

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Júnia Alves de Almeida

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DAS FOLHAS DE HÍBRIDOS DE MILHO
CULTIVADOS SOB DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO DE
FITOESTIMULANTE**

São João Evangelista

2025

JÚNIA ALVES DE ALMEIDA

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DAS FOLHAS DE HÍBRIDOS DE MILHO
CULTIVADOS SOB DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO DE
FITOESTIMULANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São
João Evangelista para obtenção do título de
Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Giuslan Pereira de Carvalho

Coorientador: Dr. João Paulo Lemos

São João Evangelista

2025

A447c Almeida, Júnia Alves de.

Características anatômicas das folhas de híbridos de milho cultivados sob diferentes formas de aplicação de fitoestimulante/ Júnia Alves de Almeida – 2025.
47f.: il.

Orientador: Dr. Giuslan Pereira de Carvalho.

Coorientador: Dr. João Paulo Lemos.

Trabalho de Conclusão de Curso (licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2025.

1. Hormônios vegetais. 2. Densidade estomática. 3. Funcionalidade estomática. 4. Índice estomático. I. Almeida, Júnia Alves de. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 633.15

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/4333

Júnia Alves de Almeida

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DAS FOLHAS DE HÍBRIDOS DE MILHO
CULTIVADOS SOB DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO DE
FITOESTIMULANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São
João Evangelista para obtenção do título de
Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 04/02/2025 pela banca examinadora:

Prof. Dr. Giuslan Pereira de Carvalho (orientador) - IFMG/SJE

Prof. Dr. João Paulo Lemos (coorientador) - IFMG/SJE

Prof. Dr. Marcelo Augusto Filardi - IFMG/SJE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela minha vida, por me proporcionar viver o extraordinário nessa instituição, por me dar forças nos momentos mais difíceis e por me presentear com a amizade de pessoas maravilhosas.

Agradeço a toda minha família, especialmente minha mãe e meus avós, que acreditaram em mim e me apoiaram em toda minha jornada.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Giuslan Pereira de Carvalho, por toda paciência, benevolência, e por sempre acreditar em mim. Também, a Dr. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho, por todo carinho e contribuição. Aos dois, sou imensamente grata por não me deixarem desistir da graduação e me incentivarem a continuar na área acadêmica.

Agradeço ao meu coorientador, Dr. João Paulo Lemos, pelo apoio e oportunidades que me deu ao longo da minha graduação.

Agradeço ao Dr. Marcelo Augusto Filardi, por participar da minha banca e ser um exemplo para mim de professor e pessoa.

Agradeço aos técnicos do laboratório, Ricardo e Lucas, pela disposição em ajudar, paciência e motivação. Acredito que foram extremamente importantes para a realização deste trabalho do início ao fim.

Agradeço ao Pedro, pelos dados do trabalho em campo, pela disposição em ajudar e por toda a sua contribuição.

Agradeço a todos meus amigos, que estiveram comigo quando mais precisei, nos momentos de alegria e de tristeza, em especial Nayara, Aleksandra, Graciella, Jéssica, Danielle e Robson.

Agradeço aos meus professores, por serem exemplos de dedicação e excelência no ensino, por contribuírem de maneira significativa na minha formação profissional e pessoal e por todo carinho.

Agradeço a todos da biblioteca do *campus*, sobretudo Luana, Cibele, Esther, Lalado e João Paulo, que considero minha segunda família e onde tive o privilégio de trabalhar e viver momentos muito felizes.

Agradeço também, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e ao Instituto Federal de Minas Gerais, *campus* São João Evangelista, por ser minha casa durante esses anos e me permitir realizar grandes conquistas.

RESUMO

O milho é um dos cereais mais cultivados no mundo, com alto valor econômico e cultural. Ainda assim é uma cultura que apresenta desafios, principalmente em relação ao controle de pragas e produtividade. Os milhos híbridos surgiram como uma alternativa para vencer essas barreiras. Técnicas de produção utilizando fitoestimulantes tem sido utilizado para oferecer maior tolerância a fatores bióticos e abióticos, além de aperfeiçoar o desenvolvimento e qualidade das plantas, sendo as características anatômicas das plantas, uma métrica viável para entender como elas respondem às condições ambientais, possibilitando práticas agrícolas mais eficientes. O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *campus* São João Evangelista (IFMG-SJE). Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizados (DIC), em esquema fatorial 4 x 3, sendo três formas de aplicação do fitoestimulante, um tratamento controle (no qual não houve aplicação) e três híbridos de milho, com três repetições para cada tratamento, totalizando 12 tratamentos diferentes e 36 unidades experimentais. Os três híbridos comerciais de milho utilizados foram o Brevant 2433, KWS vip 3 e Feroz, denominados H1, H2 e H3, respectivamente. Aos 120 dias, foram determinados a densidade estomática (DE), o índice estomático (IE), funcionalidade estomática (FUN), diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Past. Verificou-se que os tratamentos variaram em termos de densidade estomática, com densidades mais altas alcançadas no Brevant 2433 quando aplicado via folha e no grupo controle, enquanto no KWS vip 3 a aplicação via solo alcançou a menor média. E no Feroz, o grupo controle e a aplicação via solo obtiveram as maiores médias. Para o índice estomático na face abaxial, ao utilizar o Brevant 2433, a aplicação via grão obteve menor índice em relação ao demais tratamentos, enquanto no Feroz, o grupo controle sobressaiu sobre formas de aplicação. Em relação ao diâmetro polar na face abaxial, o KWS vip 3 atingiu maior média ao aplicar o fitoestimulante via solo. No diâmetro equatorial da face abaxial, o Brevant 2433 alcançou a menor média pela aplicação via folha. Enquanto no KWS vip 3, a aplicação pelo solo atingiu a maior média. Todavia, na face adaxial, no KWS vip 3, a aplicação via grão atingiu a menor média. Em relação à funcionalidade na face abaxial, o grupo controle e aplicação via solo, sobressaíram no Feroz. Na face adaxial, o KWS vip 3 atingiu menor funcionalidade na aplicação via solo, contrapondo o Feroz, que obteve maior funcionalidade na aplicação via solo. Os resultados indicam que a aplicação do fitoestimulante não aumentou significativamente os parâmetros

analisados independentemente do método de aplicação e dos híbridos, em relação ao grupo controle.

Palavras-chave: Hormônios vegetais. Densidade estomática. Funcionalidade estomática. Índice estomático.

ABSTRACT

Corn is one of the most cultivated cereals in the world, with high economic and cultural value. Still, it is a crop that presents challenges, especially in relation to pest control and productivity. Hybrid millions emerged as an alternative to overcome these barriers. Production techniques using phytostimulants have been used to offer greater tolerance to biotic and abiotic factors, in addition to improving the development and quality of plants, with the anatomical characteristics of plants being a viable metric to understand how they respond to environmental conditions, enabling more efficient agricultural practices. The experiment was conducted in the seedling nursery of the Federal Institute of Education, Science and Technology, São João Evangelista campus (IFMG-SJE). The Completely Randomized Design (DIC) was used, in a 4 x 3 factorial scheme, with three forms of application of the phytostimulant, a control treatment (in which there was no application) and three corn hybrids, with three replications for each treatment, totaling 12 different treatments and 36 experimental units. The three commercial corn hybrids used were Brevant 2433, KWS vip 3 and Feroz, named H1, H2 and H3, respectively. At 120 days, stomatal density (DE), stomatal index (IE), stomatal functionality (FUN), polar diameter (DP) and equatorial diameter (DE) were determined. The data obtained were subjected to analysis of variance (ANOVA) and compared by the Tukey Test at 5% probability, using the Past statistical program. It was found that the treatments varied in terms of stomatal density, with higher densities achieved in Brevant 2433 when applied via leaf and in the control group, while in KWS vip 3 the application via soil achieved the lowest average. And in Feroz, the control group and soil application obtained the highest averages. For the stomatal index on the abaxial face, when using Brevant 2433, application via grain obtained a lower index in relation to the other treatments, while in Feroz, the control group stood out in terms of application methods. In relation to the polar diameter on the abaxial face, the KWS vip 3 reached the highest average when applying the phytostimulant via soil. In the equatorial diameter of the abaxial face, Brevant 2433 achieved the lowest average when applied via foil. While in KWS vip 3, soil application reached the highest average. However, on the adaxial face, in KWS vip 3, application via grain reached the lowest average. In relation to functionality on the abaxial face, the control group and soil application stood out in Feroz. On the adaxial face, the KWS vip 3 achieved lower functionality in soil application, in contrast to Feroz, which achieved greater functionality in soil application. The results indicate that the application of the

phytostimulant did not significantly increase the parameters analyzed regardless of the application method and hybrids, in relation to the control group.

Keywords: Plant hormones. Stomatal density. Stomatal functionality. Stomatal index.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média da densidade estomática (estômatos por mm ²) da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.	32
Tabela 2: Média do índice estomático [(IE = N° de estômatos/ N° de estômatos + N° de células epidérmicas) x 100] da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.	33
Tabela 3: Média do diâmetro polar (DP), em µm, da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.	34
Tabela 4: Média do diâmetro equatorial (DE), em µm, da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.	34
Tabela 5: Média do diâmetro equatorial (DE), em µm, da face adaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.	35
Tabela 6: Média da funcionalidade estomática (FUN = Diâmetro polar/ Diâmetro Equatorial) da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.	36
Tabela 7: Média da funcionalidade estomática (FUN = Diâmetro polar/ Diâmetro Equatorial) da face adaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: secção paradérmica da epiderme abaxial (A, C, E) e adaxial (B, D, F) do grupo controle no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F).	28
Figura 2: secção paradérmica da epiderme abaxial e adaxial, respectivamente, sob a aplicação do fitoestimulante via folha no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F). ...	29
Figura 3: secção paradérmica da epiderme abaxial e adaxial, respectivamente, sob a aplicação do fitoestimulante via grão no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F).	30
Figura 4: secção paradérmica da epiderme abaxial e adaxial, respectivamente, sob a aplicação do fitoestimulante via solo no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F).	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Milho	16
2.2 Hormônios vegetais	17
2.2.1 Giberelina	17
2.2.2 Citocinina	18
2.2.3 Auxina	19
2.3 Anatomia foliar	20
2.3.1 Estômatos	21
3. METODOLOGIA.....	26
3.1 Análise anatômica	27
3.2 Análise estatística	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Densidade estomática	28
4.2 Índice estomático	32
4.3 Diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE).....	33
4.5 Funcionalidade estomática	35
5. CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS	39
ANEXO I.....	47
ANEXO II.....	48

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é um dos cereais mais cultivados e economicamente importantes do mundo. Além de ser um alimento básico para humanos e animais, o milho pode ser usado na produção de álcool, etanol e óleos vegetais, contribuindo significativamente para a economia global. Além de seu valor nutricional, o milho é reconhecido pelos benefícios proporcionados pelos fitoquímicos presentes em sua composição, como carotenoides, compostos fenólicos e fitoesteróis, que possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, auxiliando na prevenção de diversas doenças (Kumar *et al.*, 2013; Shah, Prasad e Kumar, 2016).

Devido às suas características, o milho é uma matéria-prima essencial para a obtenção de produtos de alto valor agregado em diferentes indústrias, como a alimentícia, cosmética, farmacêutica e de papel e celulose. O óleo extraído do embrião, por exemplo, é amplamente utilizado tanto na culinária quanto na produção de sabões. A goma adesiva, rica em dextrina, é empregada no lacre de envelopes e etiquetas, enquanto os grãos são aproveitados na fabricação de álcool. As fibras do caule, por sua vez, têm aplicação na produção de papel, reforçando a importância e a multifuncionalidade do milho em diversos setores (Kumar *et al.*, 2013).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2019), o Brasil ocupa a posição de segundo maior exportador mundial de milho, destacando-se pelo crescimento exponencial na produção e comercialização desse grão ao longo das últimas décadas. A produção brasileira de milho quase dobrou entre as safras 2007/08 e 2017/18, impulsionada por fatores como avanços tecnológicos e expansão da área cultivada. Esse expressivo aumento na produção permitiu ao país conquistar uma posição de destaque no mercado internacional, com uma participação de quase 26% nas exportações globais de milho em 2015/16.

Em 2023, o Brasil atingiu um marco histórico nas exportações de milho, conforme dados da Conab, registrando um recorde de 804,6 mil toneladas, um aumento de 85% em relação à média dos anos anteriores. No entanto, essa conquista foi acompanhada por desafios significativos na produção interna, sobretudo devido às condições climáticas adversas que impactaram negativamente o desempenho das lavouras (Conab, 2024). Além disso, a presença de pragas e doenças continua sendo um obstáculo importante para a produtividade, comprometendo a qualidade do milho em todas as etapas do ciclo de cultivo, desde a semeadura até a colheita, como destacado por Ribeiro *et al.* (2016).

Diante desses e outros desafios, o desenvolvimento e a adoção de grãos de milho híbrido se mostram fundamentais para aumentar os rendimentos e oferecer variedades mais apropriadas às demandas agrícolas. Essa estratégia se tornou essencial para superar as limitações que dificultam o crescimento sustentável da produção de milho em várias regiões. Nos países da Ásia, por exemplo, o uso de híbridos se popularizou devido à sua capacidade de gerar plantas mais vigorosas, resistentes a pragas, doenças e estresses abióticos, além de proporcionar maior potencial produtivo (Ganga, 2010).

De acordo com Bahtiar *et al.* (2022), a produção de grãos de milho de alta qualidade exige uma abordagem integrada, que combine inovações tecnológicas no nível do produtor e incentivos institucionais.

Nesse cenário, a aplicação de hormônios vegetais em grãos híbridas surgiu como uma estratégia promissora para aprimorar a produtividade agrícola. De acordo com Silva Cavalcante *et al.* (2020), a utilização dos fito-hormônios na cultura de soja contribui para aumentar a resistência das plantas em períodos de déficit hídrico, além de promover incrementos significativos na produtividade da cultura.

A aplicação de giberelina, por exemplo, tem um impacto direto nas características da espiga do milho, promovendo aumento no comprimento e diâmetro, bem como o enchimento dos grãos, melhorando seu rendimento. Os efeitos positivos da giberelina se estendem à regulação dos níveis de hormônios endógenos nos vegetais, resultando em uma maior produtividade. Além disso, a giberelina estimula a atividade de enzimas antioxidantes nas folhas. Em *Cucumis sativus L.* a giberelina também promoveu de maneira significativa o desenvolvimento do fruto, e eleva os níveis totais de flavonoides e o teor de proteína após o armazenamento (Cui *et al.*, 2020; Qian *et al.*, 2018).

De acordo com Skalák *et al.* (2016), as citocininas contribuíram para a manutenção do equilíbrio redox e proteção contra danos oxidativos, bem como influenciou na eficiência fotossintética mesmo em condições adversas em *Arabidopsis thaliana*.

Segundo Hu *et al.* (2022) a aplicação de auxina no cultivo do milho traz benefícios ao crescimento e desenvolvimento da planta. Seu uso resultou em um aumento considerável na altura da planta, biomassa da parte aérea, número e densidade das pontas das raízes. Além disso, incrementou o comprimento da raiz e contribuiu para absorção de nutrientes, como cálcio e magnésio.

A anatomia foliar desempenha um papel crucial na capacidade das plantas de se aclimatar a diferentes condições ambientais. Alterações em características como densidade e tamanho estomáticos, induzidas por fatores ambientais, influenciam significativamente a condutância estomática e do mesofilo, impactando diretamente o desempenho fotossintético (Franks e Beerling, 2009; Xu e Zhou, 2008).

A otimização da anatomia foliar pode ser essencial para promover uma troca gasosa eficiente nas folhas, contribuindo diretamente para a melhoria da fotossíntese. Além disso, a desaceleração da senescência das folhas, associada a essas modificações anatômicas, resulta em uma maior capacidade fotossintética, o que, por sua vez, favoreceu o aumento da biomassa e do rendimento dos grãos (Ye, 2024).

Os estômatos estão intimamente ligados a taxa fotossintética e podem ser influenciados tanto por fatores endógenos quanto exógenos. A disponibilidade hídrica, intensidade luminosa e outros fatores ambientais, regulam a sua abertura e fechamento, impactando diretamente o desenvolvimento e produtividade das plantas (Pacheco, Lazzarini e Alvarenga, 2021). Além disso, os estômatos podem apresentar variações em tamanho e densidade, o que afeta diretamente a condutância estomática, permitindo que as plantas se desenvolvam de forma satisfatória a diferentes condições climáticas (Pearce *et al.*, 2006).

Nesse contexto, as análises anatômicas, especialmente as relacionadas aos estômatos, são fundamentais para compreender a aclimatação das plantas a diferentes ambientes. Além disso, essas análises contribuem para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais eficientes, voltadas para o aumento da produtividade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos do fitoestimulante na anatomia foliar da cultura de *Zea mays*, considerando diferentes métodos de aplicação e diferentes híbridos comerciais.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar qual o melhor método de aplicação dos fitoestimulante;
- Investigar a variação da anatomia foliar dos híbridos sob as diferentes formas de aplicação do produto;

- Identificar qual tratamento obteve maior densidade estomática;
- Determinar qual tratamento alcançou melhor índice estomático;
- Avaliar qual tratamento atingiu maior funcionalidade estomática.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Milho

Com origem no teosinto mexicano há mais de 8 mil anos, o milho (*Zea mays L.*) se tornou um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo. Pertencente à ordem *Gramineae*, família *Poaceae*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays L.*, sua relevância econômica e cultural é observada em diversas regiões, como América, Ásia, África e Europa (Barros e Calado, 2014).

O grão de milho é classificado como um fruto do tipo cariopse, sendo composto pelo pericarpo, uma camada de aleurona e o endosperma. No embrião, a colioptile, plúmula e radícula são as estruturas mais proeminentes (Barbosa, 1983).

O milho é caracterizado pela presença de estômatos em ambas as faces da folha, o que lhe confere uma vantagem significativa no seu cultivo. Essa característica permite maior eficiência nas trocas gasosas e crescimento. Além disso, há câmaras subestomáticas que evitam a perda de água, sendo fundamental em ambientes secos e áridos (Batista *et al.*, 2013; Muir, 2015).

Possui um sistema radicular fasciculado muito desenvolvido, podendo chegar até 40 cm, além de um caule que pode alcançar 2 metros de altura, sendo essa medida influenciada por fatores como o tipo de híbrido, condições climáticas, disponibilidade de água, bem como níveis de nutrientes e propriedades do solo (Barros e Calado, 2014)

A produção agrícola depende da interação entre o genótipo das plantas, o ambiente de cultivo e as respostas fisiológicas a este ambiente. Isso torna fundamental a compreensão de como as condições impactam o desenvolvimento das plantas e como elas respondem (Souza e Barbosa, 2015).

Nesse contexto, o uso de milho híbrido destaca-se como um meio eficaz para elevar a produtividade. De acordo com Santos (2022), a escolha de híbridos com características genéticas adequadas, aliada à definição da época ideal de semeadura, é determinante para otimizar os processos fisiológicos das plantas. A interação entre genótipo e ambiente, quando bem manejada, potencializa o rendimento da cultura, reforçando a necessidade de selecionar híbridos resistentes às condições locais e de planejar o plantio no momento mais propício.

Ademais, estudos tem investigado o uso de diferentes produtos, como fitormônios, em concentrações e métodos de aplicação variados, visando aprimorar as práticas de manejo, alinhando a eficiência produtiva com a sustentabilidade ambiental.

2.2 Hormônios vegetais

Os hormônios vegetais desempenham um importante papel na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciando diretamente o rendimento agrícola. Ao modular processos como a divisão celular, alongamento celular, floração e a senescência, eles permitem que as plantas se aclimatem a diversas condições ambientais, incluindo o estresse. A aplicação exógena de auxinas, citocininas e giberelinas tem sido utilizada para melhorar a tolerância das plantas a fatores bióticos e abióticos, otimizando a produção e qualidade das culturas (Pal *et al.*, 2023).

Além disso, os fitormônios atuam como mensageiros químicos, coordenando o crescimento, a diferenciação celular e as respostas às condições ambientais. Entre os principais fitormônios destacam-se as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e brassinoesteroides. Outros, como o ácido salicílico (um composto fenólico), o ácido jasmônico (derivado de ácidos graxos voláteis) e a sistemina (um pequeno peptídeo), também foram identificados na regulação do desenvolvimento vegetal (Mendes, Lucena e Medeiros, 2015).

Segundo o fabricante, o fitoestimulante Stimulate®, utilizado neste trabalho, promove a germinação, o crescimento radicular e o desenvolvimento da espiga, resultando em maior produtividade e resistência a variações ambientais. Sua formulação contém cinetina (citocinina), ácido giberélico (giberelina) e ácido 4-indol-3-ilbutírico (auxina), que atuam de forma sinérgica no estímulo ao crescimento e na aclimação das plantas às condições ambientais (anexo 1).

2.2.1 Giberelina

As giberelinas foram descobertas por Eichi Kurosawa em 1926 e isoladas na década de 1930 por Teijiro Yabuta e Yusuke Sumuki, a partir do fungo *Gibberella fujikuroi*, de onde teve origem seu nome. Esse grupo apresenta uma estrutura química complexa, composta por quatro anéis de carbono (tetracíclicos) diterpenoides (Taiz *et al.*, 2017).

Embora a família das giberelinas seja ampla, apenas algumas formas, como GA1, GA3, GA4 e GA7, possuem a capacidade de atuar como reguladores do crescimento e desenvolvimento das plantas. São reconhecidas por induzirem o alongamento do entrenó em plântulas anãs, promoverem o crescimento do caule em espécies com crescimento reduzido, estimularem a germinação, ao ativar enzimas que mobilizam as reservas de nutrientes, bem como induzirem a floração, divisão celular, determinação do sexo, desenvolvimento do pólen, crescimento do tubo polínico e desenvolvimento de frutos (Coutinho *et al.*, 2023; Taiz *et al.*, 2017).

A aplicação de giberelina demonstrou um efeito promissor no desenvolvimento de mudas de umbuzeiro. Estimulou o crescimento vegetativo, resultando em plantas com sistema radicular mais robusto, caules mais espessos e longos, e uma área foliar significativamente maior conforme observado por Pires *et al.* (2020).

De acordo com o que Li *et al.* (2025) observaram, esse hormônio vegetal foi eficaz na correção de defeitos de pigmentação em frutos partenocárpico induzidos por N-(2-cloro-4-piridil)-N'-fenilureia.

Em outra pesquisa, Fatima *et al.* (2024) evidenciaram que a combinação de giberelina com fertilizantes favoreceu um desenvolvimento mais vigoroso de mudas de pimenta, indicando uma sinergia entre esses tratamentos.

A aplicação de giberelina tem mostrado resultados satisfatórios também na melhoria da qualidade dos frutos. Ao combinar giberelina e auxina, Zheng *et al.* (2019) notaram que houve um aumento expressivo no crescimento celular da macieira e na expressão de genes relacionados ao brassinosteróide, outro hormônio vegetal.

2.2.2 Citocinina

As citocininas foram descobertas em estudos que investigavam fatores capazes de induzir a proliferação celular em plantas. Em 1955, o pesquisador Carlos Miller isolou uma substância altamente eficaz nesse processo, que ele denominou cinetina. Em 1928, Went observou que a cinetina tinha um grande poder de indução à divisão celular quando combinada com as auxinas, formando uma interação sinérgica fundamental para o crescimento de tecidos vegetais (Neto, 2022a; Taiz *et al.*, 2017).

Os experimentos que levaram à descoberta da cinetina utilizaram tecido parenquimático medular do tabaco em cultura. Ao analisar quimicamente essa substância, descobriu-se que ela é derivada da adenina. A cinetina foi a primeira citocinina a ser

identificada e, apesar de ser uma molécula sintética, sua estrutura é muito similar à das citocininas naturais, como zeatina (Neto, 2022a; Taiz *et al.*, 2017).

As citocininas regulam desde divisão celular e formação de órgãos até as respostas a diversos tipos de estresse. Esses hormônios modulam a senescência foliar, atuam na manutenção da dominância apical, no desenvolvimento de meristemas apicais, gametófitos e tecidos vasculares (Taiz *et al.*, 2017). Além disso, são importantes em interações complexas entre plantas e outros organismos, incluindo bactérias e fungos, ao mesmo tempo em que ajustam as respostas das plantas a fatores abióticos, como salinidade, seca e disponibilidade de nutrientes (Wang *et al.*, 2019).

Estudos recentes, como o de Yu *et al.* (2024), destacam que a aplicação de zeatina demonstrou aumentar a produção de biomassa vegetal, a eficiência na absorção de cádmio, o índice de clorofila foliar e estimular a proliferação de brotos.

Em outro estudo, Nieto *et al.* (2023) apontam que a combinação de citocininas e esterco composto mostrou-se altamente eficaz no desenvolvimento da caigua. Essa associação resultou em maior comprimento e diâmetro das plantas e peso dos frutos. Também, aumentou conteúdo de clorofila, fluorescência e reação de transporte de elétrons. Ainda, os autores indicam que a composição bioquímica dos frutos também foi positivamente afetada.

2.2.3 Auxina

A auxina foi o primeiro fitormônio identificado, com sua existência inicialmente prevista por Charles e Francis Darwin no século XIX. Em experimentos com coleóptilos de plântulas de alpiste, observaram que a curvatura em direção à luz era provocada por um sinal originado no ápice da planta. Essa substância hipotética, posteriormente denominada auxina, promovia o crescimento celular diferencial, causando maior alongamento das células no lado sombreado (Neto, 2022b; Taiz *et al.*, 2017).

Em 1928, Frits Warmolt Went expandiu esses estudos, isolando a substância e nomeando-a "auxein". Ele confirmou que a auxina era responsável pelo fototropismo positivo, direcionando as plântulas de aveia em direção à luz, e que tinha a capacidade de difundir-se em géis (Neto, 2022b; Taiz *et al.*, 2017).

As auxinas e citocininas demonstram ser mais eficazes em promover o crescimento aéreo, aumentando tanto o comprimento quanto a massa seca da parte aérea das plantas. Ainda, quando em sinergia, regulam a divisão celular ao promover a transição da fase

G1 para a fase S do ciclo celular, processo mediado pela ativação do complexo CDK/a-CYC/D3 (Neto, 2022b; Sousa *et al.*, 2021).

Todavia, as auxinas e giberelinas apresentam excelentes resultados no desenvolvimento radicular, influenciando positivamente o acúmulo de massa nas raízes em mini toletes (Sousa *et al.*, 2021).

Também, a auxina tem forte influência na formação de raízes laterais e adventícias e pode regular processos metabólicos fundamentais, incluindo a fotossíntese e a respiração celular (Batista-Silva *et al.*, 2018; Neto *et al.*, 2023).

A auxina atua também na regulação da deiscência das anteras e na maturação dos grãos de pólen. Produzida no interior das anteras, sua distribuição, por meio de transporte direcionado, também contribui para o crescimento diferencial do filamento pré-antese, evidenciando sua importância nos processos reprodutivos das plantas (Cecchetti *et al.*, 2008).

As auxinas também estão envolvidas na diferenciação dos tecidos vasculares, alongamento, expansão celular e na iniciação de primórdios radiculares, que ocorrem nas proximidades dos elementos do protoxilema em diferenciação (Neto, 2022b).

A aplicação exógena de auxina tem grande impacto no acúmulo e na conversão de pigmentos, compostos fenólicos totais e flavonoides, além de alterar os níveis de metabólitos primários, como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos, ao longo do processo de amadurecimento de culturas de tomate (Li *et al.*, 2017).

2.3 Anatomia foliar

As características anatômicas foliares, como a organização do mesofilo, espessura da parede celular, nervuras e estômatos, influenciam diretamente processos fisiológicos essenciais, particularmente a fotossíntese (Xiong *et al.*, 2016).

Tudo indica que há uma forte relação entre o comprimento das nervuras foliares e a condutância hidráulica no xilema. Isso sugere que a anatomia foliar tem forte influência na condutância hidráulica das folhas (Xiong *et al.*, 2016). Os autores destacam também, a relação entre a condutância do mesofilo e a condutância hidráulica foliar fora do xilema, que são mediadas pelas variações nas características do mesofilo. Esses resultados reforçam a necessidade de integrar aspectos anatômicos ao investigar as interações entre estrutura foliar e funções fisiológicas.

Segundo Wei *et al.* (2024), a condutância hidráulica, bem como a regulação estomática das folhas estão fortemente associadas à captação de CO₂, sendo fundamentais para o desenvolvimento e a sobrevivência das plantas.

Tomás *et al.* (2013) demonstraram que a condutância do mesofilo está estreitamente relacionada a características anatômicas, como a razão entre a superfície exposta do cloroplasto, a área foliar e a espessura da parede celular. Essa relação, no entanto, pode variar entre diferentes espécies e tipos de folhas. Em espécies com folhas mesofíticas, a permeabilidade das membranas e a condutância do citosol celular e do estroma cloroplastídico são os principais fatores que influenciam a condutância do mesofilo. No entanto, em espécies com folhas esclerófitas, a espessura da parede celular é o fator limitante mais importante. Esses resultados evidenciam a importância da anatomia foliar na restrição da difusão de CO₂ no mesofilo e, conseqüentemente, na capacidade fotossintética das plantas.

Um estudo realizado por Wei *et al.* (2024) demonstrou que plantas em diferentes estágios de sucessão em florestas subtropicais apresentam variações distintas para lidar com as alterações de luz e umidade. Essas variações envolvem a combinação de características anatômicas foliares, que permite que as espécies se integrem de forma eficaz aos seus respectivos ambientes. Ainda, o estudo revelou que arbustos e pequenas árvores de pastagens apresentaram características foliares marcantes, como maior espessura foliar, espessura do mesofilo paliçádico, proporção de espessura entre o mesofilo paliçádico e esponjoso, e maior rigidez do tecido paliçádico.

Em contrapartida, árvores da floresta primária apresentaram valores menores para espessura de folhas, densidade estomática, índice de condutância potencial, espessura da epiderme adaxial e proporção de espessura do parênquima paliçádico em relação ao parênquima esponjoso. Esses resultados sugerem diferenças funcionais e estruturais relacionadas às condições ambientais específicas de cada local.

2.3.1 Estômatos

Os estômatos são estruturas especializadas presentes na epiderme vegetal, com a função principal de regular as trocas gasosas e a perda de vapor de água para o ambiente. Embora sejam mais abundantes nas folhas, também podem ser encontrados em caules jovens, peças florais e frutos imaturos. Cada estômato é composto por células subsidiárias, células-guarda e um poro estomático também chamado de ostíolo. Essa estrutura complexa permite

que a planta ajuste a abertura dos poros em resposta a diversos estímulos ambientais, controlando assim a taxa de fotossíntese e transpiração (Rodrigues, Amano e Almeida, 2015).

Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009) a distribuição e a densidade dos estômatos nas plantas podem variar consideravelmente, sendo influenciadas por diversos fatores. Eles podem se distribuir de maneira distinta entre as faces adaxial e abaxial de uma mesma folha, assim como ao longo da lâmina foliar, nas regiões basal, mediana e apical. Além disso, a quantidade de estômatos pode diferir entre os diferentes órgãos da planta. Fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, temperatura e radiação, também influenciam essas variações, tornando os estômatos importantes indicadores das respostas das plantas às condições ambientais.

Em um estudo conduzido por Ranawana *et al.* (2021) com trigo, a resposta da condutância estomática (gs) ao déficit de pressão de vapor (DPV) mostrou-se proporcional quando a demanda atmosférica por água foi baixa, mas em situações de estresse hídrico, o fechamento estomático foi acentuado, independentemente do nível de DPV. Ainda, as respostas de gs ao VPD foram controladas majoritariamente pelos estômatos presentes na face adaxial das folhas, evidenciando o papel funcional da distribuição estomática em condições ambientais adversas.

As folhas podem ser classificadas em três tipos com base na distribuição dos estômatos: epiestomáticas, quando os estômatos estão presentes apenas na face superior; hipoestomáticas, quando estão presentes exclusivamente na face inferior; e anfiestomáticas, quando os estômatos ocorrem em ambas as faces da folha (Rodrigues, Amano e Almeida, 2015).

A presença de estômatos em ambas as faces foliares, característica das plantas herbáceas, oferece vantagens evolutivas significativas. Em folhas espessas, essa distribuição reduz a distância para o transporte de CO₂ até os cloroplastos, otimizando a fotossíntese (Drake *et al.*, 2018; Muir, 2015).

Já em plantas herbáceas anuais de rápido crescimento, onde as vias de difusão já são curtas, a anfiestomia potencializa ainda mais a troca gasosa entre a folha e a atmosfera. Além disso, ela contribui para o equilíbrio hídrico das folhas, minimizando variações de temperatura e prevenindo a condensação de água, o que pode dificultar a difusão de CO₂ (Drake *et al.*, 2018; Muir, 2015).

Os estômatos podem tanto limitar quanto potencializar a taxa fotossintética, ao regular as trocas gasosas entre a planta e o ambiente. Nesse sentido, a modulação da resposta estomática pode ser uma abordagem promissora para otimizar a fotossíntese e aumentar a

biomassa vegetal, especialmente em ambientes naturais (Kimura *et al.*, 2020; Yamori *et al.*, 2020).

O desenvolvimento dos estômatos nas folhas é um processo altamente sensível às condições ambientais, sendo influenciado por fatores como a intensidade luminosa e a concentração de dióxido de carbono (Casson e Gray, 2008). Essas condições ambientais também impactam características como a densidade estomática, definida pelo número de estômatos por unidade de área epidérmica, e o índice estomático, que representa a proporção relativa de estômatos em relação ao total de células epidérmicas (Castro, Pereira e Paiva, 2009).

A densidade e o tamanho estomático estão inter-relacionados. Altas densidades de estômatos pequenos favorecem ajustes mais rápidos na condutância estomática, promovendo maiores taxas fotossintéticas e um uso mais eficiente da água (Drake, Froend e Franks, 2013). Essa dinâmica é reforçada pela influência direta da densidade estomática na condutância estomática, que representa a capacidade das folhas de realizar trocas gasosas com o ambiente (Pearce *et al.*, 2006).

Tanto a densidade estomática quanto o tamanho das células-guarda apresentam alta plasticidade em resposta às condições hídricas, mudando de forma a impactar processos fisiológicos fundamentais, como a fotossíntese e a eficiência no uso da água (Xu *et al.*, 2008).

Nesse contexto, estudos sugerem que a evolução das angiospermas foi marcada por alterações estruturais e funcionais nos estômatos. A combinação de uma maior densidade estomática com estômatos menores aponta para uma otimização do processo fotossintético e melhor aclimatação às variações ambientais (Xiong *et al.*, 2017). Segundo Assouline e Or (2013) essa alteração pode ter sido em função da concentração de CO₂ atmosférico, que sofreu um aumento.

O índice estomático é um parâmetro importante que representa a relação entre o número de estômatos e o total de células epidérmicas. Esse índice é calculado pela divisão do número de estômatos pelo total de células epidérmicas na área observada (Castro, Pereira e Paiva, 2009). A análise do índice estomático revela padrões distintos entre plantas herbáceas e lenhosas. As herbáceas geralmente apresentam valores mais elevados tanto na face adaxial quanto na abaxial, quando comparadas às lenhosas. Além disso, a resposta a fatores climáticos também difere entre esses dois grupos (Liu *et al.*, 2024).

Em herbáceas, o índice abaxial mostra menor variação temporal, enquanto o índice adaxial é mais sensível às mudanças climáticas. Em contrapartida, as lenhosas apresentam maior oscilação no índice abaxial e menor no adaxial (Liu *et al.*, 2024).

Liu *et al.* (2024) destacam a importância do índice estomático como uma ferramenta para avaliar as respostas das plantas às mudanças climáticas. Os mesmos autores sugerem que a análise da distribuição estomática nas folhas de herbáceas e lenhosas podem, também, ser um indicador útil para avaliar a eficiência fotossintética dessas plantas, oferecendo novas perspectivas para estudos fisiológicos e ecológicos.

Um índice estomático mais alto geralmente favorece o estado da água das plantas e podem estar correlacionados à estômatos menores (Bello e Escobar, 2015). Ademais, alguns autores indicam uma correlação negativa entre o índice estomático e o aumento de CO₂ atmosférico, logo, com as intensas mudanças climáticas, conseqüentemente, o incremento de CO₂, o índice estomático tende a diminuir (Haworth *et al.*, 2010). Todavia, Hu *et al.* (2015) sugerem que a elevação de CO₂ implica no aumento do índice estomático.

Conforme Ribeiro *et al.* (2012), o índice estomático pode variar em função do tamanho das células epidérmicas, sugerindo que o maior índice pode estar relacionado ao maior tamanho dessas células. Ainda, os autores sugerem que maior índice estomático pode refletir a menor densidade estomática e menor tamanho estomático.

O diâmetro polar determina o tamanho dos estômatos e sua relação com o diâmetro equatorial, define a funcionalidade estomática. Quanto maior a proporção DP/DE, maior será a funcionalidade, conforme descrito por Castro, Pereira e Paiva (2009).

Haworth *et al.* (2018) apontam que o tamanho estomático e a densidade estomática geralmente estão relacionadas. Estômatos maiores geralmente refletem a uma menor densidade estomática (Ribeiro *et al.*, 2012).

Enquanto estômatos menores são mais eficientes no uso de água e respondem de forma mais rápida às condições no meio, sendo fundamentais em locais com baixa disponibilidade hídrica. Também, auxiliam na aclimação dos cultivares em diferentes condições adversas (Drake, Froend e Franks, 2013; Xiong *et al.*, 2017).

Segundo Drake, Froend e Franks (2013), o tamanho dos estômatos está estritamente correlacionado à condutância estomática de forma inversa. Logo, folhas com estômatos menores possuem maior condutância estomática.

Diferentes autores indicam que ao influenciar nas trocas gasosas, os estômatos menores incrementam a fixação de CO₂, potencializando as taxas fotossintéticas, sendo uma vantagem em relação às folhas que tem estômatos maiores em menor densidade (Drake, Froend e Franks, 2013; Franks e Beerling, 2009).

Estudos sugerem que a funcionalidade estomática está intimamente relacionada ao uso mais eficiente de água, onde estômatos mais funcionais respondem de forma mais rápida

e eficaz às condições de pouca disponibilidade hídrica, bem como conseguem assimilar CO₂ com menores aberturas, minimizando a perda de água (Magalhães *et al.*, 2009; Woltering e Paillart, 2018).

A perda excessiva de água para a atmosfera pode ser provocada pela má funcionalidade estomática. Quando os estômatos não respondem de forma rápida ou se mantem abertos durante condições de estresse hídrico, como seca, a planta sofre com um balanço hídrico negativo (Van Doorn, 2012).

Em suma, estudos conduzidos por Fanourakis *et al.* (2013), indicam que plantas cultivadas em alta umidade relativa (UR) na última parte da expansão das folhas, tiveram a funcionalidade dos estômatos prejudicadas. Os autores sugerem que os estômatos expostos à UR por longo tempo, não conseguem se fechar por completo em baixa disponibilidade de água, prejudicando o equilíbrio hídrico da planta.

Os hormônios vegetais também podem influenciar na regulação dos padrões estomáticos. A auxina, por exemplo, exerce um efeito inibidor sobre o desenvolvimento estomático ao suprimir a expressão do gene *STOMAGEN* no mesófilo. Esse mecanismo é mediado pela proteína ARF5 (MONOPTEROS), que se liga diretamente ao promotor de *STOMAGEN*, bloqueando sua transcrição. A sinalização da auxina por meio do complexo TIR1/AFB ativa a repressão de *STOMAGEN* por MONOPTEROS, regulando negativamente a formação de estômatos (Zhang *et al.*, 2014).

Todavia, as giberelinas atuam como reguladoras positivas na formação estomática, funcionando a montante das vias de sinalização de brassinosteróides e do complexo transcricional TTG/bHLHs/MYBs/GL2, ambos essenciais no controle do desenvolvimento dos estômatos (González, Fuentes, Serna, 2017).

As citocininas também influenciam diretamente no número de estômatos nas folhas, pois promovem divisões celulares assimétricas essenciais para sua formação. O fator de transcrição *SPEECHLESS* (SPCH), principal regulador dessas divisões, é modulado por sinais como as citocininas. Apesar de ainda não estar completamente elucidada, a interação entre as citocininas e SPCH forma um circuito regulatório complexo, que controla tanto a extensão quanto o tipo de divisões celulares durante o desenvolvimento estomático (Vatén *et al.*, 2018).

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido por 100 dias no viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, *campus* São João Evangelista (IFMG-SJE). Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizados (DIC), em esquema fatorial 4 x 3, sendo três formas de aplicação do fitoestimulante, além de um tratamento controle (no qual não houve aplicação fitoestimulante), e três híbridos de milho, com três repetições para cada tratamento. O experimento contou com 12 tratamentos diferentes, que, ao considerar as três replicações, resultaram em 36 unidades experimentais.

Os três híbridos comerciais de milho utilizados foram o Brevant 2433, KWS vip 3 e Feroz, denominados H1, H2 e H3, respectivamente, obtidos diretamente das empresas e comercialmente certificados.

O fitoestimulante utilizado foi o Stimulate®, que é composto por citocinina, giberelina e auxina em diferentes doses (anexo 1), aplicado de acordo com a dose comercial do produto recomendada pelo fabricante, de três formas distintas: via foliar (500 mL há⁻¹), via grão (15mL kg⁻¹), via solo (1000 mL há⁻¹) além de um grupo controle, no qual foi aplicado apenas água.

No tratamento via grão, o fitoestimulante foi administrado em uma parcela do experimento com o auxílio de uma pipeta graduada. Para o tratamento via solo, o produto foi aplicado em outra parcela utilizando um pulverizador manual, enquanto no tratamento via foliar, a aplicação foi realizada no estágio fenológico V4 do milho, também com o uso de pulverizador.

O solo utilizado no experimento foi coletado de uma área de plantio e submetido a uma análise completa. Após a análise (anexo 2), realizou-se a correção do solo 30 dias antes da semeadura, permitindo que o calcário ajustasse adequadamente o pH. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 20 litros de solo, distribuídos em canteiros na casa de vegetação e separados por corredores. Em cada vaso, foram semeados três grãos de milho.

Após 15 dias do plantio, foi realizado o raleio, ficando uma planta de milho por vaso. A adubação de plantio proposta foi 4,16 g por planta da forma comercial (08-28-16). Também foram realizadas outras duas adubações de cobertura utilizando ureia como fonte de nitrogênio e potássio, sendo 4,36 g de ureia e 0,13 g de cloreto de potássio (Coelho, 2006).

A primeira adubação de cobertura foi realizada quando o milho estava com 4 folhas, e a segunda, quando ele estava com 8 folhas totalmente desenvolvidas. A irrigação foi realizada manualmente, com o uso de um regador, o que permitiu medir com precisão a

quantidade de água para cada planta e garantiu que todos os vasos recebessem a mesma quantidade.

3.1 Análise anatômica

Aos 120 dias, as plantas foram coletadas e levadas para o Laboratório de Botânica e Ecologia do IFMG-SJE, onde as amostradas foram retiradas no centro das folhas do terceiro nó, fixadas em FAA 70% (Johansen, 1940) e, após 24 horas, foram armazenadas em álcool 70%. Para a análise histológica, foram feitos cortes à mão livre utilizando uma lâmina de corte, em ambas as faces da folha (abaxial e adaxial). Para cada folha foram confeccionadas duas lâminas, totalizando seis por tratamento.

O material foi clarificado em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (v/v) por 10 minutos, lavado em água destilada também por 10 minutos e, em seguida, corado com safranina a 1%. As lâminas semipermanentes foram montadas com verniz vitral incolor (Paiva *et al.*, 2006), utilizando glicerina a 50% (v/v). As amostras foram analisadas em um microscópio óptico binocular Nikon Eclipse 50i, as imagens foram capturadas com uma câmera Moticam 1000 acoplada ao microscópio e foi utilizado o *software* Motic Images Plus 2.0 ML.

Foram determinados a densidade estomática (DE), o índice estomático (IE) e a funcionalidade estomática (FUN). As áreas com nervuras foliares foram evitadas, conforme Poole e Kürschner (1999). A funcionalidade estomática foi mensurada por meio da medição do diâmetro polar (DP) e do diâmetro equatorial (DE) dos estômatos, conforme Castro, Pereira e Paiva (2009). As medições foram realizadas em 5 estômatos por imagem, totalizando 60 analisados por tratamento, sendo 30 na face adaxial e 30 na face abaxial. Considerou-se que a espécie analisada, *Zea mays*, apresenta folha anfiestomática. O índice estomático e a densidade estomática também foram determinados seguindo a metodologia proposta por Castro, Pereira e Paiva (2009).

3.2 Análise estatística

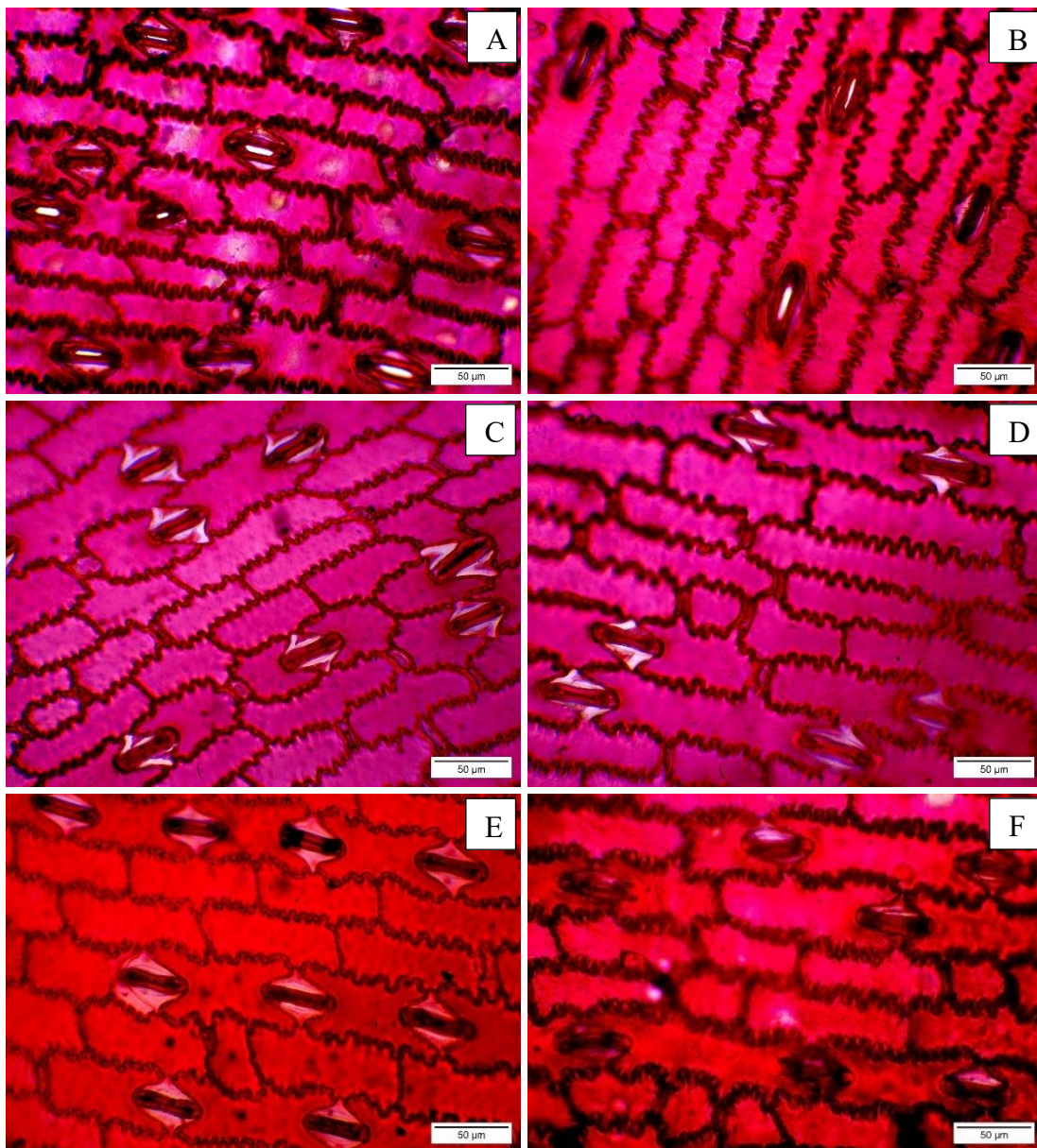
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Past.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade estomática

A folha do milho é caracterizada por ser anfiestomática com estômatos em halteres (figuras 1 a 4). A partir da análise estatística, foi determinado se os tratamentos obtiveram diferenças significativas em relação à densidade estomática.

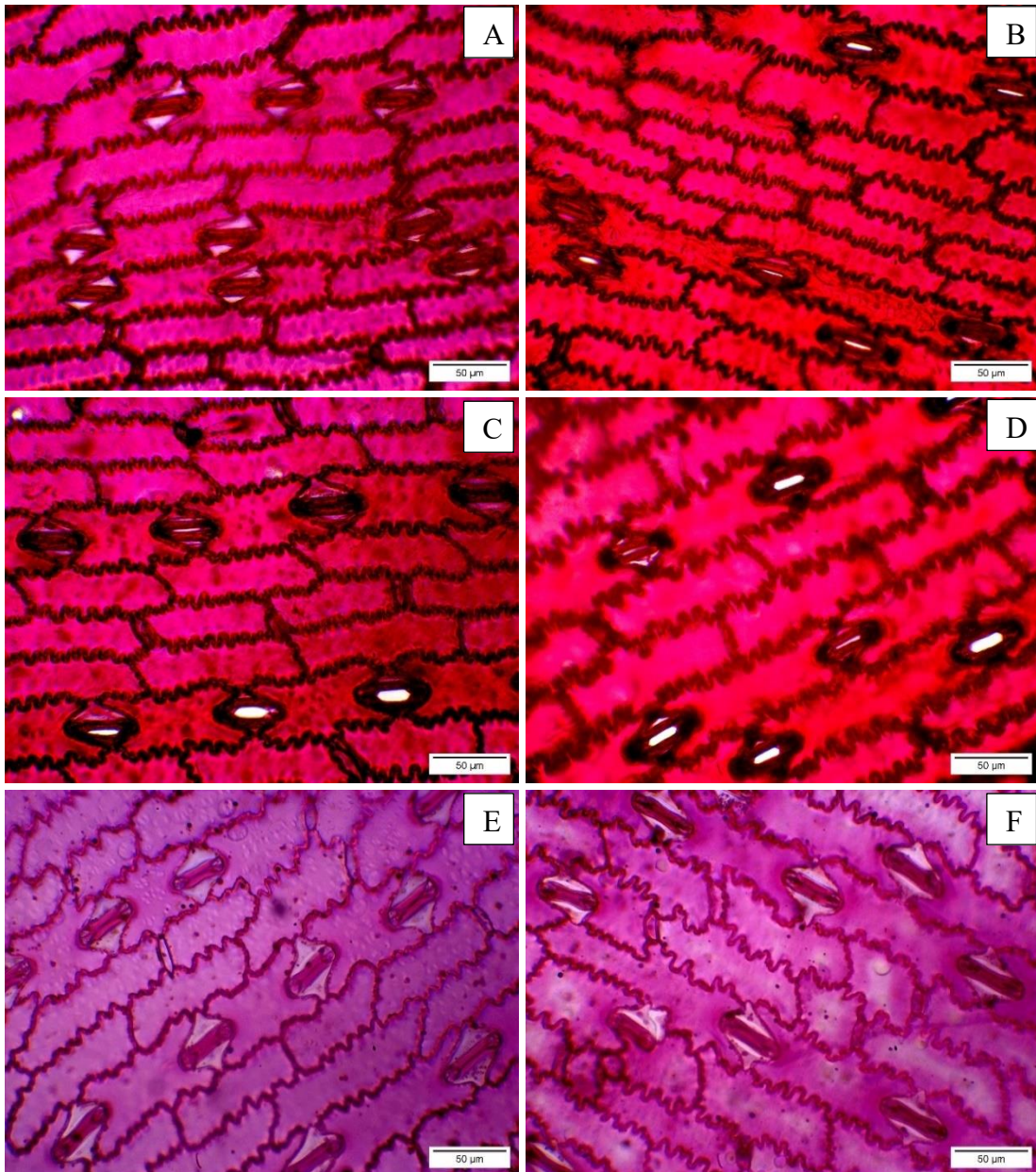
Figura 1: secção paradérmica da epiderme abaxial (A, C, E) e adaxial (B, D, F) do grupo controle no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F).



Fonte: autoria própria, 2025.

Imagem microscópica da epiderme abaxial e adaxial em objetiva de 40x quando aplicado o fitoestimulante via folha em três híbridos comerciais, onde é possível observar células ordinárias, bem como estômatos (figura 2).

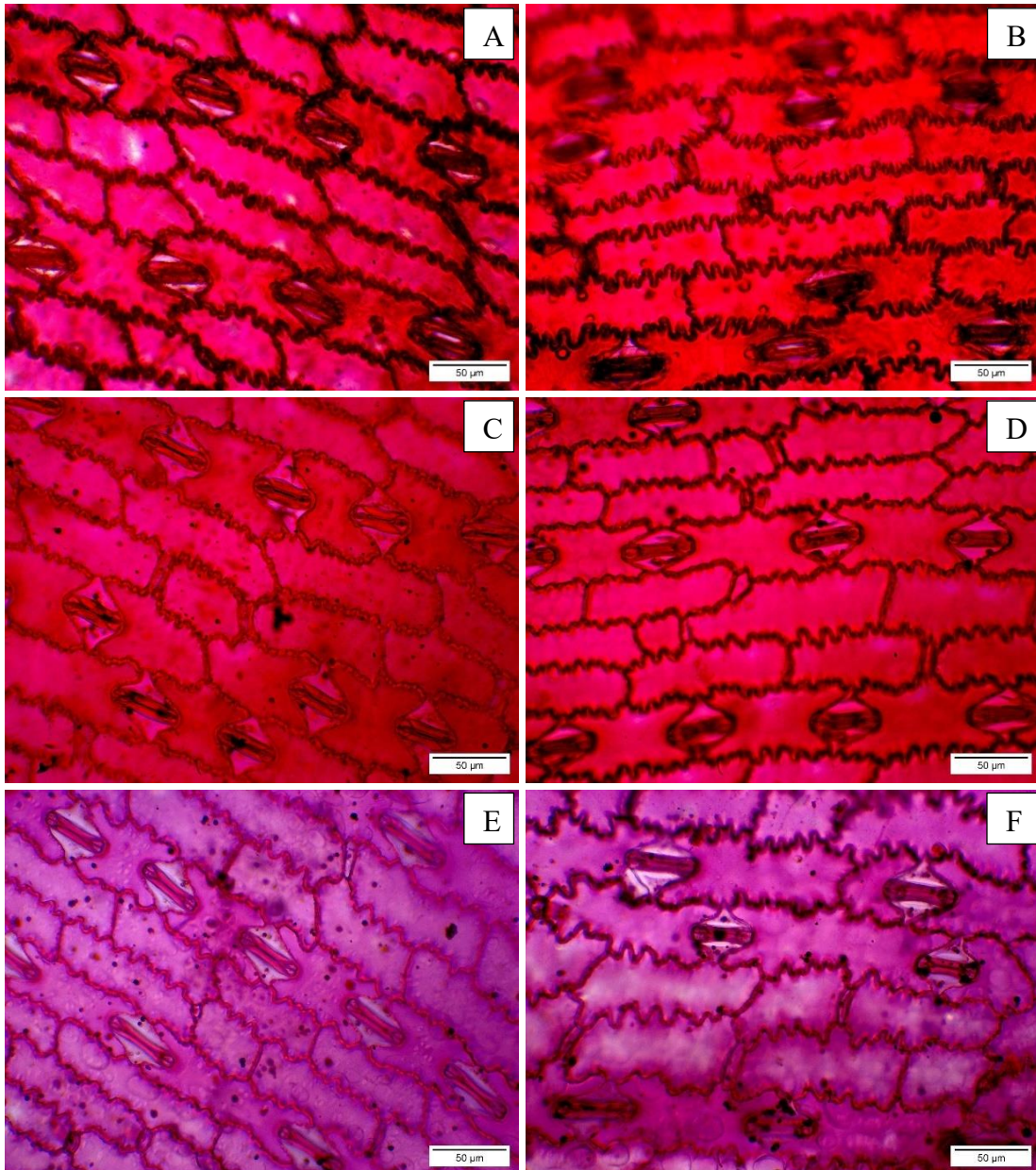
Figura 2: secção paradérmica da epiderme abaxial e adaxial, respectivamente, sob a aplicação do fitoestimulante via folha no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F).



Fonte: autoria própria, 2025.

Imagem microscópica da epiderme abaxial e adaxial em objetiva de 40x quando aplicado o fitoestimulante via grão em três híbridos comerciais, onde é possível observar células ordinárias, bem como estômatos (figura 3).

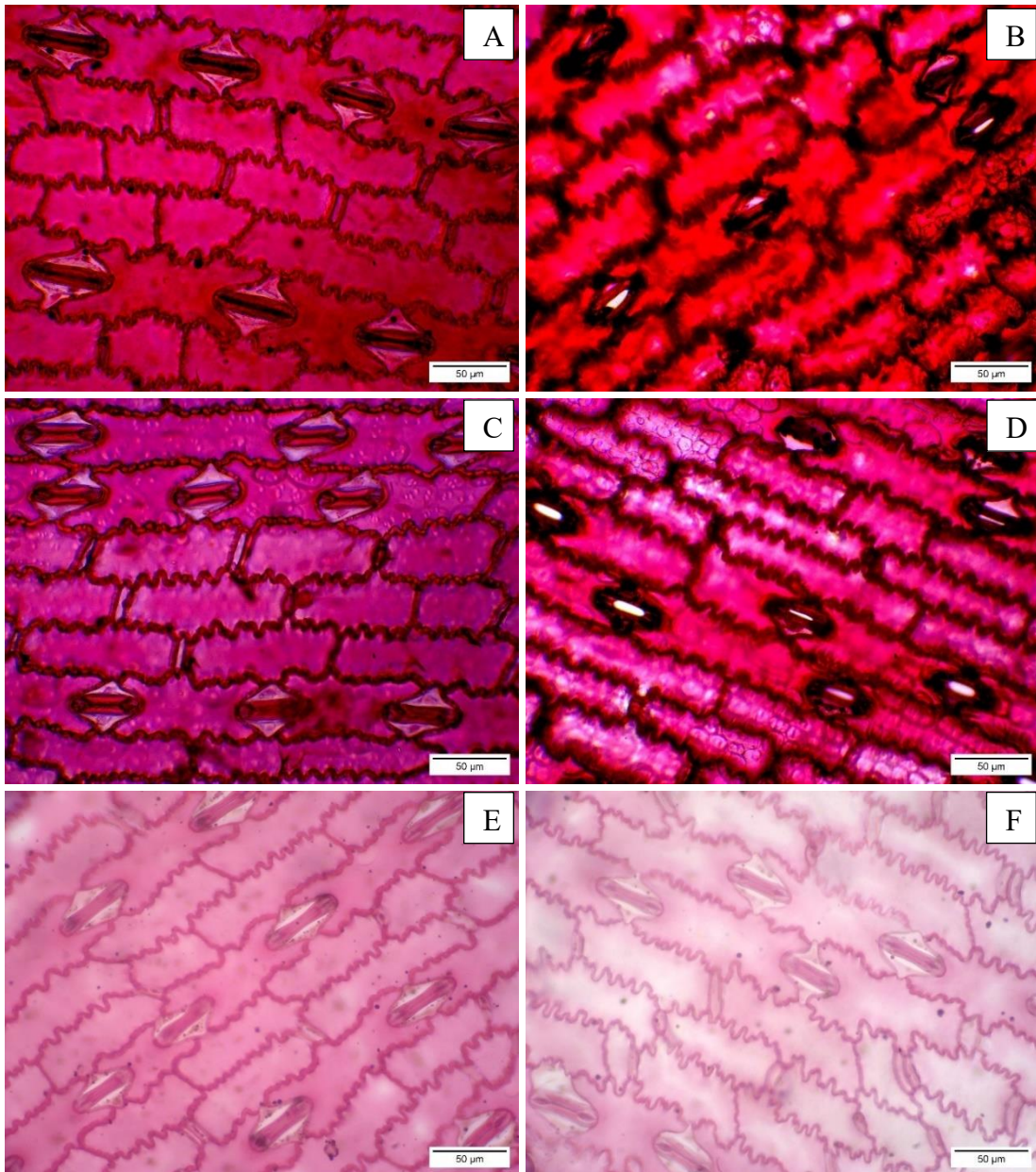
Figura 3: secção paradérmica da epiderme abaxial e adaxial, respectivamente, sob a aplicação do fitoestimulante via grão no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F).



Fonte: autoria própria, 2025.

Imagem microscópica da epiderme abaxial e adaxial em objetiva de 40x quando aplicado o fitoestimulante via solo em três híbridos comerciais, onde é possível observar células ordinárias, bem como estômatos (figura 4).

Figura 4: secção paradérmica da epiderme abaxial e adaxial, respectivamente, sob a aplicação do fitoestimulante via solo no Brevant 2433 (A e B); KWS vip 3 (C e D); Feroz (E e F).



Fonte: autoria própria, 2025.

Na face adaxial, os tratamentos não apresentaram diferença estatisticamente, atingindo o mesmo número de estômatos por mm^2 . Enquanto na face abaxial, o grupo controle e aplicação via folha resultaram em maior densidade estomática no Brevant 2433, em contrapartida, no KWS vip 3 a aplicação via solo alcançou a menor média. E no Feroz, o

grupo controle e a aplicação via solo obtiveram as maiores médias. Ao correlacionar os três híbridos juntos, a aplicação via folha alcançou a maior média nos híbridos Brevant 2433 e KWS vip 3 (tabela 1).

Tabela 1: Média da densidade estomática (estômatos por mm²) da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.

Formas de aplicação	Híbrido		
	Brevant 2433	KWS vip 3	Feroz
Controle	106 A a	107 A a	104 A a
Folha	111 A a	101 A a	80 B b
Grão	84 B a	100 A a	84 B a
Solo	80 B a	85 B a	93 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem pelo Teste Tukey (P<0,05).

Fonte: autoria própria, 2025.

Assouline e Or (2013) relatam que o tamanho dos estômatos diminui à medida que a densidade estomática aumenta. Esse padrão também foi observado no híbrido KWS vip 3 neste estudo, na face abaxial, onde o grupo controle e os tratamentos com aplicação via folha e grão apresentaram as maiores médias de densidade estomática e, simultaneamente, os menores diâmetros polar e equatorial, sugerindo a presença de estômatos menores.

Os tratamentos com maior densidade estomática provavelmente terão maior eficiência fotossintética, pois a fixação de CO₂ é favorecida pelo aumento do número de estômatos. Consequentemente, podem apresentar um aumento significativo na produção de biomassa, conforme apontam Castro, Pereira e Paiva (2009) e Sakoda *et al.* (2020). Essa relação pode ser confirmada por meio de análises morfológicas e fisiológicas.

4.2 Índice estomático

Na face adaxial não houve diferença estatisticamente entre os tratamentos. Em contrapartida, na face abaxial, foi observado diferenças estatisticamente significativas no índice estomático para o Brevant 2433 e Feroz. Em relação ao Brevant 2433, a aplicação via grão exibiu menor índice em comparação às demais formas de aplicação. Enquanto no Feroz, o grupo controle sobressaiu com a melhor média. Já no KWS vip 3, não houve variação significativa entre as aplicações. Ao comparar os três híbridos entre si, as formas de aplicação do fitoestimulante não revelaram resultados discrepantes (tabela 2).

Tabela 2: Média do índice estomático [(IE = N° de estômatos/ N° de estômatos + N° de células epidérmicas) x 100] da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.

Forma de aplicação	Híbrido		
	Brevant 2433	KWS vip 3	Feroz
Controle	20,17 A a	18,84 A a	20,86 A a
Folha	19,09 A a	19,70 A a	16,28 B a
Grão	15,59 B a	18,36 A a	17,02 B a
Solo	17,08 A a	19,29 A a	17,40 B a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem pelo Teste Tukey (P<0,05).

Fonte: autoria própria, 2025.

A relação com a densidade estomática pode ter influenciado esses resultados, já que as variações na densidade foram semelhantes aos do índice. Isso provavelmente aconteceu em função da variação das células ordinárias que também foram alteradas em resposta ao fitoestimulante.

Os tratamentos que obtiveram maior índice estomático, podem apresentar melhor balanço hídrico, sendo melhores em ambientes mais secos e áridos, como indicam Bello e Escobar (2015). Segundo os mesmos autores, o índice pode estar correlacionado a estômatos menores. No entanto, essa relação não foi observada neste estudo, pois os tratamentos que revelaram diferenças estatísticas não coincidiram com aqueles que tiveram variações no diâmetro polar e equatorial.

4.3 Diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE)

A análise e comparação de dados estatísticos indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos para os diâmetros polar e equatorial.

Na porção abaxial foliar do KWS vip 3, a aplicação pelo solo mostrou-se ter a maior média de diâmetro polar. Comparando os híbridos entre si, o tratamento controle do Brevant 2433 se destacou, atingindo a maior média em comparação com o grupo controle dos demais híbridos. Paralelamente, a aplicação pela folha, grão e solo não apresentaram diferença relevante entre si nos tipos de milho (tabela 3).

Tabela 3: Média do diâmetro polar (DP), em μm , da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.

Forma de aplicação	Híbrido		
	Brevant 2433	KWS vip 3	Feroz
Controle	50,4018 A a	40,2597 B b	46,5704 A b
Folha	43,4262 A a	47,8513 B a	45,7730 A a
Grão	47,2335 A a	42,6397 B a	48,2842 A a
Solo	48,9523 A a	51,9808 A a	45,2225 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: autoria própria, 2025.

Ao avaliar estatisticamente o diâmetro equatorial da porção abaxial, a aplicação via folha no Brevant 2433 exibiu-se com a menor média, enquanto o solo, no KWS vip 3, sobressaiu-se sobre as outras formas de aplicação ao apresentar maior valor. Os tratamentos, controle e aplicação via solo se diferenciaram entre os híbridos, sendo, em ambos, a menor média encontrada no Feroz (tabela 4).

Tabela 4: Média do diâmetro equatorial (DE), em μm , da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.

Formas de aplicação	Híbrido		
	Brevant 2433	KWS vip 3	Feroz
Controle	14,9352 A a	14,3413 B a	11,1816 A b
Folha	11,2532 B a	13,8803 B a	11,4262 A a
Grão	12,4726 A a	11,2847 B a	10,6933 A a
Solo	14,4376 A a	14,4427 A a	9,1416 A b

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: autoria própria, 2025.

Em contrapartida, os tratamentos não se distinguiram em relação à média do diâmetro polar na face adaxial. No entanto, o diâmetro equatorial no KWS vip 3, com aplicação via grão, obteve a menor média comparada as restantes (tabela 5).

Ao relacionar os três híbridos, a aplicação via solo nos híbridos Brevant 2433 e KWS vip 3, atingiu as maiores média em relação ao Feroz.

Tabela 5: Média do diâmetro equatorial (DE), em μm , da face adaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.

Formas de aplicação	Híbrido		
	Brevant 2433	KWS vip 3	Feroz
Controle	14,4367 A a	14,2783 A a	13,5727 A a
Folha	15,9936 A a	17,2266 A a	12,0729 A a
Grão	14,8219 A a	10,4956 B a	13,0989 A a
Solo	15,8232 A a	20,2321 A a	8,9252 A b

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem pelo Teste Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: autoria própria, 2025.

O híbrido KWS Vip 3 apresentou menores médias do diâmetro polar e equatorial na face abaxial quando o fitoestimulante foi aplicado via folha e grão, bem como no grupo controle. Isso sugere que, nessas condições, os estômatos desse híbrido são menores em comparação com os demais, o que pode aumentar sua eficiência no uso da água e nas trocas gasosas, favorecendo a assimilação de CO_2 e potencializando a taxa fotossintética, conforme sugerido por Drake, Froend e Franks (2013) e Franks e Beerling (2009).

4.5 Funcionalidade estomática

Na face abaxial, os resultados mostram que não houve uma variação discrepante para a funcionalidade estomática entre as formas de aplicação dentro de cada híbrido (isolados). Todavia, ao correlacioná-las com os híbridos em conjunto, tiveram uma expressiva diferença: o grupo controle no Feroz obteve maior funcionalidade em relação ao grupo controle no Brevant 2433 e KWS vip 3. Ao mesmo tempo que, a aplicação por meio do solo destaca-se com maior funcionalidade no Feroz contrapondo os demais híbridos (tabela 6).

Tabela 6: Média da funcionalidade estomática (FUN = Diâmetro polar/ Diâmetro Equatorial) da face abaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.

Formas de aplicação	Híbrido		
	Brevant 2433	KWS vip 3	Feroz
Controle	3,4834 A b	2,8729 A b	4,1989 A a
Folha	3,9548 A a	3,5173 A a	4,0652 A a
Grão	3,7775 A a	3,8497 A a	4,6397 A a
Solo	3,4985 A b	3,6654 A b	4,9933 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem pelo Teste Tukey (P<0,05).

Fonte: autoria própria, 2025.

Contudo, na face adaxial, os resultados apontam para maior funcionalidade na aplicação via solo referente ao Feroz, e menor funcionalidade para a aplicação via grão referente ao KWS vip 3. As vias de aplicação comparadas nos híbridos em conjunto não divergem de forma significativa, exceto, a via solo, no Feroz, destacando-se sobre os híbridos Brevant 2433 e KWS vip 3 (tabela 7).

Tabela 7: Média da funcionalidade estomática (FUN = Diâmetro polar/ Diâmetro Equatorial) da face adaxial, sob diferentes formas de aplicação do fitoestimulante e o grupo controle em três híbridos comerciais.

Formas de aplicação	Híbrido		
	Brevant 2433	KWS vip 3	Feroz
Controle	3,6364 A a	3,2709 A a	3,6154 B a
Folha	3,0919 A a	3,2888 A a	4,3010 B a
Grão	3,4193 A a	4,5599 A a	3,7278 B a
Solo	3,0074 A b	2,6484 B b	5,2572 A a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem pelo Teste Tukey (P<0,05).

Fonte: autoria própria, 2025.

Os tratamentos que apresentaram menor funcionalidade estomática na face adaxial podem estar mais sujeitos a desequilíbrios hídricos negativos. Estômatos menos funcionais tendem a responder mais lentamente ou permanecer abertos durante condições de estresse hídrico, como a seca, aumentando a perda de água, conforme observado por Van Doorn (2012).

Fanourakis *et al.* (2013) sugerem que o cultivo em condições de alta umidade relativa na última parte da expansão foliar, pode comprometer a funcionalidade dos estômatos. No entanto, como todos os tratamentos deste estudo foram cultivados no mesmo

ambiente, essa variável não explica as diferenças observadas na funcionalidade entre os tratamentos.

5. CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo indicam que a aplicação do fitoestimulante não contribui de maneira significativa no aumento da densidade estomática, índice estomático e funcionalidade estomática independente da forma de aplicação. Na maioria dos casos, observou-se médias iguais estatisticamente e até uma redução em praticamente todos os parâmetros em comparação com o grupo de controle, com exceção da funcionalidade estomática na face adaxial do híbrido Feroz, que apresentou um aumento discreto.

Não foi possível identificar as causas envolvidas na diminuição dos parâmetros. Portanto, faz-se necessário conduzir estudos adicionais que possam verificar outros atributos de crescimento e desenvolvimento da planta.

REFERÊNCIAS

- ASSOULINE, Shmuel; OR, Dani. Plant water use efficiency over geological time—evolution of leaf stomata configurations affecting plant gas exchange. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. e67757, 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0067757>. Acesso em: 24 jan. 2025.
- BAHTIAR, B. *et al.* Synergy of innovation between hybrid corn seed production and seed companies: A Review. **Agrivita Journal of Agricultural Science**, v. 44, n. 3, p. 604-615, 2022. Disponível em: <https://agrivita.ub.ac.id/index.php/agrivita/article/view/3907>. Acesso em: 08 dez. 2024.
- BARBOSA, J. V. A. **Fisiologia do milho**. 1983. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45496130.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2025.
- BARROS, J. F.C; CALADO, J. G. A cultura do milho. Escola de Ciências e Tecnologia. Departamento de Fitotecnia. Universidade de Évora. Portugal. 2014. 52p. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso em: 27 dez. 2024.
- BATISTA, M. F. *et al.* Aluminum in corn plants: influence on growth and morpho-anatomy of root and leaf. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 177-187, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/H7CjL8CwnFXnDzVspnyrCdk/?lang=en>. Acesso em: 27 dez. 2024.
- BATISTA-SILVA, W. *et al.* Modificações em perfis de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento e amadurecimento de frutos: correlação ou causalidade?. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1689, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01689/full>. Acesso em: 05 fev. 2025.
- BELLO, I. A.; ESCOBAR, I. M. E. Efecto del Pectimorf® en el índice estomático de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cultivos Tropicales**, v. 36, n. 3, p. 82-87, 2015. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362015000300013&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 26 jan. 2025.
- CASTRO, E.M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos. **Lavras: UFLA**, v. 9, n. 4, 2009.
- CASSON, S.; GRAY, J.E. Influence of environmental factors on stomatal development. **New Phytologist**, p. 9-23, 2008. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8137.2007.02351.x#b128>. Acesso em: 23 dez. 2024.
- CECCHETTI, V. *et al.* Auxin regulates Arabidopsis anther dehiscence, pollen maturation, and filament elongation. **The Plant Cell**, v. 20, n. 7, p. 1760-1774, 2008. Disponível em: <https://academic.oup.com/plcell/article-abstract/20/7/1760/6092379?redirectedFrom=fulltext&login=false>. Acesso: 24 dez, 2024.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2025.

CONAB — Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Milho: análise – dezembro/2023. Brasília, Distrito Federal, 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analise-regional-do-mercado-agropecuário/analise-regional-mg-milho/item/download/53045_87f7580bb9d91c51b1db8f1eebdb9fc9. Acesso em: 27 dez. 2024.

CONAB — Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos: Safra 2023/24 - Último levantamento da safra 2023/2024. Brasília, Distrito Federal, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 27 dez. 2024.

COUTINHO, M. E. D. *et al.* Giberelina na germinação de sementes de mãe cv. Dourado. **Revista Foco**, v. 3, pág. e1295-e1295, 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/1295>. Acesso em: 05 fev. 2025.

CUI, W. *et al.* Effects of gibberellin (GA4+ 7) in grain filling, hormonal behavior, and antioxidants in high-density maize (*Zea mays* L.). **Plants**, v. 9, n. 8, p. 978, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/8/978>. Acesso em: 08 dez. 2024.

DRAKE, P. L.; BOER, H. J.; SCHYMANSKI, S. J.; VENEKLAAS, E. J; Two sides to every leaf: water and CO₂ transport in hypostomatous and amphistomatous leaves. **New Phytologist**, p. 1179-1187, 2018. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.15652>. Acesso em: 26 dez. 2024.

DRAKE, P. L.; FROEND, R. H.; FRANKS, P. J. Smaller, faster stomata: scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 2, p. 495-505, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/64/2/495/531702?login=false>. Acesso em: 26 dez. 2024.

FANOURAKIS, Dimitrios *et al.* Evitar alta umidade relativa do ar durante estágios críticos da ontogenia foliar é decisivo para o funcionamento estomático. **Physiologia plantarum**, v. 142, n. 3, p. 274-286, 2011. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1399-3054.2011.01475.x?casa_token=fVi5EbGEZhUAAAAA:mB9zlaMdazvkUD7cNZVbQhUkwboQI_4_uFqiSVp9IW6AtS-XIfzAlVfsi9pVInh6yvy6FMlJv0F-Bw. Acesso em: 25 jan. 2025.

FATIMA, I. *et al.* Individual and synergistic effects of different fertilizers and gibberellin on growth and morphology of chili seedlings. **Ecological Frontiers**, v. 44, n. 2, p. 275-281, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1872203223000471>. Acesso em: 24 dez. 2024.

FRANKS, P. J.; BEERLING, D. J. Maximum leaf conductance driven by CO₂ effects on stomatal size and density over geologic time. **Proceedings of the National Academy of**

Sciences, v. 106, n. 25, p. 10343-10347, 2009. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0904209106>. Acesso em: 08 dez. 2024.

GANGA, Z. The role of APSA in the development of the Region's corn seed industry. **Agriculture and Natural Resources**, v. 44, n. 5, p. 764-767, 2010. Disponível em: <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/TKJN/10641541.pdf>. Acesso em 08 dez. 2024.

GONZÁLEZ, D.; FUENTES, S.; SERNA, L. Interactions among gibberellins, brassinosteroids and genes regulate stomatal development in the Arabidopsis hypocotyl. **International Journal of Developmental Biology**, v. 61, n. 6-7, p. 383-387, 2017. Disponível em: https://web.archive.org/web/20190309103145id_/http://pdfs.semanticscholar.org/f7de/6b31b36aaca51d7339ecaa36b52abe3a80ac.pdf. Acesso em: 23 dez. 2024.

HAWORTH, M. *et al.* Stomatal index responses of *Agrostis canina* to CO₂ and sulphur dioxide: implications for palaeo [CO₂] using the stomatal proxy. **New Phytologist**, v. 188, n. 3, p. 845-855, 2010. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-8137.2010.03403.x>. Acesso em: 26 jan. 2025.

HAWORTH, Matthew *et al.* Allocation of the epidermis to stomata relates to stomatal physiological control: stomatal factors involved in the evolutionary diversification of the angiosperms and development of amphistomaty. **Environmental and Experimental Botany**, v. 151, p. 55-63, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847218300959>. Acesso em: 24 jan. 2025.

HU, L. *et al.* Effects of auxin at different concentrations on the growth, root morphology and cadmium uptake of maize (*Zea mays* L.). **Phyton (0031-9457)**, v. 91, n. 9, 2022. Disponível em: https://cdn.techscience.cn/uploads/attached/file/20220510/20220510105241_47845.pdf. Acesso em: 08 dez. 2024.

HU, H. *et al.* Distinct cellular locations of carbonic anhydrases mediate carbon dioxide control of stomatal movements. **Plant Physiology**, v. 169, n. 2, p. 1168-1178, 2015. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article-abstract/169/2/1168/6113879>. Acesso em: 26 jna. 2025.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill, 1940.523p.

KIMURA, H. *et al.* Improved stomatal opening enhances photosynthetic rate and biomass production in fluctuating light. **Journal of experimental botany**, v. 71, n. 7, p. 2339-2350, 2020. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/71/7/2339/5755861>. Acesso em: 2024.

KUMAR, D.; JHARIYA, A. N. Nutritional, medicinal and economical importance of corn: A mini review. **Research Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 2319, p. 555X, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Aditya-Narayan-7/publication/256761879_Mini_Review_Paper_Nutritional_Medicinal_and_Economical_imp_ortance_of_Corn_A_Mini_Review/links/00463523ba1f928843000000/Mini-Review-Paper-

Nutritional-Medicinal-and-Economical-importance-of-Corn-A-Mini-Review.pdf. Acesso em: 08 dez. 2024.

LI, J. *et al.* Effects of exogenous auxin on pigments and primary metabolite profile of postharvest tomato fruit during ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 219, p. 90-97, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817301607>. Acesso em: 24 dez. 2024.

LI, J. *et al.* Gibberellin-dependent pulp pigmentation in CPPU-induced parthenocarpic melon fruit: Insights from metabolome and transcriptome analysis. **Scientia Horticulturae**, v. 339, p. 113851, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423824010033>. Acesso em: 24 dez. 2024.

LIU, Z. *et al.* Climate factors determine large-scale spatial patterns of stomatal index in Chinese herbaceous and woody dicotyledonous plants. **Science of The Total Environment**, v. 949, p. 175112, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724052628>. Acesso em: 26 dez. 2024.

MAGALHÃES, P. C. *et al.* **Anatomia foliar nos sucessivos ciclos de seleção do milho Saracura sob alagamento intermitente do solo.** 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Thiago-Souza-8/publication/239614521_Anatomia_foliar_nos_sucessivos_ciclos_de_selecao_do_milho_Saracura_sob_alagamento_intermitente_do_solo/links/0c9605319be2f49d62000000/Anatomia-foliar-nos-sucessivos-ciclos-de-selecao-do-milho-Saracura-sob-alagamento-intermitente-do-solo.pdf. Acesso em: 05 fev. 2025.

MENDES, R.M de S.; LUCENA, E.M.P. de; MEDEIROS, J.B.L.P. **Princípios de fisiologia vegetal.** 2015.

MUIR, C. D. Making pore choices: repeated regime shifts in stomatal ratio. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1813, p. 20151498, 2015. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2015.1498>. Acesso em: 26 dez. 2024.

NETO, A. A. C. As citocininas no desenvolvimento vegetal: Correlação com o nitrogênio. **Laboratório de Anatomia Vegetal**, p. 64, 2022a. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Ribeiro-14/publication/362291964_Botanica_no_Inverno_2022_-_XI_Edicao/links/62fe6739eb7b135a0e43aae3/Botanica-no-Inverno-2022-XI-Edicao.pdf#page=85. Acesso em: 27 dez. 2024.

NETO, A. A. C. A auxina no desenvolvimento vegetal: Respostas nas angiospermas epífitas. **Laboratório de Anatomia Vegetal**, p. 84, 2022b. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Ribeiro-14/publication/362291964_Botanica_no_Inverno_2022_-_XI_Edicao/links/62fe6739eb7b135a0e43aae3/Botanica-no-Inverno-2022-XI-Edicao.pdf#page=85. Acesso em: 23 dez. 2024.

NETO, A. A. C.; SILVA, M. F.; SILVA, M. M. A auxina e seus efeitos em orquídeas e bromélias. **In: Botânica no inverno 2023**. Orgs: Lopes, A.L. *et al.* São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2023. 203p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Elielson-Silveira/publication/372743612_Apostila_XII_Botanica_no_Inverno_2023/links/64c519426f28555d86e07a69/Apostila-XII-Botanica-no-Inverno-2023.pdf#page=88. Acesso em: 24 dez. 2024.

NIETO, D. D. C. *et al.* Use of cytokinins and composting to improve the agronomic and physiological traits of caigua (*cyclanthera pedata* L.). **Sabrao Journal of Breeding & Genetics**, v. 55, n. 5, 2023. Disponível em: <https://sabraojournal.org/wp-content/uploads/2023/10/SABRAO-J-Breed-Genet-55-5-1641-1653-MS23-194.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

PACHECO, F.; LAZZARINI, L. E.; ALVARENGA, I. Metabolismo relacionado com a fisiologia dos estômatos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 36, 2021.

PAIVA, J. G. A. de *et al.* Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 257-264, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/dXwH6PvhK87xbNwsRZQySyq/?format=html>. Acesso em: 05 fev. 2025.

PEARCE, D. W. *et al.* Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. **Tree Physiology**, v. 26, n. 2, p. 211-218, 2006. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article-abstract/26/2/211/1676809?login=false>. Acesso em: 23 dez. 2024.

PIRES, E. S. *et al.* Análise de crescimento de plantas de umbuzeiro sob diferentes concentrações de giberelina. **Agrarian**, v. 13, n. 48, p. 141-150, 2020. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7990> Acesso em: 10 dez. 2024.

POOLE, I. Stomatal density and index. The practice. **Fossil plants and spores: modern techniques**, p. 257-260, 1999.

QIAN, C. *et al.* Effects of exogenous application of CPPU, NAA and GA4+ 7 on parthenocarpy and fruit quality in cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Food Chemistry**, v. 243, p. 410-413, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617316254?casa_token=zftKD8b_Q4EAAAAA:vNn8D2d5CGivN2ttXzCQyu92IFvWBzN-7TmeWTmnSd7cwH_7P4BocvGRvitnGeF5zdHILDAq-fA. Acesso em: 08 dez. 2024.

RANAWANA, S. *et al.* Stomata coordinate with plant hydraulics to regulate transpiration response to vapour pressure deficit in wheat. **Functional Plant Biology**, v. 48, n. 9, p. 839-850, 2021. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/fp/FP20392>. Acesso em: 23 dez. 2024.

RIBEIRO, L. P. *et al.* Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo. **Boletim Técnico**, p. 84-84, 2016. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/430>. Acesso em: 08 dez. 2024.

RIBEIRO, M. N. O. *et al.* Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 354-361, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/SL4VzpnLRrWd7kCqgPgfvGJ/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 24 jan. 2025

RODRIGUES, A. C; A.; DE ALMEIDA, S. L. **Anatomia vegetal**. – Florianópolis: Biologia/EAD/UFSC, 2015.

SAKODA, K. *et al.* Higher stomatal density improves photosynthetic induction and biomass production in *Arabidopsis* under fluctuating light. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 589603, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.589603/full>. Acesso em: 24 jan. 2025.

SHAH, T. R.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Maize -A potential source of human nutrition and health: A review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 1166995, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2016.1166995#abstract>. Acesso em: 07 dez. 2024.

SANTOS, V. C. Desempenho de milho híbrido precoce em diferentes épocas de semeadura na região da Nova Alta Paulista. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/9fff004f-49d7-4dbc-bd4c-ef692f1448db>. Acesso em: 28 dez. 2024.

SILVA CAVALCANTE, W. S. *et al.* Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/download/4186/2750>. Acesso em: 08 dez. 2024.

SKALÁK, J. *et al.* Stimulation of ipt overexpression as a tool to elucidate the role of cytokinins in high temperature responses of *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 9, p. 2861-2873, 2016. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/67/9/2861/2877489>. Acesso em: 09 dez. 2024.

SOUSA, B. T. de *et al.* Reguladores vegetais na propagação de cana-de-açúcar por mini-toletes. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 73, p. 11-25, 2021. Disponível em: <http://publicacoes.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/2249>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. M. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 30-34, 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2024.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre, Artmed Editora, 2017.

TOMÁS, M. *et al.* Importance of leaf anatomy in determining mesophyll diffusion conductance to CO₂ across species: quantitative limitations and scaling up by

models. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 8, p. 2269-2281, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/64/8/2269/644870>. Acesso em: 26 dez. 2024.

VAN DOORN, W. G. 2 Relações hídricas de flores de corte: uma atualização. **Horticultural Reviews**, v. 40, n. 1, p. 55-106, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118351871#page=74>. Acesso em: 25 jan. 2025.

VATÉN, A. *et al.* "Modulation of asymmetric division diversity through cytokinin and SPEECHLESS regulatory interactions in the *Arabidopsis* stomatal lineage. **Developmental Cell**, v. 47, p. 53-66, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1534580718306725>. Acesso em: 23 dez. 2024.

WANG, W. *et al.* The involvement of cytokinin and nitrogen metabolism in delayed flag leaf senescence in a wheat stay-green mutant, *tasg1*. **Plant Science**, v. 278, p. 70-79, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945218310811>. Acesso em: 23 dez. 2024.

WEI, L. *et al.* Leaf stomatal and anatomical traits facilitate the coexistence of dominant plant species during succession in a subtropical broad-leaved forest. **Flora**, v. 320, p. 152612, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367253024001646>. Acesso em: 26 dez. 2024.

WOLTERING, E. J.; PAILLART, M. J.M. Effect of cold storage on stomatal functionality, water relations and flower performance in cut roses. **Postharvest Biology and Technology**, v. 136, p. 66-73, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521417307573>. Acesso em: 24 jan. 2025.

XIONG, D. *et al.* Leaf anatomy mediates coordination of leaf hydraulic conductance and mesophyll conductance to CO₂ in *Oryza*. **New Phytologist**, v. 213, n. 2, p. 572-583, 2016. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.14186>. Acesso em: 26 dez. 2024.

XIONG, D.; DOUTHE, C.; FLEXAS, J. Differential coordination of stomatal conductance, mesophyll conductance, and leaf hydraulic conductance in response to changing light across species. **Plant, Cell & Environment**, v. 41, p. 436-450, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pce.13111>. Acesso em: 26 dez. 2024.

XU, Z.; ZHOU, G. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 12, p. 3317-3325, 2008. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/59/12/3317/627451>. Acesso em: 08 dez. 2024.

YAMORI, W. *et al.* Increased stomatal conductance induces rapid changes to photosynthetic rate in response to naturally fluctuating light conditions in rice. **Plant, Cell & Environment**, v. 43, n. 5, p. 1230-1240, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pce.13725>. Acesso em: 26 dez. 2024.

YE, M. *et al.* Optimized leaf anatomy improves photosynthetic producing capacity of mid-season indica rice in the Yangtze River Basin during the genetic improvement. **European Journal of Agronomy**, v. 158, p. 127196, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030124001175>. Acesso em: 23 dez. 2024.

YU, S. *et al.* Cytokinin-mediated shoot proliferation and its correlation with phytoremediation effects in Cd-hyperaccumulator ecotype of *Sedum alfredii*. **Science of The Total Environment**, v. 912, p. 168993, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723076222>. Acesso em: 24 dez. 2024.

ZHANG, J.-Y. *et al.* Auxin inhibits stomatal development through MONOPTEROS repression of a mobile peptide gene STOMAGEN in mesophyll. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 29, p. E3015-E3023, 2014. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1400542111>. Acesso: 23 dez. 2024.

ANEXO I



STIMULATE®

Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob o nº 3601

COMPOSIÇÃO:

N6-furfuryladenine (CINETINA)	0,09 g/ L	(0,009 % m/v)
(3S,3aS,4S,4aS,7S,9aR,9bR,12S) – 7,12-dihydroxy- 3-methyl-6-methylene-2-oxoperhydro-4a,7-methano-9b,3-propenoazuleno [1,2-b] furan-4-carboxylic acid (ÁCIDO GIBERÉLICO, como GA3)	0,05 g/ L	(0,005 % m/v)
4-(indol-3-yl)butyric acid (ÁCIDO 4-INDOL-3ILBUTÍRICO)	0,05 g/ L	(0,005 % m/v)
Outros Ingredientes.....	999,80 g/ L	(99,98 % m/v)

CONTEÚDO: VIDE RÓTULO

CLASSE: Regulador de Crescimento Vegetal do grupo químico Citocinina + Giberelina + Ácido Indolalcanóico.

TIPO DE FORMULAÇÃO: Concentrado Solúvel (SL)

TITULAR DO REGISTRO (*):**Stoller do Brasil Ltda.**

Estrada Municipal CMS-470, 300 - Itapavussu
 CEP: 13151-352 – Cosmópolis - SP
 CNPJ: 54.995.261/0001-18 I.E: 276.024.729.118
 Fone: (19) 3872-8288 - Fax: (19) 3872-1200
 Cadastro CDA/SP nº 319

Site: www.stoller.com.br - e-mail: info@stoller.com.br

(* **IMPORTADOR DO PRODUTO TÉCNICO E FORMULADO**)

FABRICANTE DOS PRODUTOS TÉCNICOS:**CITOCININA TÉCNICA – Registro MAPA nº 06000****Stoller Enterprises, Inc.**

10551 Fisher Road
 Houston, TX 77041 - USA

GIBERELINA + INDOL BUTÍRICO TÉCNICO – Registro MAPA nº 00301**Stoller Enterprises, Inc.**

10551 Fisher Road
 Houston, TX 77041 - USA

FORMULADORES:**Stoller Enterprises, Inc.**

10551 Fisher Road
 Houston, TX 77041 - USA

Stoller do Brasil Ltda.

Estrada Municipal CMS-470, 300 - Itapavussu
 CEP: 13151-352 – Cosmópolis - SP
 CNPJ: 54.995.261/0001-18 I.E: 276.024.729.118
 Fone: (19) 3872-8288 - Fax: (19) 3872-1200
 Cadastro CDA/SP nº 319
 Site: www.stoller.com.br - e-mail: info@stoller.com.br

Nº do Lote ou Partida:	VIDE EMBALAGEM
Data de Fabricação:	
Data de Vencimento:	

**ANTES DE USAR O PRODUTO LEIA O RÓTULO, A BULA E A RECEITA E CONSERVE-OS EM SEU PODER.
 É OBRIGATÓRIO O USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL. PROTEJA-SE.
 É OBRIGATÓRIA A DEVOLUÇÃO DA EMBALAGEM VAZIA.**

ANEXO II



Relatório Analítico de Solo N° 26502/2023

Laudo disponível também pelo site:
www.labominas.com.brLabominas - A P Lomeu ME
CNPJ: 09.371.163/0001-55

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE			
Interessado: PEDRO HENRIQUE SOUZA CARVALHO		CPF/CNPJ: CPF: 130.855.136-39	
Endereço: PEDRO HENRIQUE SOUZA CARVALHO		Propriedade: PARA JOSE ALDOLFO ASSAD	
Município/Estado: SAO JOAO EVANGELISTA - MG		Telefone: (33)99923-4515	
Solicitante: 001 - PARTICULAR		Data de entrada: 02/10/2023	
Material analisado: SOLO			
INFORMAÇÕES DA AMOSTRA			
NUMERAÇÃO DA AMOSTRA		IDENTIFICAÇÃO	
53970		AMOSTRA - TCC	
RESULTADOS ANALÍTICOS			
DETERMINAÇÕES	UNIDADE	RESULTADOS	
		53970	
M.O.	Mat.Orgânica(Oxi-Red.)	dag/dm ³	1,7
pH	(água - Relação 1:2,5)	unid.	4,7
P	(Mehlich-1)	mg/dm ³	15,9
K	(Mehlich-1)	mg/dm ³	41
Ca	(Kcl-1 mol/L)	cmolc/dm ³	2,2
Mg	(Kcl-1 mol/L)	cmolc/dm ³	0,6
Al	(Kcl-1 mol/L)	cmolc/dm ³	0,20
H + Al	(Acetato de cálcio)	cmolc/dm ³	3,60
S.B.	(Soma de bases)	cmolc/dm ³	2,90
C.T.C.	(C.T.C.)	cmolc/dm ³	6,50
V%	(Saturação de bases)	%	45
%K C.T.C.	(% de K na C.T.C.)	%	2
%Ca C.T.C.	(% de Ca na C.T.C.)	%	34
%Mg C.T.C.	(% de Mg na C.T.C.)	%	9
%Al C.T.C.	(% de Al na C.T.C.)	%	3,1
%H+Al C.T.C.	(% H + Al na C.T.C.)	%	55
P-res.	P Resina	mg/dm ³	-
P-rem.	(Fósforo remanescente)	mg/L	-
Na	(Mehlich-1)	mg/dm ³	-
S	(Fosfato monocálcico ác.)	mg/dm ³	9
B	(Água quente)	mg/dm ³	0,24
Zn	(Mehlich-1)	mg/dm ³	3,4
Mn	(Mehlich-1)	mg/dm ³	25,7
Cu	(Mehlich-1)	mg/dm ³	1,1
Fe	(Mehlich-1)	mg/dm ³	132
N-Total	Kjeldahl	mg/dm ³	-

Manhuaçu, 06 Outubro 2023

Alyson Perigolo Lomeu
MG 91355DSede Comercial
Praça José de Adolfo Assad, 41B, Baixada
Manhuaçu/Minas Gerais - CEP 36902-033

33 3331.5624 | 33 999478593

Sede Laboratorial
Rua A, s/n, Alphaville II - Coqueiro Rural
Manhuaçu/Minas Gerais - CEP 36902-459