. Como por exemplo, um sinal percebido por uma célula devido a um estímulo ambiental vai provocar mudanças a nível fisiológico, podendo afetar também a anatomia e morfologia do organismo vegetal (SCHLICHTING; SMITH, 2002).

As características individuais de cada organismo vão influenciar diretamente no tipo específico e o nível de plasticidade, podendo ocasionar variação a alguns fatores ambientais (BRIDGEWATER; RATTER; RIBEIRO, 2004). Segundo Valladares e colaboradores (2000), a folha, é o órgão vegetal que apresenta mais estudos em relação à plasticidade fenotípica, devido a sua maior resposta as muitas variações do ambiente. Determinados fatores ambientais podem causar alterações na morfologia e na anatomia foliar, dentre eles a disponibilidade de luz (LINDORF, 1997), disponibilidade de nutrientes no solo (FELLER, 1996) e regime hídrico (RÔÇAS; BARROS; SCARANO, 1997). Cada um desses fatores ambientais, pode ocasionar alterações fenotípicas na anatomia, fisiologia e morfologia das plantas (VALLADARES et al., 2002).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar a plasticidade das folhas de *Achyrocline satureioides* no cerrado.

3.2 Objetivos específicos

- Comparar a anatomia foliar de *Achyrocline satureioides* em três ambientes distintos do Cerrado;
- Caracterizar a estrutura anatômica e histoquímica da folha de *Achyrocline satureioides*;
- Identificar características relacionadas à plasticidade fenotípica da espécie às variações impostas pelos ambientes de estudo.

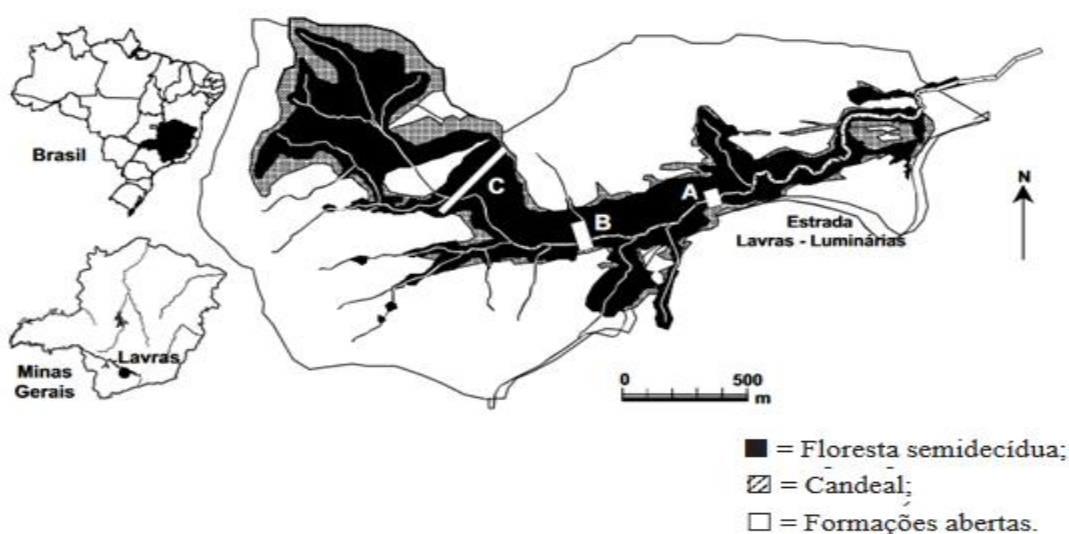
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

Situado ao sul da cidade de Lavras, Minas Gerais (entre 21°00' - 22°20'S e 43°50' - 45°00'W), o Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), compreende a região do Alto do Rio Grande e é mantido pela Fundação Abraham Kasinski (FAK) e apresenta uma área de 235 hectares com uma grande diversidade de relevo, fauna, flora e uma área natural preservada. Esta reserva é aberta ao público para visitação e constitui a maior área verde do município, apresentando uma grande diversidade de espécies e a vegetação primitiva importantes para a realização de pesquisas (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

O PEQRD (Figura 3) possui uma vegetação composta de Floresta, Cerrado e Campo Rupestre, cuja variação fitofisionômica se dá pelo fato da região estar inserida em uma área de transição de cerrado e da mata atlântica *sensu lato*, dentro do domínio da serra da Mantiqueira, na qual o seu relevo acidentado possibilita uma grande variação da vegetação (DALANESI; OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2004).

Figura 3 - Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando sua situação geográfica, a distribuição da floresta semidecídua, Candeal e formações abertas (Campo de altitude, Campo Rupestre e Cerrado) no interior do Parque e a localização das três transecções amostrais (A, B e C).



Fonte: Imagem cedida por Dalanesi et al., 2004.

As formações que compõem o Cerrado *stricto sensu* são constituídas por uma vegetação com arvoretas esparsas e formações campestres. Sendo que os Campos Rupestres apresentam um estrato herbáceo e arbustivo que sobrevivem a condições extremas como a Radiação solar incidente, com solos rasos com pouca retenção hídrica e baixa fertilidade (REIS et al., 2015).

Segundo a Classificação de Köppen o clima da região do PEQRD é do tipo Cwb, portanto, temperado mesotérmico, que se caracteriza por verões brandos e amenos (Dezembro a Março) e estiagens no inverno (Junho a Setembro). A temperatura média anual encontra-se na faixa dos 19,3 °C e a precipitação média anual é de 1.493 mm, com chuvas concentradas principalmente nos meses de verão (DALANESI; OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2004).

4.2 Obtenção do Material Vegetal

As coletas das folhas de *Achyrocline satureioides* foram realizadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Essa espécie já foi anteriormente estudada e identificada, segundo o atual Sistema de Classificação de Angiospermas APG IV (CHASE et al., 2016). As coletas foram realizadas entre os meses de Agosto e Setembro de 2021. As plantas amostradas foram previamente selecionadas, de acordo com a ocorrência e distribuição da espécie. Foi coletado o material botânico de 10 indivíduos em três áreas de sua ocorrência (10 indivíduos por área): (Área 1) Área de Cerrado, (Área 2) Área de Transição de Mata com Cerrado e (Área 3) Área de Campo Rupestre (Figura 4 e 5). O material reprodutivo da espécie em estudo está depositado no Herbário ESAL da UFLA.

Figura 4 - Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. **Área 1:** Cerrado; **Área 2:** Transição Mata - Cerrado; **Área 3:** Campo Rupestre.



Fonte: Google Maps, (2022).

Figura 5 - Fisionomia vegetal das três áreas de coleta no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB) Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. A: Área de Cerrado; B: Área de Transição Mata - Cerrado; C: Área de Campo Rupestre.



Fonte: Do autor.

4.3 Área Foliar Específica, Massa Foliar Específica e Densidade de tecidos foliares

Foram coletadas em campo, cinco folhas por indivíduo, que, em laboratório foram escaneadas. A área foliar foi obtida por meio da mensuração do somatório das áreas dessas folhas escaneadas, utilizando o software de análise de imagens ImageJ, versão 1.45s. Após obtenção da massa fresca das folhas, estas foram colocadas em estufa de circulação forçada a 60 °C até massa constante para, então, ser obtido o valor referente à massa seca. Os dados de massa fresca e seca das folhas foram obtidos em balança analítica.

A Área Foliar Específica (AFE, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), que descreve a quantidade de área foliar para captura de luz por unidade de biomassa investida, foi mensurada a partir da razão entre a área foliar e massa seca das folhas (RADFORD, 1967). Por outro lado, a Massa Foliar Específica (MFE, g cm^{-2}), que pode ser entendida como o custo de interceptação de luz a nível foliar (GUTSCHICK; WIEGEL, 1988), foi obtida pela razão entre massa seca e área foliar.

Para o cálculo da Densidade de tecidos foliares (mg cm^{-3}), foi utilizada a equação:

$$DTF = \text{massa seca foliar} / (\text{área foliar} * \text{espessura da folha})$$

A MFE e DTF são considerados índices de esclerofilia (BUSSOTTI et al., 2002).

4.4 Conteúdo de água e Suculência

O conteúdo de água das folhas foi calculado através da equação:

$$\text{Conteúdo } H_2O (\%) = [1 - (\text{massa seca foliar} / \text{massa foliar fresca}) * 100]$$

Enquanto a suculência das folhas foi obtida através da equação:

$$S (\text{g } H_2O \text{ cm}^2) = (\text{massa fresca foliar} - \text{massa seca foliar}) / \text{área foliar fresca}$$

O Conteúdo de H_2O e a S são considerados índices de umidade foliar (BUSSOTTI et al., 2002).

4.5 Anatomia foliar

As análises anatômicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. As folhas coletadas foram fixadas em etanol 70%. Foram selecionadas folhas expandidas, livres de patógenos e herbivoria, sendo realizadas secções transversais.

As secções transversais foram obtidas da região mediana da lâmina foliar e da nervura central, realizadas à mão livre com auxílio de lâminas de aço e isopor. Sendo em seguida, clarificadas e coradas com Azul de Alcian e Safranina (FEDER; O'BRIEN, 1968).

As secções transversais foram fotografadas em microscópio óptico com câmera digital acoplada e as análises foram feitas por meio do software ImageJ, versão 1.45s, permitindo a medição dos tecidos foliares. Além da análise descritiva, realizou-se a análise quantitativa, através das seguintes variáveis: Espessuras da Epiderme na face Adaxial (EAD) e Abaxial (EAB), do Parênquima Paliçádico (PP), do Parênquima Esponjoso (PE), do Limbo Foliar (LF), Diâmetro dos vasos do xilema (DVX), Número de vasos do xilema (NVX), Área do Xilema (AX), Índice de Vulnerabilidade (IV), Área do Floema (AF), Área do Feixe Vascular (AFV), Cutícula Adaxial (CA) e Abaxial (CB).

4.6 Testes Histoquímicos

Os testes histoquímicos foram realizados no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), segundo a metodologia de Figueiredo et al. (2007). Para isso, secções transversais foram obtidas da região mediana da lâmina foliar e da nervura central, realizadas à mão livre com auxílio de lâminas de aço e isopor. Os testes foram realizados em 1 folha/indivíduo de *A. satureioides*, sendo 1 indivíduo/ambiente.

Para a detecção de lipídeos totais, foi utilizado o reagente Sudan IV, para a detecção de compostos fenólicos foi utilizado o Cloreto Férrico e para a detecção de amido foi empregado o Lugol. E em seguida foram montadas lâminas semipermanentes (lâmina e lamínula com glicerina 50%). As lâminas foram analisadas ao microscópio óptico e as imagens obtidas em fotomicroscópio com projeção de escalas micrométricas.

4.7 Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI)

As variáveis estruturais das folhas foram utilizadas para calcular o Índice de plasticidade de distância relativa (RDPI). Para isso a distância absoluta entre as variáveis de dois indivíduos selecionados aleatoriamente (X e X') da mesma espécie pertencentes aos diferentes ambientes (E e E' , onde E sempre é diferente de E' , como indivíduos crescendo em ambientes diferentes). Esta abordagem é estendida para todos os ambientes e espécies avaliados, comparando as distâncias pareadas.

Desta forma, a distância entre pares de indivíduos crescidos em diferentes ambientes é calculada como o valor absoluto da diferença absoluta $XE - X'E'$ e a distância relativa é obtida pela diferença absoluta dividida pela soma ($XE + X'E'$). Assim, as distâncias relativas são obtidas como $XE - X'E' / (XE + X'E')$ para todos os pares de indivíduos de uma dada espécie crescendo em diferentes ambientes. Quando se calcula essas distâncias para todas as variáveis em consideração, a distribuição estatística resultante, distâncias relativas para cada variável podem ser sujeitas a teste de hipóteses para testar as diferenças entre as distâncias fenotípicas em função do ambiente. O RDPI variando de 0 (sem plasticidade) a 1 (plasticidade máxima) pode ser obtido para cada variável como: $RDPI = \sum (XE - X'E' / (XE + X'E')) / n$, onde n é o número total de distâncias (VALLADARES; SANCHEZ-GOMEZ; ZAVALA, 2006).

5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a análise estatística foi utilizado R Core Team (2018), onde realizou-se uma análise de regressão através de modelos lineares generalizados (glm) utilizando o pacote stats (R Core Team, 2018). A regressão utilizou os três ambientes (variável explanatória) e as variáveis estruturais da folha (variáveis respostas). Desta forma, foi avaliado o efeito causado pela variável explanatória nas variáveis respostas por meio da ANOVA e teste do Chi-quadrado ($p < 0,05$).

Posteriormente, foram realizados gráficos de barra, com erro padrão comparando os três ambientes, utilizando o SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc.).

Para os valores de RDPI, obtidos para todas as variáveis estruturais, realizou-se o teste t de Student ($p < 0,05$). E para os resultados significativos, realizou-se gráficos de barra, com

erro padrão comparando a plasticidade entre as variáveis. Todos os valores de RDPI gerados neste trabalho foram aqui anexados (Anexo 1).

6 RESULTADOS

6.1 Anatomia qualitativa e histoquímica das folhas

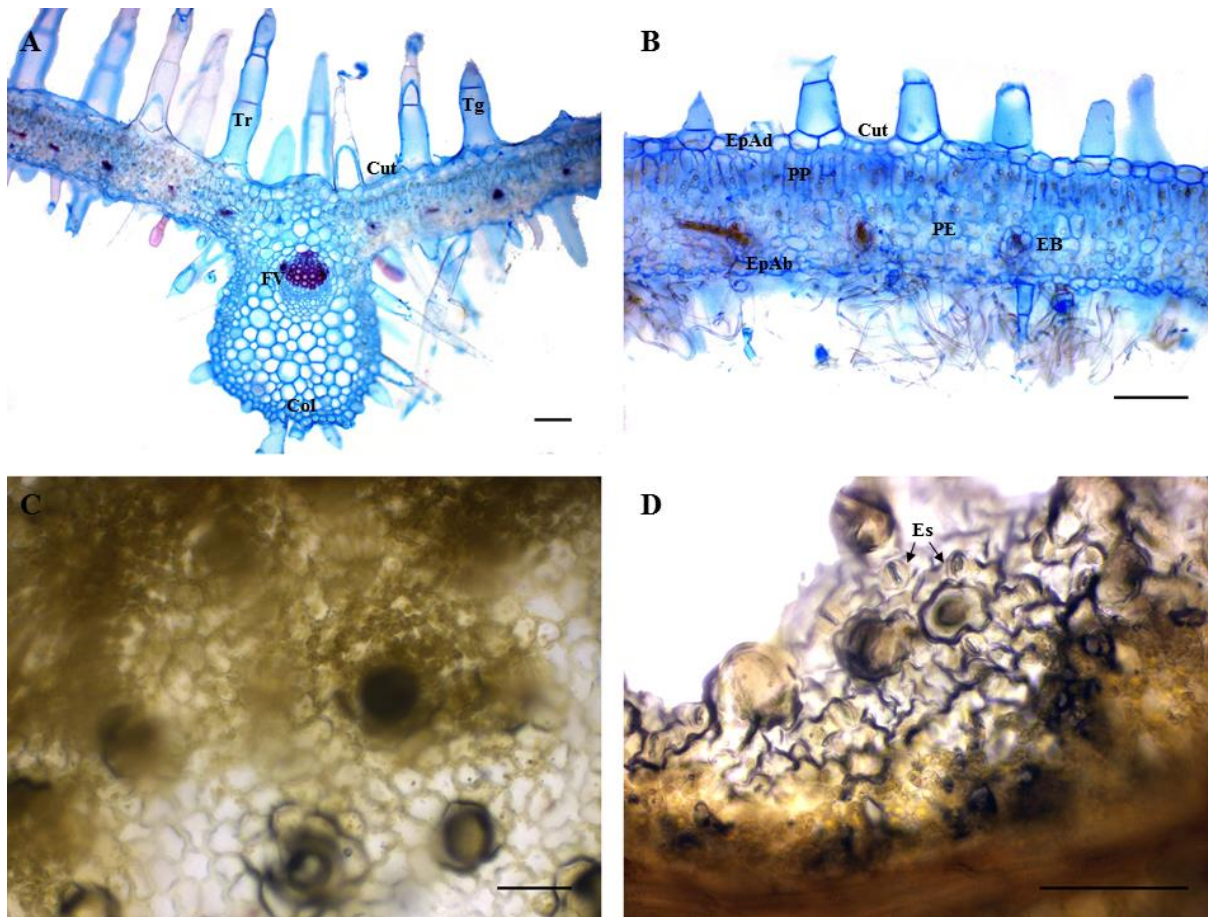
Observou-se folhas simples de formato lanceolado com ambas superfícies pilosas, e venação do tipo pinada camptódromo, broquidódroma.

As folhas de *A. satureioides* apresentaram epiderme unisseriada, com células de formato poligonal em vista transversal, sendo revestida externamente em ambas as faces por uma camada de cutícula razoavelmente delgada. Em vista frontal, a epiderme na face adaxial é formada por células epidérmicas de paredes periclinais retas com formatos irregulares (Figura 6 B). Foram encontrados estômatos apenas na face abaxial da epiderme, dando indícios de ser uma folha hipoestomática (Figura 6 C e D). A presença de uma espessa e densa camada de tricomas tectores e glandulares na face abaxial dificultou a visualização das células epidérmicas ao redor dos estômatos. No entanto, há indícios de que os estômatos de *A. satureioides* sejam do tipo anomocítico. Na face adaxial também foram encontrados tricomas tectores e glandulares em quantidade semelhante a face abaxial (Figura 6 A e B).

O mesofilo é dorsiventral contendo uma camada celular de parênquima paliçádico com gotículas de lipídios e três a quatro camadas de parênquima esponjoso, ocupando maior proporção no mesofilo e poucos espaços intercelulares. Inúmeros feixes vasculares colaterais se encontram distribuídos ao longo do mesofilo envolvidos por uma bainha de células parenquimáticas (Figura 6 B).

Na nervura central, foi apresentado um feixe vascular, do tipo colateral em formato de arco aberto. Observou-se tricomas em ambas as faces e a presença de fibras. A presença de colênquima (cinco a oito camadas) do tipo angular nas faces adaxial e abaxial (Figura 6 A), também foi observada.

Figura 6 - Secções transversais da nervura e do mesofilo e paradérmicas das folhas *Achyrocline satureioides*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. (A) = Nervura Central; (B) = Mesofilo; (C) = Face Adaxial; (D) = Face Abaxial. Col = Colênquima; FV = Feixe vascular; EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Eb = Células da bainha; Cut = Cutícula; Tr = Tricoma tector; Tg = Tricoma glandular; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; Es = Estômato. Barras: A= 100 μ m; B e C= 200 μ m; D= 400 μ m.



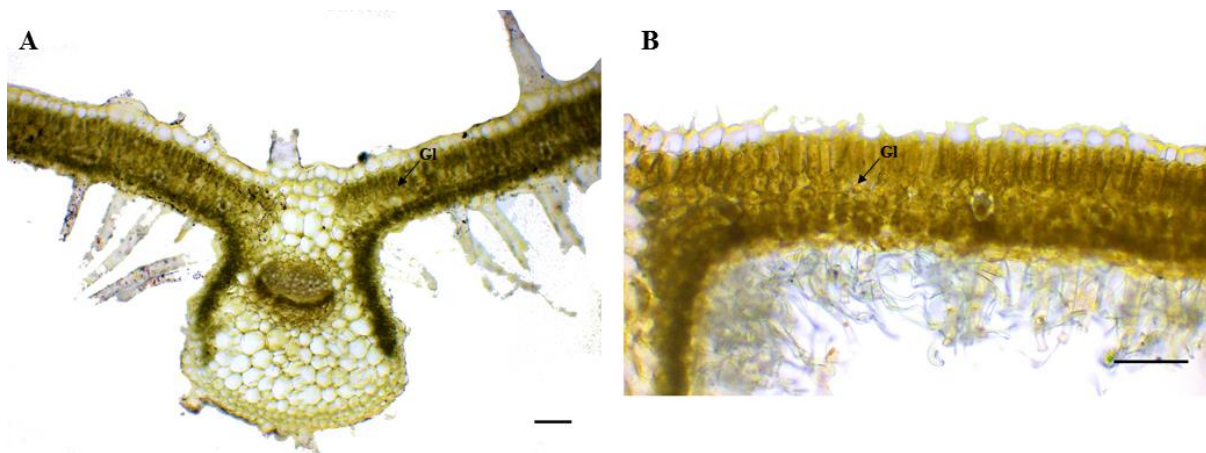
Fonte: Do autor.

Os testes histoquímicos auxiliaram estudos de caracterização da espécie (Tabela 1). Compostos Fenólicos e Amido não foram detectados com uso do Cloreto Férrico e do Lugol, respectivamente. Os lipídios foram positivamente marcados na região das células epidérmicas (adaxial e abaxial) e do parênquima paliçádico (Figura 7).

Tabela 1 - Testes histoquímicos e localização das classes de metabólitos no mesofilo foliar da espécie *Achyrocline satureioides* (Asteraceae).

Classes (metabólitos secundários)	Histolocalização		
	Epiderme Adaxial	Epiderme Abaxial	Parênquima Paliçádico
Lipídeos totais	+	+	+
Compostos Fenólicos	-	-	-
Amido	-	-	-

Figura 7 – Secções transversais da nervura e do mesofilo foliar de *Achyrocline satureioides*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, com o Sudan IV. Gl= Gotículas lipídicas. Barras: A= 100 μ m; B= 200 μ m.

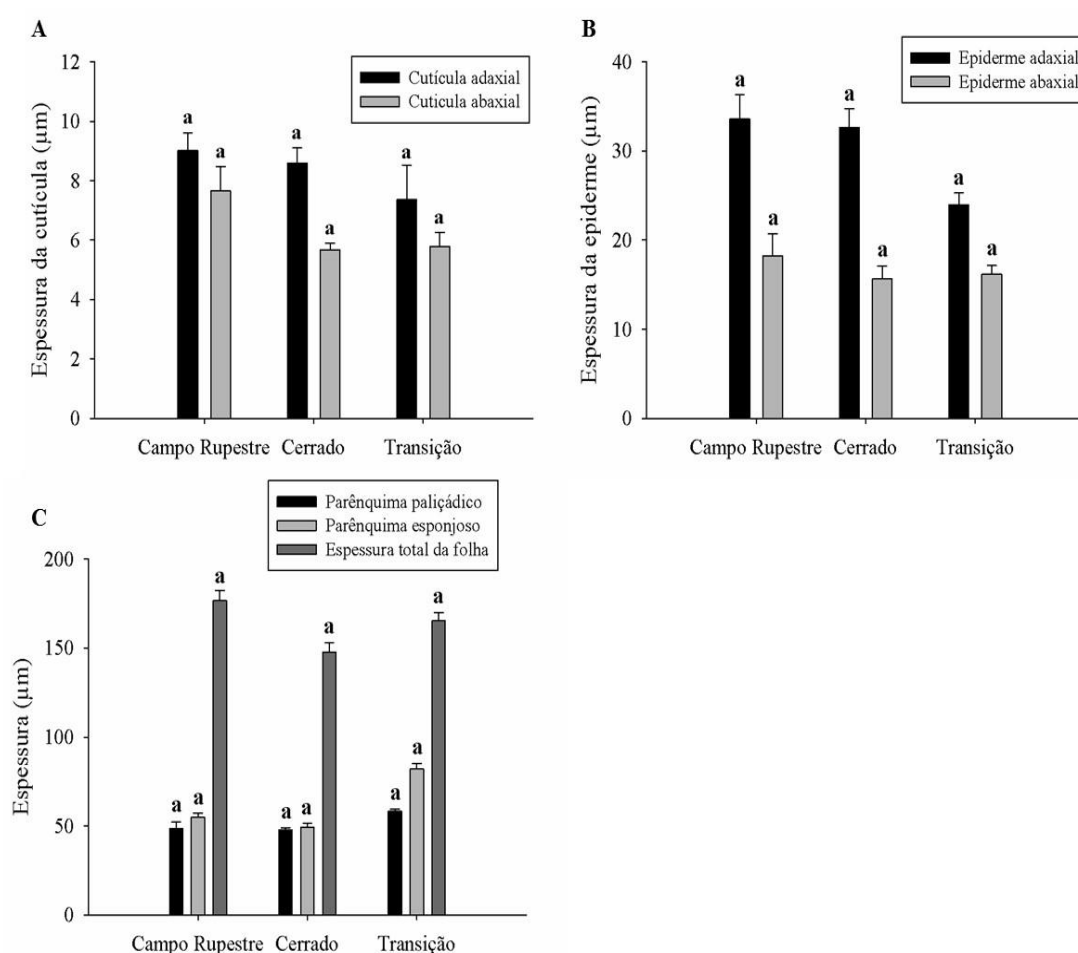


Fonte: Do autor.

6.2 Anatomia quantitativa das folhas

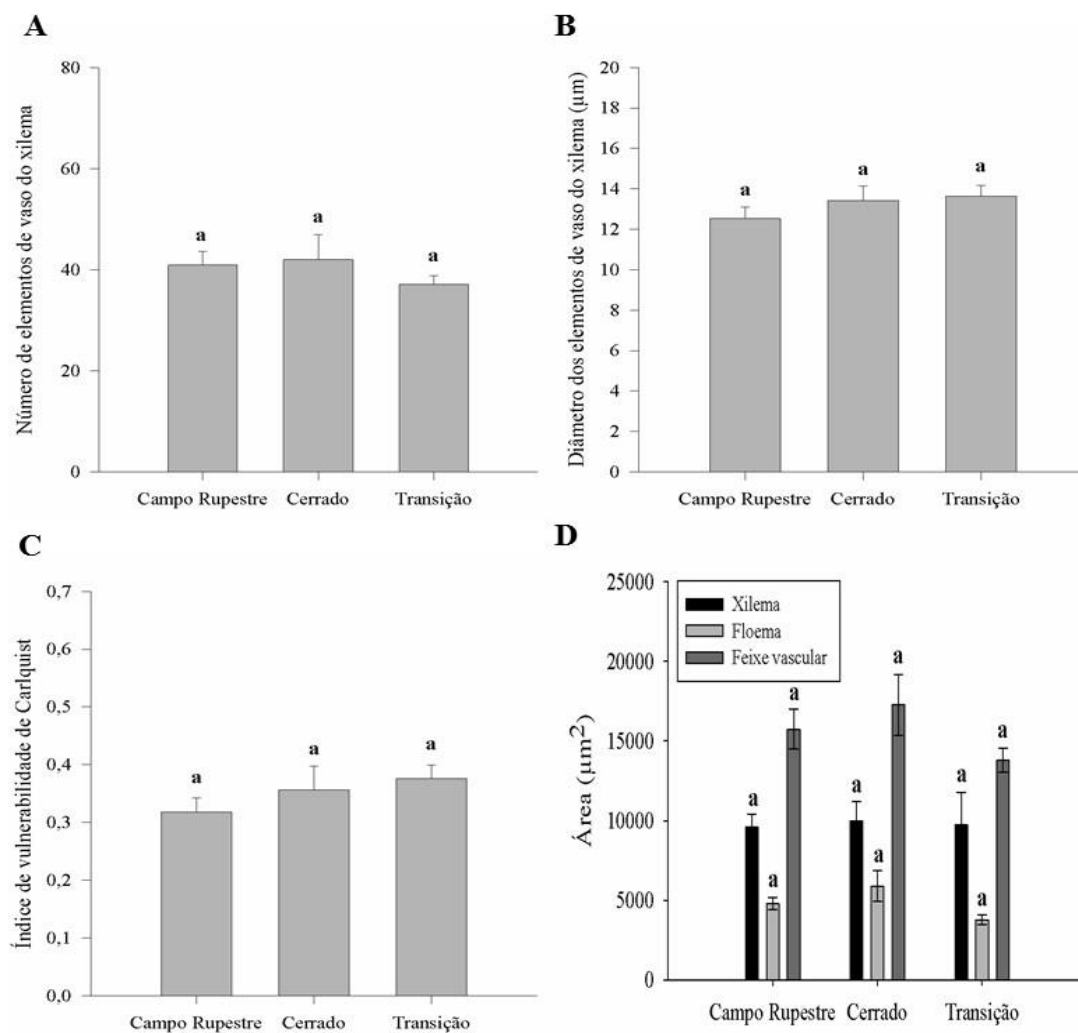
As variáveis anatômicas como espessura da epiderme, da cutícula e dos parênquimas paliçádico e esponjoso, número e diâmetro dos elementos de vasos do xilema, índice de vulnerabilidade de Carlquist e área dos tecidos do sistema vascular, não diferiram significativamente. Ou seja, a anatomia foliar de *A. satureioides* não apresentou variação em relação as três áreas de estudo, como mostrado nos gráficos da figura 8 e 9 e nas imagens da figura 10.

Figura 8 - Gráficos das características estruturais das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Espessura dos Tecidos: (A) Cutícula, (B) Epiderme e (C) Espessura. Barras indicam o erro padrão.



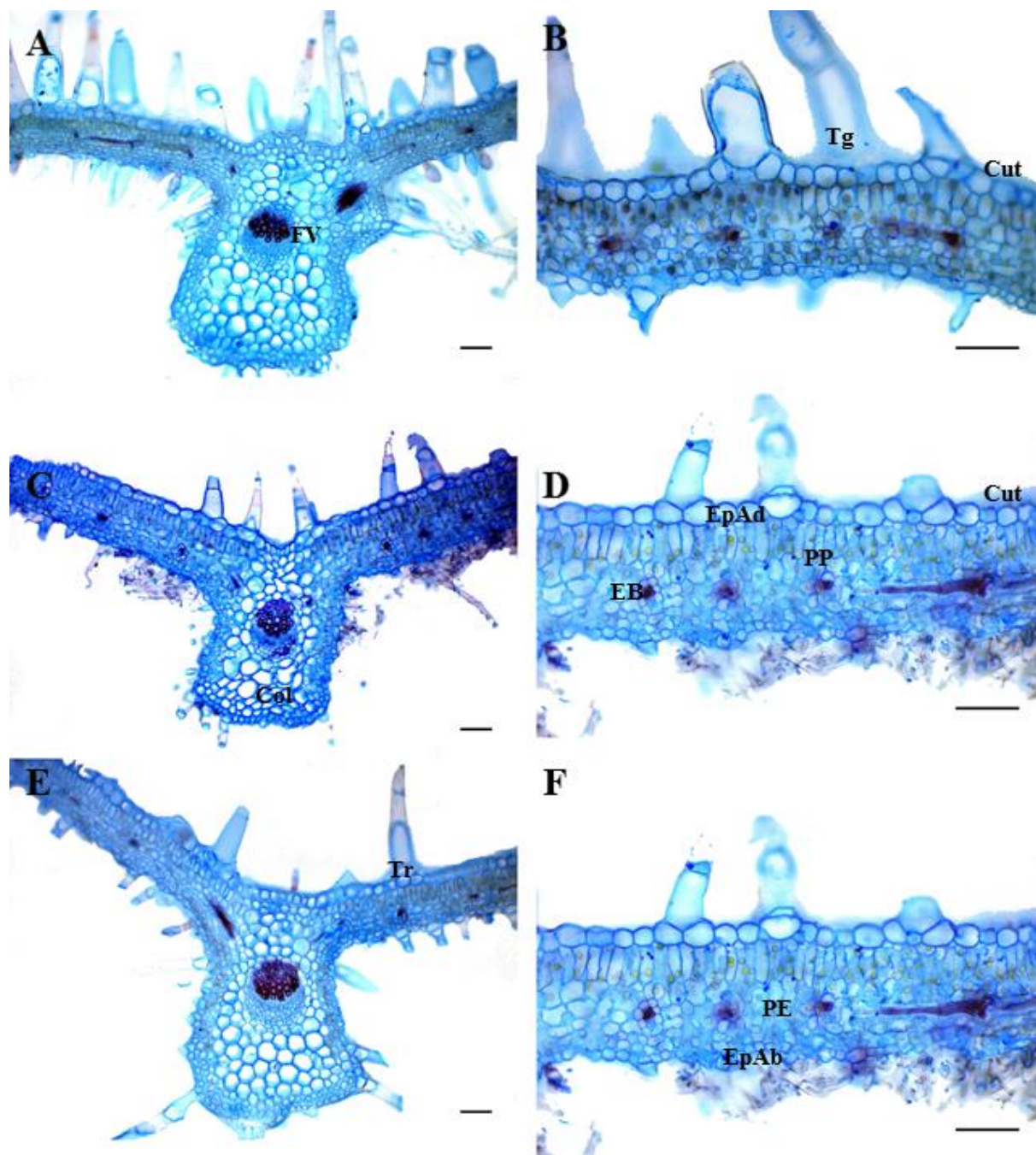
Fonte: Do autor.

Figura 9 - Gráficos das características estruturais das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Número e Diâmetro dos Vasos (B) e (C), IVC (D) e Área do Sistema Vascular (E). Barras indicam o erro padrão.



Fonte: Do autor.

Figura 10 – Secções transversais da nervura e do mesofilo foliar de *Achyrocline satureioides*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. (A, B) = Cerrado; (C, D) = Transição Mata-Cerrado; (D, E) = Campo Rupestre. Col = Colênquima; FV = Feixe vascular. EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Eb = Células da bainha; Cut = Cutícula; Tr = Tricoma tector; Tg = Tricoma glandular; PP = Parênquima paliádico; PE = Parênquima esponjoso; FV = Feixe vascular; Es = Estômato. Barras: A, C, E= 100 µm; B, D, F= 200 µm.

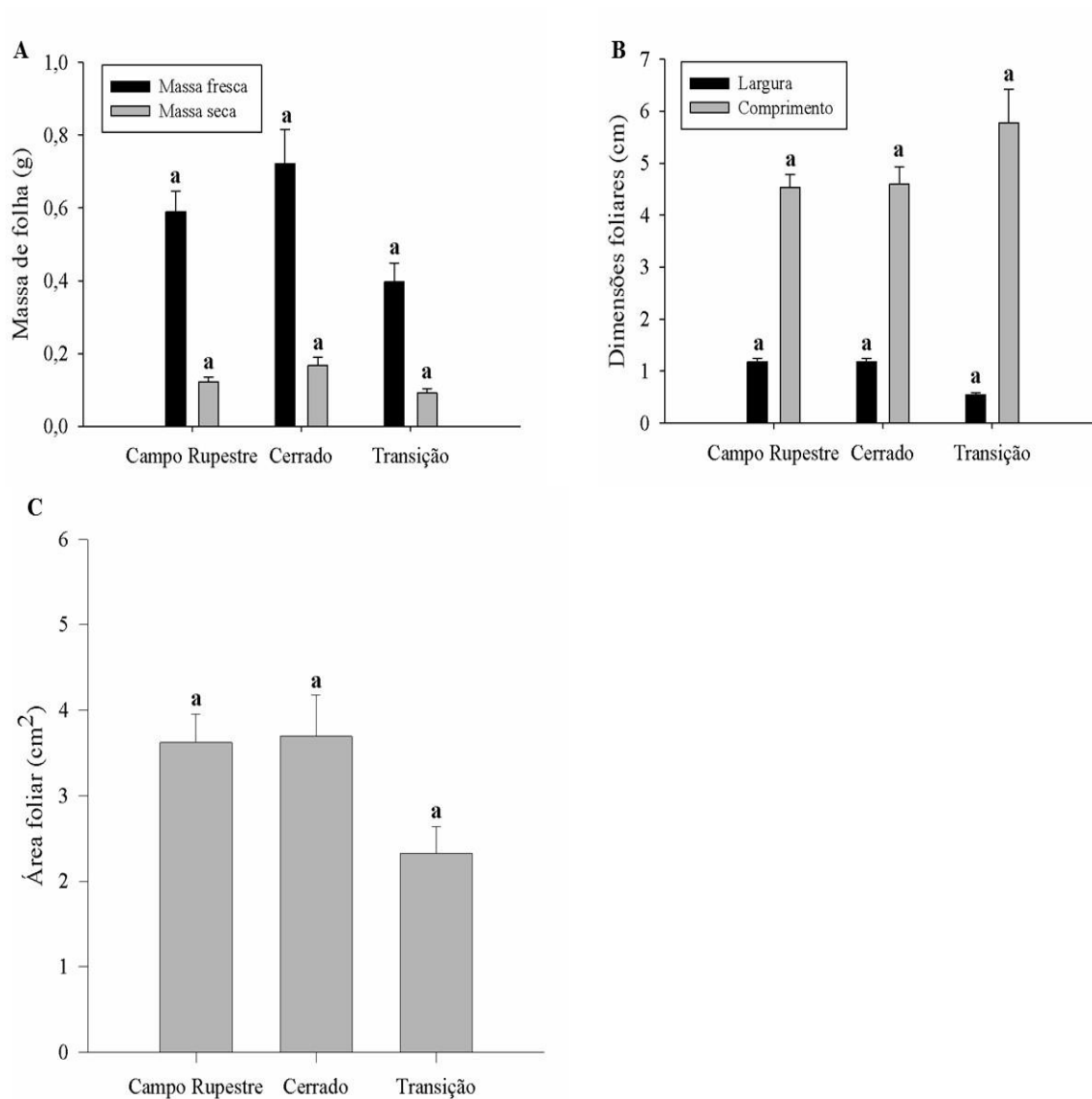


Fonte: Do autor.

6.3 Dimensões foliares

As variáveis massa fresca e seca, largura e comprimento das folhas de *A. saturoioides*, não diferiram estatisticamente. Assim, não houve variação entre as três áreas amostradas, como apresentado nos gráficos da figura 11.

Figura 11 - Gráficos de Massa (A), Dimensões Foliare (B) e Área Foliar (C) das folhas de *Achyrocline saturoioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Barras indicam o erro padrão.

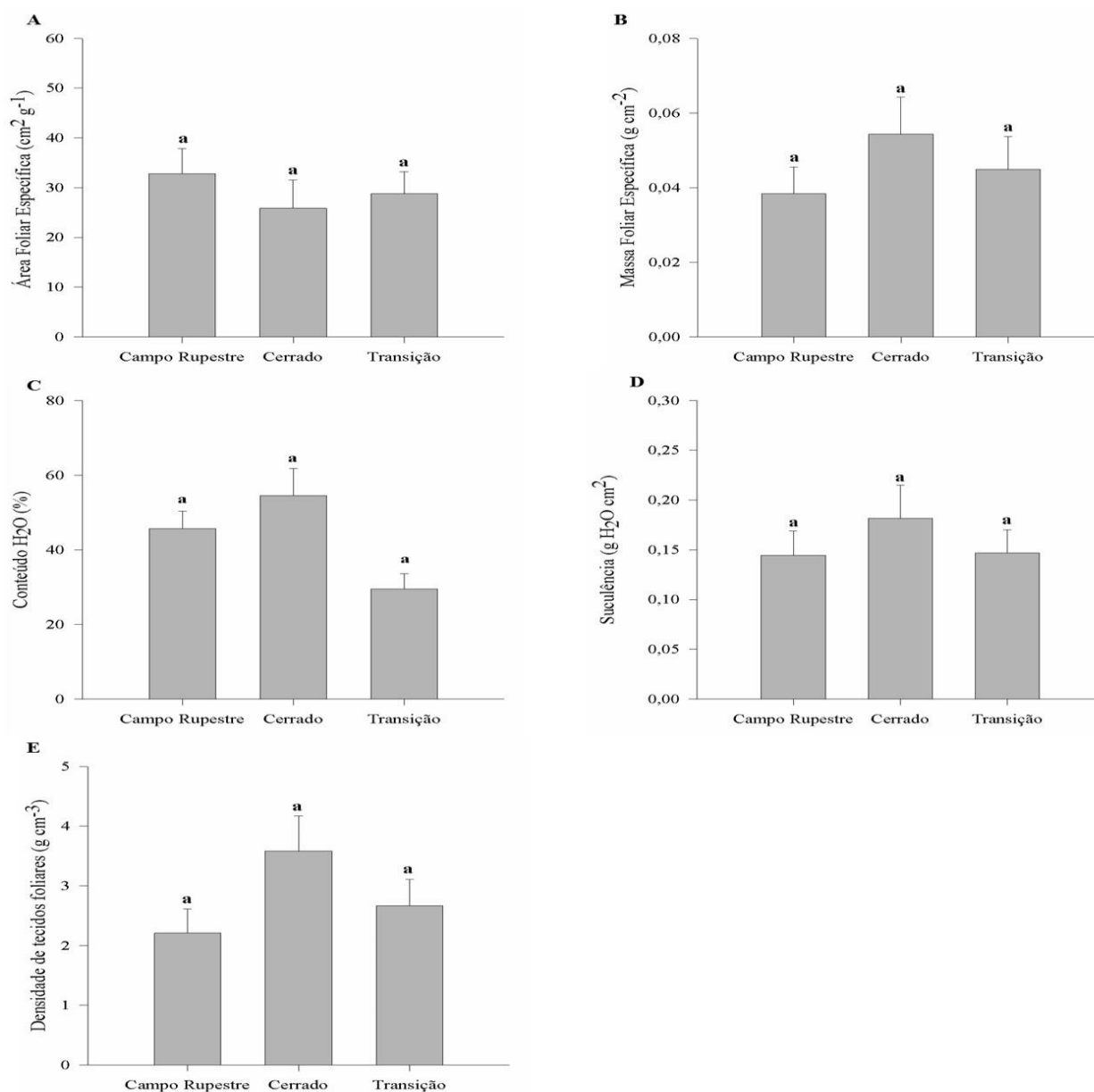


Fonte: Do autor.

6.4 Área Foliar Específica, Índices de esclerofilia e de umidade foliar

As variáveis, área foliar específica, massa foliar específica, densidade de tecidos foliares, conteúdo de água e suculência não diferiram significativamente. Indicando não haver variação em relação as três áreas de estudo, como mostrado nos gráficos da figura 12.

Figura 12 - Gráficos de AFE (A), Massa foliar específica (B), Conteúdo de H₂O (C), Suculência (D) e Densidade de Tecidos (E) das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Barras indicam o erro padrão.

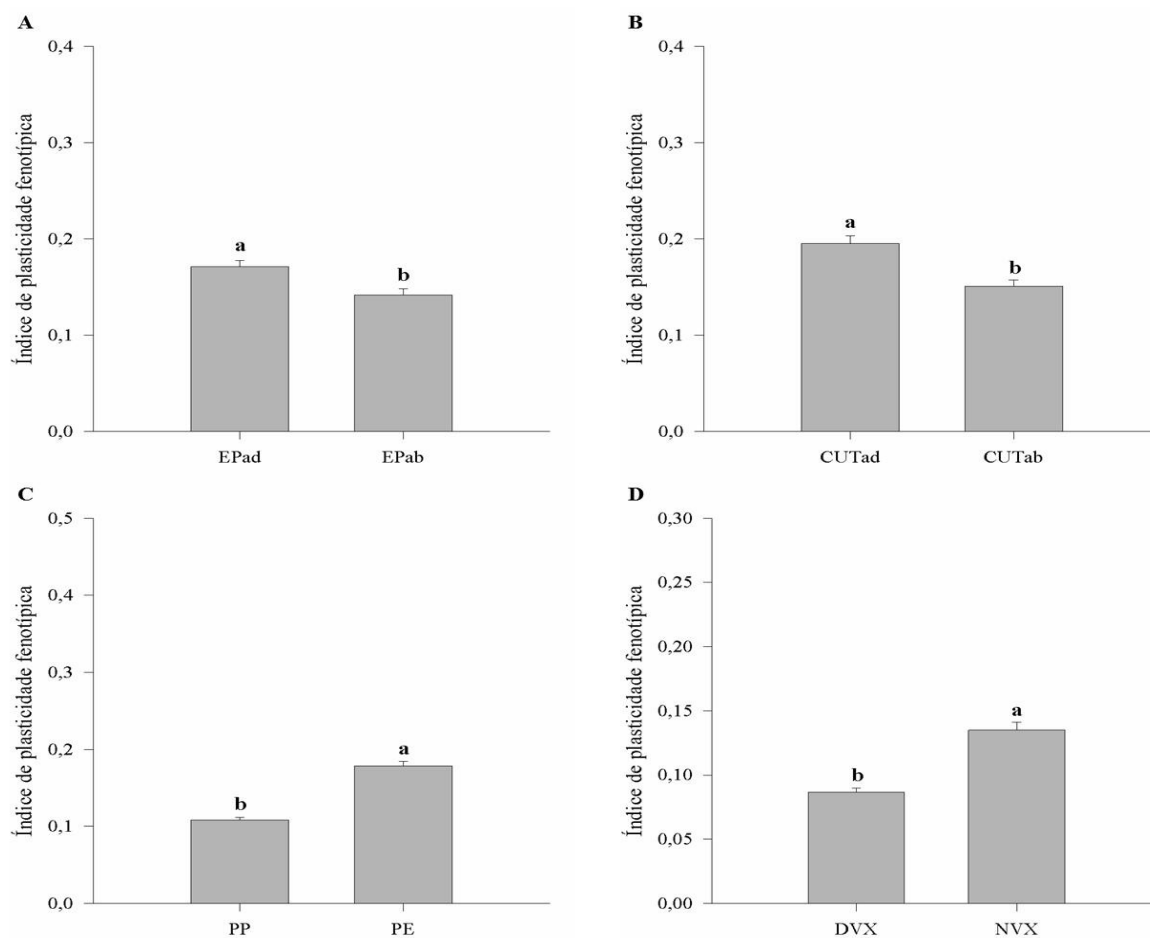


Fonte: Do autor.

6.5 Índice de plasticidade foliar

O Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI) foi calculado para todas as variáveis estruturais (Anexo). Por meio de teste estatístico, comparou-se o RDPI entre variáveis estruturais relacionadas (Figuras 13 e 14). Dessa forma, observou-se que a plasticidade do número de elementos de vaso do xilema foi maior que a plasticidade do diâmetro destas células (Figura 13 D) e a plasticidade da cutícula na face adaxial foi maior que na face abaxial (Figura 13 B). O parênquima esponjoso apresentou maior plasticidade em comparação ao parênquima paliçádico (Figura 13 C). Já a epiderme na face adaxial apresentou maior plasticidade em comparação com a da epiderme na face abaxial (Figura 13 A).

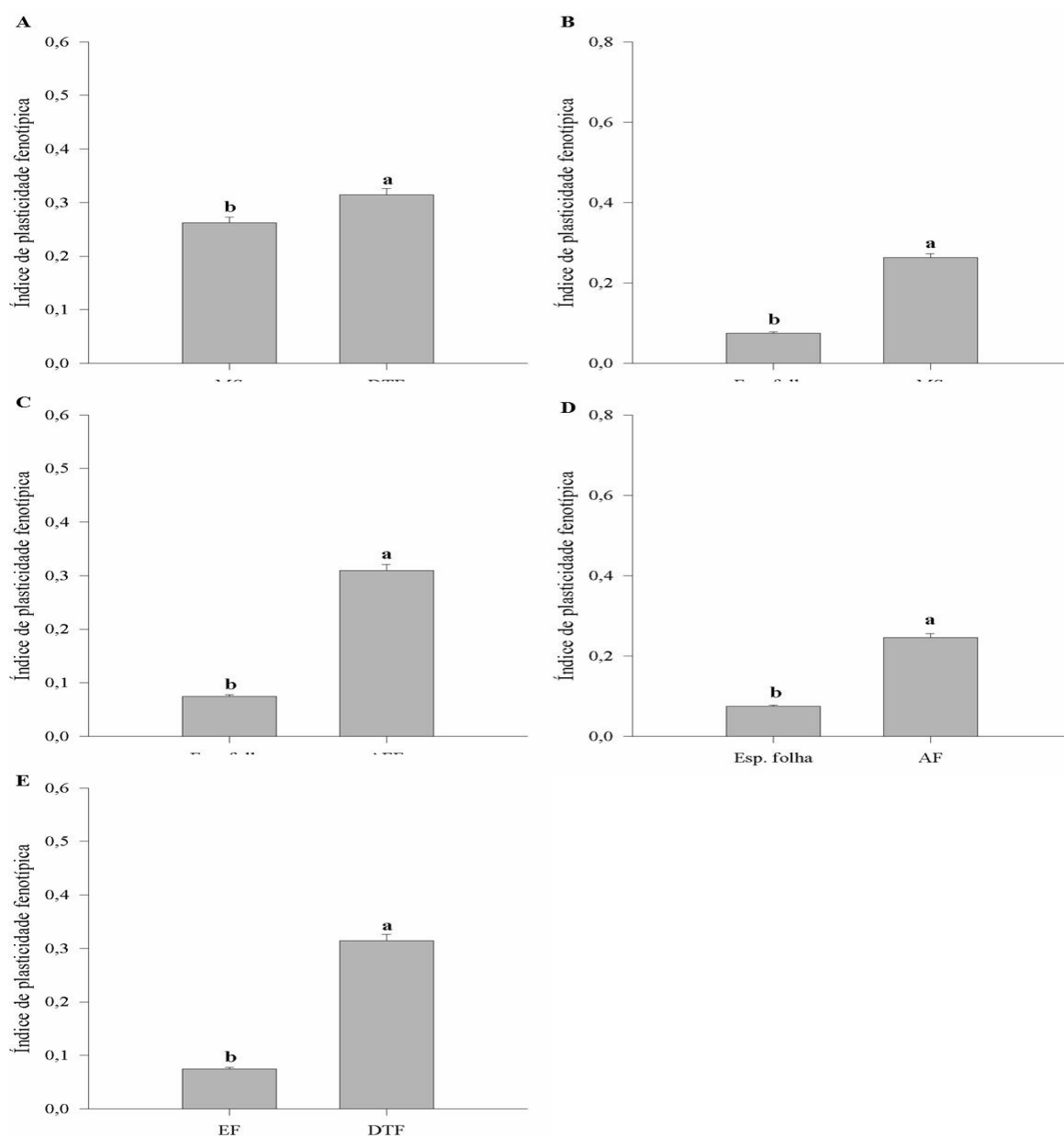
Figura 13- Gráficos de Índice de Plasticidade das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Epiderme Adaxial x Epiderme Abaxial (A), Cutícula Adaxial x Cutícula Abaxial (B), Parênquima Paliçádico x Parênquima Esponjoso (C), Diâmetro dos vasos do xilema x Número de vasos do xilema (D). Barras indicam o erro padrão.



Fonte: Do autor.

O RDPI também revelou que a plasticidade da espessura da folha foi menor que a plasticidade da área foliar específica, área foliar, densidade de tecidos foliares e massa seca (Figura 14 B, C, D, E). E que a densidade de tecidos foliares foi maior em relação a da massa seca e a espessura da folha (Figura 14 A).

Figura 14 - Gráficos de Índice de Plasticidade das folhas de *Achyrocline satureioides* coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Massa Seca x Densidade de tecidos foliares (A), Espessura foliar x Massa Seca (B), Espessura foliar x Área foliar específica (C), Espessura foliar x Área foliar (D), Espessura foliar x Densidade de tecidos foliares (E). Barras indicam o erro padrão.



Fonte: Do autor.

7 DISCUSSÃO

Em relação à análise qualitativa da anatomia, as folhas de *A. satureioides* apresentaram um padrão estrutural semelhante às folhas de *Achyrocline alata* do trabalho de Mussury et al. (2007). Isto comprova que a anatomia foliar de *A. satureioides* está de acordo com descrições para o gênero desta espécie, como a presença de epiderme unisseriada, mesofilo dorsiventral e feixe vascular colateral.

Cambi e colaboradores (2006), observaram nas folhas de *Pluchea sagittalis* (Asteraceae), a presença de gotículas de lipídeos no mesofilo, que podem estar associadas a mecanismos de defesa contra patógenos. Podendo atuar como produtos de armazenamento intermediário, sendo considerados uma adaptação a temperaturas frias (LERSTEN et al., 2006). Essas gotículas lipídicas podem ser óleos essenciais que são constituídos, também, por compostos fenólicos, mucilagem ou outras substâncias. Contribuindo também para a adaptação da espécie ao ambiente, promovendo proteção contra radiação excessiva (CONCEIÇÃO; AOYAMA, 2015).

Neste estudo, a alta densidade de tricomas inviabilizou a visualização da superfície epidérmica, de forma clara. Porém, pelas observações realizadas e informações da literatura sobre espécies próximas, há indícios de que as folhas de *A. satureioides* são hipoestomáticas e os estômatos são anomocíticos.

A presença dos estômatos na face abaxial da epiderme, é considerada uma vantagem para plantas que vivem em ambientes com alta intensidade luminosa e com baixa disponibilidade hídrica, proporcionando economia de água (ESPOSITO-POLESI; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). A alta densidade de tricomas tectores e glandulares presentes em *Achyrocline satureioides* é de suma importância em ambientes secos. Dentre as funções atribuídas aos tricomas, estes teriam a de proteção de estruturas e tecidos vegetais, protegendo-os de altas temperaturas e da radiação, contribuindo para uma menor taxa transpiratória em períodos mais quentes ou em situação de baixa disponibilidade hídrica, além de ser uma barreira natural contra herbívoros e ataque de patógenos (XIAO et al., 2017). Alguns trabalhos como o de Gavilanes et al. (2016), também constataram a presença de grandes

quantidades de tricomas nas folhas das espécies do Cerrado, conferindo as espécies desse bioma uma adaptação as altas temperaturas e déficit hídrico.

Os caracteres estruturais do mesófilo e na nervura central da *A. satureioides* também são semelhantes aos encontrados em outras espécies de Asteraceae medicinais como *Ageratum conyzoides* (MILLANI et al., 2010), *Calea uniflora* (BUDEL et al., 2006), e *Elephantopus mollis* (EMPINOTTI; DUARTE, 2008).

Em relação a anatomia quantitativa, a ausência de diferença significativa entre as folhas dos ambientes estudados, indica que *A. satureioides* pode ter outras estratégias estruturais ou funcionais relacionadas a sua capacidade de ocupação e distribuição no Cerrado. Por outro lado, do ponto de vista de uso medicinal ou de cultivo, a aparente conservação das características foliares sob condições ambientais distintas pode favorecer a padronização e uniformização das amostras e dos componentes químicos extraídos. Porém, outros estudos ainda são necessários nesse contexto.

Da mesma forma, *A. satureioides* não apresentou variações significativas nos índices de esclerofilia e de umidade foliar entre os ambientes estudados. A não variação dos resultados apresentados pode ser explicada por algumas similaridades destes ambientes, os quais estão submetidos ao mesmo regime climático e a elevações próximas. Segundo Furquim e colaboradores (2018), as espécies do Cerrado tendem a ter área específica foliar mais baixa e menores concentrações de nutrientes. Acarretando, assim, taxas de crescimento mais baixas e maior condutância hidráulica por unidade de área foliar em comparação com as espécies de outros biomas (HOFFMANN et al, 2009). Dessa forma, os ambientes estudados podem ter exercido influências similares sobre as plantas, que exibiram respostas comuns em espécies do Cerrado.

Apesar das características estruturais terem se mantido semelhantes entre as folhas de *A. satureioides* dos três ambientes estudados, o RDPI de algumas variáveis apresentou diferença significativa. Isso pode indicar contribuições distintas destas variáveis para a ampla ocorrência da espécie no Cerrado. Ou seja, considerando a plasticidade de cada variável estrutural entre os indivíduos, observamos que algumas características têm maior capacidade de ajuste e poderiam ter maior influência no comportamento da espécie nos diferentes ambientes do Cerrado. Isso

seria o caso, da cutícula e epiderme na face adaxial, parênquima paliçádico, elementos de vaso do xilema, massa seca, DTF e AFE.

A cutícula está diretamente relacionada com a redução da transpiração excessiva (CASTRO et al., 2009). A epiderme também influencia nas relações hídricas e nas trocas gasosas que ocorrem nas folhas (FERREIRA et al., 2015). Desse modo, por receberem diretamente alta irradiância, podem ter uma influência maior na proteção, evitando à perda excessiva de água, em ambientes como o Cerrado.

A maior plasticidade do parênquima esponjoso em comparação ao parênquima paliçádico pode indicar que para *A. satureioides* as funções desempenhadas pelo parênquima esponjoso podem ser mais determinantes. De acordo com Vogelmann et al. (1996), isso acontece, pois, as células do parênquima esponjoso se distribuírem de forma mais eficiente a luz difusa no interior da folha do que as células do parênquima paliçádico, ou seja, quanto mais camadas do parênquima esponjoso maior esta eficiência. Além disso, o parênquima esponjoso tem papel fundamental na difusão dos gases no interior das folhas (MENEZES; SILVA; PINNA, 2006).

Já o número de elementos de vaso do xilema parece ter um papel mais importante, sendo mais plástico que a variável diâmetro dos vasos. Considerando as diferentes estratégias para eficiência e segurança do xilema, pode ser que para os indivíduos de *A. satureioides* ajustarem o número de vasos seja mais vantajoso que o ajuste em diâmetro, que envolve maior expansão celular e pode resultar em processos de condução mais inseguros em alguns ambientes (TYREE; ZIMMERMANN, 2002).

Por fim, apesar de se relacionarem entre si, a maior plasticidade das variáveis massa seca, DTF e AFE em comparação à espessura da folha indica, que no caso de *A. satureioides*, o acúmulo de biomassa e o investimento em parede celular pode ser mais relevante que o espessamento foliar. Além disso, os espaços intercelulares, comuns no parênquima esponjoso, também contribuem para o espessamento do total das folhas, sem ter relação direta com massa seca, DTF e AFE (FURQUIM et al., 2018).

Segundo Guo et al. (2017) a plasticidade na morfologia e nas estruturas anatômicas é um dos meios mais eficazes para as plantas responderem adequadamente a mudanças

ambientais. Dessa forma, os índices de plasticidades distintos entre algumas variáveis estruturais avaliadas podem dar indícios do potencial de plasticidade foliar de *A. saturoioides*.

8 CONCLUSÃO

Achyrocline saturoioides apresenta alterações entre os índices de plasticidade (RDPI) de algumas variáveis da estrutura foliar, indicando um potencial de plasticidade da espécie. No entanto, entre os ambientes estudados, houve manutenção das características estruturais foliares de *A. saturoioides*.

Portanto, apesar de possuir um potencial para plasticidade estrutural das folhas, *A. saturoioides* pode ter outras estratégias estruturais ou funcionais para se ajustar aos diferentes ambientes do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. R. Plantas medicinais brasileiras, conhecimentos populares e científicos. São Paulo: **Hemus Editora Ltda**, 1993.
- ASOLINI, F. C.; TEDESCO, A. M.; CARPES, S. T. Atividade Antioxidante e Antibacteriana dos Compostos Fenólicos dos Extratos de Plantas Usadas como Chás. **Brasilian Journal of food technology**, p. 2005–2006, 2006.
- AZEVEDO, C. O.; VAN DEN BERG, C. Análise Comparativa De Áreas De Campo Rupestre Da Cadeia Do Espinhaço (Bahia E Minas Gerais, Brasil) Baseada Em Espécies de Orchidaceae. **Sitientibus**, v. 7, n. 3, p. 199–210, 2007.
- BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S.; BRUNO, R. D. L. A.; MOMENTÉ, V. G. Efeito da pré-embebição e aplicação de ácido giberélico na germinação de sementes de macela. **Revista Brasileira de Sementes**, 28, 185-190, 2006.
- BIERAS, A. C.; SAJO, M. D. G. Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants. **Trees - Structure and Function**, v. 23, n. 3, p. 451–471, 2009.
- BORGES, C. L. **Cerrado: extração da flora nativa para fins ornamentais e medicinais e o desenvolvimento sustentável**. p. 34, 2002.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary Significance of Phenotypic Plasticity in Plants. **Advances in Genetics**, v. 13, n. C, p. 115–155, 1965.
- BREMER, K. **Asteraceae: cladistics and classification**. Portland (Oregon, USA): Timber Press, 1994.
- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F. Developmental Plasticity and Evolution. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 2295–2318, 2004.
- BUDEL, J. M.; DUARTE, M. R.; FARAGO, P. V.; TAKEDA, I. J. Caracteres anatômicos de folha e caule de *Calea uniflora* Less., Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 16, 53-60, 2006.
- BUENO, M. L.; DEXTER, K. G.; PENNINGTON, R. T.; PONTARA, V.; NEVES, D. M.; RATTER, J. A., DE OLIVEIRA-FILHO, A. T. The environmental triangle of the Cerrado Domain: Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas. **Journal of Ecology**, 106(5), 2109-2120, 2018.
- BUSSOTTI, F.; BETTINI, D.; GROSSONI, P.; MANSUINO, S.; NIBBI, R.; SODA, C.; TANI, C. Structural and functional traits of *Quercus ilex* in response to water availability. **Environmental and experimental botany**, 47(1), 11-23, 2002.
- CALVO, D.; CARIDDI, L. N.; GROSSO, M.; DEMO, M. S.; MALDONADO, A. M. *Achyrocline satureioides* (LAM.) DC (Marcela): antimicrobial activity on *Staphylococcus* spp. and immunomodulating effects on human lymphocytes. **Revista latinoamericana de microbiologia**, 48(3-4), 247-255, 2006.

- CAMBI, V.; BUCCIARELLI, A.; FLEMMER, A.; HANSEN, P. Morfoanatomía de *Pluchea sagittalis* (Asteraceae), especie nativa de interés medicinal. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, 25(1), 43, 2006.
- CASTRO, E.M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos. **Lavras: UFLA**, v. 9, n. 4, 2009.
- CASTRO, L. O.; CHEMALE, V. M. **Manual de identificação e cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Porto Alegre - RS: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1995.
- CHASE, M. W.; CHRISTENHUSZ, M. J.; FAY, M. F.; BYNG, J. W.; JUDD, W. S.; ... STEVENS, P. F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical journal of the Linnean Society**, 181(1), 1-20, 2016.
- CONCEIÇÃO, L.; AOYAMA, E. MORFOANATOMIA E HISTOQUÍMICA FOLIAR DE *Diodella teres* (Walter) Small (RUBIACEAE). **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, 11(22). 2015.
- CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R.; MEIRELLES, S. T. Floristics, structure and soil of insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of "Chapada Diamantina", Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, 30(4), 641-656, 2007.
- CORREA JR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2. ed. Jaboticabal - SP: FUNEP, 1994.
- DALANESI, P. E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do parque ecológico quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 737-757, 2004.
- DE MORRETES, B. L.; FERRI, M. G. CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA ANATOMIA DAS FOLHAS DE PLANTAS DO CERRADO. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo**, v. 16, n. 16, p. 7-70, 1959.
- DEBLE, L. P. **O gênero *Achyrocline* (Less.) DC. (Asteraceae: Gnaphlieae) no Brasil**. p. 134, 2007.
- DEBLE, L. P.; MARCHIORI, J. N. C. Novas espécies de *Achyrocline* (Less.) DC. (Asteraceae) para o Brasil. **Balduinia**, v. 0, n. 4, p. 5-9, 2014.
- EMPINOTTI, C. B.; DUARTE, M. R. Estudo anatômico de folha e caule de *Elephantopus mollis* Kunth (Asteraceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 108-116, 2008.
- ESPOSITO-POLESI, N. P.; RODRIGUES, R. R.; ALMEIDA, M. Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* KIAERSK (Myrtaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 255-263, 2011.

- FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. Plant Microtechnique: Some Principles and New Methods. **American Journal of Botany**, v. 55, n. 1, p. 123–142, 1968.
- FELFILI, J. M.; SILVA JR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; TELES WALTER, B. M.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, 175(1), 37-46, 2004.
- FELFILI, J. M. .; SILVA JR, M. C. **Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão mestre do São Francisco**. Brasília - DF: Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia, 2001.
- FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 375–385, 2007.
- FELLER, I. C. Effects of Nutrient Enrichment on Leaf Anatomy of Dwarf *Rhizophora mangle* L. (Red Mangrove). **BIOTROPICA**, v. 28, n. 1, p. 13–22, 1996.
- FERREIRA, C. S.; CARMO, W. S. D.; RIBEIRO, D. G.; OLIVEIRA, J. M. F. D.; MELO, R. B. D.; FRANCO, A. C. Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. **Acta Amazonica**. v. 45, n.4, p. 337- 346, 2015.
- FIGUEIREDO, A. C. S.; BARROSO, J. M. G.; PEDRO, L. M. G.; ASCENSÃO, L. Histoquímica e citoquímica em plantas: princípios e protocolos. **Cell. Res**, 11, 640-643, 2007.
- FRANCINO, D. M. T. **Anatomia foliar de espécies de *Chamaecrista Moench*.(Leguminosae/Caesalpinioideae) ocorrentes em campo rupestre**. p. 72, 2006.
- FUNK, V. A.; ANDERBERG, A. A.; BALDWIN, B. G.; BAYER, R. J.; BONIFACINO, J. M.; BREITWIESER, I., ... CRAWFORD, D. J. Compositae metatrees: the next generation. **Systematics, evolution, and biogeography of Compositae**. 2009a.
- FUNK, V. A.; ANDERBERG, A. A.; BALDWIN, B. G.; BAYER, R. J.; BONIFACINO, J. M.; BREITWIESER, I., ... CRAWFORD, D. J. Classification of Compositae. In: FUNK, V. A. et al. (Eds.). **Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae**. Vienna: International Association for Plant Taxonomy, p. 171–189, 2009b.
- FURQUIM, L. C.; SANTOS, M. P.; ANDRADE, C. A. O.; OLIVEIRA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P. Relação entre plantas nativas do Cerrado e água. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, 5(2), 146-156. 2018.
- GASTAUER, M.; MESSIAS, M. C. T. B.; MEIRA NETO, J. A. A. **Floristic composition, species richness and diversity of Campo Rupestre vegetation from the Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil**. 2012.
- GAVILANES, M. L.; CASTRO, E. M. D.; PIRES, M. F.; PEREIRA, F. J.; PEREIRA, M. P. Micromorfometria foliar de *Palicourea rigida* kunth. (Rubiaceae) em ambiente de cerrado e campo rupestre. **Cerne**, 22, 163-170, 2016.

- GUO, C. Y.; MA, L. N.; YUAN, S.; WANG, R. Z. Morphological, physiological and anatomical traits of plant functional types in temperate grasslands along a large-scale aridity gradient in northeastern China. **Scientific Reports**, 7, 40900. 2017.
- GUTSCHICK, V. P.; WIEGEL, F. W. Optimizing the Canopy Photosynthetic Rate by Patterns of Investment in Specific Leaf Mass. **The American Naturalist**, v. 132, n. 1, p. 67–86, 1988.
- HERINGER, E. P. A Flora do Cerrado. In: **SIMPÓSIO SOBRE CERRADO**. 6. ed. Belo Horizonte: Itatiaia, p. 211–232. 1977.
- HOFFMANN, W. A.; ADASME, R.; HARIDASAN, M.; T. DE CARVALHO, M.; GEIGER, E. L.; PEREIRA, M. A.; ... FRANCO, A. C. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna–forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, 90(5), 1326-1337. 2009.
- LERSTEN, N. R.; CZLAPINSKI, A. R.; CURTIS, J. D.; FRECKMANN, R.; HORNER, H. T. Oil bodies in leaf mesophyll cells of angiosperms: overview and a selected survey. **American Journal of Botany**, 93(12), 1731-1739, 2006.
- LI, X.; LI, Y.; ZHANG, Z.; LI, X. Influences of environmental factors on leaf morphology of Chinese jujubes. **PloS one**, 10(5), 2015.
- LIESENFELD, V.; GENTZ, P.; DE FREITAS, E. M.; MARTINS, S. Leaf morphology and anatomy of Asteraceae of the Pampas biome (sand-fields). **Flora**, 258, 151418, 2019.
- LINDORF, H. Wood and leaf anatomy in *Sessea corymbiflora* from an ecological perspective. **IAWA Journal**, v. 18, n. 2, p. 157–168, 1997.
- LOEUILLE, B.; MONGE, M. *Achyrocline* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2010.
- LOEUILLE, B.; MITTELSTAEDT, C. A.; SEMIR, J.; PIRANI, J. R. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Compositae-Gnaphalieae e Inuleae. **Boletim de Botânica**, 31(1), 13-25, 2013.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil : nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.
- MARQUES, F. C.; BARROS, I. B. I. Crescimento inicial de Marcela (*Achyrocline satureioides*) em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v. 31, p. 517-518, 2001.
- MARTINS, F.; BATALHA, M. Formas de vida, espectro biológico de Raunkiaer e fisionomia da vegetação. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; DE MELO, M. M. R. (Eds.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. 1. ed. Viçosa - MG: UFV, p. 44–85, 2011.
- MENEZES, N. L.; SILVA, D. C.; PINNA, G. F. A. M. Folha. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, p. 303-326. 2006.

- MILLANI, A. A.; ROSSATTO, D. R.; RUBIN FILHO, C. J.; KOLB, R. M. Análise de crescimento e anatomia foliar da planta medicinal *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae) cultivada em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 12, 127-134, 2010.
- MUSSURY, R. M.; BETONI, R.; VIEIRA, M. C.; SCALON, S. D. P. Q.; & BARROS, S. Morfo-anatomia do eixo vegetativo aéreo de *Achyrocline alata* (Kunth) DC.(Asteraceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 94-101, 2007.
- NOVAES, W. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. In: PINTO, M. N. (Ed.). 2. ed. Brasília: Universidade de Brasília, p. 17–93, 1993.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do parque florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 51–64, 1999.
- PANERO, J. L.; FREIRE, S. E.; ESPINAR, L. A.; CROZIER, B. S.; BARBOZA, G. E.; CANTERO, J. J. Resolution of deep nodes yields an improved backbone phylogeny and a new basal lineage to study early evolution of Asteraceae. **Molecular phylogenetics and evolution**, 80, 43-53, 2014.
- PANERO, J. L.; FUNK, V. A. Toward a phylogenetic subfamilial classification for the compositae (Asteraceae). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 115, n. 4, p. 909–922, 2002.
- PANERO, J. L.; FUNK, V. A. The value of sampling anomalous taxa in phylogenetic studies: Major clades of the Asteraceae revealed. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 47, n. 2, p. 757–782, 2008.
- PIGLIUCCI, M.; MURREN, C. J.; SCHLICHTING, C. D. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. **Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. 12, p. 2362–2367, 2006.
- PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura-IBDF, 1984.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing** Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>.
- RADFORD, P. J. Growth Analysis Formulae - Their Use and Abuse 1. **Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 171–175, 1967.
- RAPINI, A.; RIBEIRO, P. L.; LAMBERT, S.; PIRANI, J. R. A flora dos campos rupestres da Cadeia dos Espinhaço. **Megadiversidade** 4 (1–2): 16–24, 2008.
- RAVEN, P. H. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- REIS, G. H.; MANSANARES, M. E.; DOMINGOS, D. Q.; MEIRELES, L. D.; VAN DEN BERG, E. Asteraceae dos Campos Rupestres das Serras da Bocaina e de Carrancas, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, 66, 829-845, 2015.

- RETTA, D.; DELLACASSA, E.; VILLAMIL, J.; SUÁREZ, S. A.; BANDONI, A. L. Marcela, a promising medicinal and aromatic plant from Latin America: a review. **Industrial Crops and Products**, 38, 27-38, 2012.
- RIBEIRO, J. F. WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 2, p. 876, 2008.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado : ambiente e flora**, p. 556, 1998.
- RIZZINI, C. T. **Nota Prévia sobre a divisão fitogeográfica (Alorístico-sociológica do Brasil)**Revista Brasileira de Geografia, 1963.
- RÔÇAS, G.; BARROS, C. F.; SCARANO, F. R. Leaf anatomy plasticity of *Alchornea triplinervia* (euphorbiaceae) under distinct light regimes in a Brazilian montane atlantic rain forest. **Trees - Structure and Function**, v. 11, n. 8, p. 469–473, 1997.
- SCHLICHTING, C. D.; SMITH, H. Phenotypic plasticity: linking molecular mechanisms with evolutionary outcomes. **Evolutionary Ecology**, v. 16, n. 3, p. 189–211, 2002.
- SOMAVILLA, N. S.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado sensu strict. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 764–775, 2011.
- TYREE, M. & ZIMMERMANN, M. Xylem structure and the ascent of sap. New York, NY, USA: **Springer-Verlag**. 2002.
- VALLADARES, F.; MARTINEZ-FERRI, E.; BALAGUER, L.; PEREZ-CORONA, E.; MANRIQUE, E. Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy?. **The New Phytologist**, 148(1), 79-91, 2000.
- VALLADARES, F.; CHICO, J.; ARANDA, I.; BALAGUER, L.; DIZENGREMEL, P.; MANRIQUE, E.; DREYER, E. The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity. **Trees**, 16(6), 395-403, 2002.
- VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMEZ, D.; ZAVALA, M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: Bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 6, p. 1103–1116, 2006.
- VOGELMAN, T. C.; NISHIO, J. N.; SMITH, W. K. Leaves and light capture: light propagation and gradients of carbon fixation within leaves. **Trends in Plant Science**, v. 1, n. 2, p. 65-70, 1996.
- XIAO, K.; MAO, X.; LIN, Y.; XU, H.; ZHU, Y.; CAI, Q.; ... ZHANG, J. Trichome, a functional diversity phenotype in plant. **Mol Biol**, 6(1), 183. 2017.

ANEXOS

Variáveis estruturais	Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI)
Diâmetro dos elementos de vaso do xilema	0,09*
Número de elementos de vaso do xilema	0,14*
Área do xilema na nervura central	0,21
Área do floema na nervura central	0,22
Área do feixe vascular na nervura central	0,14
Espessura da cutícula na face adaxial	0,20*
Espessura da cutícula na face abaxial	0,15*
Espessura da epiderme na face adaxial	0,17*
Espessura da epiderme na face abaxial	0,14*
Espessura do parênquima paliçádico	0,11*
Espessura do parênquima esponjoso	0,18*
Espessura da folha	0,07*
Área foliar	0,25*
Comprimento da folha	0,16
Largura da folha	0,28
Massa seca da folha	0,26*
Massa fresca da folha	0,26*
Área foliar específica	0,31*
Massa foliar específica	0,31*
Densidade de tecidos foliares	0,31*
Conteúdo de água	0,27
Suculência	0,29

*Valores com diferença significativa de acordo com o teste t de Student ($p < 0,05$).