

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUIS FELIPE RUDEL ARAÚJO

**ANÁLISE ANATÔMICA COMPARADA DE FOLHAS EM PLANTAS DIPLOIDES E
TETRAPLOIDES DE *Stylosanthes guianensis* (FABACEAE).**

Juiz de Fora

2025

LUIS FELIPE RUDEL ARAÚJO

**ANÁLISE ANATÔMICA COMPARADA DE FOLHAS EM PLANTAS DIPLOIDES E
TETRAPLOIDES DE *Stylosanthes guianensis* (FABACEAE).**

Trabalho apresentado a Universidade Federal de
Juiz de Fora como requisito para a conclusão do
curso de Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Saulo Marçal de Sousa.

Juiz de Fora

2025

Luis Felipe Rudel Araújo

Análise anatômica comparada de folhas em plantas diploides e tetraploides de *Stylosanthes guianensis* (FABACEAE).

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em 06 de agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 SAULO MARÇAL DE SOUSA
Data: 29/09/2025 08:15:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Saulo Marçal de Sousa – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Documento assinado digitalmente
 NADIA SILVIA SOMAVILLA
Data: 29/09/2025 09:24:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Nádia Sílvia Somavilla
Universidade Federal de Juiz de Fora

Documento assinado digitalmente
 JULIANA TATIARA DA COSTA SIQUEIRA
Data: 29/09/2025 09:35:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. MSc^a. Juliana Tatiara Costa Siqueira
Universidade Federal de Juiz de Fora

ANÁLISE ANATÔMICA COMPARADA DE FOLHAS EM PLANTAS DIPLOIDES E TETRAPLOIDES DE *Stylosanthes guianensis* (FABACEAE).

RESUMO

A espécie *Stylosanthes guianensis* (Fabaceae) é uma leguminosa forrageira tropical de grande importância agrônômica. Este estudo comparou a anatomia foliar de plantas diploides e tetraploides induzidas artificialmente por colchicina. Foram avaliadas oito variáveis anatômicas em cortes transversais de folhas, incluindo espessura da epiderme, do parênquima paliçádico e lacunoso, floema, lâmina foliar, nervura principal e calibre dos elementos de vaso. As plantas tetraploides apresentaram valores significativamente superiores em todas as variáveis analisadas, com destaque para o espessamento do mesofilo e o aumento do calibre dos elementos vasculares. Apesar dessas alterações quantitativas, a organização estrutural fundamental da folha foi preservada. Os resultados confirmam que a poliploidia induzida promove modificações anatômicas consistentes e reforçam seu potencial como ferramenta de melhoramento em leguminosas tropicais.

Palavras-chave: Anatomia foliar; duplicação cromossômica; leguminosa tropical; melhoramento genético; poliploidia artificial.

ABSTRACT

Stylosanthes guianensis (Fabaceae) is a tropical forage legume of high agronomic relevance. This study compared the leaf anatomy of diploid and colchicine-induced tetraploid plants. Eight anatomical variables were evaluated in transverse leaf sections, including epidermal thickness, palisade and spongy parenchyma, phloem, leaf blade, main vein, and xylem vessel caliber. Tetraploid plants exhibited significantly higher values in all variables, especially in mesophyll thickening and xylem vessel enlargement. Despite these quantitative changes, the fundamental structural organization of the leaf was maintained. The findings

confirm that induced polyploidy leads to consistent anatomical modifications and highlight its potential as a breeding tool for tropical forage legumes.

Keywords: Artificial polyploidy; chromosome duplication; genetic improvement; leaf anatomy; tropical legume.

1. INTRODUÇÃO

As leguminosas tropicais têm papel estratégico na agricultura de regiões de clima quente, por sua capacidade de estabelecer sistemas produtivos mais sustentáveis, especialmente em solos de baixa fertilidade e sujeitos à degradação. Dentre elas, destaca-se o gênero *Stylosanthes Sw.* (Fabaceae), que compreende cerca de 50 espécies nativas das Américas, África e Ásia, muitas das quais com reconhecido valor forrageiro e potencial de uso em programas de recuperação de pastagens (Gissi et al. 2022). A espécie *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw., em particular, é amplamente cultivada no Brasil, apresentando elevada adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, boa capacidade de fixação biológica de nitrogênio e tolerância a estresses bióticos e abióticos, o que a torna uma leguminosa de destaque nos sistemas tropicais de produção animal (Delgado et al. 2022). Além disso, sua dinâmica populacional tem sido objeto de estudos detalhados, que contribuem para o entendimento da distribuição e variabilidade genética das populações naturais da espécie (Paterniani 1989).

Nas últimas décadas, essa espécie tem sido objeto de diversas investigações voltadas à fisiologia, genética e melhoramento. Estudos recentes envolvendo metabolômica, lipidômica e análise funcional do transcriptoma revelaram mecanismos fisiológicos complexos em *S. guianensis*, incluindo a regulação de vias relacionadas à eficiência no uso de fósforo e à tolerância à salinidade, características desejáveis para culturas em ambientes tropicais limitantes (Lv et al. 2025). Essas abordagens moleculares revelam que a plasticidade adaptativa

da espécie está associada a mecanismos celulares e bioquímicos finamente regulados, os quais, por sua vez, podem estar vinculados à sua base genômica e citogenética.

Nesse contexto, entre os fatores que contribuem para a variação genômica em *Stylosanthes*, destaca-se a poliploidia, um fenômeno recorrente na evolução de angiospermas (Silva 2018). Caracterizada pela duplicação dos conjuntos cromossômicos, a poliploidia pode resultar em modificações na expressão gênica e na morfologia celular, influenciando atributos fisiológicos e anatômicos (Soltis et al. 2015). Em espécies com diferentes citótipos, por exemplo, como diploides e tetraploides, essas alterações podem ser observadas por meio de análises estruturais comparativas, fornecendo subsídios para a compreensão dos efeitos da duplicação genômica na adaptação e no desenvolvimento vegetal. Eventos de poliploidia, sejam naturais ou induzidos, são frequentemente associados ao aumento do vigor, da tolerância ambiental e da estabilidade genômica, características vantajosas sob condições ecológicas variáveis (Machado et al. 2018).

Embora a poliploidia natural seja reconhecida como um fator importante na evolução e adaptabilidade de espécies vegetais, a poliploidia induzida artificialmente também tem se mostrado uma ferramenta promissora em programas de melhoramento, permitindo ampliar características agrônomicas desejáveis (Lopes 2021). Trabalhos experimentais em forrageiras tropicais, como espécies do gênero *Brachiaria*, demonstraram que a duplicação cromossômica induzida pode promover resistência a estresses ambientais e ganhos relevantes em desempenho agrônomico, notadamente no vigor vegetativo, eficiência no uso de água e resistência ao acamamento (Pinheiro et al. 2000).

Do ponto de vista morfoanatômico, os efeitos da poliploidia têm sido amplamente investigados em diversas angiospermas. Em espécies do gênero *Hylocereus* (Cactaceae), por exemplo, a autopoliploidização resultou em alterações morfológicas, citológicas e metabólicas significativas, evidenciando a ampla repercussão dessa duplicação genômica sobre a estrutura

e o funcionamento das plantas (Cohen et al. 2013). A duplicação do genoma está frequentemente associada a alterações fenotípicas, como o aumento do tamanho celular (fenômeno conhecido como gigantismo celular), conforme descrito por Sugiyama 2005. Essas modificações anatômicas, amplamente documentadas em poliploides, frequentemente se refletem em vantagens fisiológicas e adaptativas (Sattler et al. 2016). O maior volume celular pode levar a um aumento no conteúdo de cloroplastos por célula, potencializando a capacidade fotossintética. Além disso, o espessamento de tecidos, como a epiderme e o parênquima, pode conferir maior tolerância à perda de água. Vascularmente, a ampliação dos elementos de vaso, comum em poliploides, está diretamente relacionada a uma maior eficiência no transporte de água e nutrientes. Coletivamente, essas alterações podem resultar em um maior vigor vegetativo, robustez e resiliência a estresses ambientais, caracterizando a poliploidia como um importante mecanismo evolutivo e uma ferramenta valiosa para o melhoramento genético.

A poliploidia induzida é uma estratégia consolidada no melhoramento genético vegetal, com aplicações que abrangem desde o aumento do vigor fenotípico até a superação de barreiras reprodutivas (Silva 2023). Em um estudo com pimenteiras do gênero *Capsicum*, a aplicação de orizalina como agente antimitótico permitiu a indução de plantas tetraploides e triploides, com efeitos morfoanatômicos marcantes. As plantas poliploides apresentaram aumento na área estomática, espessura foliar e número de cloroplastos por célula-guarda, indicando modificações estruturais associadas à duplicação cromossômica (Sales et al. 2023). A aplicação prática da poliploidização também pode ser exemplificada na produção de melancias sem sementes, na qual Medina et al. 1958 demonstraram que frutos triploides originados do cruzamento entre plantas tetraploides e diploides apresentam sementes atrofiadas e comestíveis, atributo valorizado comercialmente. A poliploidia também tem sido explorada no desenvolvimento de cultivares ornamentais, visando atributos estéticos diferenciados. Mohammadi et al., 2021 relataram indução bem-sucedida de tetraploidia em *Phalaenopsis*

amabilis por meio de colchicina aplicada em biorreatores de bolha, resultando em plantas mais compactas, com folhas espessas e coloração intensificada.

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise anatômica comparativa entre folhas de plantas diploides e tetraploides induzidas artificialmente em *Stylosanthes guianensis*, buscando identificar alterações estruturais associadas à variação no nível de ploidia. A compreensão dessas modificações pode fornecer subsídios importantes para a caracterização morfológica da espécie e para o melhoramento genético de leguminosas forrageiras tropicais.

2. MATERIAL E METÓDOS

Para as análises foliares de plantas diploides e tetraploides sintéticos, foram utilizadas cinco plantas de cada citótipo, cultivadas em canteiros na Estação Experimental de Cultivo e Manutenção de Plantas da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) (21°46'48.1''S; 43°22'25.5''W).

Plantas diploides foram implantadas em 2022, enquanto as tetraploides foram estabelecidas em 2023. Todas foram mantidas sob condições naturais de luminosidade e irrigação pluvial que foi complementada manualmente nos períodos de estiagem, em solo típico da região, sem adubação controlada.

As plantas tetraploides utilizadas no experimento foram obtidas por meio de poliploidização sintética induzida *in vitro*, conforme protocolo estabelecido por Hauck (2025). Para isso, calos não embriogênicos de *Stylosanthes guianensis*, previamente estabelecidos a partir de fragmentos de entrenós, foram expostos a diferentes concentrações de colchicina (0,01% e 0,05%) por períodos de 6 e 12 horas. Após a exposição ao agente antimitótico, os calos foram transferidos para meio de cultura de regeneração suplementado com reguladores de crescimento, auxina (ANA 0,01 mg/L) e citocinina (BAP 3 mg/L), para indução de brotações. As plantas regeneradas foram subsequentemente analisadas por citometria de fluxo

para confirmação da duplicação do conteúdo de DNA e por contagem cromossômica em metáfases radiculares, que confirmaram o número cromossômico tetraploide.

Para cada indivíduo, foram coletadas três folhas do quarto nó, contado a partir do ápice caulinar, totalizando 15 folhas por grupo (diploide e tetraploide). Esta padronização visou assegurar a análise de folhas maduras e fisiologicamente estáveis, minimizando variações anatômicas decorrentes de diferenças no estágio de desenvolvimento ou na exposição à luz. As amostras foram submetidas ao protocolo de desidratação em série etanólica, diafanização com xilol e inclusão em parafina, modificado de Kraus & Arduin (1997). Os cortes histológicos, com espessura de 8 μm , foram obtidos em micrótomo semiautomático (LUPETEC, MRP2016SA, São Paulo, Brasil). De cada folha, foram realizados seis cortes, todos montados em uma única lâmina, totalizando 15 lâminas e 90 cortes por grupo experimental. As secções foram coradas com fucsina básica e azul de astra, segundo o protocolo de Roeser 1972, modificado por Luque et al., 1996, e montadas com verniz vitral incolor 500 $\text{\textcircled{R}}$ (PAIVA et al., 2006).

As fotomicrografias foram obtidas com câmera digital Global Optics (modelo NO 295 – MC 500 – 1), acoplada no microscópio de luz Olympus BX 51 por meio do software S-View no Laboratório de Microscopia do Departamento de Botânica da UFJF.

Foram avaliadas oito variáveis anatômicas: espessura da face adaxial e abaxial, espessura do parênquima paliçádico e lacunoso, espessura do floema, espessura total da ala foliar, espessura total da nervura principal e calibre dos elementos de vasos. Para esta última variável, foram mensurados dez elementos do metaxilema localizados na nervura principal de cada corte histológico, sendo utilizada, como valor final, a média das áreas individuais obtidas.

As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Jamovi (versão 2.6.26; THE JAMOVI PROJECT, 2023), GraphPad Prism (versão 8.0.1) e ImageJ (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012). Os dados obtidos das variáveis anatômicas estudadas (Figura 1

e 2) foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Uma vez que a maioria das variáveis não apresentou distribuição normal ($p < 0,05$), optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Mann-Whitney para a comparação entre os grupos diploide e tetraploide. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

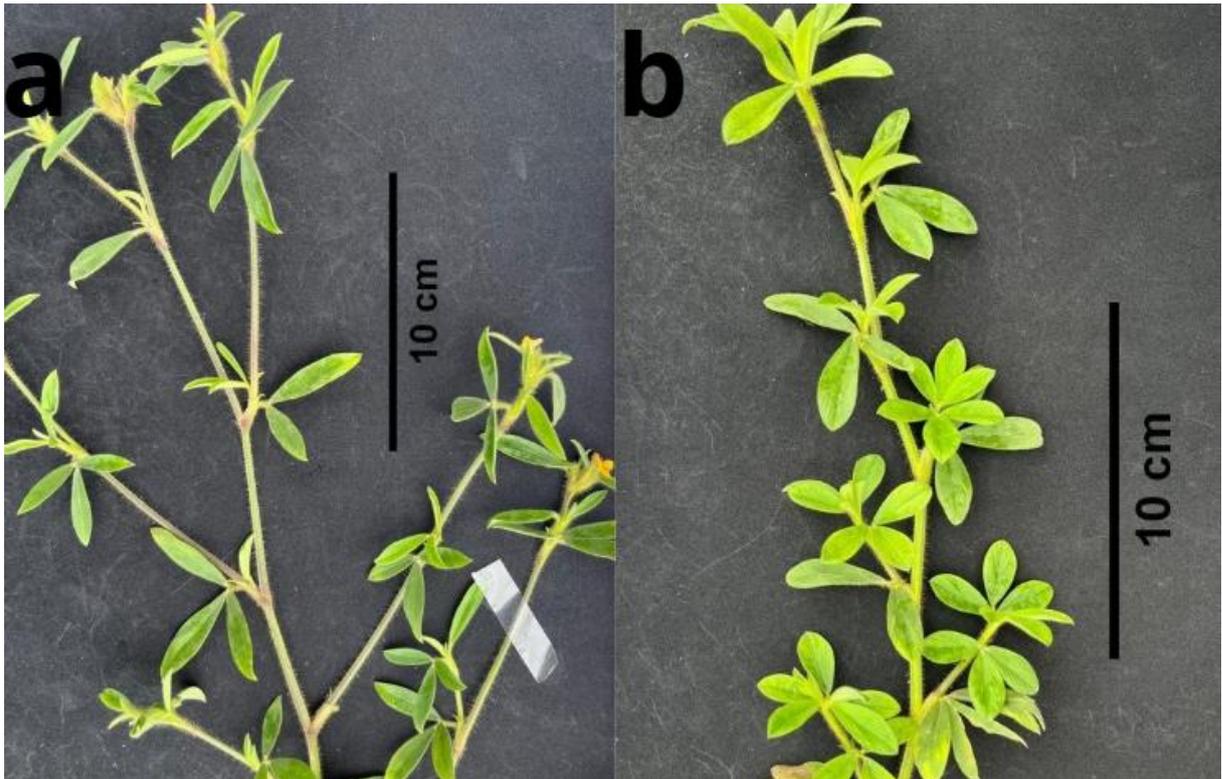


Figura 1. Aspecto geral de *Stylosanthes guianensis* cultivadas in vivo. Planta diploide (a). Planta tetraploide (b). Escala: 10cm.



Figura 2. Morfologia foliar de *Stylosanthes guianensis*. Citótipo diploide (a). Citótipo tetraploide (b). Escala: 1cm.

3. RESULTADOS

O tecido avaliado nos cortes foliares dos grupos diploide e tetraploide estão ilustradas nas Figuras 3 e 4, com destaque para as regiões analisadas.

Os dados morfométricos das oito variáveis anatômicas mensuradas estão sumarizados na Tabela 1, expressos por meio de mediana e intervalo interquartil (AIQ). Os indivíduos tetraploides apresentaram medianas superiores às dos diploides em todas as variáveis analisadas, com destaque para o parênquima paliçádico (diploide: 61,0 μm ; tetraploides: 92,3 μm), parênquima lacunoso (diploide: 28,5 μm ; tetraploide: 46,2 μm) e calibre dos elementos de vaso (diploide: 87,1 μm^2 ; tetraploide: 138,7 μm^2), que mostraram os incrementos mais expressivos. As diferenças foram estatisticamente significativas em todas as comparações.

Observou-se também uma maior amplitude do intervalo interquartilico nos tetraploides em seis das oito variáveis analisadas, indicando uma maior dispersão dos dados em torno da mediana neste grupo (Figuras 5 e 6). As exceções foram verificadas nas variáveis Ala (diploide: AIQ: 26,81; tetraploide AIQ: 25,52) e Floema (diploide AIQ: 7,20; tetraploide AIQ: 6,51), que apresentaram menor dispersão nos tetraploides.

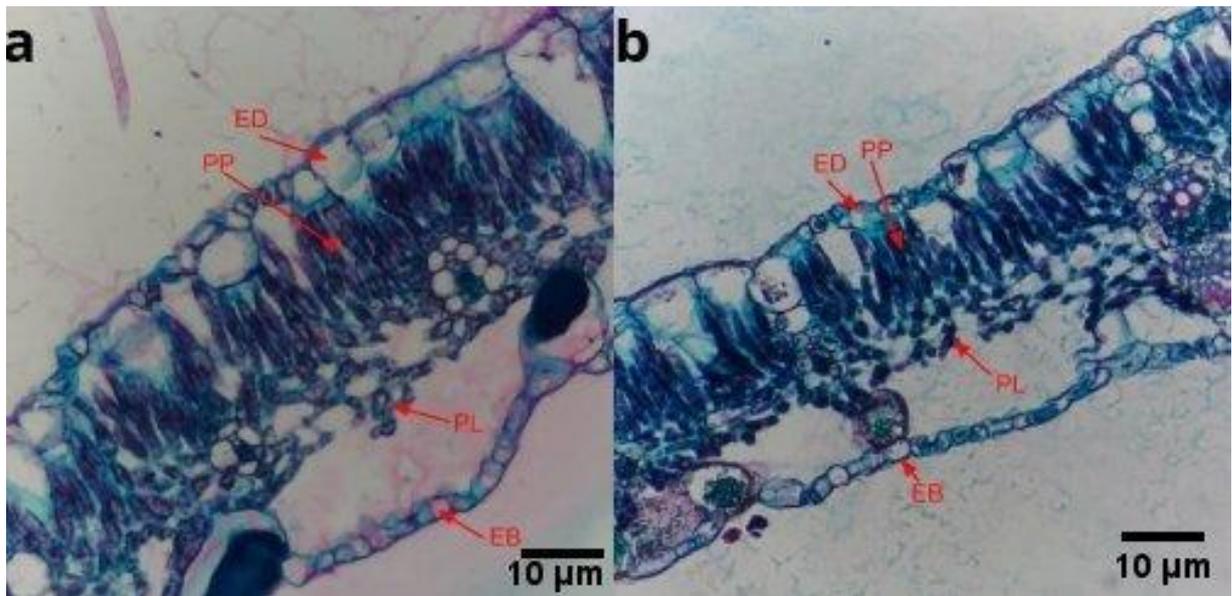


Figura 3. Cortes transversais da ala foliar de *Stylosanthes guianensis* evidenciando diferenças estruturais entre citótipos. Tetraploide (a). Diploide (b). Setas indicam: epiderme adaxial (ED); parênquima lacunoso (PL); parênquima paliçádico (PP) e epiderme abaxial (EB). Coloração: Fucsina Básica e Azul de Astra. Escala: 10 µm. Aumento: 10x.

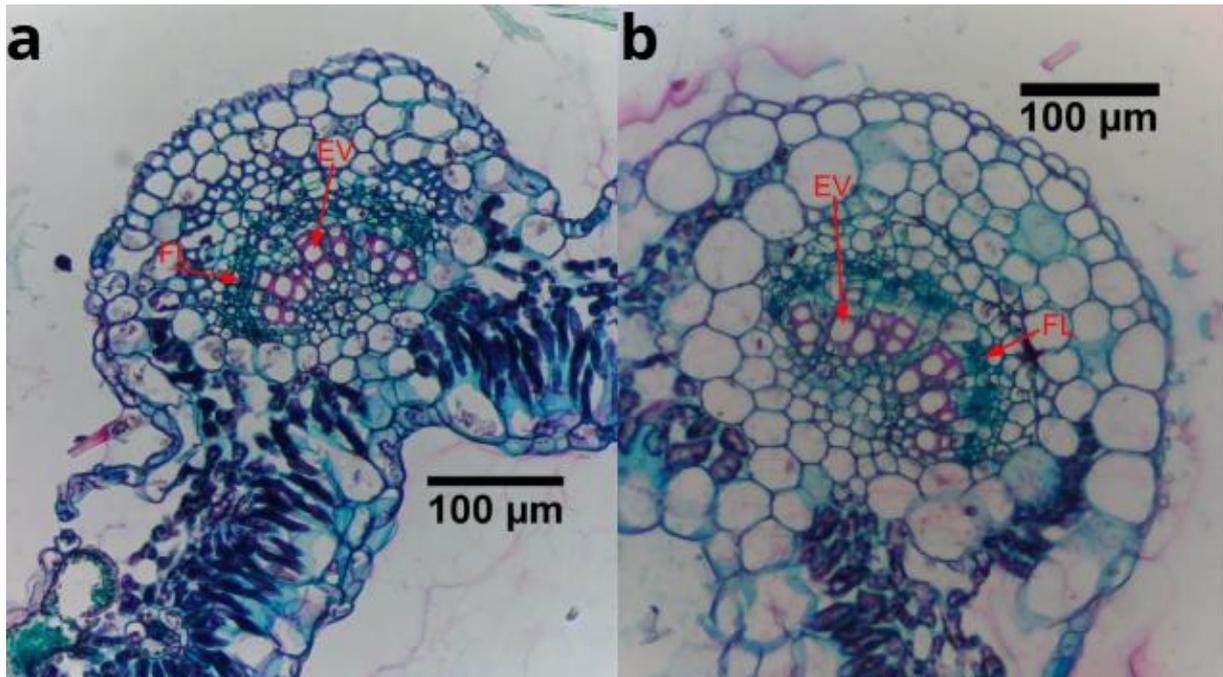


Figura 4. Cortes transversais da nervura principal de folhas de *Stylosanthes guianensis* evidenciando diferenças estruturais entre citótipos. Diploide (a). Tetraploide (b). Setas indicam: floema (FL) e elementos de vaso (EV). Coloração: Fucsina Básica e Azul de Astra. Escala: 100 µm. Aumento: 10x.

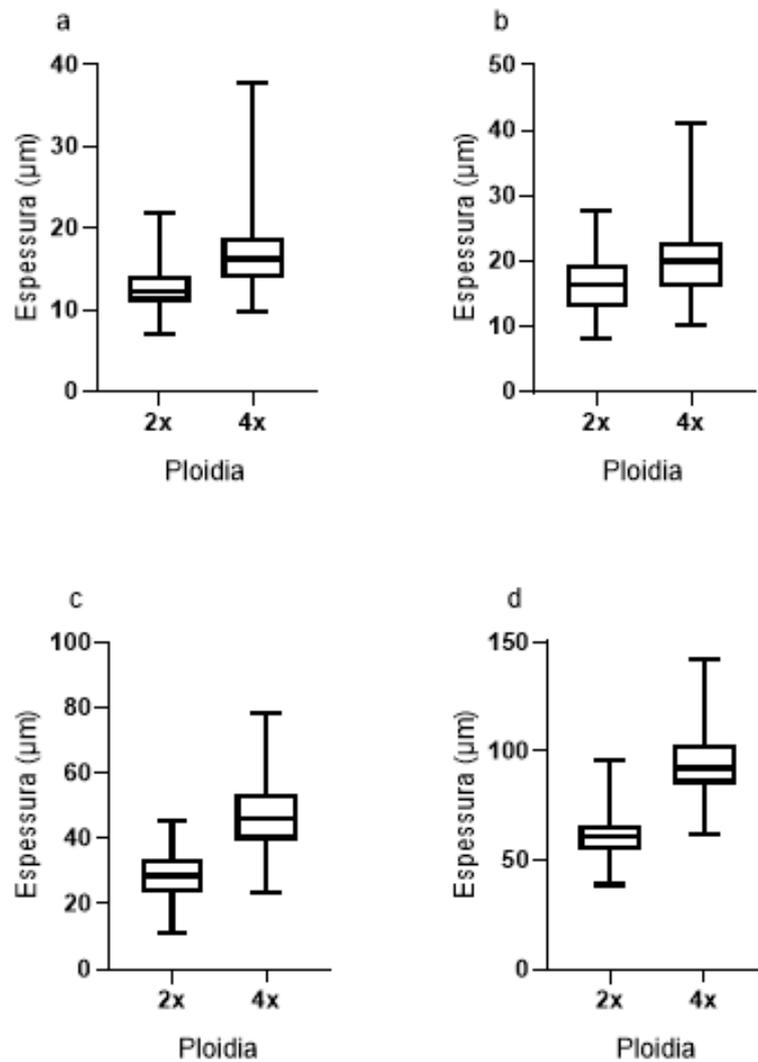


Figura 5. Distribuição das medidas anatômicas foliares em citótipos diploides (2x) e tetraploides (4x) de *Stylosanthes guianensis*. (a) Face abaxial da epiderme; (b) Face adaxial da epiderme; (c) Parênquima lacunoso e (d) Parênquima paliçádico. Os gráficos representam a mediana (linha horizontal central), o intervalo interquartil (caixa) e os valores extremos (barras).

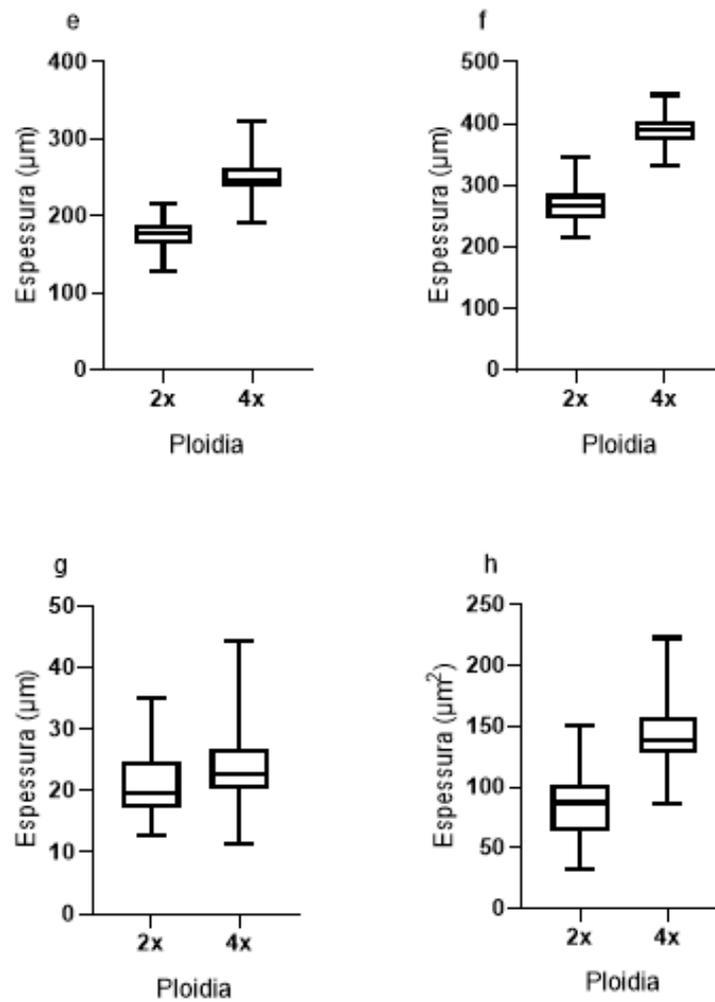


Figura 6. Distribuição das medidas anatômicas foliares em citótipos diploides (2x) e tetraploides (4x) de *Stylosanthes guianensis*. (e) Ala foliar; (f) Nervura principal; (g) Floema e (h) calibre dos elementos de vaso. Os gráficos representam a mediana (linha horizontal central), o intervalo interquartil (caixa) e os valores extremos (barras).

Tabela 1. Mediana e amplitude do intervalo interquartil (AIQ) das variáveis anatômicas foliares em plantas diploides e tetraploides de *Stylosanthes guianensis*.

	Ploidia	Mediana	AIQ
Face Abaxial	Diplóide	12.2	3.01
	Tetraplóide	16.2	5.01
P. Lacunoso	Diplóide	28.5	10.05
	Tetraplóide	46.2	13.85
P. Paliçádico	Diplóide	61.0	11.69
	Tetraplóide	92.3	17.96
Face Adaxial	Diplóide	16.4	6.53
	Tetraplóide	19.9	6.74
Ala	Diplóide	177.2	26.81
	Tetraplóide	247.2	25.52
Floema	Diplóide	19.5	7.20
	Tetraplóide	22.7	6.51
N. Principal	Diplóide	265.5	37.51
	Tetraplóide	389.2	31.00
Elementos de vaso	Diplóide	87.1	36.75
	Tetraplóide	138.7	28.25

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a indução artificial da poliploidia em *Stylosanthes guianensis* ocasionou modificações quantitativas na anatomia foliar, evidenciadas por diferenças significativas entre os citótipos diploide e tetraploide. A maioria das variáveis analisadas apresentou valores superiores nas plantas tetraploides, sugerindo um padrão estrutural mais espesso e robusto. Esse padrão foi particularmente evidente na espessura do parênquima paliçádico (61,0 μm em diploides contra 92,3 μm em tetraploides) e do parênquima lacunoso (28,5 μm contra 46,2 μm), assim como no calibre dos elementos de vaso de xilema (87,1 μm^2 contra 138,7 μm^2). Tais incrementos confirmam que a duplicação cromossômica impacta diretamente a organização tecidual das folhas. Esse resultado encontra respaldo em estudos prévios, nos quais a poliploidia promoveu aumento do tamanho celular e reorganização tecidual em diferentes angiospermas (Cohen et al. 2013; Sugyama 2005).

Sugiyama 2005, ao comparar populações diploides e autotetraploides de *Lolium*, demonstrou associação entre poliploidia e aumento do tamanho celular, fator que contribui diretamente para a expansão foliar. Embora não tenha abordado diretamente os tecidos vasculares, é plausível inferir que o incremento celular observado em diversos tecidos, inclusive nos condutores, possa influenciar a organização anatômica geral das folhas. Essa hipótese é corroborada pelos dados aqui obtidos, já que o aumento no calibre dos elementos de vaso observado em *S. guianensis* tetraploide indica alteração estrutural diretamente associada à condução hídrica. Esse mesmo padrão foi relatado por Cohen et al. (2013) em *Hylocereus*, onde a autoploidização resultou em alterações morfológicas e citológicas amplas.

O aumento significativo nos tecidos fotossintetizantes, particularmente no parênquima paliçádico, sugere potencial para maior capacidade fotossintética nas plantas tetraploides, uma vez que o espessamento desse tecido está diretamente ligado ao aumento da densidade celular e ao número de cloroplastos. Paralelamente, a ampliação do calibre dos elementos de vaso do xilema pode representar maior eficiência no transporte de água e nutrientes, característica vantajosa em ambientes tropicais. Esses achados corroboram a hipótese de que a poliploidia pode conferir ganhos fisiológicos, possivelmente traduzindo-se em maior vigor e produtividade em contextos agrônômicos (Gissi et al. 2022; Lv et al. 2025).

Adicionalmente, observou-se maior amplitude interquartil em seis das oito variáveis analisadas nos tetraploides, refletindo maior dispersão dos dados. Esse resultado sugere variabilidade fenotípica ampliada em neopoliploides, em concordância com Machado et al. (2018), que destacam ajustes epigenéticos e fisiológicos desencadeados pela duplicação cromossômica. Essa variabilidade inicial pode ser interpretada como fonte de heterogeneidade, mas também como potencial para maior plasticidade adaptativa diante de condições ambientais diversas.

Os dados obtidos reforçam, ainda, a relevância da anatomia foliar como ferramenta eficaz para a distinção de citótipos em *S. guianensis*. As diferenças estruturais, especialmente no mesofilo e nos elementos condutores, foram suficientemente consistentes para diferenciar diploides e tetraploides induzidos, corroborando a aplicabilidade da análise em estudos taxonômicos, fisiológicos e agrônômicos. Esse resultado converge com Gissi et al. (2022), que também destacaram a utilidade de características anatômicas para delimitação do complexo *S. guianensis*.

Por fim, observou-se que, apesar das alterações quantitativas nos tecidos foliares, a disposição e a arquitetura geral das folhas tetraploides permaneceram preservadas em relação às diploides. Isso indica que a duplicação cromossômica não comprometeu a organização estrutural fundamental da espécie. Assim, a poliploidia induzida mostra-se compatível com a morfologia de *S. guianensis* e promissora como estratégia de melhoramento de leguminosas forrageiras, favorecendo a obtenção de genótipos mais robustos, adaptados e produtivos, como já relatado em outras forrageiras tropicais, a exemplo de *Brachiaria brizantha* (Pinheiro et al. 2000).

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou diferenças anatômicas consistentes entre folhas de plantas diploides e tetraploides induzidas de *Stylosanthes guianensis*. As plantas tetraploides apresentaram tecidos foliares mais espessos e maior calibre dos elementos vasculares em comparação às diploides. Tais modificações confirmam o efeito da duplicação cromossômica sobre a estrutura foliar e reforçam o potencial da poliploidia induzida como ferramenta para o melhoramento de leguminosas forrageiras.

REFERÊNCIAS

COHEN H, FAIT A & TEL-ZUR N. 2013. Consequências morfológicas, citológicas e metabólicas da autoploidização em espécies de *Hylocereus* (Cactaceae). BMC Plant Biol 13: 173. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-173>

DELGADO GR, AGUIRRE L & MARIAZZA ERF. 2022. Aceitação animal e preferência de leguminosas (*Arachis pintoi*, *Stylosanthes guianensis* e *Centrocema macrocarpum*) nos trópicos. Rev Investig Vet Perú 33(5): e20745. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i5.20745>

GISSI DS et al. 2022. Leaf and stem anatomy of the *Stylosanthes guianensis* complex (Aubl.) Sw. (Leguminosae, Papilionoideae, Dalbergieae) and its systematic significance. Flora 287: 151993. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151992>

GRAPH PAD SOFTWARE INC. 2018. GraphPad Prism, versão 8.0.1. San Diego, CA. <https://www.graphpad.com>

HAUCK ESF. 2025. Obtenção de plantas poliploides de *Stylosanthes guianensis* via cultura de calos. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

KRAUS JE & ARDUIN M. 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica, RJ: EDUR. 198 p.

LOPES JG. 2021. Aplicação de colchicina para indução de poliploidia em aceroleira: caracterização morfométrica dos estômatos. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado da Bahia, Brasil.

LV J et al. 2025. Combined analysis of the leaf metabolome, lipidome, and candidate gene function: insights into genotypic variation in phosphorus utilization efficiency in *Stylosanthes guianensis*. J Agric Food Chem. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jafc.4c06927>

- MACHADO RM et al. 2018. Citótipos poliploides: estudo de caso em espécies brasileiras de *Myrtaceae*. *Semina Cienc Biol Saude* 38(1 supl.): 36. <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/29186>
- MEDINA DM et al. 1958. A poliploidia artificial na obtenção de melancia sem sementes. *Bragantia* 17: 81–100.
- MOHAMMADI M, KAVIANI B & SEDAGHATHOOR S. 2021. Indução de poliploidia in vivo de *Phalaenopsis amabilis* em sistema de biorreator de bolha usando colchicina. *Ornamental Hortic* 27: 204–212.
- PAIVA JGA et al. 2006. Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. *Acta Bot Bras* 20: 257–264.
- PATERNIANI MLS. 1989. Dinâmica populacional de três espécies do gênero *Stylosanthes* (Leguminosae-Papilionoideae): *S. guianensis* (Aubl.) Sw., *S. scabra* Vog. e *S. viscosa* Sw. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.11606/T.11.2020.tde-20200111-141406>
- PINHEIRO A, POZZOBON M, DO VALLE C et al. 2000. Duplicação do número cromossômico de plantas diploides de *Brachiaria brizantha* usando colchicina. *Plant Cell Rep* 19: 274–278. <https://doi.org/10.1007/s002990050011>
- SALES WDS et al. 2023. Indução de poliplóides em pimenteiras (*Capsicum spp.*). Tese (Doutorado), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- SATTLER MC, CARVALHO CR & CLARINDO WR. 2016. The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta* 243: 281–296. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2450-x>

SCHNEIDER CA, RASBAND WS & ELICEIRI KW. 2012. NIH Image to *ImageJ*: 25 years of image analysis. *Nat Methods* 9: 671–675. <https://imagej.net/ij/>

SILVA MSC. 2023. Ferramentas biotecnológicas para apoio ao melhoramento de *Rubus spp.* Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil.

SILVA RGG. 2018. Estudos citotaxonômicos em *Sapindales*: estado da arte e evolução dos números cromossômicos. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, 182 p.

SOLTIS PS, MARCHANT DB, VAN DE PEER Y & SOLTIS DE. 2015. Polyploidy and genome evolution in plants. *Curr Opin Genet Dev* 35: 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2015.11.003>

SUGIYAMA SI. 2005. Polyploidy and cellular mechanisms changing leaf size: comparison of diploid and autotetraploid populations in two species of *Lolium*. *Ann Bot* 96(5): 931–938. <https://doi.org/10.1093/aob/mci245>

THE JAMOVI PROJECT. 2023. Jamovi (versão 2.6.26) [software]. Sydney: *The Jamovi Project*. <https://www.jamovi.org>