

IZABELA THAÍS DOS SANTOS

**RELAÇÃO DA MORFOFISIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS E CULTIVADAS, COM OU
SEM ESTRESSE HÍDRICO, COM O TAMANHO DO GENOMA E O POTENCIAL DE
ABSORÇÃO DE XENOBIÓTICOS**

Botucatu

2023

IZABELA THAÍS DOS SANTOS

**RELAÇÃO DA MORFOFISIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS E CULTIVADAS, COM OU
SEM ESTRESSE HÍDRICO, COM O TAMANHO DO GENOMA E O POTENCIAL DE
ABSORÇÃO DE XENOBIÓTICOS**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues
Velini

Botucatu

2023

S237r

Santos, Izabela Thaís dos

Relação da morfofisiologia de plantas daninhas e cultivadas, com ou sem estresse hídrico, com o tamanho do genoma e o potencial de absorção de xenobióticos / Izabela Thaís dos Santos. -- Botucatu, 2023

87 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Edivaldo Domingues Velini

1. Estômatos. 2. Plasticidade fenotípica. 3. DNA. 4. Anatomia foliar.
5. Condições ambientais. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: RELAÇÃO DA MORFOFISIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS E CULTIVADAS, COM OU SEM ESTRESSE HÍDRICO, COM O TAMANHO DO GENOMA E O POTENCIAL DE ABSORÇÃO DE XENOBIÓTICOS

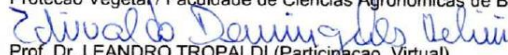
AUTORA: IZABELA THAÍS DOS SANTOS

ORIENTADOR: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Agricultura), pela Comissão Examinadora:



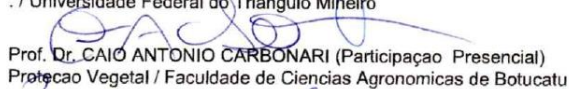
Prof. Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu



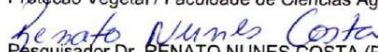
Prof. Dr. LEANDRO TROPALDI (Participação Virtual)
FCAT/UNESP / Dracena/SP



Professor Adjunto ROQUE DE CARVALHO DIAS (Participação Virtual)
/ Universidade Federal do Triângulo Mineiro



Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu



Pesquisador Dr. RENATO NUNES COSTA (Participação Presencial)
Pós-Doutorando - Núcleo de Pesquisas Avançada em Matologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas

Botucatu, 02 de agosto de 2023

Ao meu esposo Guilherme, ao meu filho Francisco
e a minha afilhada Roberta,

Dedico.

Aos meus amados pais, Antônio e Lucimar, em
reconhecimento de todos os esforços e conselhos,

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus, São Miguel Arcanjo e Nossa Senhora Aparecida por todas as bençãos e graças concedidas ao longo dessa caminhada;

Aos meus amados pais, Antônio dos Santos e Lucimar de Souza Santos pelo amor gratuito e por acreditar em meus sonhos e nunca me deixar desistir mesmo quando tudo parecia impossível.

Ao meu irmão, Antônio Júnior que plantou as primeiras sementes do conhecimento em meu coração e por anos as cultivou;

As minhas irmãs, Edvânia Santos, Priscila Santos e Nicéria Santos pelas palavras de força e apoio;

Aos meus sobrinhos Alan Guerra, Bernardo Coelho e Olívia Coelho, Maria Clara Santos e Antônio Coelho a minha afilhada Roberta pelos momentos compartilhados, mostrando que a caminhada pode ser cada vez mais leve com um sorriso sincero de uma criança;

Ao meu marido, Guilherme Constantino Meirelles por todo companheirismo e amizade;

Ao meu Filho, Francisco Souza Santos Visnadi Constantino, por me ensinar o verdadeiro sentido da persistência;

Aos amigos de longas datas Bruna Vilela, Eliana Fernandes, Érica Lima, Mônica Saraiva e Soliêne Borges que mesmo a distância, trilharam este caminho comigo, a amizade de vocês alegra meus dias;

Aos amigos desta Instituição adquiridos nesta caminhada, Carolane Silva, Karolyne Santos e Thais Santos;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini, por partilhar com generosidade seus conhecimentos, pelo apoio e oportunidades durante meu doutorado, pelos seus ensinamentos;

Ao professor Dr. Caio Antônio Carbonari, serei muito grata pela ajuda e disponibilidade durante o doutorado, partilhando seus conhecimentos;

Aos Doutores que participaram dessa banca muito obrigada pela disponibilidade e suas contribuições para aperfeiçoamento deste trabalho;

Ao pesquisador Dr. Ricardo Alcántra de La Cruz, pela contribuição intelectual;

Aos amigos e colegas de trabalho, Ana Mattos, Gabriel Santos, Gislene Nunes, Ivana Feraz, Ivana Moisinho, Jéssica Bonamichi, Lais Maria, Tamara Mund obrigada pela ajuda no êxito desta pesquisa e principalmente pelos momentos de distração que passamos no decorrer dos nossos dias;

Aos colegas e funcionários do Nupam que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho, vale ressaltar Cláudio, Vandrei, José Guilherme, José Roberto e Luís Marcelo que dedicaram seu tempo para construção dessa pesquisa;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura) e à Faculdade de Ciências Agrônômicas, pela oportunidade e formação;

Enfim, gostaria de agradecer ao corpo técnico e professores desta instituição e das instituições Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade do Algarve e Universidade Federal de Viçosa, que fizeram parte da concretização dessa conquista.

RESUMO

Os fatores ambientais podem influenciar nas características morfológicas, anatômicas, fisiologias e genéticas das plantas daninhas e cultivadas. A expressão de certos genes pode ser ativada ou desativada em resposta a estímulos ambientais, alterando as características morfofisiológicas, anatômicas e a absorção de xenobióticos pelas plantas. O uso de formulações e adjuvantes podem maximizar a penetração e absorção do produto de acordo com a condição de cada sistema que a espécie se apresenta. Objetivou-se avaliar a existência de correlação entre os parâmetros estomáticos (tamanho, densidade, estomática e o comprimento e largura de células-guarda) com o tamanho do genoma de plantas daninhas e plantas cultivadas com e sem estresse hídrico; bem como as implicações do estresse hídrico na morfologia, fisiologia, anatomia e capacidade de absorção de fungicidas em diferentes espécies. Para isso foram realizados três experimentos. No experimento 1 foram utilizadas as espécies *Amaranthus spinosus*, *Eleusine indica*, *Glycine max*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea quamoclit*, *Lolium multiflorum*, *Oryza sativa* e *Zea mays*. No experimento 2 utilizou-se as mesmas espécies citadas acrescido de *Avena sativa* e *Triticum aestivum*. No terceiro experimento utilizou apenas *E. indica* e *I. nil*. As espécies foram submetidas aos tratamentos com e sem estresse hídrico, logo após a emergência. As avaliações realizadas foram estomáticas, fisiológicas, anatômicas, morfometria, tensão superficial das caldas de Priori Xtra (azoxystrobin + cyproconazole) com adjuvantes Break-thru e Agral, absorção e tamanho do genoma. A frequência acumulada e correlação foram realizadas uma única análise para as mesmas espécies. Cerca de 40% dos dados de frequência acumulada relativa do comprimento da célula-guarda e 50% da largura da célula-guarda e da área estomática foram similares nas faces das folhas, independente da condição hídrica, porém, cerca de 60 % dos dados do comprimento da célula-guarda e 50% da largura da célula-guarda e da área estomática foram distintos nas faces foliar nas espécies com e sem estresse hídrico. A densidade estomática foi variável entre espécies de plantas daninhas e cultivadas, independentemente da condição de estresse hídrico imposto nas folhas. As correlações de Pearson (r) foram alta e positiva para célula-guarda (comprimento e largura) e a área estomática. Nas variáveis anatômicas os valores mais expressivos foram para *E. indica* e *I. nil* sem estresse. Curiosamente

nos parâmetros fotossintéticos vemos o inverso da anatomia. Ao avaliar a tensão superficial das caldas de aplicação, temos que, o break thru é o que há maior redução seguido do Agral. Em média a redução na absorção de azoxystrobin foi de 32% para *E. indica*, e de 41% em *I. nil*. No caso do cyproconazole, as diferenças na absorção ligadas a condição hídrica foram mínimas, e no geral, plantas estressadas de ambas as espécies absorveram 8,5% mais fungicida do que plantas não estressadas. A correlação com os parâmetros estomáticos e anatômicos com a absorção de um composto exógeno foram negativos e alta para largura da célula-guarda, área estomática e espessura foliar e os demais parâmetros com r negativa e baixa. Conclui-se que na maioria das espécies estudadas o estresse hídrico interferiu na morfologia, disposição estomática e anatomia, porém, na fisiologia o estresse hídrico potencializou as respostas fisiológicas de *I. nil*. Na frequência acumulada os dados de comprimento e largura da célula-guarda e o tamanho do estômato foram maiores em plantas sem estresse hídrico em ambas as faces da folha. A correlação foi alta e positiva entre o tamanho do genoma com os parâmetros estomáticos em condições hídricas. A tensão superficial foi menor com a adição de Break-thru, seguido do Agral e maior na calda sem adjuvante. Do azoxystrobin e o cyproconazole retido e absorvido o regime de estresse e/ou período de avaliação foi o que influenciou na quantidade dos produtos em relação ao formulado com ou sem adjuvante.

Palavras-chave: estômatos, plasticidade fenotípica, condições ambientais, DNA, anatomia foliar

ABSTRACT

Environmental factors can influence the morphological, anatomical, physiological and genetic characteristics of weed and cultivated plants. The expression of certain genes can be activated or deactivated in response to environmental stimuli, altering the morphophysiological and anatomical characteristics and the absorption of xenobiotics by plants. The use of formulations and adjuvants can maximize the penetration and absorption of the product according to the condition of each system that the species presents. The objective was to evaluate the existence of a correlation between stomatal parameters (size, density, stomatal and the length and width of guard cells) with the genome size of weeds and plants cultivated with and without water stress; as well as the implications of water stress on the morphology, physiology, anatomy and fungicide absorption capacity of different species. For this, three experiments were carried out. In experiment 1, the species *Amaranthus spinosus*, *Eleusine indica*, *Glycine max*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea quamoclit*, *Lolium multiflorum*, *Oryza sativa* and *Zea mays* were used. In experiment 2, the same species mentioned were used, plus *Avena sativa* and *Triticum aestivum*. In the third experiment, only *E. indica* and *I. nil* were used. The species were subjected to treatments with and without water stress, shortly after emergence. The evaluations carried out were stomatal, physiological, anatomical, morphometry, surface tension of Priori Extra (azoxystrobin + cyproconazole) sprays with Break-thru and Agral adjuvants, absorption and genome size. The cumulative frequency and correlation were carried out in a single analysis for the same species. Around 40% of the relative accumulated frequency data on guard cell length and 50% on guard cell width and stomatal area were similar on the sides of the leaves, regardless of the water condition, however, around 60% of the data on the guard cell length and 50% of the guard cell width and stomatal area were different on the leaf surfaces in species with and without water stress. Stomatal density was variable between weed and cultivated plant species, regardless of the water stress condition imposed on the leaves. Pearson correlations (r) were high and positive for guard cells (length and width) and stomatal area. In the anatomical variables, the most significant values were for *E. indica* and *I. nil* without stress. Interestingly, in photosynthetic vestments we see the opposite of anatomy. When evaluating the surface tension of the application grout,

we find that the break thru is the one with the greatest reduction followed by Agral. On average, the reduction in axozystrobin absorption was 32% for *E. indica*, and 41% for *I. nil*. In the case of cyproconazole, differences in absorption linked to water conditions were minimal, and overall, stressed plants of both species absorbed 8.5% more fungicide than non-stressed plants. The correlation with stomatal and anatomical parameters with the absorption of an exogenous compound were negative and high for guard cell width, stomatal area and leaf thickness and the other parameters with negative and low r . It is concluded that in most species studied, water stress interfered with morphology, stomatal arrangement and anatomy, however, in physiology, water stress potentiated the physiological responses of *I. nil*. At the accumulated frequency, data on guard cell length and width and stomatal size were greater in plants without water stress on both sides of the leaf. The correlation was high and positive between genome size and stomatal parameters under water conditions. Surface tension was lower with the addition of Break-thru, followed by Agral and higher in the mixture without adjuvant. Of the azoxystrobin and cyproconazole retained and absorbed, the stress regime and/or evaluation period was what influenced the quantity of the products in relation to that formulated with or without adjuvant.

Keywords: stomata, phenotypic plasticity, environmental conditions, DNA, leaf anatomy

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	Características das plantas estudadas.....	18
2.1.1	Classe Eudicotiledônea	18
2.1.2	Classe Monocotiledônea	20
2.2	Tamanho genômico	23
2.3	Formação do estômato	23
2.4	Adaptação estomática ao estresse ambiental.....	24
2.5	Penetração e absorção de Agrotóxicos.....	25
2.6	Caracterização de Priori Xtra®, Agral® e Break-thru®	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Delineamento experimental	29
3.2	Análise estomática (Experimento 1, 2 e 3).....	30
3.3	Estudo da composição estrutural da folha.....	30
3.4	Avaliações Biomassa (Experimento 2 e 3)	31
3.5	Parâmetros fotossintéticos e temperatura da folha.....	32
3.6	Tensão superficial das caldas aplicadas	32
3.7	Absorção de fungicidas nas plantas.....	33
3.8	Tamanho do genoma (Experimento 1, 2 e 3)	37
3.9	Análise dos dados.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Caracterização estomática	39
4.2	Frequência Acumulada	40
4.3	Densidade estomática.....	46
4.4	Porcentagem da área estomática.....	50
4.5	Correlações	53
4.6	Morfologia.....	56
4.7	Anatomia.....	59
4.8	Fisiologia	62
4.9	Tensão superficial.....	66
4.10	Absorção.....	67
4.11	Correlação da Absorção com os parâmetros anatômicos	72
5	CONCLUSÃO	78

REFERÊNCIAS 79

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade influenciada pelas condições ambientais, representando grandes desafios para os sistemas de cultivo tradicionais. A compreensão dos impactos ambientais pode abrir oportunidades para melhorias e adaptações na agricultura (Gornall *et al.*, 2010). Muitos estudos estão sendo desenvolvidos para compreender os múltiplos aspectos da biologia molecular do estresse das plantas, visando obter novos conhecimentos e desenvolver tecnologias que permitam maximizar o potencial agrônomo de diferentes espécies vegetais (Atkinson; Urwin, 2012; Pandey *et al.*, 2014).

Os estômatos são um dos principais órgãos da folha que atuam no controle de temperatura interna da folha, regulação osmótica, perda de água pela transpiração das folhas, por meio de sua abertura e fechamento. O movimento da abertura do estômato ocorre ao longo do dia, dependendo da disponibilidade de água e de outros fatores, que podem ser ambientais como luz e temperatura, ou internos com níveis endógenos de açúcares, de potássio e de ácido abscísico (Willmer; Fricker, 1996).

Um dos fatores genéticos relacionados com o tamanho máximo da abertura estomática é definido pelo tamanho do genoma, permitindo manter o contato direto com o ambiente, por meio da pressão osmótica (Hodgson *et al.*, 2010). No período de desenvolvimento foliar existe regulação de sinais genéticos e ambientais que regulam o padrão de divisões celulares, onde é definido o local de expressão dos estômatos.

A densidade estomática, representada pela quantidade de estômato por área, é variável entre espécies de plantas e influenciada pelas condições ambientais (Procópio *et al.*, 2003). Portanto, em um estado de déficit hídrico é provável que o conteúdo de água em tecidos e células vegetais esteja abaixo do nível observado em plantas sem estresse hídrico (Taiz; Zeiger, 2009). A evolução do déficit hídrico é suficientemente lenta para acarretar mudanças no processo de desenvolvimento das plantas, pode causar vários efeitos no crescimento vegetal, como a limitação da expansão foliar. A atenuação da área foliar restringe a fotossíntese em uma área menor de metabolização (Taiz; Zeiger, 2009). Plantas em desenvolvimento sob estresse hídrico reduzem o tamanho e o aparecimento de novas folhas (Santos;

Carlesso, 1998). Além disso, outros estresses abióticos também podem alterar a estrutura foliar.

Conhecer as adaptações morfológicas e anatômicas de plantas daninhas e cultivadas sob condições hídricas distintas é importante para agroecossistemas. Além disso, a caracterização do desenvolvimento de plantas com e sem restrição hídrica pode possibilitar o emprego estratégico de formulações e adjuvantes, maximizando a penetração e absorção do produto na planta de acordo com a condição de cada sistema que a espécie está inserida.

Estudar o crescimento e desenvolvimento de plantas, especialmente plantas daninhas, em condições de estresse é de fundamental importância por várias razões. Aqui estão alguns aspectos-chave a serem considerados: compreender como essas plantas respondem ao estresse pode ajudar a desenvolver práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes. Isso pode levar a uma redução na necessidade de produtos xenobióticos (como fungicidas, herbicidas, entre outros).

O crescimento e desenvolvimento de plantas sobre estresse aflora a competição por recursos, como água, nutrientes e luz solar, por apresentar maior demanda de sobrevivência essas particionam os fotoassimilados a fim de maximizar a obtenção dos recursos sendo pela redução da área foliar e do porte das plantas, e/ou aumento do sistema radicular, indução da fase reprodutiva, alterações fisiológicas e anatômicas em plantas daninhas cultivadas.

O objetivo deste estudo foi avaliar a existência de correlação entre os parâmetros estomáticos (tamanho, densidade, estomática e o comprimento e largura de células-guarda) com o tamanho do genoma de plantas daninhas e plantas cultivadas com e sem estresse hídrico; bem como as implicações do estresse hídrico na morfologia, fisiologia, anatomia e capacidade de absorção de fungicidas com adjuvantes em diferentes espécies.

Objetivos específico

Avaliar parâmetros estomáticos (comprimento e largura da célula-guarda, tamanho de estoma) em ambas as faces foliares em *A. spinosus*, *A. sativa*, *E. indica*, *I. nil*, *I. quamoclit*, *G. max*, *L. multiflorum*, *O. sativa*, *T. aestivum* e *Z. mays* crescidas em condições com e sem estresse hídrico.

Correlacionar o tamanho de genomas com a densidade de estômatos, o comprimento e a largura de célula-guarda nas espécies mencionadas sob diferentes condições hídricas.

Indicar a porcentagem da ocupação de estômatos nas faces abaxial e adaxial na área foliar das espécies *A. spinosus*, *A. sativa*, *E. indica*, *I. nil*, *I. quamoclit*, *G. max*, *L. multiflorum*, *O. sativa*, *T. aestivum* e *Z. mays* crescidas com e sem estresse hídrico.

Comparar o acúmulo de biomassa de *A. spinosus*, *A. sativa*, *E. indica*, *I. nil*, *I. quamoclit*, *G. max*, *L. nutflorum*, *O. sativa*, *T. aestivum* e *Z. mays* sob diferentes condições hídricas.

Avaliar a morfoanatomia e a fisiologia de *E. indica* e *I. nil*, cultivadas em condições hídrica distintas.

Testar a eficácia de absorção de fungicidas em *E. indica* e *I. nil* submetidas às condições hídricas distintas com emprego de adjuvantes.

Correlacionar os parâmetros anatômicos e estomáticos com a absorção das espécies *E. indica* e *I. nil*

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características das plantas estudadas

2.1.1 Classe Eudicotiledônea

O termo eudicotiledônea (o prefixo “eu” significa “verdadeiro”), é caracterizado por grupos que têm pólen tricolpado e tipos derivados (Doyle; Donoghue, 1986).

Conhecida também como dicotiledôneas e estas são um grupo de plantas angiospermas (plantas com flores) diversificado incluindo desde ervas, arbustos até árvores. A principal característica dessas plantas é a presença de dois cotilédones, que podem se assemelhar a folhas e desempenham um papel importante como órgãos de reserva e proteção do embrião (Tribe, 1977; Joly, 2002). As dicotiledôneas possuem algumas características em comum, como o crescimento secundário em espessura tanto do caule quanto da raiz, folhas geralmente largas e com nervuras reticuladas crescendo pela base (Tribe, 1977; Joly, 2002), flores formadas por organização dímero ou pentâmero e raízes pivotantes (Joly, 2002).

Dentre as plantas presente no presente trabalho destaca-se, *A. spinosus*, *I. quamoclit*, *I. nil* e *G. max*, no decorrer do texto se descreveram as características individuais dessas espécies.

As plantas do gênero *Amaranthus* são influenciadas pelo ambiente, que afeta porte e aspecto (Rizzardi, 2020). A plasticidade fenotípica é uma importante estratégia evolutiva dessas plantas, permitindo que elas respondam e se ajustem a diferentes condições ambientais, aumentando sua aptidão e perpetuação da espécie em diferentes sistemas ecológicos.

O *Amaranthus spinosus* (L.) (caruru-de-espinho) é uma planta anual, herbácea, ereta, com espinhos, bem ramificada, pode chegar de 50 a 100 cm de altura, propagação exclusivamente por sementes que é encontrada em mais de 40 países. As folhas são alternadas, longo-pecioladas, as axilas apresentam espinhos, glabra, medindo de 3 a 8 cm de comprimento com 4 cm de largura. No território brasileiro, esta espécie ocorre em áreas de pastagem, lavouras perenes e eventualmente em lavouras anuais (Lorenzi, 2008). Além disso, essa planta apresenta tolerância há 16 herbicidas, dependendo do momento da aplicação (pré-

plantio incorporado, pós inicial, pós tardia e planta adulta), sendo que na aplicação pós-tardia há uma maior frequência da tolerância (Lorenzi, 2014).

Ipomoea é um gênero de plantas pertencente à família Convolvuláceas com mais de 700 espécies identificadas pelo mundo. Dentre estas, mais de 140 espécies têm sido relatadas no Brasil. As espécies *Ipomoea quamoclit* (L.) e *Ipomoea nil* (L.) Roth, apresentam ciclo anual, reprodução seminífera, têm caules e ramos finos, alongados e volúveis, que se ramifica pelo solo ou sobem em objetos com altura de até 3 m (Rizzardi, 2020). As folhas e flores é variável entre indivíduos, permitindo a identificação das espécies. Bem como, a coloração das flores é muito variável entre as espécies e até mesmo dentro da mesma planta (Rizzardi, 2020).

Ipomoea nil (L.) Roth, conhecida como corda-de-viola, apresenta grande importância nas lavouras anuais e perenes, pomares, cafezais, terrenos baldios e em beiras de cercas, por causar sérios problemas na colheita mecanizada de cereais, pois pode chegar até 3 m de comprimento (Lorenzi, 2008). Na cultura da cana-de-açúcar essa espécie ganha destaque especialmente no momento da colheita, por causar embuchamento das máquinas onerando o custo de produção.

Ipomoea quamoclit (L.), conhecida como primavera, pode atingir alturas de até 1,8 m. Essa planta daninha é comum na maioria das culturas anuais de verão na região do Sudeste e Nordeste. A operação da colheita mecânica é prejudicada devido embuchamento das máquinas (Lorenzi, 2008).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem grande importância no cenário agrícola mundial, sendo uma das principais commodities. A soja é uma planta herbácea da família Fabaceae que pode apresentar crescimento indeterminado (sem racemo terminal), determinado (com racemo terminal) ou semideterminado (intermediário) (Nepomuceno; Farias; Neumaier, 2021). Esta planta cultivada apresenta folhas trifolioladas (exceto o primeiro par de folhas), flores de fecundação autógama com colorações branca, roxa ou intermediária, que produzem vagens (legumes) que mudam de cor a medida de que amadurecem de verde para amarelo-pálido, marrom-claro, marrom ou cinza (Nepomuceno; Farias; Neumaier, 2021). As variedades comerciais de soja mais empregadas apresentam caule ereto pouco ramificado e raiz pivotante com muitas ramificações. A estatura ideal das plantas de soja está entre 60 a 110 cm.

2.1.2 Classe Monocotiledônea

As monocotiledôneas são plantas angiospermas caracterizadas por apresentarem uma única folha cotiledonar. Este cotilédone é o órgão de reserva, e durante a germinação, o desenvolvimento do embrião, os caules e as raízes não apresentam crescimento secundário em espessura (Joly, 2002). Algumas características comuns para maioria dessas plantas são folhas com nervuras paralelas, bainha larga majoritariamente espiralada e raízes do tipo fascicular. A flor pode ter plano dímero ou múltiplo (Joly, 2002).

As monocotiledôneas abrangem uma ampla variedade de plantas, incluindo gramíneas (como trigo e arroz), plantas ornamentais (como lírios e orquídeas), palmeiras, bambus, bromélias e muitas outras espécies (Tribe, 1977). No decorrer do texto se descrevem as características individuais das plantas daninhas e cultivares avaliadas no presente trabalho.

A aveia (*Avena sativa*) é uma gramínea de ciclo anual que varia de 120 a mais de 200 dias, dependente da cultivar, época, coordenadas geográficas e condições edafoclimáticas da região (Goellener; Floss, 2001). A aveia apresenta hábito de crescimento cespitoso e pode ter altura superior a 1 m, tem colmos cilíndricos e eretos, com nós e entrenós. A inflorescência em panícula piramidal e difusa com grãos: um primário, um secundário e, comumente, um terciário. As raízes são de tipo fasciculado (Floss 1988). Um dos fatores de produção agrícola que mais afeta a aveia é o clima, sendo pouco resistente a altas temperaturas (Floss 1988), porém, a *A. sativa* pode suportar longos períodos de déficit hídrico, recuperando-se rapidamente (Floss, et al., 2003).

Eleusine indica L. Gaertn, conhecida popularmente como capim-pé-de-galinha, é uma planta daninha anual com reprodução seminífera, altamente difundida em todas as regiões do país (Rizzardi, 2020). Essa espécie de planta daninha forma touceiras de 30 a 50 cm de altura, tem um sistema radicular bastante desenvolvido, sendo uma infestante importante de solos compactados como em plantio direto. *Eleusine indica* é mais comum em cultivos anuais e perenes, terrenos baldios, jardins e beira de estrada (Lorenzi, 2008).

O *Lolium multiflorum* Lam. (azevém) é uma planta exótica no Brasil, originária do Sul da Europa e Norte da África, que foi introduzida no Sul do país como forrageira, mas tornando-se planta daninha em culturas de inverno (trigo e cevada) e de milho semeado na primavera. Essa espécie é uma planta anual ou bianual, reprodução semífera, que apresentam desenvolvimento mais vigoroso nos períodos mais frios, porte ereto com elevado potencial para produção de perfilhos. Além disso, cada planta de *L. multiflorum* pode produzir 3.500 sementes (Rizzardi, 2020). No Brasil existem relatos de resistência aos herbicidas inibidores da 5-enolpiruvilxiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs). Além desse, ao redor do mundo existem casos de resistências aos inibidores da acetolactato sintase (ALS), resistência múltipla aos inibidores da EPSPs e acetil coenzima A carboxilase (ACCase), isolada ou múltipla (Rizzardi, 2020).

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma monocotiledônea que apresenta raízes adventícias, fibrosas e com muitas ramificações e pelos radiculares. Essa planta pode apresentar de 8 a 14 folhas dependendo da cultivar, e a última folha a desenvolver é denominada folha bandeira. No caule da planta tem-se um colmo principal e um número variável de colmos secundários ou perfilhos. A resistência ao acamamento é determinada pelas características dos entrenós como comprimento, diâmetro e espessura. A inflorescência do arroz é uma panícula que fica no último entrenó do caule, e o grão é formado pelo ovário fecundado que produz uma única semente (Heinemann; Da Silva; Pinheiro, 2021).

Para que a cultura do arroz desenvolva vigorosamente, a resposta entre a relação clima e planta devem ser estudada a fim de inserir cultivares adaptadas a região desejável. Em condição adversa de clima, no caso do estresse hídrico ocorra durante a fase vegetativa, pode haver redução na altura da planta, no número de perfilhos e na área foliar; porém, caso essa demanda seja suprida a tempo a planta pode recuperar-se sem afetar a floração. No entanto, o estresse na fase reprodutiva provoca efeitos irreversíveis, mesmo que haja o molhamento das plantas nas fases seguintes, resultará em esterilidade e dessecamento das espiguetas (Heinemann; Da Silva; Pinheiro, 2021).

O trigo (*Triticum aestivum* L.), uma das culturas mais importantes do mundo, é cultivada em mais de 3,4 milhões de hectares e, com rendimento médio de grãos de 2,59 t ha⁻¹ (USDA, 2022). Pertencente à família Poaceae, o trigo é uma gramínea de

ciclo anual que pode variar de 90 a 180 dias, dependendo da cultivar e clima (Gustman, 2022). Cultivada durante o inverno e a primavera (EMBRAPA, 2013), as cultivares de trigo podem apresentar ciclo super precoce, precoce, médio e tardio, com estatura variando de porte baixo, médio e alto (Chagas, *et al.*, 2021).

A condição de clima afeta diretamente o desenvolvimento da planta de trigo ao longo de seu ciclo. A restrição hídrica em qualquer fase do desenvolvimento da planta reduz a altura, o percentual de espiga, o número de semente, mas sobretudo o peso de sementes (Andrade, *et al.*, 2015).

O milho (*Zea mays* L.) é o segundo grão mais produzido no Brasil. Ao longo das últimas cinco décadas, a cultura do milho passou por uma verdadeira revolução no país. A partir de 1976/1977, houve um crescimento de 83% da área plantada e de 484% da produção (Durães, 2023). O milho é uma planta anual, cespitosa, ereta, com baixo perfilhamento, monóica-monoclina, com metabolismo C4 e ampla adaptação a diferentes condições de ambiente. O sistema radicular definitivo do milho é conhecido como raízes nodais ou fasciculadas (Magalhães; Durães, 2021). O ciclo desta cultura pode ser super precoce, precoce e normal, variando de 90 dias no verão e de 100 dias no inverno, dependendo da cultivar e região de cultivo (Pereira Filho, *et al.*, 2021).

No estágio de pendramento, a planta de milho apresenta alta sensibilidade ao encharcamento. Além disso, o excesso de água pode contribuir, inclusive, com a inviabilidade dos grãos de pólen. Contudo, a restrição hídrica nesse período afeta o sincronismo pendão-espiga, reduzindo a chance de aparecimento de uma segunda espiga em materiais prolíficos (Magalhães; Durães, 2021).

Dos fatores que interferem na produção agrícola, o clima é mais difícil controle e de maior impacto para a planta atingir seu potencial máximo produtivo. Os estresses abióticos, como a seca, o excesso de chuvas, as oscilações de temperaturas, a baixa luminosidade, entre outros, podem reduzir significativamente os rendimentos em lavouras e restringir as áreas de produção. O estresse hídrico pode ser total ou parcialmente amenizados, contudo, o excesso de chuvas pode restringir o período de cultivo e tornar inviável economicamente a produção de cultivares não adaptadas ao clima desejado (Nepomuceno; Farias; Neumaier, 2021).

2.2 Tamanho genômico

O tamanho genômico é a quantidade de DNA (ácido desoxirribonucleico) encontrada no núcleo celular representada em picogramas. Essa unidade de medida é confiável e apresenta resultados robustos; entretanto, a ploidia é variável e evidência somente a quantidade e não o tamanho de cromossomos (COX *et al.*, 1998). Dentro dos diversos grupos vegetais já estudados, existe uma correlação positiva entre o tamanho das células-guarda dos complexos estomáticos com o tamanho do genoma (Knight; Beaulieu, 2008; Hodgson *et al.*, 2010; Xing *et al.*, 2011).

A abertura estomática ocorre por meio da pressão osmótica, e permite que a planta e o ambiente mantenham um contato direto. O tamanho máximo de abertura é definido pelo tamanho do genoma (Hodgson *et al.*, 2010). A relação entre o tamanho genômico com o comprimento das células-guardas do estômato foi constatado para 67 espécies da família Proteaceae (Jordan *et al.*, 2014). Para Orchidaceae, além do tamanho das células-guardas estomáticas, a densidade de estômatos na superfície foliar foi pesquisada e correlacionada ao tamanho do genoma (Rupp *et al.*, 2010; Xing *et al.*, 2011).

2.3 Formação do estômato

O desenvolvimento estomático inicia-se com as divisões celulares assimétricas determinando o número e a organização dos estômatos que as folhas podem apresentar. No entanto, há fatores intrínsecos, que são obedecidos como ação local (entre células da epiderme) ou a distância (das folhas maduras para as em desenvolvimento); e fatores extrínsecos, como ambiente (luz, água e CO₂ atmosférico). Receptores presentes na superfície celular e moléculas de sinalização intracelular estão envolvidos na percepção e resposta a esses fatores ambientais (Bergmann, 2006). Os mecanismos de percepção e resposta das plantas aos fatores ambientais são complexos, mas esses processos são fundamentais para a adaptação das plantas ao ambiente, pois desempenham um papel crucial em sua sobrevivência e reprodução das espécies (Bergmann, 2006).

Ao longo do desenvolvimento da folha, o padrão de divisões celulares é regulado por sinais genéticos e ambientais, o que determina o surgimento dos

estômatos. A densidade estomática é variável, e os estômatos estão/são separados por célula pavimentosa que apresentam funções diversas (estoque de água em seus grandes vacúolos e proteção ao ataque de insetos e patógenos) (Bergmann; Sack, 2007).

Para a formação dos estômatos há uma primeira divisão na célula meristemóide-mãe, que resulta em uma célula menor denominada meristemoide ou célula-guarda mãe. Essa célula se divide simetricamente e forma duas células-guarda (Bergmann; Sack, 2007). No entanto, proteínas receptoras e proteínas mitogen-activated quinase atuam como inibidores de novos estômatos na superfície foliar (Gray, 2000). *SPEECHLESS*, *MUTE* e *FAMA* são famílias de proteínas de *Arabidopsis thaliana* com expressão distinta e função específica na diferenciação de estômatos. Além disso, genes *ERECTA*, *TOO MANY MOUTHS*, *YODA* e *High Carbon Dioxide* participam dessa diferenciação de acordo com a fase em que participam (Bergmann; Sack 2007).

O gene *ERECTA* participa de vários processos do crescimento e desenvolvimento do estômato, bem como, respostas a estresses bióticos e abióticos (Masle *et al.*, 2005; Bergmann, 2006). O gene *TOO MANY MOUTHS* atua na atenuação de divisões celulares na fase inicial onde se codificam receptores presentes em células meristemóides e células-guarda mãe (Bergmann; Sack, 2007). O gene *YODA* regula a diferenciação das células-guarda, atuando na fase de proliferação celular da citocinese das células-guarda mãe (Bergmann; Sack, 2007). O gene *High Carbon Dioxide*, codifica um regulador negativo (inibidor) do desenvolvimento estomático por meio da resposta as concentrações de dióxido de carbono (Gray *et al.*, 2000).

2.4 Adaptação estomática ao estresse ambiental

As plantas presentes em ambientes hostis podem apresentar estresse oxidativo, acarretando lesões graves a níveis celular e molecular (Ahmad *et al.*, 2009). O estresse oxidativo é uma resposta protetora das plantas, que por meio de um sinal se ativa uma rede complexa de eventos moleculares e celulares integrados (Balestrazzi *et al.*, 2009).

No início do estresse oxidativa há a transdução do sinal dos fatores-chave que modificam a expressão gênica, ativando as respostas da planta que resultam na tolerância que promove a sua sobrevivência (Balestrazzi *et al.*, 2009). No entanto, a maioria das pesquisas estão voltadas nas respostas das plantas aos estresses individuais, que inclui bactérias, estresse hídrico, salinidade, temperatura, frio, osmose, fungos, matocompetição, nutrientes e vírus (Rodrigo *et al.*, 2011; Shaik; Ramakrishna, 2013; Shanker *et al.*, 2014).

A estrutura foliar pode ser afetada quando as plantas são submetidas aos estresses abióticos durante o período de desenvolvimento, destacando-se o estresse hídrico que leva a planta a reduzir o tamanho e o aparecimento de novas folhas (Santos; Carlesso, 1998). Essa resposta das plantas tem como objetivo reduzir área de transpiração e o gasto metabólico visando a manutenção e a sobrevivência das plantas (Smit; Singels, 2006). As plantas podem-se aclimatizar e apresentar diferentes níveis de resposta sob estresse hídrico, acarretando uma variação considerável da sensibilidade dos estômatos (Angelocci, 2002). Deste modo, a disponibilidade hídrica e a luminosidade são fatores que afetam a quantidade de estômatos em folhas.

2.5 Penetração e absorção de Agrotóxicos

Para o sucesso do controle químico de plantas daninhas é fundamental conhecer as principais barreiras que o herbicida precisa superar para ser absorvido pelos tecidos vegetais. A penetração dos herbicidas pode ocorrer em diversas estruturas das plantas, sendo que as folhas são o principal órgão para penetração de herbicidas aplicados em pós-emergência. A morfologia foliar influencia a quantidade de herbicidas que é retido, porém, a anatomia foliar determina a quantidade de produto que será absorvida pelas folhas (Ferreira, *et al.*, 2002a).

A penetração consiste no movimento do herbicida em direção à epiderme das folhas, infiltrando nos espaços intercelulares (apoplasto) da primeira camada da epiderme. Esse movimento é governado majoritariamente pela difusão do herbicida. Contudo, há casos que esse processo pode ser reversível, caso o produto não tenha sido absorvido (entrado na célula) (Carvalho, 2013). A absorção é a entrada do produto na célula, e para que o processo esteja concluído é necessário que o

herbicida atravesse a plasmalema (ou membrana plasmática, que envolve e delimita o conteúdo da célula) do simplasto (Carvalho, 2013).

A via de absorção mais importante para os herbicidas aplicados nas folhas é através da cutícula das células da epiderme foliar. A camada externa da cutícula apresenta características lipofílicas, enquanto a camada interna é hidrofílica. Deste modo, duas rotas de absorção de herbicidas podem ser traçadas: a rota polar e a rota apolar. Assim, herbicidas lipofílicos e hidrofílicos podem atravessar a cutícula por qualquer uma das rotas (Carvalho, 2013).

Diversos fatores podem influenciar a penetração e absorção de herbicidas, como as características dos produtos (concentração e tamanho da gota, emprego de adjuvantes, ângulo e área de contato, formulação, lipofilicidade), do alvo (presença de tricomas, cerosidade, cutícula, tamanho de área foliar e plantas submetida ao estresse hídrico) e ambiente (orvalho, umidade do ar, luminosidade, temperatura e precipitação) (Carvalho, 2013). Gotas de menor diâmetro possibilitam maior cobertura sobre os alvos e aumento da penetração em dossel de culturas mais densas; porém, gotas menores de 100 µm são mais propensas à deriva e evaporação mais rápida (Martins *et al.*, 2021).

A penetração de herbicidas pelos estômatos pode ocorrer de duas formas. A primeira pela cutícula sobre as células-guarda, que é mais fina e permeável a substâncias do que a cutícula ao longo do limbo foliar. Neste caso, a solução pulverizada penetra através do poro aberto para dentro da câmara estomática, e daí para o citoplasma das células do parênquima foliar (Bukovac *et al.*, 1990; Procópio *et al.*, 2003). Contudo, avaliando genótipos diferentes de uma mesma espécie, com relação a absorção de um herbicida, houve correlação direta entre a frequência estomática e sensibilidade, porém, a menor espessura da cutícula sobre as células-guarda sejam o fator de maior importância neste caso e não exatamente a penetração direta pelos estômatos (Taiz; Zeiger, 2009).

2.6 Caracterização de Priori Xtra®, Agral® e Break-thru®

O produto utilizado no presente estudo foi escolhido para avaliar a absorção de agrotóxicos nas plantas, optando-se pelo uso de um fungicida para evitar efeitos diretos sobre as células das plantas. O uso de um fungicida como um parâmetro na avaliação da absorção de agrotóxicos permite minimizar a interferência direta nas

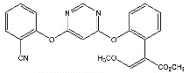
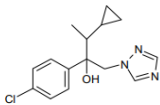
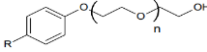
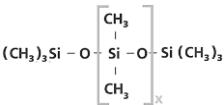
células das plantas, focando na capacidade de absorção dos produtos químicos. O Piori Xtra® é um fungicida sistêmico composto de azoxystrobin e cyproconazole (Tabela 1), que é usado em pulverizações preventivas para o controle de doenças da parte aérea das culturas do algodão, arroz irrigado, aveia, café, cana-de-açúcar, cevada, eucalipto, girassol, milho, soja e trigo. Entretanto, a utilização deste produto requer do uso de um adjuvante (BULA SYNGENTA, 2017).

O Piori Xtra® é um fungicida que contém dois ingredientes ativos com grande facilidade de análise por LCMSMS. Os dois ingredientes ativos foram aplicados como traçadores com o objetivo de comparar os efeitos das características das plantas nos processos de penetração e absorção. O uso de compostos sem ação herbicida é fundamental para que não haja o comprometimento de funções fisiológicas fundamentais para a continuidade desses processos.

Os adjuvantes podem ser separados em úteis e ativadores. Os úteis modificam as características físico-químicas da calda, e os ativadores facilitam a interação dos ingredientes ativos com seu alvo. Os adjuvantes podem atuar como espalhantes, aderentes, molháveis, emulsificantes, detergentes e dispersantes (VARGAS; ROMAN, 2006). Além disso, um adjuvante pode conter mais de um modo de atuação e raramente são classificados com apenas um único tipo (Bellucci *et al.*, 2017). Os surfactantes pertencem ao grupo dos ativadores, sendo o grupo de adjuvantes mais utilizado, pois aumentam a penetração de agrotóxicos ao atuar na cutícula das plantas melhorando o efeito do agrotóxico, como no caso do Agral e Break-thru (Tabela 1).

O Agral® atua como espalhante adesivo, age na redução da tensão superficial da calda, reduzindo o ângulo de contato entre a gota e o alvo (superfície da folha), o que aumenta a área de contato para absorção. Além disso, o aumento da aderência na planta evita que a calda escorra do alvo e chegue ao solo, reduzindo as perdas de produtos (Vargas; Roman, 2006).

Tabela 1 - Fórmulas estruturais e propriedades físico-químicas de agrotóxico (Priori Xtra®) e dos adjuvantes (Agral® e Break-thru®)

Agroquímicos	Fungicida		Adjuvantes	
	Azoxystrobin	Cyproconazole	Nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol	Copolímero poliéter-polimetil siloxano
Fórmula estrutural				
Fórmula molecular	$C_{22}H_{17}N_3O_5$	$C_{15}H_{18}ClN_3O$	$C_9H_{19}C_6H_4(OCH_2CH_2)_n$	$C_{10}H_{28}O_3Si_3(C_3H_6O.C_2H_4O)_x$
IUPAC nomenclatura	metil (E)-2-{2-[6-(2-cianofenoxi)pirimidin-4-iloxi]fenil}-3-metoxiacrilato	(2RS,3RS;2SR,3SR)-2-(4-clorofenil)-3-ciclopropil-1-(1H-1,2,4-triazol-1-il)butan-2-ol	-	Oxirano, metil, polímero com oxirano, mono(3-(1,3,3,3-tetra metil-1-((trimetilsilil)oxi)dissiloxanil)propil)éter
Grupo químico	Estrobilurina	Triazol	Alquilfenol etoxilado	Trisiloxanos organomodificados (silicone)
Peso molecular (g mol ⁻¹)	215,69	291,78	6016	-
Densidade	6 (g mL ⁻¹ a 20°C)	140 (kg m ⁻³ a 25°C)	1051,5 (kg m ⁻³ a 20°C)	1,01 (g cm ⁻³ a 25°C)
Solubilidade em água	2,5 (baixa) (mg L ⁻¹ a 20°C, pH 7)	93 ± 18 (moderada) (mg L ⁻¹ a 20°C, pH 7)	Solúvel	Solúvel (25°C)
Log K _{ow}	2,5 (alta lipofilicidade)	2,9 (alta lipofilicidade)	3,7-4,48 (25 °C)	Não aplicável
Pressão de vapor	8,3 x 10 ⁻¹³ (baixa volatilidade) (mPa a 25°C)	2,59 x 10 ⁻⁷ (baixa volatilidade) (mPa a 25°C)	140 (Pa a 25°C)	-
K _{oc} (mL g ⁻¹)	100 (moderadamente móvel)	309 (moderadamente móvel)	-	-

Fonte: adaptado de BYK (2023); ECHA (2023); EPA (2023); ENVONI (2023); PPDB (2023).

O Break-Thru® atua como espalhante molhável, reduzindo a tensão superficial da calda, resultando no aumento da área de absorção. Este adjuvante também retarda a evaporização da água, fazendo com que a calda permaneça mais tempo sobre a folha para a absorção (Vargas; Roman, 2006). O adjuvante Break-Thru na concentração de 0,1% teve maior eficiência na redução da tensão superficial da água, quando comparado com Agral® e outros adjuvantes na mesma concentração (Caetano *et al.*, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação e laboratório, no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) (22° 51' 00.09"S e 48° 25' 25.89"W) do Departamento Proteção de Plantas da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus de Botucatu – SP.

3.1 Delineamento experimental

Três experimentos foram realizados com e sem estresse hídrico, organizados da seguinte forma: experimento 1 composto pelas espécies *A. spinosus*, *E. indica*, *G. max*, *I. nil*, *I. quamoclit*, *L. multiflorum*, *O. sativa* e *Z. mays* e no experimento 2 utilizou as mesmas espécies do experimento anterior acrescida de *A. sativa* e *T. aestivum*, no terceiro foram apenas *E. indica* e *I. nil*.

As avaliações de frequência acumulada e correlação de Person foram realizadas com as mesmas espécies em conjunto, para determinar o impacto desse estresse os nos parâmetros estomáticos. A morfologia, foi avaliada individualmente para o experimento 2 e 3 e as avaliações de anatomia, fisiologia e a capacidade de absorção de defensivos agrícolas (fungicida) e a correlação da absorção com os parâmetros estomáticos e anatômicos das plantas observados no experimento 2.

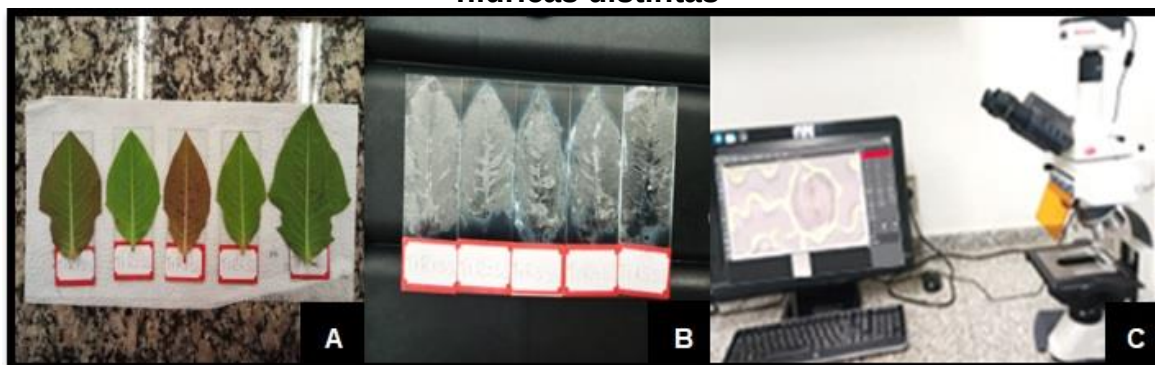
As sementes das diferentes espécies foram obtidas pela empresa Agro Cosmos – Sementes. A semeadura das espécies foi realizada em vasos de 500 mL nas datas 21/12/2019, 14/01/2020, 17/01/2021 para os experimentos 1 e 2, respectivamente. As plântulas foram submetidas aos tratamentos com e sem estresse hídrico, logo após a emergência. Cada tratamento teve quatro repetições em esquema de blocos casualizados.

O estresse hídrico foi imposto nas plantas logo após a germinação, com a suspensão da oferta de água, a medida que ia correndo o aparecimento de sintomas característicos de estresse (perda da turgescência das folhas) a irrigação (água) era ofertada na quantidade de 10 mL para reidratação das plantas.

3.2 Análise estomática (Experimento 1, 2 e 3)

As amostras de plantas avaliadas nos três experimentos, nas condições com e sem déficit hídrico, foram coletadas após 30 dias após a semeadura (DAS) de uma folha totalmente expandida da região mediana. Para a montagem das lâminas, um adesivo incolor foi acondicionado na superfície da região mediana central das superfícies adaxial e abaxial das folhas. Posteriormente, as amostras foram pressionadas levemente por 5 segundos sobre a lâmina, a fim de obter a impressão digital das folhas (CHIN, 1995), conforme a Figura 1 A e B. O tamanho, comprimento transversal e longitudinal de estômatos foi determinado a partir de imagens obtidas por um microscópio de luz com câmera acoplada, utilizado o software Motic Images Plus 3.0 (Figura 1 C). Posteriormente as pranchas foram montadas para os três experimentos, nas condições com e sem déficit hídrico e em ambas as faces do limbo foliar das plantas e cultivadas.

Figura 1 – Montagem e avaliação micromorfométricas do lâminário estomático das espécies de plantas daninhas e cultivadas submetidas a condições hídricas distintas



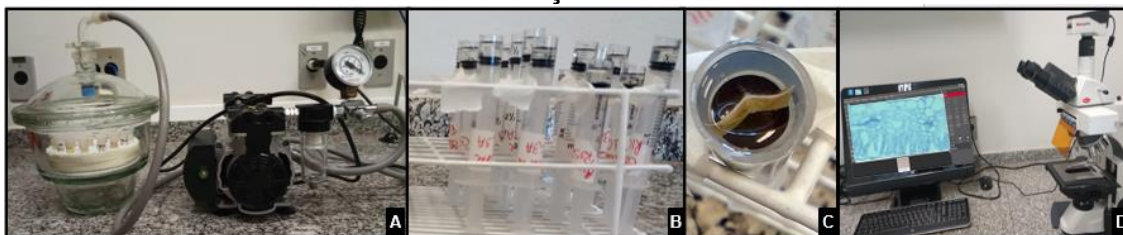
3.3 Estudo da composição estrutural da folha

As lâminas foram confeccionadas a partir de fragmentos coletados na região mediana das folhas totalmente expandidas. O material coletado (amostras de folhas) foi fixado em mistura de álcool etílico 50%, ácido acético e formol (FAA 50) por 24 horas (Johansen, 1940). Posteriormente, essas amostras foram desidratadas em séries crescentes de etanol (70, 90 e P.A.) e incluídas em resina acrílica do tipo metacrilato. As amostras permaneceram no vácuo por 40 min para cada

procedimento. A fixação foi realizada com uma seringa de 5 mL, onde foi seccionado o bico e o embolo retirado para lixar a rolha de retenção até ficar plana em um esmeril de bancada. Em seguida, os fragmentos foram fixados resina acrílica (Leica®), e após a polimerização da resina, o embolo foi pressionado para retirar o material desejado.

As amostras polimerizadas foram emblocadas num bloco de madeira com as dimensões correspondente ao encaixe do micrótomo rotativo semiautomático (modelo CUT 5062 – marca SLEE®). Uma gota de cola instantânea em gel foi aplicada em uma das faces do bloco para aderir o material polimerizado (Figura 2 A, B e C). Em seguida, com auxílio do micrótomo rotativo foram confeccionados fragmentos na transversal gerando amostras com 7 µm de espessura e depois coradas com azul de toluidina a 0,05%, pH 4,7. Alguns cortes foram fotomicrografados com um microscópio com câmera acoplada e analisados pelo *software* Motic Images Plus 3.0 para identificar os tecidos presentes no limbo foliar das espécies vegetais (Figura 2 D).

Figura 2 – Confeção de lâminas para avaliação anatômica *E. indica* e *I. nil* submetidas a condições hídricas distintas



A: Desidratação e vácuo, B: Fixação e resina acrílica, C: amostra pronta para emblocar e cortar D: fotomicroscópio

3.4 Avaliações Biomassa (Experimento 2 e 3)

Aos 30 dias após semeadura as plantas dos experimentos 2 e 3 foram cortadas rente à superfície do solo e para medir o comprimento da parte aérea e o sistema radicular, com auxílio de uma fita métrica. As raízes foram previamente lavadas para essa medição.

Posteriormente no experimento 3 foi determinado o peso fresco e seco das plantas de *I. nil* e *E. indica*. Foi aferido o peso fresco da parte aérea e do sistema radicular com uma balança de precisão acondicionadas em estufa de ar

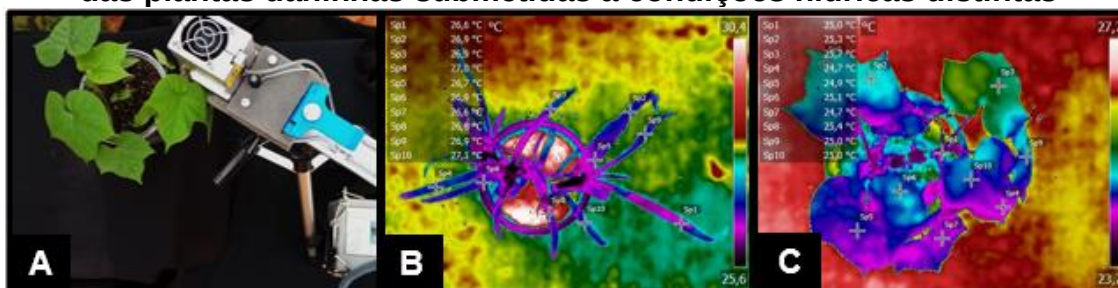
com circulação forçada à 60 °C por 72 h para obtenção do peso constante das espécies.

3.5 Parâmetros fotossintéticos e temperatura da folha

Os parâmetros fotossintéticos como trocas gasosas foliares a partir das variações de CO₂ e da umidade relativa no interior da câmara do aparelho, CO₂ consumido (ΔC - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água (g_s - $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foram realizadas aos 30 dias após a semeadura (DAS) com um Analisador de Gases no Infra-vermelho portátil IRGA LC pro-SD (ADC Bio Scientific Ltd, UK). A eficiência do uso da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) foi obtida pela relação entre quantidade de CO₂ fixado pela fotossíntese e quantidade de água transpirada no mesmo período, bem como, a relação entre as concentrações interna e ambiente de CO₂ (C_i/C_a) (Flexas *et al.*, 2010). As avaliações foram feitas no período da manhã entre 7 às 10 horas (Figura 3 A).

A temperatura da folha de *E. indica* e *I. nil* foi determinada por meio de fotografias, o que gerou as medições de temperatura, como demonstra a Figura 3 B e C.

Figura 3 – Avaliação fisiológica com o aparelho IRGA (A) e Flir Tools (B e C) das plantas daninhas submetidas a condições hídricas distintas



A e C: *E. indica*; B: *I. nil*;

3.6 Tensão superficial das caldas aplicadas

A tensão superficial, foi realizada com base na metodologia proposta por Corrêa; Velini (2002). foi estimada pelo método do peso de gotas sobre uma balança

de precisão. Para isso, foi utilizado um béquer de 50 mL contendo 25 mL de óleo de soja (a fim de evitar a evaporação da gota). A deposição de gotas no interior do béquer foi realizada por meio do aparelho de bomba de infusão (samtronic®) acoplado a uma seringa de 10 mL. O aparelho foi calibrado com os seguintes parâmetros, volume limite de 10 mL, tempo limite de 24 min, vazão de 25 mL h⁻¹, e seringa tipo i b 10 com ajuste da posição da chave de pressão para 1, resultando na pressão de 1,81 Bar. O volume infundido de 1,5 mL no béquer foi registrado (Figura 4 A e B). A bomba de infusão foi regulada para cada tratamento. Inicialmente, a seringa foi preenchida com água destilada e, em seguida, foi quantificado o peso de dez gotas. O mesmo procedimento foi realizado para todas as caldas com adjuvantes. Cada gota pesada foi considerada uma repetição (10 para cada tratamento).

Para estimar a tensão superficial, foi utilizada a equação a seguir:

$$TS = (P_i / P_a) * 72,6$$

Onde:

TS: Tensão superficial, em N.m⁻¹

P_i: Peso médio das gotas em função das caldas de aplicação (g);

P_a: Peso médio das gotas de água, em g.

Figura 4 – Passagem das gotas para cálculo da tensão superficial das caldas utilizadas no experimento 3



3.7 Absorção de fungicidas nas plantas

Aos 30 dias após a semeadura, as espécies de *E. indica* e *I. nil* foram tratadas com o fungicida Piori Xtra® (Azoxystrobin e Cyproconazole) e os

adjuvantes Break-thru® e Agral® (Tabela 2). Na qual serão avaliados os teores de deposição e absorção dos produtos de plantas submetidas a ambiente adverso com ou sem presença de água.

Tabela 2 – Adjuvantes e agrotóxico escolhidos para os ensaios de absorção nas plantas de *E. indica* e *I. nil* do experimento 3

Nome comercial	Ingrediente ativo	Formulação	Tipo	Atuação
Agral®	Nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol	Concentrado Solúvel (CS)	Surfatante	Espalhante adesionante
Break-Thru®	copolímero poliéter-polimetil siloxano	Concentrado Solúvel (CS)	Surfatante	Super espalhamento e molhamento
Priori Xtra®	Azoxystrobin (200 g L ⁻¹) Cyproconazole (80 g L ⁻¹)	Suspensão concentrada (SC)	Fungicida	Controle de fungos após deposição e penetração na folha

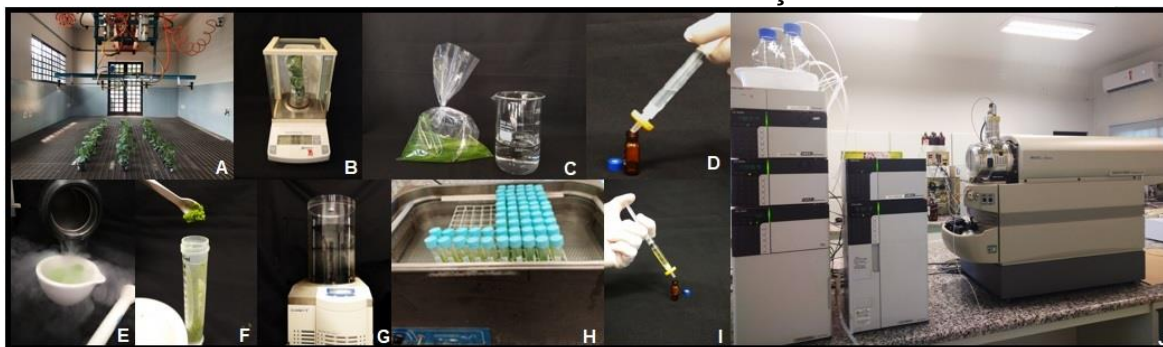
A aplicação foi realizada com um pulverizador estacionário, com barra de pulverização constituída por quatro pontas de pulverização XR110.02VS, espaçadas 0,5 m entre si e posicionadas a 0,5 m de altura em relação à superfície dos alvos. A velocidade de deslocamento foi de 3,6 km h⁻¹, com volume de calda correspondente a 200 L ha⁻¹ para cada tratamento a uma pressão constante de 193 kPa, pressurizado por ar comprimido (Figura 5 A) como descrito por Matos (2018); Carbonari *et al.* (2016); Araldi *et al.* (2015); Rosi *et al.* (2013), Tofoli *et al.* (2009) e Cavenaghi *et al.* (2007).

Na determinação dos teores internos e externos dos fungicidas azoxystrobin e cyproconazole com adição de adjuvante a calda de aplicação, foi realizada mediante a coleta de todas as folhas das unidades experimentais com cinco repetição nos períodos de 0, 2 e 24 horas após dos tratamentos (HAT). As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, pesadas em balança analítica de precisão (0,0001 g), e submetidos a lavagem com 200 mL e 100 mL de água, para a condição de sem e com estresse hídrico, respectivamente (Figura 5 B e C). A solução resultante das lavagens (200 mL e 100 mL) foi homogeneizada e uma alíquota de 5 mL foi armazenada em tubos falcon (15 mL) contendo 5 mL de metanol (amostra:metanol 50:50 v v⁻¹). Posteriormente, o material vegetal lavado foi armazenado no freezer. As soluções de lavagem foram homogeneizadas com agitador tipo Vórtex para determinar o teor externo do fungicida. Alíquotas de 3 mL de cada amostra foram filtradas em filtro de membrana porosa (PVDF de 0,45 µm e

13,0 mm de diâmetro) e acondicionados em *vials* para realização de análises cromatográficas (Figura 5 D e J).

mediante a maceração manual do material vegetal com nitrogênio líquido e as amostras foram armazenadas em tubos falcon (Figura 5 E e F). Uma amostra liofilizada dos períodos de 0, 2 e 24 horas foi retirada para determinar sua massa seca (Figura 5 G). Após secagem das amostras, 0,1 g do material liofilizado foi pesado em tubos falcon de 15 mL, aos quais foram adicionados 10 mL da solução extratora metanol:água (80:20 v/v) (Figura 5 C). Em seguida, as amostras foram submetidas à sonicação por 30 min e o sobrenadante foi filtrado em filtro de membrana porosa (PVDF de 0,45 µm e 13,0 mm de diâmetro) e armazenado em *vials* para análise cromatográfica (Figura 5 H, I e J).

Figura 5 – Procedimento para avaliação do produto interno e externo em 0, 2 e 24 HAA de *I. nil* e *E. indica* submetidas a condições hídricas distintas



A determinação dos compostos Azoystrobin e Cyproconazole foi realizada. A quantificação das concentrações de fungicida nas soluções foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência e espectrometria de massas (LC-MS/MS) em um sistema composto por um cromatógrafo líquido de alta eficiência (Prominence UFLC, Shimadzu Corporation), acoplado a um espectrômetro de massas (3200 Q TRAP, AB Sciex) híbrido triplo quadrupolo (Figura 5 J).

O tempo total da corrida cromatográfica para os compostos Azoystrobin e Cyproconazole foi de 10 min, e o tempo de retenção desses compostos na coluna cromatográfica foi de 4,08 e 4,20 minutos, respectivamente. A massa molecular dos compostos e as condições cromatográficas utilizadas para essa análise estão detalhadas na Tabela 3. Essas condições incluem parâmetros como tipo de coluna cromatográfica, fase móvel, fluxo, temperatura, entre outros, que são determinantes

para o bom desempenho da separação e detecção dos compostos de interesse (Tabela 3).

Tabela 3 – Condições cromatográficas utilizadas para a quantificação dos compostos e massa molecular e fragmentos do fungicida analisados

Coluna Analítica	Synergi 2.5 μ Hydro-RP 100Å, dimensões 50 x 4,6 mm	
Volume de injeção	20 μ L	
Fase móvel (pH 7,0)	Fase A (FA) = Água 0,1% Ac. Acético Fase B (FB) = Metanol 0,1% Ac. Acético	
Gradiente	0 – 1 minutos = 5% B 1 – 3 minutos = 95% B 3 – 6 minutos = 95% B 6 – 8 minutos = 5% B 10 minutos Stop	
Fluxo	0,6 ml min ⁻¹	
Temperatura do forno	40°C	
	Massa	Fragmento
Azoxystrobin	404.141	372.200
	404.141	329.200
	404.141	172.300
	Massa	Fragmento
Cyproconazole	292.198	70.100
	292.198	125.200
	292.198	89.200

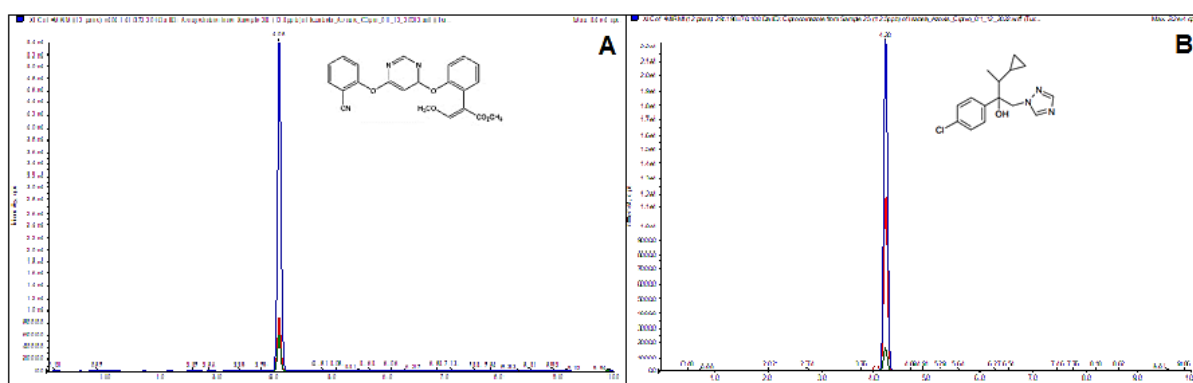
As curvas analíticas para cada fungicida e seus respectivos coeficientes de determinação acima de 0,99 indicam que os dados apresentam baixa variação em relação à reta ajustada. Isso sugere que os resultados obtidos são confiáveis, fornecendo informações consistentes sobre a concentração dos produtos em estudo (Tabela 4).

Tabela 4 – Curvas analíticas dos herbicidas e seus respectivos coeficientes de determinação

Compostos	Curva analítica	Coefficiente de determinação (R²)
Azoxystrobin	$y = 1,09e+004 x + 5,98e+004$	0,9904
Cyproconazol	$y = 1,56e+004x + -1,94e+004$	0,9964

Nas Figuras 6 A e B, são apresentados os cromatogramas dos compostos avaliados. Os teores dos herbicidas e seus metabólitos foram expressos em microgramas por grama de massa seca das plantas (μ g g⁻¹).

Figura 6 – Cromatograma dos compostos azoxystrobin (A) e cyproconazole (B) (12,5 µg L⁻¹)



3.8 Tamanho do genoma (Experimento 1, 2 e 3)

Os dados de tamanho de genoma de *A. spinosus*, *A. sativa*, *E. indica*, *G. max*; *I. nil*, *I. quamoclit*, *L. multiflorum*, *O. sativa*, *T. aestivum* e *Z. mays*, foram obtidos através da plataforma Royal Botanic Gardens Kew Science (Tabela 5).

Falar sobre 1C referente uma cópia de DNA

Mbp

Tabela 5 – Caracterização genética das espécies do experimento 1, 2 e 3

Gênero	Espécies	Números de cromossomos (2n)	Nível de Ploidia (x)	Quantidade de DNA 1C (Mbp)	Referência
<i>Amaranthus</i>	<i>Spinosus</i>	34	2	980	Bennett <i>et al.</i> , 1998
<i>Avena</i>	<i>Sativa</i>	42	6	12593	Yan <i>et al.</i> , 2016
<i>Ipomoea</i>	<i>Quamoclit</i>	-	-	619	Vesely <i>et al.</i> , 2012
<i>Ipomoea</i>	<i>Nil</i>	30	2	1176	Ozias-Akins & Jarret, 1994
<i>Eleusine</i>	<i>Indica</i>	20	2	686	Bennett e Smith, 1976
<i>Glycine</i>	<i>Max</i>	40	2	1107,40	Hammatt <i>et al.</i> , 1991
<i>Lolium</i>	<i>multiflorum</i>	28	4	5385,10	Kopecky <i>et al.</i> , 2010
<i>Oryza</i>	<i>Sativa</i>	24	2	490	Bennett <i>et al.</i> , 1976
<i>Triticum</i>	<i>aestivum</i>	42	2	16954	Bennett e Smith, 1976
<i>Zea</i>	<i>Mays</i>	20	2	2646	Laurie and Bennett, 1985

Adaptado: C-valeu, 2023

3.9 Análise dos dados

A frequência acumulada relativa foi utilizada nas análises estatísticas, pois permite observar a representação das frequências acumuladas em relação ao eixo horizontal, possibilitando observar os valores maiores e menores dos dados, além de colaborar nas comparações dos dados (Correa, 2003). A frequência acumulada consiste na divisão da frequência total da distribuição dos dados (Silva, Fernandes, Almeida, 2015).

Deste modo, a frequência acumulada relativa (%) consistiu na ordenação crescente dos parâmetros (comprimento e largura da célula-guarda e tamanho de estômato) em plantas com e sem estresse hídrico em ambas as faces da folha, foi determinada com a seguinte fórmula:

$$fr_i = F_i/f$$

No qual, fr_i = frequência relativa acumulada (%); F_i = amostras de parâmetros; f = número total de amostras de parâmetros.

A análise de correlação linear simples de Pearson foi empregada para as mesmas espécies dos experimentos para verificar a presença de correlação dos parâmetros estomáticos (comprimento e largura da célula-guarda e tamanho e densidade de estômato) com o tamanho do genoma. Além disso, foi feita uma correlação da absorção com os parâmetros anatômicos, estomáticos e área da ocupação estomática (experimento 3).

Os testes de normalidade e homogeneidade foram realizados para verificar se os dados seguiram os preceitos estatísticos. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste t ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no programa estatístico SISVAR® (Ferreira, 2000). Os parâmetros analisados nas comparações incluem o comprimento da parte aérea e da raiz (experimento 2 e 3), o peso seco e fresco da parte aérea e da raiz, a temperatura, a fisiologia, a anatomia, a tensão superficial e a absorção (experimento 3). A densidade estomática, e área da ocupação estomática em plantas submetidas a condições hídricas distintas para os 3 experimentos. Além de avaliar a razão ($R = PA/SR$) do comprimento da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) com e sem estresse hídrico foi estimada (experimentos 2 e 3) para compreender como que a biomassa vai ser alocada ou particionada em direção ao órgão de interesse econômico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização estomática

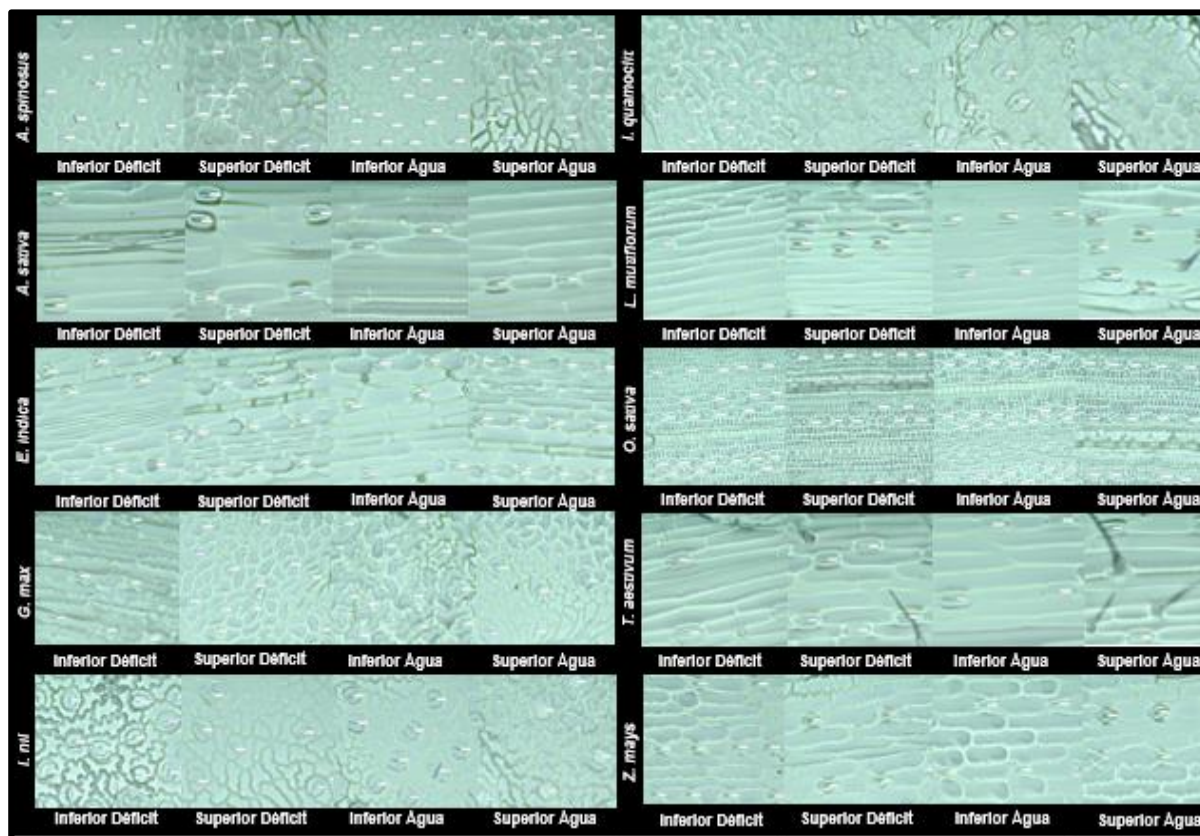
Os tipos de configuração estomática ou caracterização pode ser de acordo com a origem, número e forma das células subsidiárias. Se a origem da célula subsidiária e da célula estomática seja a mesma é denominado um estômato mesógeno. Se as células tiverem origem em células protodérmicas adjacentes à célula-mãe do estômato este é perígeno. Quando a origem é mista o estômato é denominado mesoperígeno (Glória; Guerreiro, 2013).

A caracterização mais amplamente utilizada é a descrita por Metcalfe e Chalk (1950) que diferencia cinco tipos básicos de estômatos, considerando o formato, e arranjo das células subsidiárias: Anomocítico, anisocítico, paracítico, diacítico e actinocítico. Adicionalmente tem-se a tetracítico (Evert, 2013)

Quanto aos tipos de configurações estomáticas temos no presente estudo, anomocítico, encontrado no *A. spinosus*, neste tipo as células epidérmicas entorno da célula-guarda não diferem e células subsidiárias estão ausentes. Na *A. sativa*, *E. indica*, *L. multiflorum*, *O. sativa*, *T. aestivum* e *Z. mays*, temos, estômatos tetracíticos, em que este é rodeado por quatro células subsidiárias, duas laterais e duas terminais (polares). Para as espécies *G. max*, *I. nil* e *I. quamoclit* o tipo de configuração estomática é paracítico cujo estômato é acompanhado, de cada lado, por uma ou mais células subsidiárias paralelas ao poro estomático (Figura 7).

O formato dos estômatos foi reniforme para *A. spinosus*, *E. indica*, *G. max*, *I. nil* e *I. quamoclit* e em forma de halteres para *A. sativa*, *L. multiflorum*, *O. sativa*, *T. aestivum* e *Z. mays*. Para todas as espécies observa-se plantas anfiestomáticas, caracterizadas pela presença de estômatos na face adaxial e abaxial do limbo foliar (Figura 7).

Figura 7 – Tipos de configuração estomática das espécies estudadas com e sem estresse hídrico



4.2 Frequência Acumulada

O comprimento da célula-guarda variou de 10 a 30 μm para a maioria das espécies de plantas daninhas e cultivadas, tanto na face inferior e superior das folhas como em plantas com e sem estresse hídrico. Além disso, os estômatos apresentaram maior comprimento da célula-guarda na face inferior das folhas, nas plantas com e sem estresse hídrico. Em contrapartida os comprimentos de 40 a 60 μm para *A. sativa*, *T. aestivum* e *Z. mays* em ambas as faces inferior e superior em ambas as condições hídricas. No caso de *A. spinosus* e *L. multiflorum* a dispersão dos dados foi baixa, porém, os estômatos presentes na face abaxial em plantas sem estresse hídrico. Em plantas de *G. max* em ambas as faces foliar e tiveram maiores comprimento da célula-guarda em relação as plantas estressadas (Figura 8).

A largura da célula-guarda variou de 5 a 20 μm para a maioria das espécies (*A. spinosus*, *G. max*, *L. multiflorum*, *O. sativa* e *Z. mays*), tanto na face inferior e superior das folhas como em plantas com e sem estresse hídrico. Além disso, na

face inferior das folhas os estômatos apresentaram maior largura da célula-guarda, nas plantas com e sem estresse hídrico. Em concordância com o comprimento da célula-guarda, a maior largura desta célula foi observada em *I. nil*, iniciando em 60 µm até mais de 150 µm, independentemente da face ou condição de estresse hídrico. A largura da célula-guarda na face superior das folhas de *L. multiflorum* apresentaram alteração em plantas submetidas ao estresse hídrico a partir da frequência de 80%, onde tamanho dessas células variou de 20 a 30 µm até atingir a frequência de 100%. Já na face inferior das folhas de plantas sem estresse hídrico houve variação de 15 a 20 µm, o que corresponde a um aumento de 34% do comprimento da célula-guarda na face superior das folhas desta espécie (Figura 8). A largura da célula-guarda foi variável entre espécies, mas a maioria apresentou células de menos de 20 µm, exceto *A. sativa*, *L. multiflorum* e *T. aestivum*. Nestas espécies, a largura atingiu valores próximos de 30 µm. Semelhante ao comprimento, a largura da célula-guarda em *A. spinosus* e *L. multiflorum* foi menor na face superior em plantas submetidas a estresse hídrico. Nas outras espécies, não houve padrões definidos em relação a largura desta célula (Figura 9).

O tamanho do estômato foi variável entre espécies estudadas, dependendo da condição hídrica. Para as espécies *A. spinosus*, *E. indica*, *G. max*, *I. nil* e *I. quamoclit* apresentaram estômatos relativamente pequenos de 50 a 250 µm, considerando a frequência acumulada de 80 a 100%, nas plantas sem estresse hídrico na face abaxial e adaxial, contudo em alguns casos o tamanho do estômato ultrapassou as 400 µm. Estômatos menores de 250 µm foram observados em *A. spinosus* (face superior ambas as condições hídricas), *G. max*, *I. nil* (exceto na face inferior sem estresse hídrico), e *O. sativa*. Estômatos intermediários de 250-500 µm foram observados em *A. spinosus* (face inferior em ambas as condições hídricas), *E. indica*, *I. nil* (face inferior sem estresse hídrico), *I. quamoclit* e *Z. mays* (exceto na face inferior sem estresse hídrico). Já, estômatos maiores de 500 µm a mais de 1000 µm foram observados em *A. sativa*, *L. multiflorum*, *T. aestivu* e *Z. mays* (face inferior sem estresse hídrico) (Figura 10).

Os dados obtidos da frequência acumulada relativa no presente trabalho permitiram inferir que o comprimento e largura da célula-guarda e o tamanho do estômato foram maiores na face inferior da folha para maior parte das espécies analisadas. Contudo em condição de déficit hídrico na face inferior das folhas os

parâmetros estomáticos são menores ou similar comparados aos das plantas hidratadas.

Dados observados por Ambrósio (2019), plantas de *Zea mays* em condição de déficit hídrico o valor de diâmetro polar é menor na face adaxial, porém, na disponibilidade de água o maior valor desse parâmetro é na face adaxial. O mesmo comportamento foi o observado no presente trabalho para a área estomática nas mesma espécies. Ou seja, que na ausência de água na face superior da folha o comprimento do diâmetro polar é reduzido em relação a disponibilidade de água. Esse mecanismo, permite que a planta fique metabolicamente ativa com menor perda de água.

Na frequência acumulada temos que cerca de 40% dos dados da célula-guarda e 50% da largura da célula-guarda e da área estomática foram similares nas faces das folhas, independente da condição hídrica, porém, cerca de 60 % dos dados do comprimento da célula-guarda e 50% da largura da célula-guarda e da área estomática foram distintos nas faces foliar nas espécies com e sem estresse hídrico.

Figura 8 – Frequência acumulada do comprimento da célula-guarda com e sem estresse hídrico em ambas as faces das folhas em função das espécies

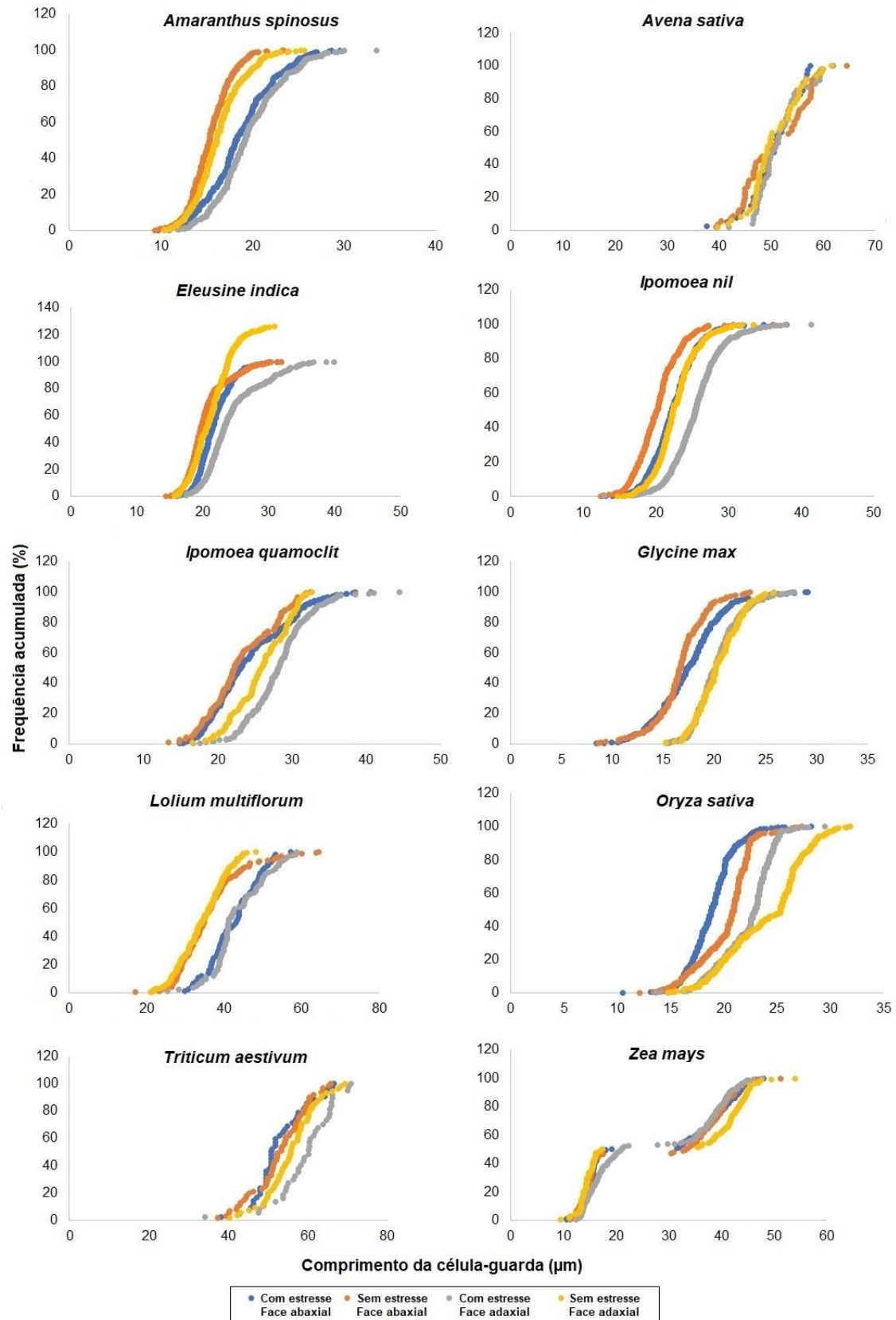


Figura 9 – Frequência acumulada da largura da célula-guarda com e sem estresse hídrico em ambas as faces das folhas em função das espécies

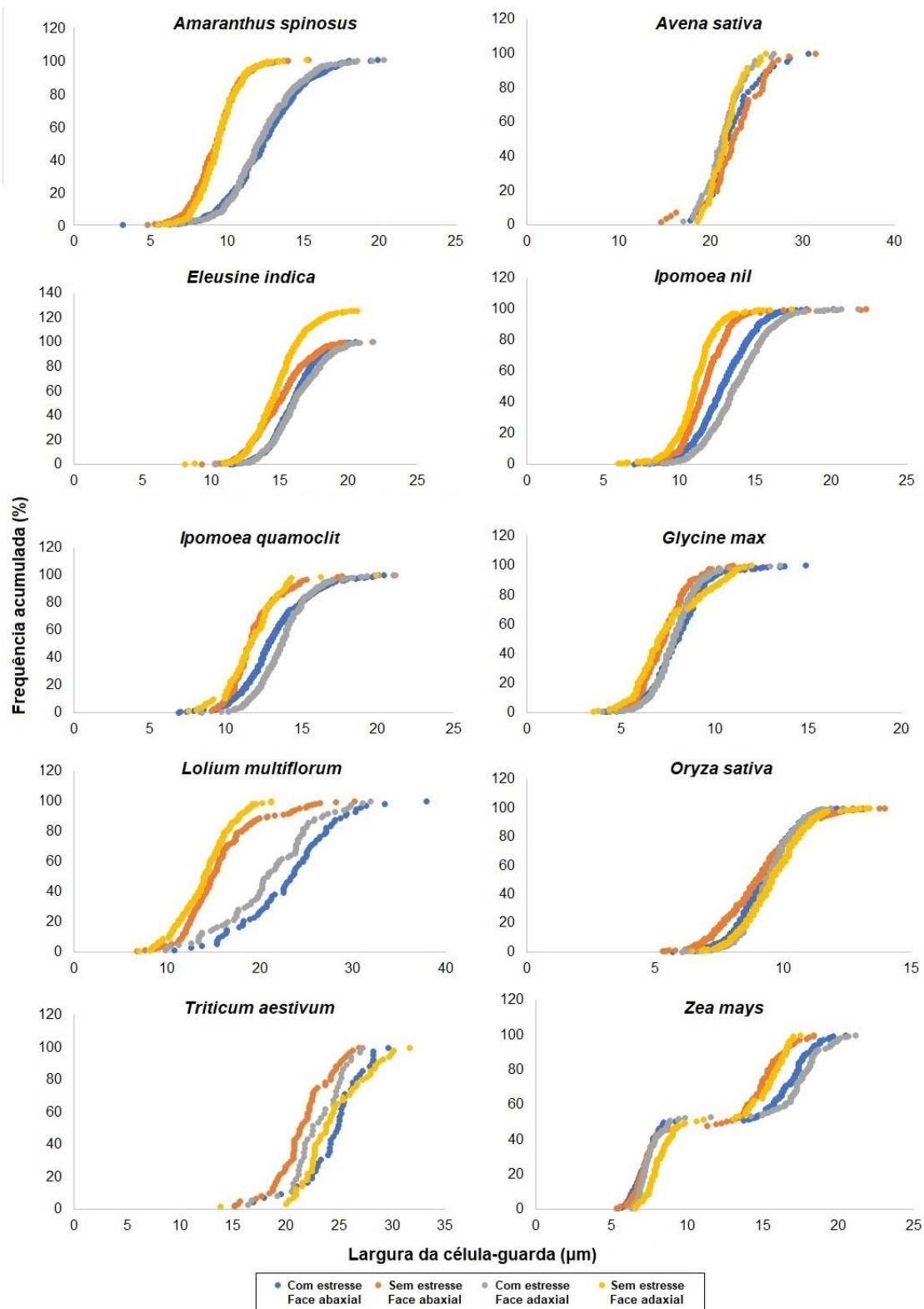
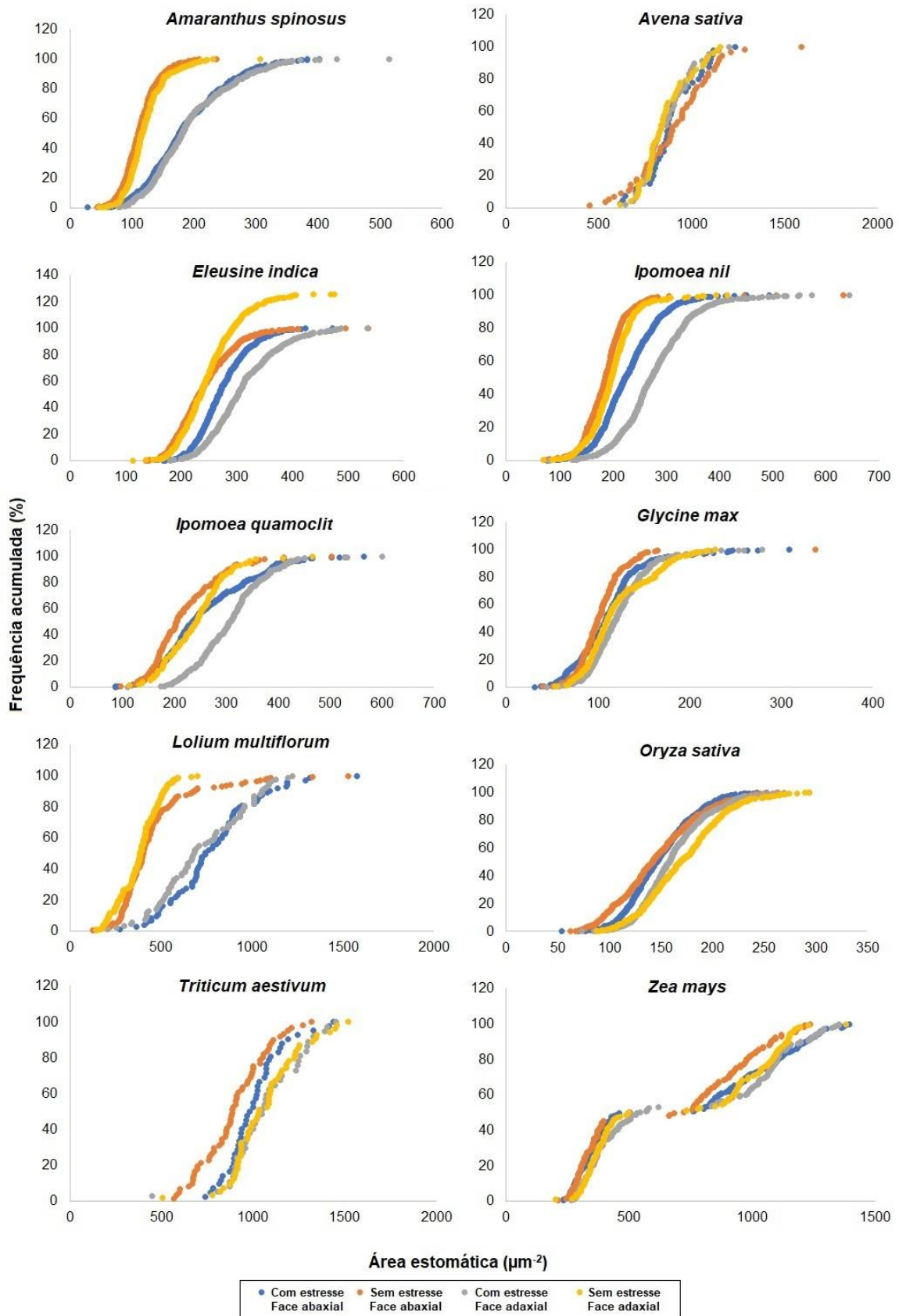


Figura 10 – Frequência acumulada dos valores de área estomática com e sem estresse hídrico em ambas as faces das folhas em função das espécies



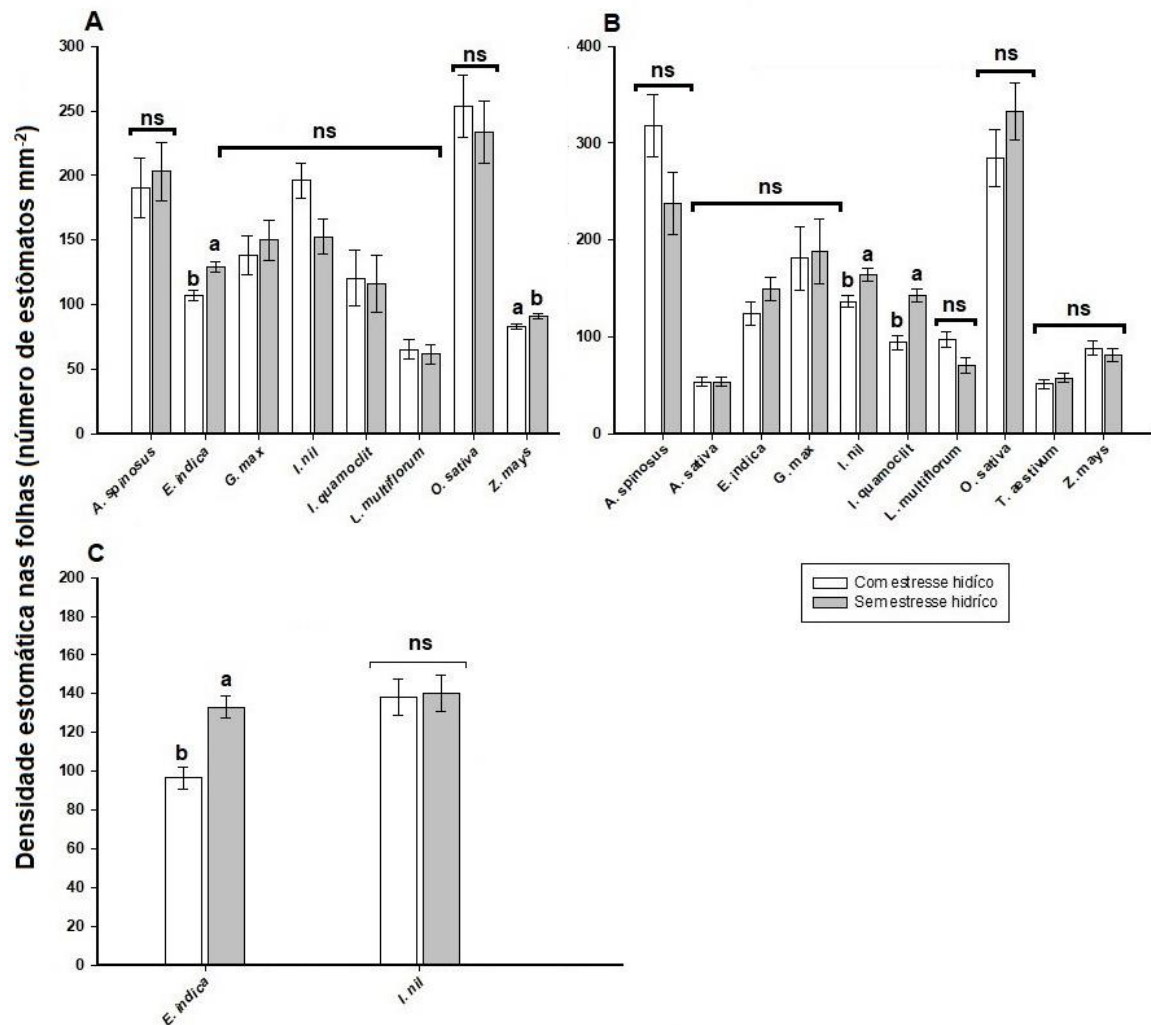
4.3 Densidade estomática

A densidade estomática foi variável entre espécies de plantas daninhas e cultivadas, independentemente da condição de estresse hídrico imposto nas folhas. *Lolium multiflorum* e *Z. mays* apresentaram densidades menores de 100 nº de estômatos mm^{-2} ; *E. indica*, *G. max* e *I. quamoclit* entre 100 e 150 nº de estômatos mm^{-2} ; enquanto *A. spinosus*, *I. nil* e *O. sativa* apresentaram densidades que oscilaram de 150 a 250 nº de estômatos mm^{-2} (Figura 11 A). Por outro lado, a densidades menores de 100 estômatos cm^2 , são equivalentes as espécies anteriores acrescida de *A. sativa* e *T. aestivum*, para *E. indica*, *I. quamoclit* (com e sem estresse hídrico) e *I. nil* (com estresse) houve densidade entre 100 e 150 nº de estômatos mm^{-2} , enquanto *A. spinosus*, *G. max*, *I. nil* e *O. sativa* apresentaram densidades que oscilaram de 150 a 350 nº de estômatos mm^{-2} (Figura 11 B). Visto que para *E. indica* os valores de densidade foram menores com estresse hídrico com valor inferior a 100 nº de estômatos mm^{-2} e em plantas sem estresse os valores ficaram entre 100 e 150 nº de estômatos mm^{-2} . Na *I. nil* os valores não oscilaram independente da condição hídrica permanecendo entre 100 e 150 nº de estômatos mm^{-2} (Figura 11 C).

Para a densidade estomática não diferiu para *A. spinosus*, *A. sativa*, *G. max*, *L. multifflorem*, *O. sativa* e *T. aestivum* em ambas as condições hídricas nas figuras 11 A e B. *Ipomea nil* e *I. quamoclit* obtiveram o mesmo resultado (Figura 11 A e C), bem como para *Eleusine indica* (Figura 11 A).

A maior densidade estomática foi observada nas espécies sem estresse hídrico, para os indivíduos que apresentaram diferença significativa (Figura 11 A, B e C).

Figura 11 – Densidade estomática das plantas submetidas a regime hídrico distintos



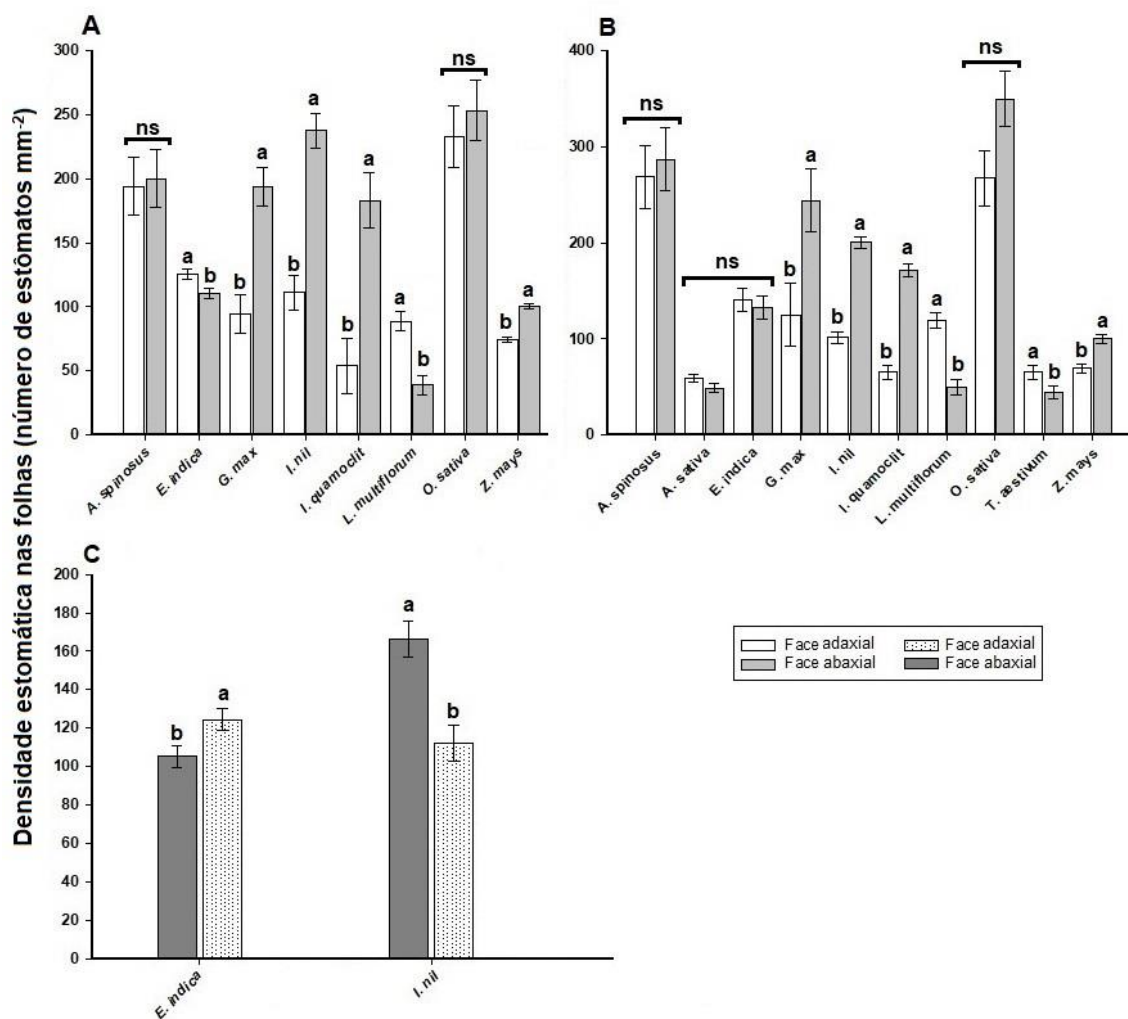
No entanto, a maioria das espécies apresentaram diferenças na densidade estomática nas faces foliares, exceto *A. spinosus*, *A. sativa*, e *O. sativa* em ambas as faces (Figuras 12 A e B), bem como, a *Eleusine indica* obteve o mesmo resultado como demonstrado na Figura 12 B.

A densidade estomática na face adaxial foi maior em *E. indica*, *L. multiflorum* e *T. aestivum* (Figura 12 A, B e C) enquanto nas outras espécies, a densidade foi menor, ou seja, apresentaram maior densidade estomática na face foliar abaxial. As maiores diferenças na densidade estomática entre faces foram observadas em *G. max*, *I. nil*, *I. quamoclit* e *Z. mays* (Figura 12 A, B e C). Estas espécies apresentaram entre 100 e 300 nº de estômatos mm⁻² na face foliar inferior em comparação com a superior (Figura 12 B).

Com efeito temos nas espécies *A. sativa*, *I. quamoclit*, *L. multiflorum*, *T. aestivum* e *Z. mays* densidades menores de 100 nº de estômatos mm^{-2} ; o mesmo é observado para *G. max*, *I. quamoclit* e *L. multiflorum* apenas na face adaxial das folhas (Figura 12 A e B). Apenas a *Eleusine indica* houve densidade entre 100 a 150 em ambas faces foliares, enquanto *G. max*, *I. nil* e *L. multiflorum* obteve os mesmos valores, porém, na face adaxial das folhas (Figura 12 A, B e C).

Contudo, *A. spinosus* e *O. sativa* apresentaram densidades de 150 a 300, sendo observado este comportamento para *G. max*, *I. nil* e *I. quamoclit* apenas na face abaxial da folha (Figura 12 A, B e C).

Figura 12 – Densidade estomática nas faces das plantas submetidas a regime hídrico distintos



Enquanto isso, Ferreira *et al.*, 2003, demonstraram que a densidade de *A. spinosus* é maior na face abaxial da folha, com aumento em torno de 39% em relação a face adaxial.

A densidade estomática foi maior na face abaxial da folha em relação a adaxial, para as espécies *Bidens pilosa*, *Emilia sonchifolia*, *Ageratum conyzoides*, *Nicandra physaloides*, *Solanum viarum*, *Solanum americanum*, *Sonchus asper* e *Raphanus raphanistrum* (Ferreira *et al.*, 2002a, b).

Em relação as espécies *Sida rhombifolia*, *Sida spinosa* e *Sida urens* a densidade estomática variou em diferentes ganhos fenológicos e em ambas as faces foliares. No qual, a maior densidade estomática foi obtida nos estádios fenológicos V1 e V2, tanto na face adaxial quanto na face abaxial das folhas de *S. rhombifolia*. Para *S. spinosa*, a maior densidade estomática ocorreu nos estádios V1 e V2, em ambas as faces foliares, além do mais, foi constatado um aumento adicional na densidade estomática na face abaxial no estágio fenológico R. Enquanto *S. urens* nos estádios fenológicos V1 e V2, teve maior densidade na face adaxial das folhas no estágio V2. Deste modo, tem-se que as diferentes espécies de *Sida* spp., apresentam variações na densidade estomática ao longo de seu desenvolvimento fenológico e em diferentes faces das folhas. Essas variações podem estar relacionadas a fatores como a fisiologia da planta, a adaptação ao ambiente e as demandas de trocas gasosas (Cunha *et al.*, 2012).

A mesma tendencia foi observada para as espécies *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis*, *Ipomoea cairica* (Procópio, *et al.*, 2003), *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla* (Ferreira *et al.*, 2002b) em que a densidade estomática é maior na face abaxial da folha em relação a adaxial.

Para *Sida rhombifolia*, *Sida spinosa* e *Sida urens* há alta densidade estomática na face abaxial, ainda assim, a *Sida spinosa* teve a menor densidade na face adaxial em comparação com as demais espécies (Cunha *et al.*, 2012).

4.4 Porcentagem da área estomática

A porcentagem na área de ocupação estomática variou de 0,5 a 1,5 para face abaxial para *A. spinosus*, *I. nil*, *G. max*, *Z. mays* e *O. sativa*, em ambas as condições hídricas, porém, *Ipomoea quamoclit* e *Eleusine indica* apenas nas plantas sob estresse hídrico. Na face adaxial temos que a porcentagem da área de ocupação estomática varia de 1,0 a 1,5 para o *Lolium multiflorum* (em ambas as condições hídricas), *I. quamoclit* e *E. indica* (sem estresse hídrico) (Figura 13).

Com efeito temos nas espécies *A. spinosus*, *E. indica*, *I. nil*, *I. quamoclit*, *G. max*, *O. sativa* e *Z. mays* com e sem estresse hídrico na face abaxial, a porcentagem de estômato por área foliar varou de 0,5 a 1,4 %. Já para *T. aestivum*, *L. multiflorum* e *A. sativa*, variaram de 1,0 a 1,6 % com e sem estresse hídrico na face adaxial (Figura 14).

Os dados de porcentagem de estômatos por área foliar em *E. indica* varou de 1,0 a 1,5 % e *I. nil* de 2,0 a 2,5 com e sem estresse hídrico na face adaxial. Temos que, *I. nil* a maior porcentagem na face adaxial em plantas com e sem estresse hídrico e em *E. indica* essa porcentagem foi similar em ambas as faces e condição hídrica (Figura 15)

Cerca de 30% das espécies têm a área de ocupação superior na face adaxial independente do regime hídrico e ainda na mesma face temos 20% espécies com área maior na presença de irrigação, em contrapartida há 10% espécies com a porcentagem maior na face adaxial com estresse hídrico (Figura 13, 14 e 15).

Figura 13 – Porcentagem de área estomática das plantas submetidas a regime hídrico distintos

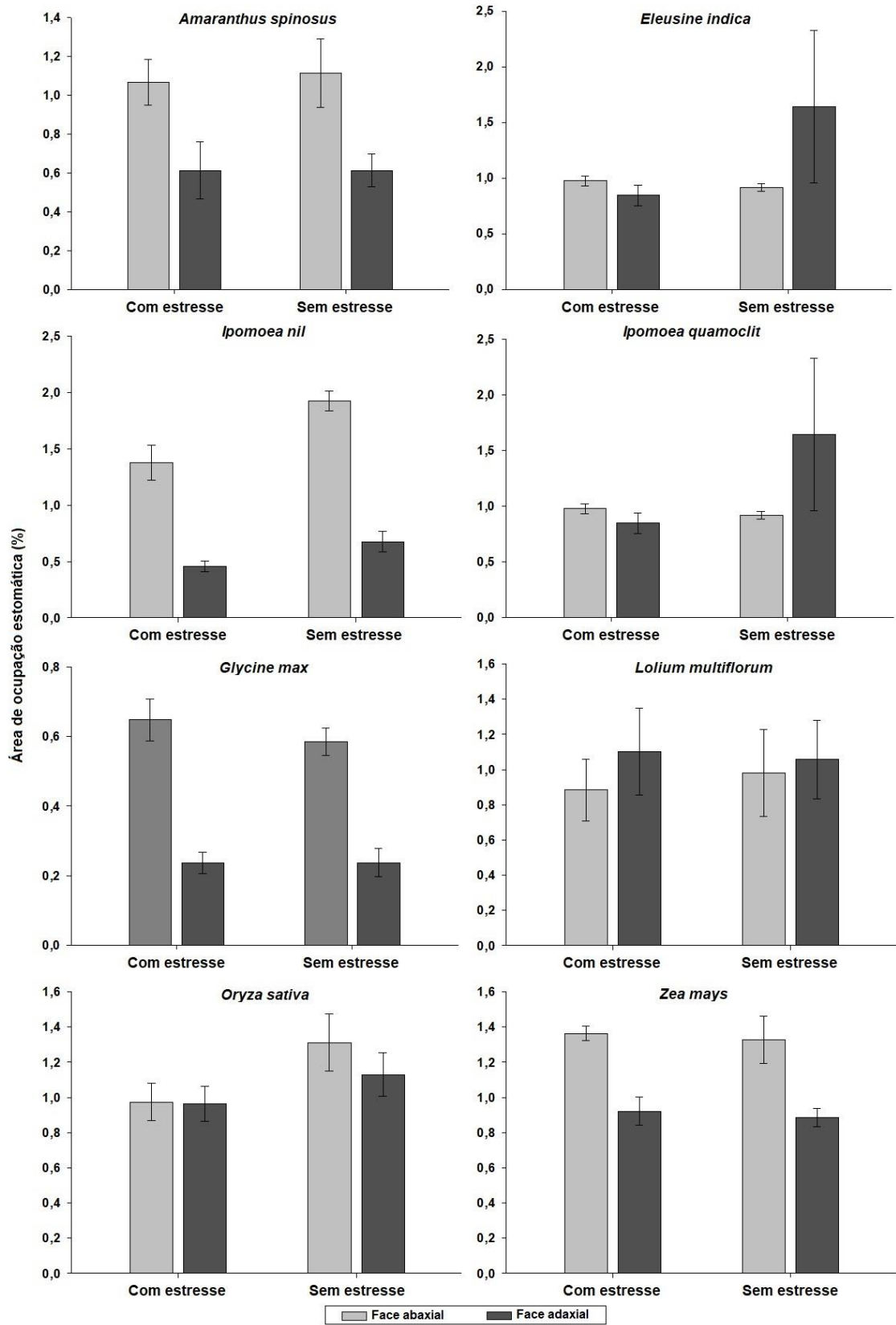


Figura 14 – Porcentagem de área estomática das plantas submetidas a regime hídrico distintos

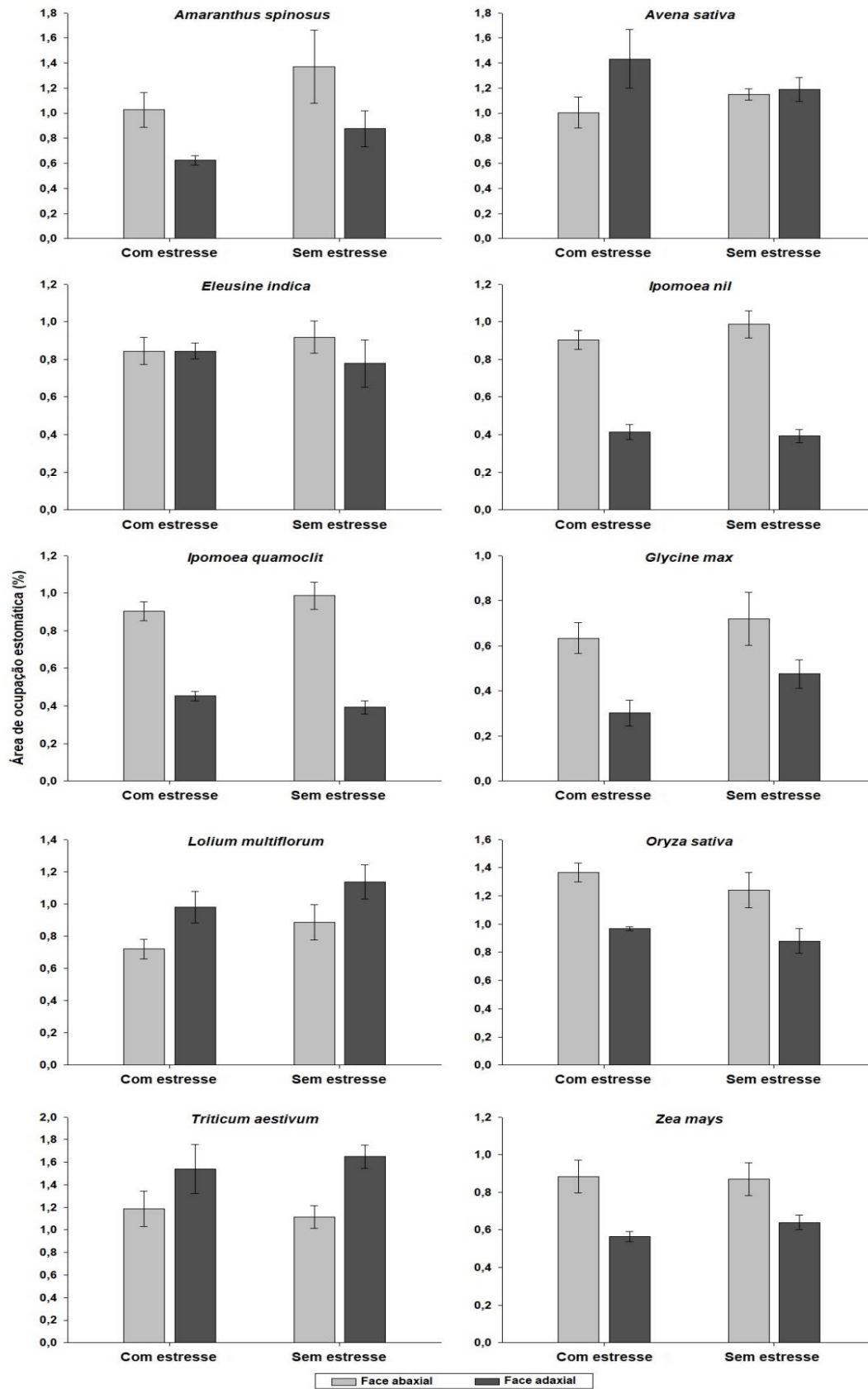
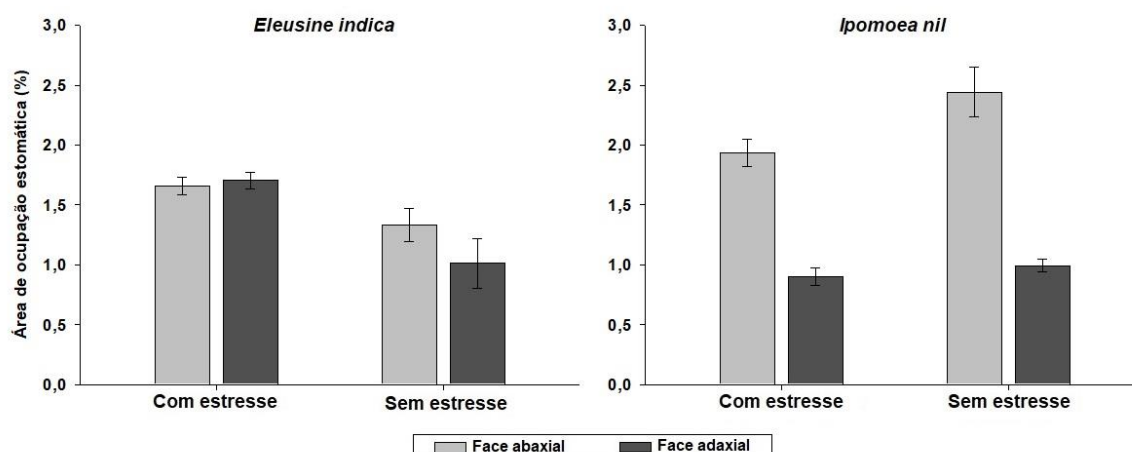


Figura 15 – Porcentagem de área estomática das plantas submetidas a regime hídrico distintos



4.5 Correlações

A correlação de Pearson (r) foi alta e positiva com r de 0,73 para o comprimento da célula-guarda, e para largura da célula-guarda e a área estomática os valores de r foram maiores de 0,80 com o tamanho do genoma, para ambas as condições hídricas. Inferindo que à medida que aumenta o tamanho do genoma há aumento desses parâmetros. Para o tamanho do genoma na faixa 490-2646 Mbp os valores de célula-guarda (comprimento e largura) variam de 6-17 e 14-42 μm e área estomática varia de 99-543 μm (Figura 16 A e C). Em relação ao tamanho do genoma na faixa de 5385,1-16954 Mbp os valores de célula-guarda (comprimento e largura) variam de 6-17 e 14-42 μm e área estomática variam de 12-24 μm e 328-1071 μm (Figura 16 A e C).

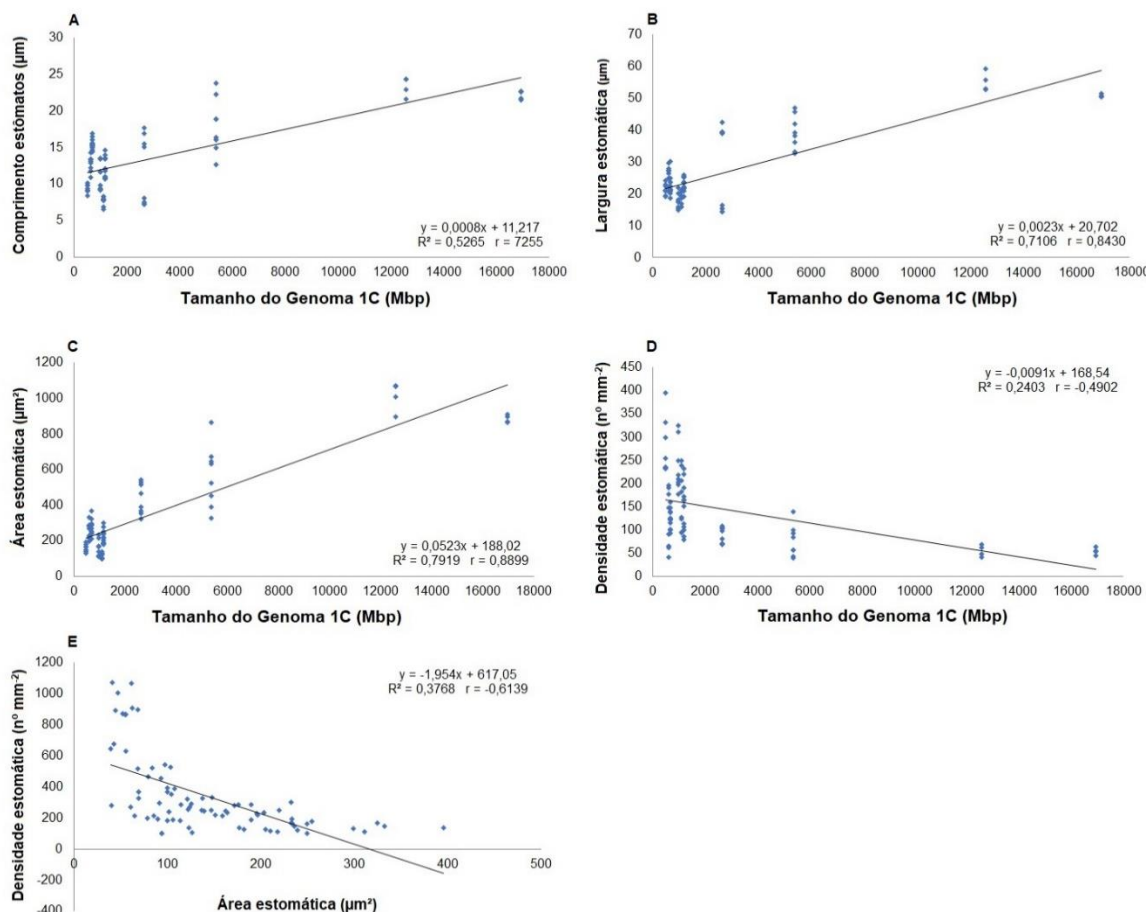
Em relação a densidade estomática, temos correlação baixa e negativa com r -0,49, inferindo que, à medida que aumento o tamanho do genoma há uma redução desse parâmetro saindo de 490 Mbp até 16954 Mbp, a densidade varia de 39-395 estômatos por mm^{-2} (Figura 16 D).

Correlações positivas também foram encontradas nas espécies de *Epidendrum* para o comprimento do complexo estomático e tamanho das células-guarda nos estômatos, porém essa correlação varia se comparadas espécies ou espécimes de uma mesma população (Apolinário, 2017). Para a densidade

estomática houve uma correlação negativa, bem como observada no presente trabalho.

Comportamento similar têm se na correlação da densidade estomática com a área estomática com correlação negativa e média. Em uma área estomática variando de 30 a 100 μm^2 e há densidades oscila de 50 a 1200 estômatos por mm^2 , quando a área varia acima de 100 a 200 μm^2 , há densidades tem-se o máximo reduzido para 400 estômatos por mm^2 e quando a variação da área acima de 200 μm^2 , o valor máximo da densidade chega a 150 estômatos por mm^2 .

Figura 16 – Correlação entre tamanho do genoma com os parâmetros estômatos e correlação com a densidade com a área estomática de plantas daninhas e cultivadas em condições hídricas distintas



Em *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae), foi observado que o comprimento das células-guarda é diretamente proporcional ao tamanho genômico,

corroborando com os dados presente neste trabalho. Essa relação foi evidenciada em experimentos nos quais o aumento do tamanho genômico resultou em um aumento proporcional no comprimento das células-guarda (Lomax *et al.*, 2008). Essa mesma relação foi encontrada por Jordan *et al.* (2014) ao comparar o tamanho genômico com o comprimento das células-guarda em 67 espécies de Proteaceae.

Com efeito a densidade estomática é uma variável não dependente somente do tamanho do genoma. A luminosidade e a quantidade de CO₂ disponível são variáveis que pode ter grande influência da densidade estomática (Casson; Hetherington, 2010). Entre os parâmetros estomáticos testados, a maior parte da variação pode ser atribuída à diferença entre os gêneros. Além disso, o estudo indica que, dentro de uma mesma família de plantas, os dados estomáticos tendem a ser mais semelhantes entre si do que em famílias diferentes, mesmo quando convivem num mesmo ambiente (Croxdale, 2000).

De acordo com Beaulieu *et al.* (2008) o tamanho do genoma explica 60% das variações ocorridas no tamanho da célula-guarda e da densidade estomática. Inferindo que as espécies de uma mesma família podem apresentar genomas mais semelhantes do que de outras famílias, o que resultaria em padrões estomáticos bem semelhantes. As análises demonstram claramente que o tamanho dos estômatos pode ser mais bem previsto por uma combinação de fatores, incluindo o tamanho do genoma e a estrutura da vegetação, com uma possível contribuição do clima (Beaulieu *et al.*, 2008). Além disso, uma grande variação observada no tamanho das células-guarda dentro do gênero e a ausência de variação significativa no tamanho do genoma nesse mesmo nível sugere que mudanças evolutivas substanciais no tamanho das células estomáticas ocorreram após a maioria das alterações no tamanho do genoma (Beaulieu *et al.*, 2008).

Com efeito para Beaulieu *et al.*, (2008) ao considerar os resultados em conjunto, há fortes evidências de que as relações entre o tamanho dos estômatos e o tamanho do genoma são ajustadas por meio de adaptação evolutiva ao macroambiente. Sugere a partir dessas informações que as características estomáticas das plantas são moldadas ao longo do tempo em resposta às pressões seletivas do ambiente em que vivem.

4.6 Morfologia

O estresse hídrico teve um impacto negativo no crescimento da parte aérea das espécies *A. spinosus*, *A. sativa*, *E. indica*, *G. max*, *I. nil*, *I. quamoclit*, e *Z. mays* com a variação do comprimento de parte aérea de 18,7 a 55,4 cm e de 8,3 a 36,9 cm nas plantas com e sem estresse hídrico, respectivamente. Entretanto *T. aestivum* e *O. sativa* não diferiam (Figura 17 A e 18). O trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench L.) teve a mesma tendência, em que sob estresse hídrico o comprimento da parte aérea não se difere (Zaina; Gai, 2020). Esse comportamento pode indicar uma tolerância maior dessas espécies ao estresse hídrico.

A razão da parte aérea e do sistema radicular de *T. aestivum* sob estresse hídrico, demonstra que alocação de biomassa foi maior na parte aérea em relação a raiz. Contudo, *A. spinosus*, *A. sativa*, *E. indica*, *G. max*, *I. nil*, *I. quamoclit* e *Z. mays* apresentaram aumento no crescimento do sistema radicular em relação ao comprimento da parte aérea. Esse efeito demonstra que as plantas investiram recursos e energia no crescimento (estiolamento) das raízes em resposta ao estresse hídrico, em busca de água, a fim de se manter metabolicamente ativa (Figura 17 C e 18).

O efeito do estresse hídrico em parte aérea e raízes, por via metabólica, desencadeia a síntese de ácido abscísico que é transportado para diferentes partes da planta, onde induz uma variedade de efeitos. Como alteração na alocação de assimilados sob a influência de hormônios sintetizados nas folhas e raízes, a relação de crescimento entre a parte aérea e o sistema radicular é alterada e induz o fechamento dos estômatos (Larcher, 2000).

Figura 17 – teste de medida do comprimento da parte aérea e da raiz (A e B) e (C) razão da parte aérea (PA) e do sistema radicular (RS) de plantas com e sem estresse hídrico

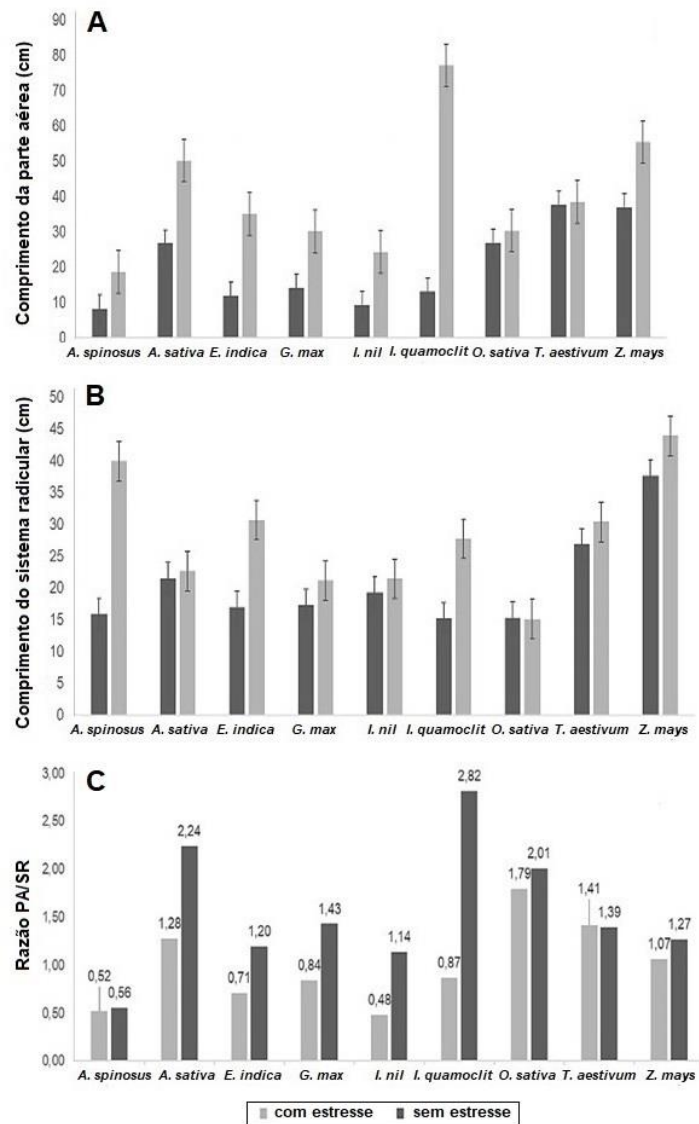
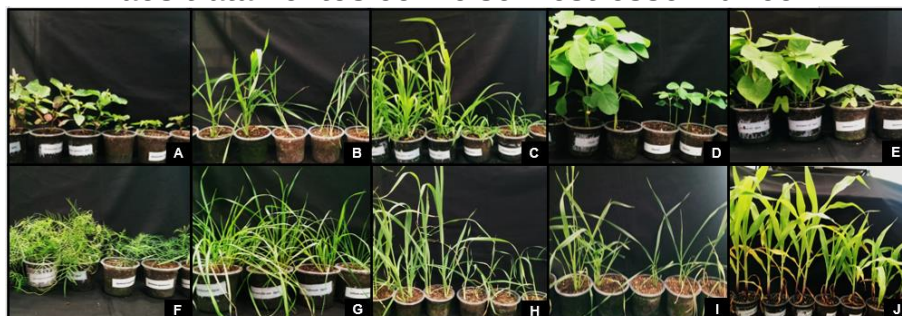


Figura 18 - Caracterização das plantas daninhas e cultivadas submetidas aos tratamentos com e sem estresse hídrico



A: *A. spinosus*; B: *A. sativa*; C: *E. indica*; D: *G. max*; E: *I. nil*; F: *I. quamoclit*; G: *L. mutiflorum*; H: *O. sativa*; I: *T. aestivum*; J: *Z. mays*

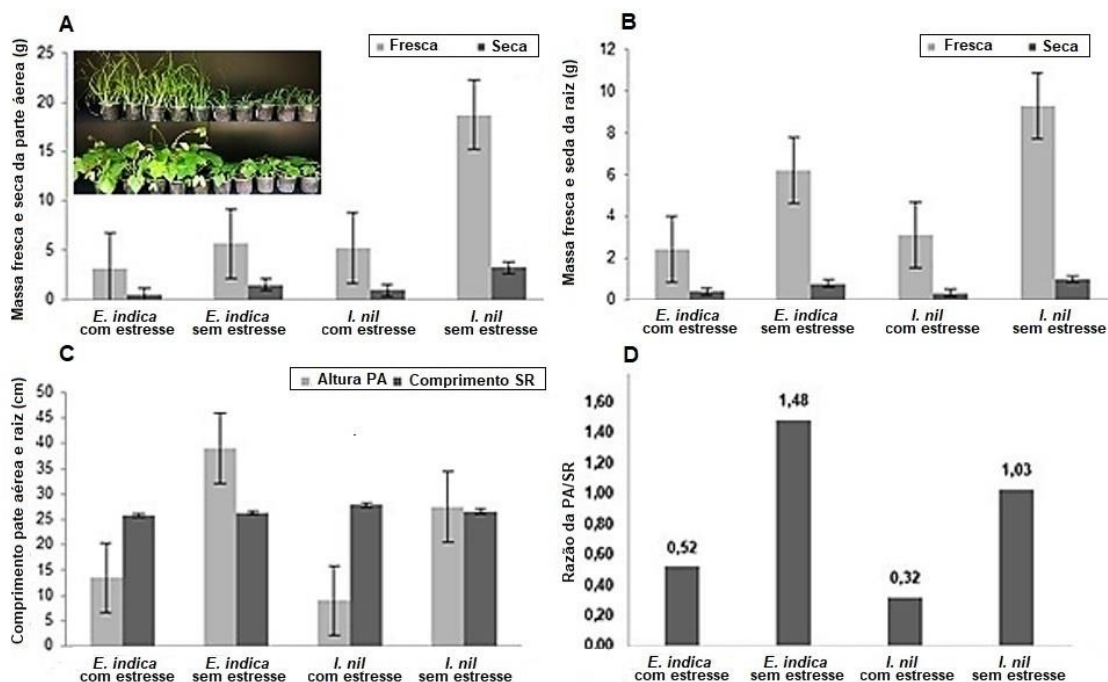
Na *E. indica* e *I. nil* com e sem estresse massa fresca da raiz variou de 2,5-6,2 g e 3,1-9,3 g, respectivamente. Para ambas as espécies houve redução de 66,4% dessa massa sob estresse em *I. nil*. Na massa seca da raiz as oscilações foram de 0,8-0,4 para *E. indica* e *I. nil* 0,3-1,0 g, sendo o maior valor para *E. indica* estressada.

Plantas de corda-de-viola (*Merremia cissoides*) diferiam entre a massa seca de raiz em relação a parte aérea em condição de déficit hídrico (Barreto *et al.*, 2017). Toda via, o capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) teve valor da massa seca da parte aérea menores em relação a massa seca de raiz, para todos os períodos estudados de déficit hídrico (Barreto *et al.*, 2017). Ambos os parâmetros foram observados para as espécies em estudo (Figura 19 A e B).

Para *E. indica* e *I. nil* o comprimento da parte aérea reduziu para em torno de 65% sob estresse hídrico. Em plantas com e sem estresse os valores da parte oscilou de 13,5 a 38,9 cm (*E. indica*) e de 9 a 27,5 (*I. nil*), respectivamente. O comprimento do sistema radicular não diferiu em ambas as espécies e condições hídricas. Entretanto, a parte aérea foi maior em condições de disponibilidade hídrica em ambas as espécies. Além do mais, para *E. indica* e *I. nil* estressada o comprimento variou de 25,8-27,9 cm (sem estresse) e 26,3 e 26,7 (com estresse), respectivamente (Figura 19 C).

Na razão da parte aérea e sistema radicular, temos que *E. indica* e *I. nil* submetidas a estresse hídrico investiram no desenvolvimento do sistema radicular, quando cultivadas com disponibilidade hídrica o investimento é maior para a parte aérea (Figura 19 D). Essa alteração na alocação de recursos permite que a planta maximize suas chances de sobrevivência em condições de estresse hídrico, priorizando o desenvolvimento das raízes para buscar água em camadas mais profundas do solo. Contudo, as plantas submetidas a estresse hídrico têm menor valor de massa do sistema radicular, em contrapartida há maior comprimento de raiz (Figura 19 B). Esse comportamento pode ter ocorrido, pois houve um crescimento no sistema radicular e não desenvolvimento, implicando em raízes finas e menos ramificadas.

Figura 19 – Teste de média do A: peso da massa da parte aérea fresca e seca, B: da parte raiz fresca e seca; C: comprimento da parte aérea e da raiz e D: razão parte aérea (PA) e sistema radicular (SR) de plantas com e sem estresse hídrico



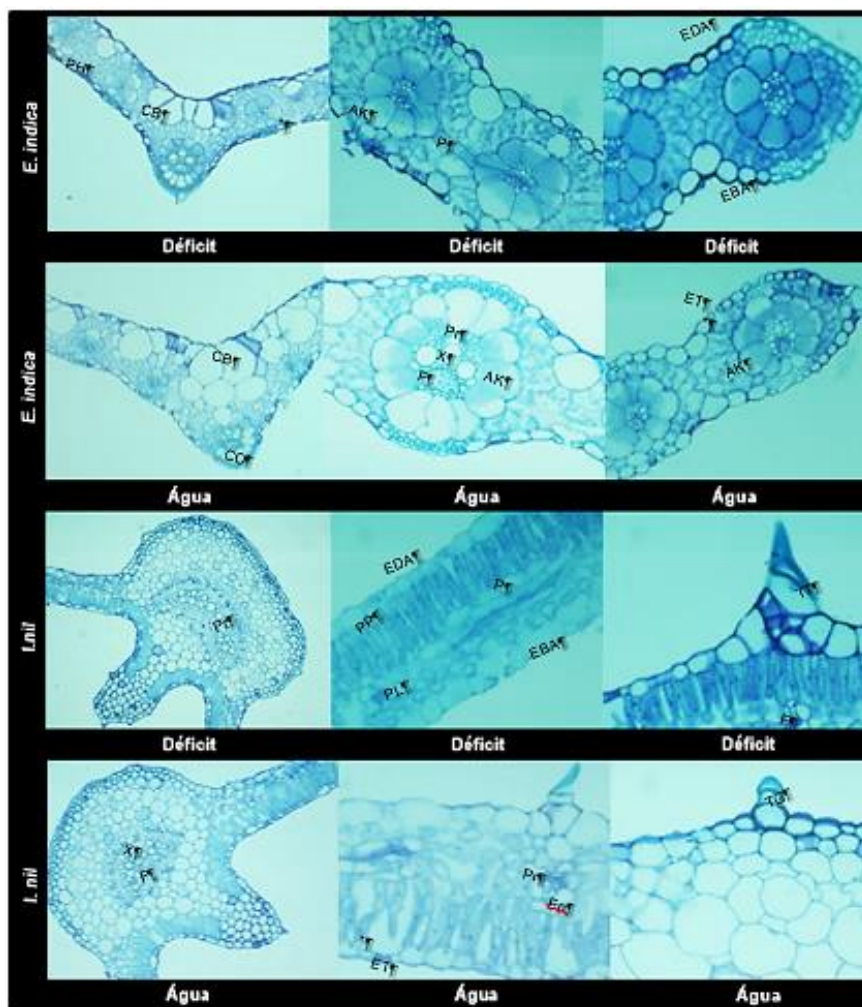
Plantas sob escassez hídrica apresentam uma perda de pressão osmótica nas células, levando à redução da turgência (perda de resistência e firmeza das plantas). Isso afeta o crescimento das plantas, pois a turgência é responsável pela sustentação e expansão da parede celular. Com redução da turgência, as células vegetais têm menor capacidade de se expandir e se alongar, ocasionando redução no crescimento em extensão das raízes, caules e folhas (Taiz; Zeiger, 2009). Tal redução foi observada para *E. indica* e *I. nil* (Figura 19).

4.7 Anatomia

A *E. indica* apresentou lâmina foliar com espessura média de 125,8 e 162,2 μm para as plantas com estresse e sem estresse hídrico, respectivamente (Tabela 6 e Figura 20). A epiderme unisseriada, sendo a face adaxial mais espessa que a abaxial (Tabela 6). Seu mesofilo foliar é indiferenciado, compacto. O parênquima

homogêneo tem uma camada de células com espessura média de 74,9 e 92,3 μm para as plantas com e sem estresse hídrico, respectivamente (Tabela 6 e Figura 20).

Figura 20 – Caracterização anatômica de plantas de *Eleusine indica* e *Ipomoea nil* com e sem estresse hídrico



*: Câmara subestomática, P: Plasmodesmo; TT: Tricoma tector multicelular não ramificado; TG: Tricoma glandular; ET: Estômato; CB: Célula buliforme X e F: Xilema e Floema; D: Drusa; EAD: Epiderme adaxial; EAB: Epiderme abaxial; CO: Colênquima

Na célula buliforme a espessura média é de 44,9 μm em plantas com restrição hídrica e 71,9 μm para plantas hidratadas, respectivamente (Tabela 6 e Figura 20). Suas folhas são anfiestomáticas (Figura 20), estando os estômatos dispostos no mesmo nível das demais células da epiderme. Tanto na face adaxial como na abaxial os estômatos são diacíticos, e os da face abaxial possuem maior comprimento (Tabela 6). Foi verificada maior presença de estômatos na face abaxial das folhas (Figura 20).

A *Ipomoea nil* apresenta lâmina foliar com espessura média de 148,4 e 171,3 μm para as plantas com estresse e sem estresse hídrico, respectivamente. A epiderme uniseriada, sendo a face adaxial mais espessa que a abaxial (Tabela 6). Seu mesofilo foliar é dorsiventral, pouco compacto. O parênquima paliçádico, apresenta uma camada de células com espessura média de 19,7 e 24,5 μm em plantas com e sem estresse hídrico, respectivamente. No parênquima paliçádico a espessura média é de 55,7 e 66,5 μm na *I. nil* estressadas e não estressadas, respectivamente, para o parênquima lacunoso a variação para plantas com e sem estresse hídrico foi de 59,4 e 66,9 μm , respectivamente (Tabela 6 e Figura 20). Foram observados presença de tricomas tectores e tricomas multicelulares não-ramificados em ambas as faces das folhas (Figuras 20).

Tabela 6 - Espessura de componentes foliares de plantas daninhas com e sem estresse hídrico

	Lâmina foliar	Epiderme (face adaxial)	Epiderme (face abaxial)	Parênquima homogêneo	Célula buliforme
----- Espessura (μm) -----					
<i>E. indica</i> com estresse	125,75 b	10,56 b	10,44 b	74,89 b	44,87 b
<i>E. indica</i> sem estresse	162,20 a	13,16 a	12,56 a	92,30 a	71,93 a
CV (%)	8,33	1,37	3,53	3,75	9,12
Média geral	143,98	11,86	11,50	83,59	58,41
DMS	21,06	0,073	0,71	5,51	9,35
	Lâmina foliar ^{ns}	Epiderme ^{ns} (face adaxial)	Epiderme (face abaxial)	Parênquima paliçádico	Parênquima lacunoso ^{ns}
----- Espessura (μm) -----					
<i>I. nil</i> com estresse	148,37	19,69	20,92 b	55,70 b	59,37
<i>I. nil</i> sem estresse	171,30	24,49	23,41 a	66,54 a	66,85
CV (%)	8,31	13,73	3,72	9,99	7,21
Média geral	159,84	22,09	22,16	61,12	63,11
DMS	23,33	5,33	1,45	10,73	7,99

Médias seguidas por letras distintas difere entre si nas colunas pelo teste de t ao nível de 5%. * de probabilidade. ^{ns} não significativo.

A espessura da epiderme adaxial de 3 biotipos de *Conyza sumatensis*, oscilou de 13,05 a 16,23 μm (Schneider, Favaretto; Rizzardi, 2020). No presente estudo as espécies *E. indica* e *I. nil* hidratadas teve os valores da epiderme variando de 13,16 μm e 24,49 μm , respectivamente.

Em estudo realizado por Santos *et al.*, (2015), com *Neonotonia wightii* e *Pueraria phaseoloides* submetidas a diferentes intensidades luminosas, constataram

que plantas em pleno sol obteve maior espessura da lâmina foliar, de parênquimas, epiderme adaxial e abaxial, em contrapartida as plantas de 50% de sombreamento, além disso, apresentaram maior área foliar em ambas as espécies. Temos, que o estresse luminoso assim como hídrico modifica a estrutura anatômica das plantas submetidas há estas condições ambientais.

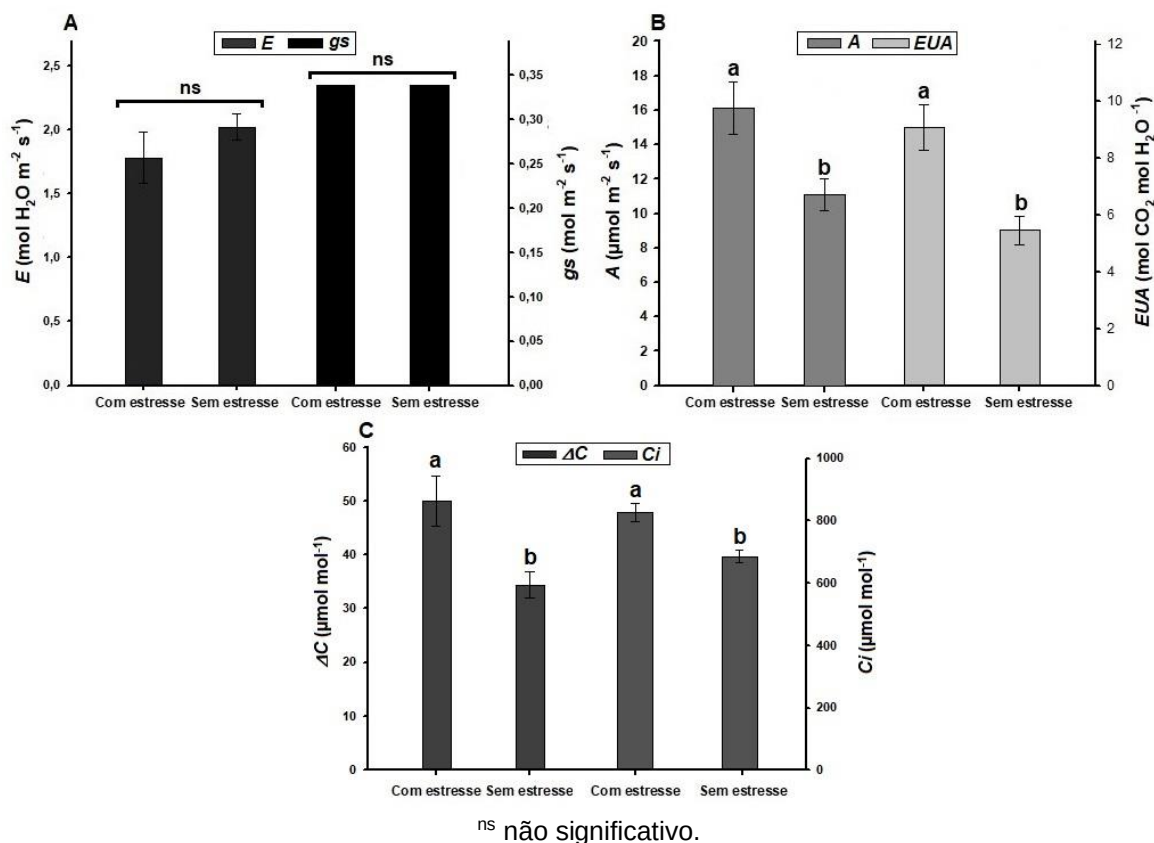
As células buliformes são células grandes, em forma de leque, altamente vacuolizadas e armazenadoras de água, pouco ou sem cloroplastos. Suas membranas radiais são delgadas, enquanto a parte externa é espessada. Essas células estão dispostas em bandas paralelas às nervuras das folhas (Evert, 2013). A célula buliforme ocupa cerca de 24-30% da área foliar de genótipos de cana-de-açúcar (Ferreira *et al.*, 2007). Em plantas estressadas de *E. indica*, temos, uma redução de 37,6% em comparação as plantas hidratadas (Figura 20).

4.8 Fisiologia

A transpiração (E) é a evaporação da água a partir da superfície da planta, ocorrendo principalmente na folha e pode ocorrer pela transpiração estomática, cuticular e epidérmica. Esse processo ocorre por difusão, e é inversamente proporcional ao somatório das resistências (da camada limítrofe, cuticular e estomática) (Marengo; Lopes, 2013).

Na *I. nil* a E variou de 1,78 e 2,02 mol H₂O m⁻² s⁻¹ em plantas com e sem estresse hídrico, respectivamente, porém não se diferiram (Figura 21). O mesmo comportamento ocorreu para *Myracrodruon urundeuva* não apresentando diferença na transpiração com valores de E próximos a 4,93 mmol m⁻² s⁻¹ (Mariano *et al.*, 2009). Contudo, para *Crotalaria retusa*, *Waltheria indica*, *Cleome affinis* e *Commelina benghalensis*, há redução da E para todas as espécies estressadas, apesar disso, após a reidratação houve a recuperação da transpiração, atingindo os valores próximos das plantas sem estresse hídrico (Lima, 2015).

Figura 21 – Fisiologia de *Ipomoea nil* com e sem estresse hídrico, A: Transpiração (E) e condutância estomática (gs); B: fotossíntese (A) e eficiência interna do uso da água (EUA); C: concentração de carbono e concentração interna de carbono



A condutância estomática (gs) em determinado ambiente é influenciada pelo grau de abertura, tamanho, arranjo e densidade estomática (Marengo; Lopes, 2013). As células-guarda controlam a abertura dos estômatos e regulam a entrada e saída de gases e vapor d'água. Quando os estômatos estão abertos, a condutância estomática aumenta, permitindo a troca de gases e a transpiração.

Em *I. nil* a condutância estomática foi $0,32 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em ambas as condições, não diferindo (Figura 21). Para *Crotalaria retusa* e *Commelina benghalensis* com estresse hídrico a gs reduziu e se manteve após a reidratação (Lima, 2015). Para os mesmos autores, a gs se igualou após a reidratação para *Waltheria indica* em ambos os regimes hídricos, sendo este o mesmo comportamento observado no presente estudo com *I. nil* (Figura 21 A). Contudo em *Crotalaria retusa* e *Waltheria indica* os valores de gs foi superior (variando $0,55\text{-}0,74 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) à da *Ipomoea nil* e menores valores para *Cleome affinis* e *Commelina*

benghalensis com 0,073 e 0,110 mol m⁻² s⁻¹, respectivamente em condições de disponibilidade de água (Lima, 2015).

Para *I. nil* em ambos os cenários hídricos houve manutenção de *E* e *gs*, sendo esta resposta fisiológica importante para garantir a assimilação de CO₂ necessária para a fotossíntese, mesmo em condições de déficit hídrico (Figura 21).

A taxa fotossintética de *I. nil* teve uma redução de 39,8% em plantas hidratadas (Figura 21 B). Para *Crotalaria retusa*, *Waltheria indica*, *Cleome affinis* e *Commelina benghalensis* em condição de déficit hídrico há redução da fotossíntese, contudo, ao retomar a irrigação as plantas recuperaram a sua taxa fotossintética (Lima, 2015).

A taxa fotossintética de plantas de *Crotalaria retusa* sem estresse hídrico foi a maior (26,91 μmol m⁻² s⁻¹) em comparação com as espécies *Sida cordifolia*, *Cleome affinis* e *Commelina benghalensis* (19,52, 13 e 7,15 μmol m⁻² s⁻¹, respectivamente), quando empregado o estresse hídrico há redução deste parâmetro para todas as espécies. Ainda assim, após a reidratação observou que a *Cleome affinis* teve a fotossíntese maior em relação as outras espécies, verificando maior tolerância ao estresse hídrico (Lima, 2015). Enquanto a *I. nil* teve *A* com variação de 16,02 e 11,04 μmol m⁻² s⁻¹ com e sem estresse hídrico, respectivamente (Figura 22 B). Apesar disso, taxa fotossintética de 16,47, 13,86 e 8,95 μmol m⁻² s⁻¹ foram mensuradas em *Euphobia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Desmodium tortuosum*, respectivamente (Procópio et al., 2004).

A melhor relação entre absorção de CO₂ e perda de água é alcançada quando os estômatos estão parcialmente fechados. Esta condição pode ser observada no início do déficit hídrico, quando os dois processos de difusão são prontamente reduzidos a relação fotossíntese/transpiração atinge os valores mais altos (Larcher, 2000). Uma alta eficiência do uso da água indica que a planta está produzindo uma quantidade significativa de biomassa em relação à quantidade de água perdida por transpiração. Isso significa que a planta está maximizando o uso dos recursos hídricos disponíveis e é capaz de manter a produção de energia e nutrientes mesmo em condições de escassez de água (Larcher, 2000).

Plantas de *I. nil* com déficit hídrico aumentou a *EUA* (39,8%) demonstrando a capacidade dessas em maximizar a utilização da água disponível. Em condição de

estresse o valor foi de $9,07 \text{ mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ e de $5,46 \text{ mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ para plantas hidratadas (Figura 21 B). O aumento no consumo de água indica que as plantas de *I. nil* mantidas ao déficit hídrico, adapta-se para captar mais água do solo, a fim de suprir suas necessidades fisiológicas e manter a transpiração necessária para a sobrevivência. Essa resposta pode incluir parte aérea reduzida e raízes com maior crescimento.

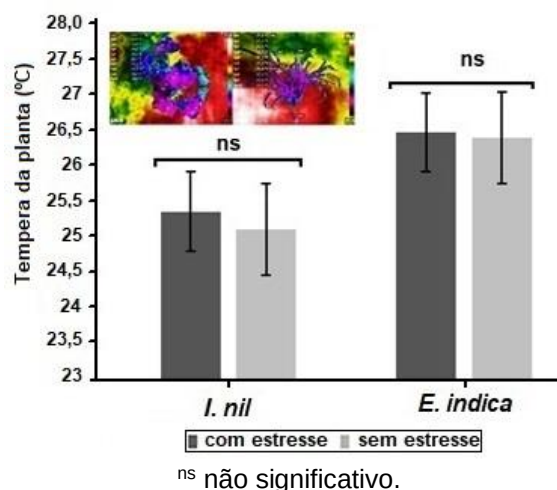
A quantidade de CO_2 consumido e concentração interna de CO_2 foram maiores em plantas submetidas ao estresse hídrico com aumento de 31,2% e 17,2% nesta ordem, em relação as plantas sem estresse hídrico. Esses valores de ΔC e C_i oscilaram de $34,4\text{-}50 \mu\text{mol mol}^{-1}$ e $688,6\text{-}831,4 \mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente.

A maior variação de CO_2 consumido e a concentração interna de carbono nas plantas de *I. nil* foi maior com estresse hídrico, a mesma tendência é observada para fotossíntese, adicionalmente, a transpiração foi menor, esse comportamento pode ser explicado, pois, as plantas estressadas tendem a ter menor abertura estomática, em relação as plantas sem estresse hídrico.

A temperatura da folha foi semelhante para *E. indica* e *I. nil*, mesmo quando cultivados a diferentes regimes hídricos. Ainda assim, a *E. indica*, tem temperaturas superiores ao da *I. nil* em ambos os regimes hídricos, valores de $26,5\text{-}26,4 \text{ }^\circ\text{C}$ e $25,4\text{-}25,1 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 22).

A temperatura determina a velocidade das reações enzimáticas, afetando a taxa de respiração das plantas (Marengo; Lopes, 2013). A atividade enzimática é altamente dependente da temperatura, pois as enzimas funcionam como catalisadores biológicos, acelerando as reações químicas essenciais para o fluxo celular (Taiz; Zeiger, 2009).

Figura 22 – Teste de média da temperatura da folha de plantas com e sem estresse hídrico



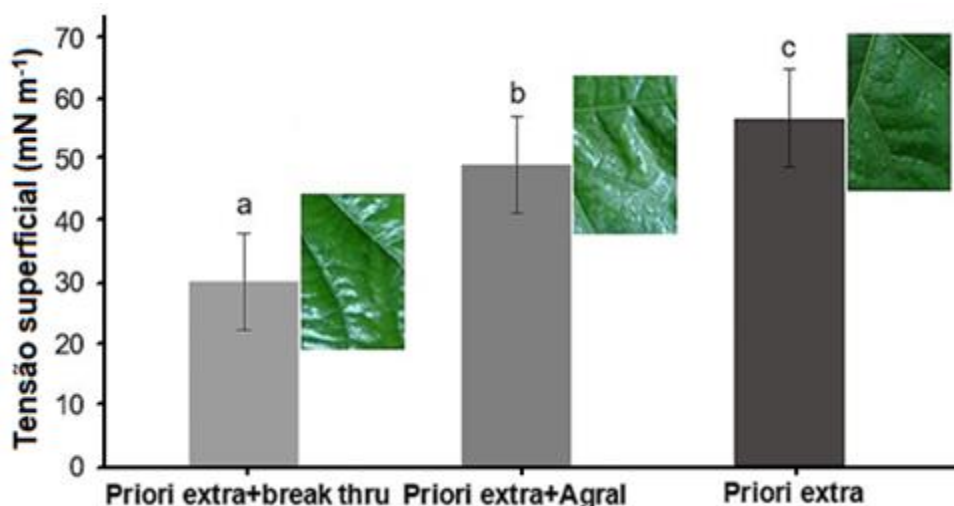
Durante o estresse hídrico as plantas fecham os estômatos, a fim de reduzir a perda de água para o ambiente, essa resposta resulta na redução da dissipação de calor por meio da transpiração, iniciada em um acúmulo de calor na folha. Além disso, pode ter mudanças na taxa fotossintética e no metabolismo das plantas, o que pode gerar calor adicional como subproduto dos processos metabólicos (Taiz; Zeiger, 2009).

4.9 Tensão superficial

Ao calcular a tensão superficial dos adjuvantes na calda de aplicação, foi possível observar redução da tensão superficial com a adição de adjuvantes. Essa redução foi para Agral® de 13,3% e Break-thru® de 46,8% em relação a calda com o Piori Extra (Figura 23).

A adição de adjuvantes à calda de aplicação pode ter vários efeitos benéficos, como melhorar a adesão e espalhamento dos agrotóxicos nas plantas-alvo, aumentando assim a eficiência da pulverização (Vargas; Roman, 2006). Break-Thru diminui mais a tensão superficial da calda do que Agral (Figura 23), porque o Break-Thru é um surfactante siliconado (copolímero poliéster-polimetil siloxano) que aumenta o molhamento da superfície aérea das plantas (folhas) (Gitirana Neto *et al.*, 2016).

Figura 23 – Redução da tensão superficial na calda de adjuvantes Agral® e Break-thru®



O Agral é surfactante não siliconado, que embora reduza a tensão superficial, apresenta menor cobertura molhada. De acordo com o estudo realizado por Caetano *et al.* (2016), o adjuvante Break-Thru®, na concentração de 5%, apresentou uma maior eficiência na redução da tensão superficial da água em comparação com o adjuvante Agral® e outros adjuvantes avaliados, na mesma concentração. Esses resultados indicam que os surfactantes siliconados são os mais adequados para alcançar uma redução eficiente da tensão superficial (Montório *et al.*, 2005).

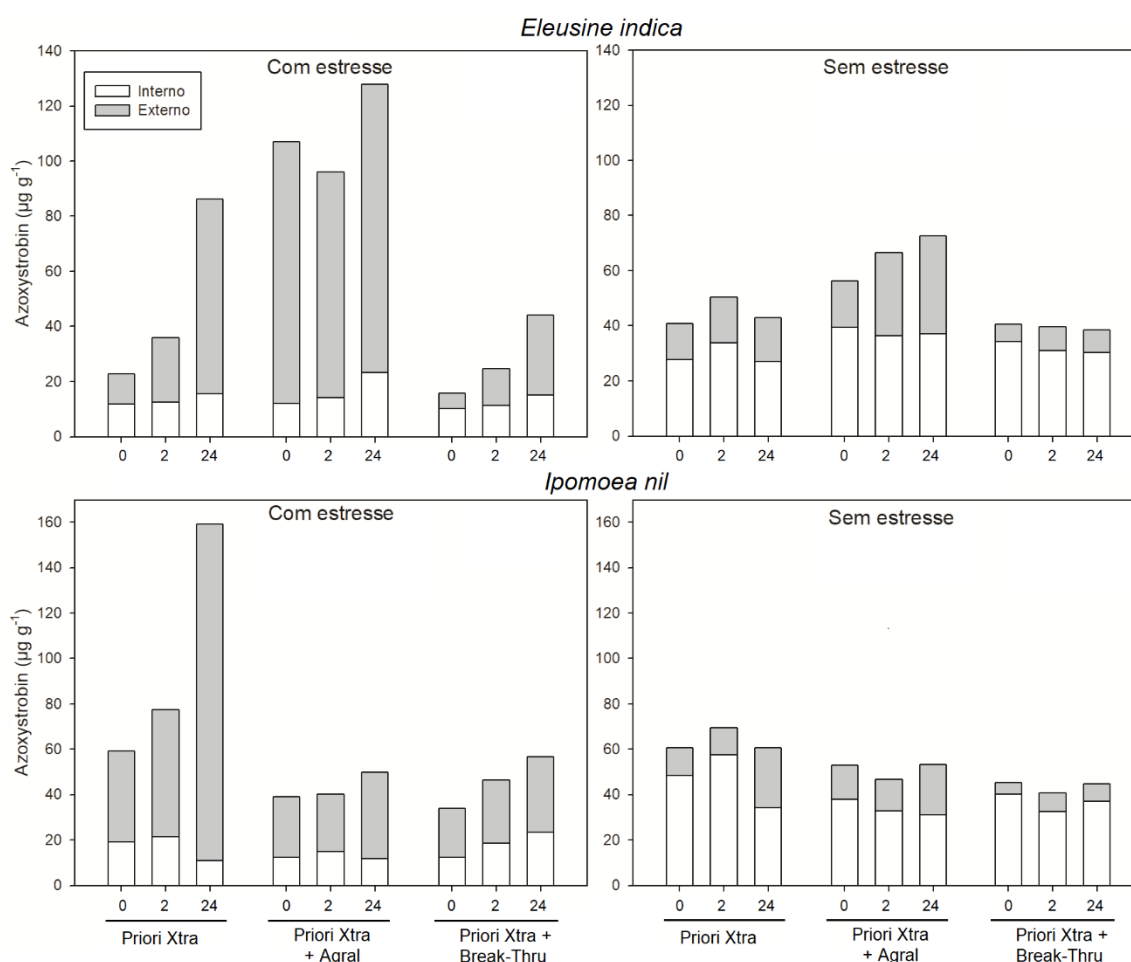
4.10 Absorção

A absorção de azoxystrobin foi maior em plantas de *E. indica* e *I. nil* sem estresse hídrico. Além disso, a quantidade de produto interno na planta quase sempre foi maior que na parte externa independente do período avaliado. As maiores retenções ocorreram em plantas de *E. indica* com estresse hídrico tratadas com Priori Xtra + Agral e Priori as 0 e 2 HAA, e em *I. nil* as 24 HAA para Priori .Xtra. A absorção deste fungicida em plantas de ambas as espécies esteve mais influenciada pela condição hídrica. De modo geral, plantas estressadas absorveram menos fungicida do que plantas não estressadas (Figura 24).

Em *E. indica* e *I. nil*, a quantidade de azoxystrobin absorvida variou de 10 a 57 $\mu\text{g g}^{-1}$, registrando a maior absorção para o tratamento de Priori Xtra + Agral,

respectivamente. Em plantas de *E. indica* sem estresse hídrico, essa absorção variou de 27 a 40 $\mu\text{g g}^{-1}$, e as maiores taxas de absorção se registraram para o tratamento de Piori + Agral às 0 HAA nos três períodos avaliados, Piori Extra às 2 HAA, e Piori Xtra + Break-Thru sem diferenças entre os tratamentos. No caso de *I. nil*, as taxas de absorção de azoxystrobin variaram de 10 a 24 $\mu\text{g g}^{-1}$ em plantas sob estresse hídrico, e de 31 a 57 $\mu\text{g g}^{-1}$ em plantas sem estresse (Figura 24).

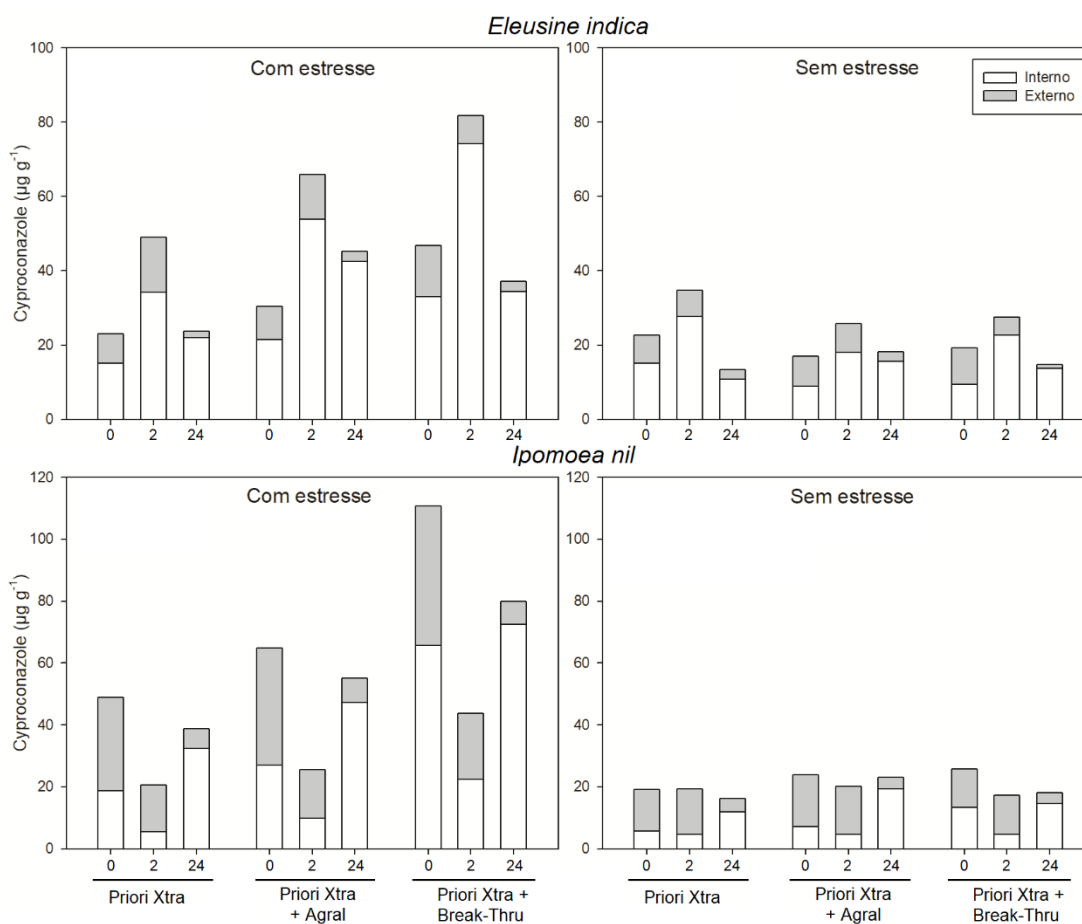
Figura 24 – Quantidade interna (absorbido) e externa (retido) de Azoxystrobin em plantas *Eleusine indica* e *Ipomoea nil* com ou sem estresse hídrico a 0, 2 e 24 h após a aplicação



No caso do cyproconazole, a absorção foi maior em ambas as espécies desenvolvidas em condições de estresse hídrico. Em plantas sob estresse hídrico, a taxa de absorção de cyproconazole foi muito variável, em função dos períodos avaliados, oscilando de 15 a 74 $\mu\text{g g}^{-1}$ para *E. indica* e de 6 a 73 $\mu\text{g g}^{-1}$ em *I. nil*. Já em plantas sem estresse, as taxas de absorção variaram de 9 a 28 $\mu\text{g g}^{-1}$ para *E. indica* e de 4 a 19 $\mu\text{g g}^{-1}$ em *I. nil*. Independentemente do regime de estresse ou

período de avaliação, se encontrou mais fungicida dentro das plantas de *E. indica* do que externamente. Além disso, a maior absorção de cyproconazole nesta espécie se registra às 2 HAA em todos os tratamentos. Pelo contrário, em *I. nil* se registra a menor taxa de absorção do fungicida às 2 HAA, e se recuperou mais cyproconazole das lavagens (externo) do que dentro da planta (interno), exceto nas avaliações de 24 HAA de qualquer tratamento (Figura 25).

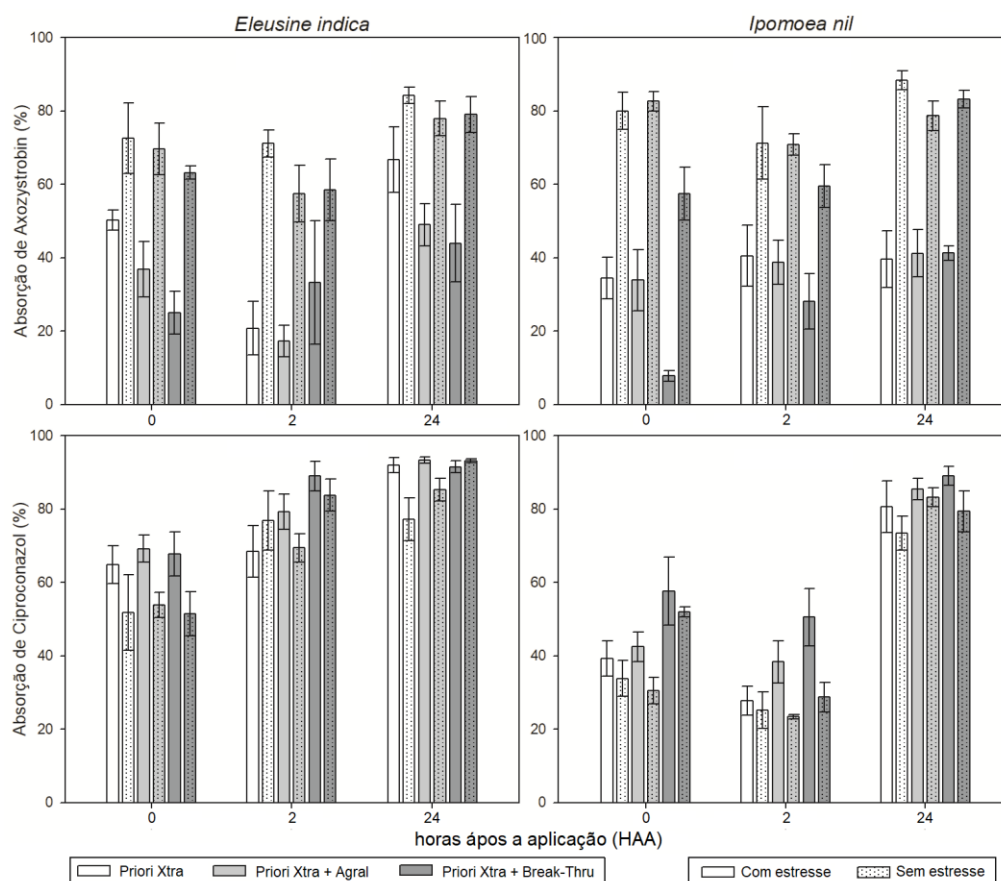
Figura 25 – Quantidade interna (absorvido) e externa (retido) de Cyproconazole em plantas *Eleusine indica* e *Ipomoea nil* com ou sem estresse hídrico a 0, 2 e 24 h após a aplicação



Ao considerar a porcentagem de absorção dos fungicidas em relação ao total (interno + externo) se corroborou que a condição hídrica influencia a absorção da axozystrobin, independentemente do tratamento ou o tempo de avaliação. Plantas estressadas de ambas as espécies absorveram menos fungicida que plantas não estressadas. Em média a redução na absorção de axozystrobin foi de 32% para *E.*

indica, e de 41% em *I. nil*. No caso do cyproconazole, as diferenças na absorção ligadas a condição hídrica foram mínimas, e no geral, plantas estressadas de ambas as espécies absorveram 8,5% mais fungicida do que plantas não estressadas. No entanto, a maior diferença observada na absorção deste fungicida esteve relacionada à espécie. *Ipomoea nil* que apresentou baixos níveis de absorção (na maioria dos casos <40%) às 0 e 2 HAA, independentemente do tratamento, enquanto *E. indica* absorveu mais do 50% do fungicida logo após do tratamento (0 HAA). No entanto, 24 HAA a absorção de cyproconazole em *I. nil* foi semelhante a observada para *E. indica* (Figura 26).

Figura 26 – Porcentagem de absorção (em relação ao total interno + externo) de azoxystrobin e cyproconazole em plantas *Eleusine indica* e *Ipomoea nil* com ou sem estresse hídrico a 0, 2 e 24 h após a aplicação



A azoxystrobin e o cyproconazole, fungicidas da pré-mistura Priori Xtra, são ingredientes altamente sistêmicos que apresentaram altas taxas de absorção logo após o tratamento. A formulação dos dois ingredientes ativos é distinta, sendo sólido

para azoxystrobin e líquido para cyproconazole. A retenção da pulverização nas superfícies foliares desempenha um papel fundamental na absorção e na atividade biológica de agroquímicos, especialmente em folhas que possuem uma camada de cera densa, dificultando o seu umedecimento (Cação *et al.*, 2016). A quantidade de adjuvante presente na solução afeta diretamente a retenção da pulverização na superfície das folhas. Essa retenção é controlada por vários fatores como: tensão superficial dinâmica da calda de pulverização; propriedades da superfície da folha e do ângulo de contato da gota na folha; velocidade e tamanho da gota; densidade da planta e estrutura do dossel; tipo de adjuvante, concentração e volume de aplicação (Taylor, 2011). No entanto, embora os adjuvantes Break Thru e Agral tenham reduzido a tensão superficial das caldas aplicadas sobre *E. indica* e *I. nil* (Figura 26) e em alguns casos melhorado a retenção, os resultados desta pesquisa demonstram que os adjuvantes adicionados na calda não desempenham um papel importante na absorção dos fungicidas.

De acordo Deuber (1992), a capacidade de absorção dos produtos fitossanitários é restrita pela quantidade que consegue atravessar a camada externa da folha, conhecida como cutícula. Abbott e Sterling (2006) mencionam que a eficácia de um produto fitossanitário pode ser afetada pela falta de água no ambiente onde a planta daninha está crescendo. Isso ocorre porque a disponibilidade de água tem um papel crucial na absorção, translocação e metabolismo do produto fitossanitário pelas plantas.

A condição hídrica foi determinante na absorção de azoxystrobin, sendo menor em plantas de *E. indica* e *I. nil* sob estresse hídrico. Nestas plantas se quantificaram grandes teores de fungicida na parte externa, ou seja, embora os adjuvantes melhorassem a retenção, a condição hídrica limitou a taxa de absorção. Em contraste, a absorção de cyproconazole não esteve influenciada pelo ambiente. As diferenças nas taxas de absorção dos fungicidas poderiam ser atribuídas as características físico-químicas de ambos os ingredientes ativos. No entanto, a solubilidade, o Log Kow, pressão vapor e Koc de ambos os fungicidas são quimicamente semelhantes (como mencionado na tabela 2). Portanto, as diferenças nas taxas de absorção entre os fúngicas parece estar mais relacionada com a fisiologia e morfologia das plantas (monocotiledônea vs dicotiledônea). Exemplificando esta afirmação, temos que para *E. indica* e *I. nil*, independentemente do regime hídrico houve distinção no padrão de absorção/retenção do

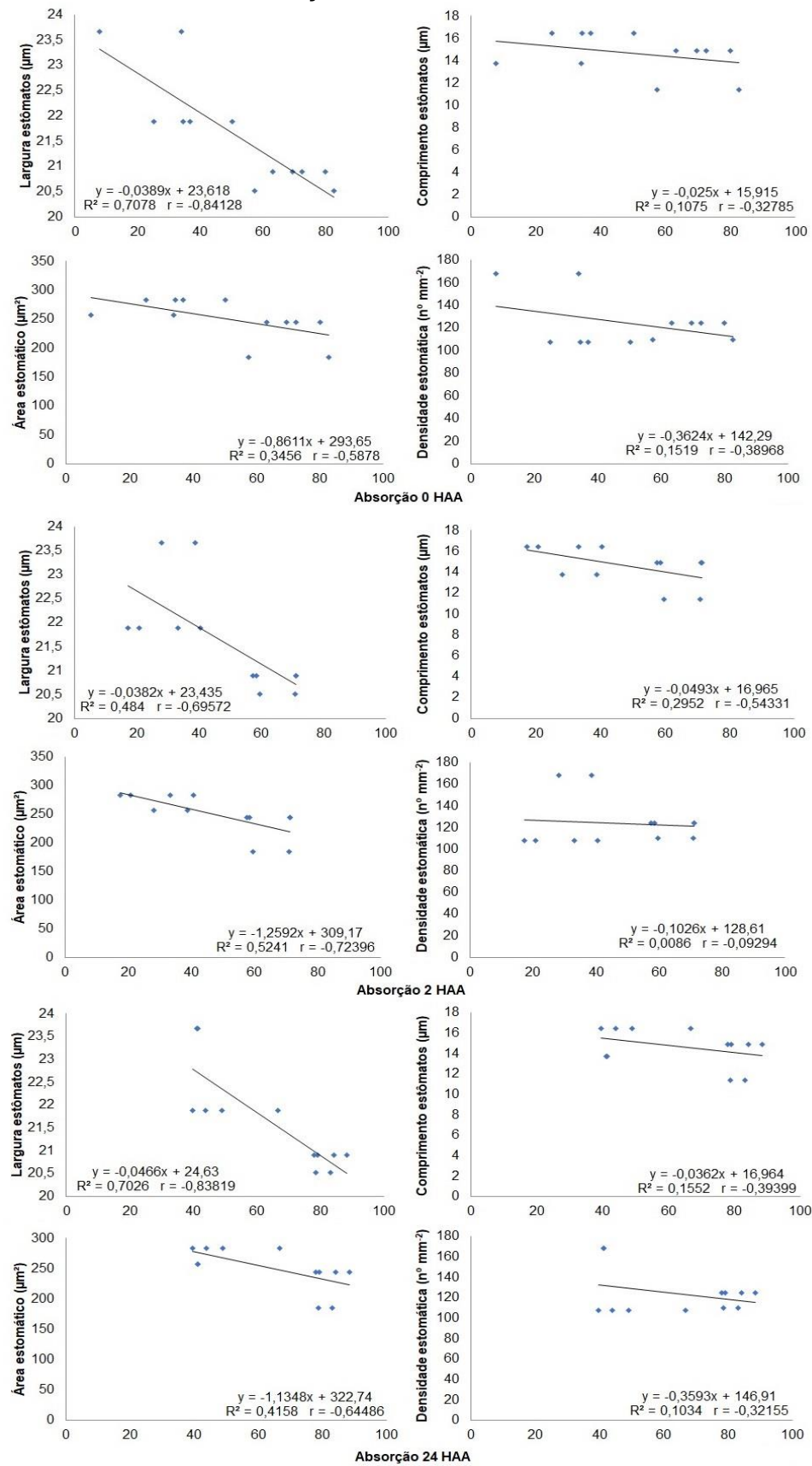
cyproconazole. Enquanto em *E. indica* os teores de fungicida quantificado no interior da planta foram maiores às 0, 2 HAA, em *I. nil* se encontrava maior teor de fungicida no exterior das plantas, e só às 24 HAA, o teor de cyproconazole no interior das plantas de *I. nil* apresentou um padrão semelhante ao observado em plantas de *E. indica*. Este padrão se manteve analisando a absorção dos fungicidas em porcentagem relativo ao total (interno + externo). Isto demonstra que cada fungicida apresenta padrões de absorção diferentes, e podem estar mais ou menos influenciados pelo ambiente. Além disso, as taxas de absorção podem diferir entre espécies de plantas daninhas.

4.11 Correlação da Absorção com os parâmetros anatômicos

A correlação de Pearson (r) foi alta e negativa com r de -0,84 para a largura da célula-guarda e a absorção 0 HAA, e foi média para a o comprimento da célula-guarda, área estomática e densidade estomática com os valores de r foram de -0,32, de 0,58 e 0,38, respectivamente, com a absorção 0 HAA, para ambas as condições hídricas. Inferindo que à medida que aumenta a largura do estômato há aumento da absorção. Para a absorção que variou de 7,79-882,70 os valores de célula-guarda (comprimento e largura) variaram de 11,41-16,46 e 20,52-23,69 μm e área estomática varia de 184,49-23,19 μm (Figura 27).

A correlação de Pearson (r) foi média e negativa com r de -0,69 para a largura da célula-guarda e a absorção 2 HAA, e foi alta para a área estomática o r foi de 0,72, foi média para o comprimento da célula-guarda foi de -0,54 e densidade estomática com os valores de r foi baixo de -0,09, em relação com a absorção 2 HAA, para ambas as condições hídricas. Inferindo que à medida que aumenta a largura do estômato e a área do estômato há aumento da absorção em 2 HAA. Para a absorção que variou de 17,30-71,29 os valores de célula-guarda (comprimento e largura) variaram de 11,41-16,46 e 20,52-23,69 μm e área estomática varia de 184,49-23,19 μm (Figura 27).

Figura 27 – Correlação entre tamanho do genoma com os parâmetros estômato com a área estomática de plantas daninhas e cultivadas em condições hídricas distintas



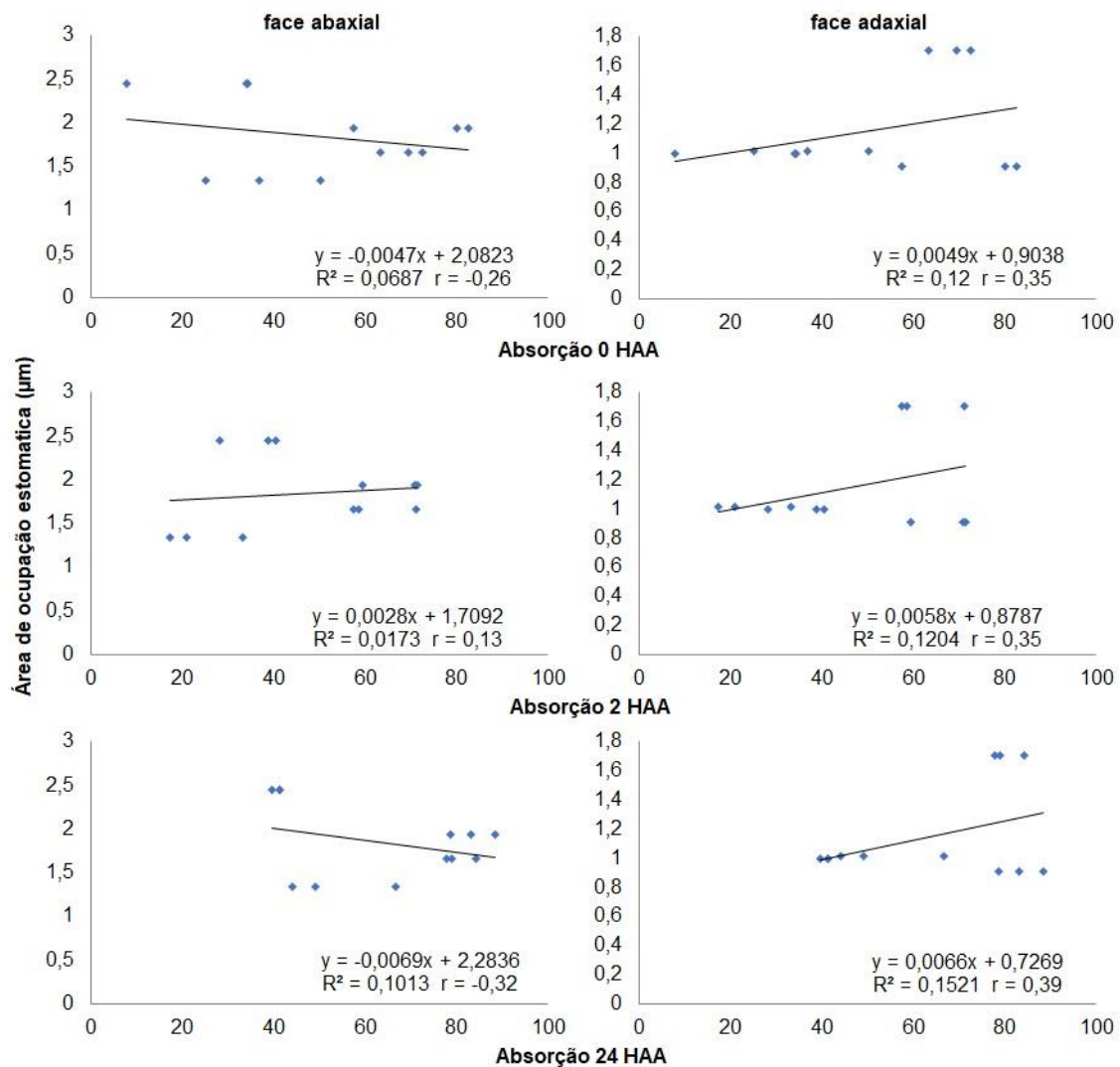
A correlação de Pearson (r) foi alta e negativa com r de -0,84 para a largura da célula-guarda e a absorção 24 HAA, e foi média para a área estomática o r foi de -0,39, para o comprimento da célula-guarda foi de -0,64 e densidade estomática com os valores de r foi de -0,32, em relação com a absorção 24 HAA, para ambas as condições hídricas. Inferindo que à medida que aumenta a largura do estômato e a área do estômato há aumento da absorção em 2 HAA. Para a absorção que variou de 39,64-88,42 os valores de célula-guarda (comprimento e largura) variaram de 11,41-16,46 e 20,52-23,69 μm e área estomática varia de 184,49-23,19 μm (Figura 27).

Os estômatos podem estar envolvidos, de duas formas, com a penetração de herbicidas nas folhas. A Primeira, pela espessura mais tênue da cutícula sobre as células-guarda do complexo estomático, deste modo sendo está mais permeável a substâncias exógenas do que a cutícula sobre outras células epidérmicas. A segunda é a movimentação através do poro de um estômato aberto para dentro da câmara subestomática. Entretanto, a infiltração pelos estômatos não é possível, a menos que a tensão superficial da solução pulverizada seja muito reduzida pelo uso de surfatantes na formulação ou no tanque do pulverizador. A maioria dos surfatantes atualmente em uso atua aumentando a penetração cuticular e não consegue reduzir a tensão superficial adequadamente para permitir a penetração estomática. Com efeito a aplicação de surfatantes à base de organossilicones são capazes de reduzir a tensão superficial ao ponto de a infiltração pelo estômato possa vir ocorrer (Knoche, 1994).

Contudo, as correlações dos parâmetros estomáticos com a absorção foram negativas e baixa demonstrando a inexistência de correlação desses parâmetros com a capacidade de absorção do produto nas plantas.

A correlação de Pearson (r) foi média e negativa para a face abaxial com a absorção 0 HAA e com a 24 HAA, com r de -0,26 e -0,32, respectivamente. Já para a face abaxial com a absorção 2 HAA a correlação foi baixa e positiva de 0,13. Já para a face adaxial com a absorção de 0 HAA, 2 HAA e 24 HAA, a correlação foi média e positiva com r de 0,35, 0,35 e 0,39, respectivamente (Figura 28).

Figura 28 – Correlação entre os parâmetros anatômicos de *Eleusine indica* e *Ipomoea nil* com e sem estresse hídrico com os tempos de absorção de agrotóxicos



A correlação de Pearson (r) foi média e positiva para a espessura foliar com a absorção 0 HAA, com r de 0,68, enquanto, para os tempos 2 e 24 HAA houve alta correlação positiva com r de 0,91 e 0,70, respectivamente. Já para a epiderme abaxial com a absorção 2 HAA e 24 HAA a correlação foi baixa e positiva com r de 0,24 e 0,21, respectivamente, e média com a absorção de 2 HAA. Já para a epiderme adaxial com a absorção de 0 HAA e 24 HAA, a correlação foi baixa e positiva com r de 0,11 e 0,07, respectivamente, e média para 2 HAA (Figura 29).

A correlação de Pearson (r) foi alta e positiva para a espessura do parênquima homogêneo com a absorção 0 HAA, 2 HAA e 24 HAA com r de 0,89,

0,95 e 0,89, respectivamente. Já para a célula buliforme com a absorção 0 HAA, 2 HAA e 24 HAA a correlação foi alta e positiva com r de 0,89, 0,95 e 0,89, respectivamente (Figura 30).

A correlação de Pearson (r) foi alta e positiva para a espessura do parênquima lacunoso com a absorção 0 HAA, 2 HAA e 24 HAA com r de 0,89, 0,95 e 0,99, respectivamente. Já para a espessura do parênquima paliçádico com a absorção 0 HAA, 2 HAA e 24 HAA a correlação foi alta e positiva com r de 0,90, 0,95 e 0,99, respectivamente (Figura 31). Demonstrando, quanto maior a espessura do parênquima lacunoso e paliçádico, maior é a absorção nos respectivos momentos, de acordo com os valores altos de r .

Figura 29 – Correlação entre os parâmetros anatômicos de *Eleusine indica* e *Ipomoea nil* com e sem estresse hídrico com os tempos de absorção de agrotóxicos

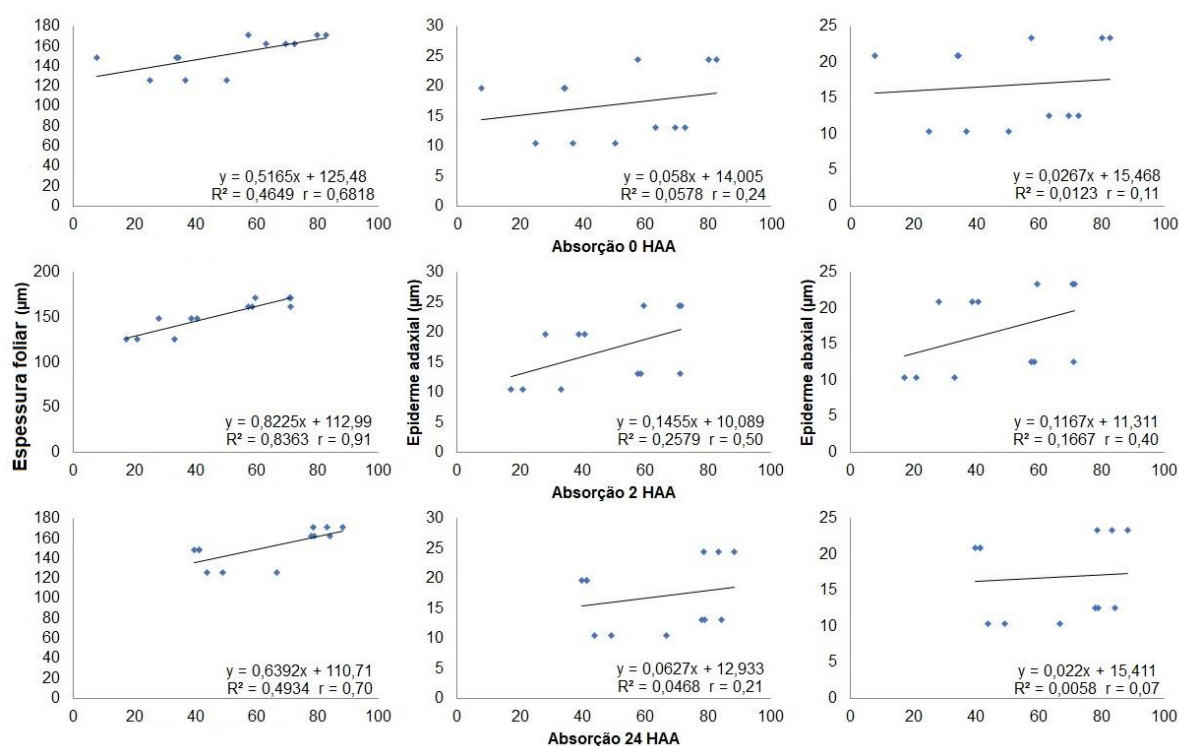


Figura 30 – Correlação entre os parâmetros anatômicos de *Eleusine indica* com e sem estresse hídrico com os tempos de absorção de agrotóxicos

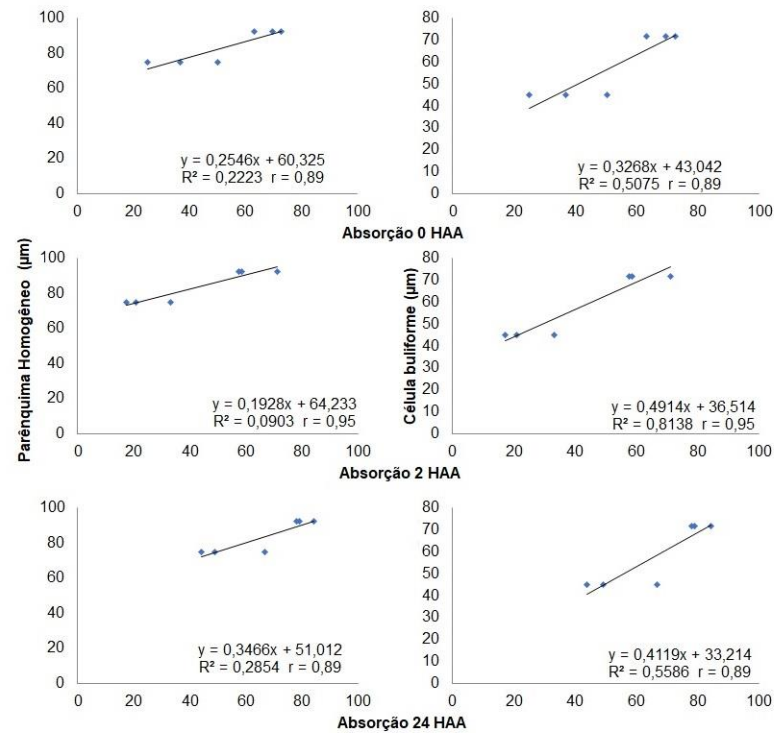
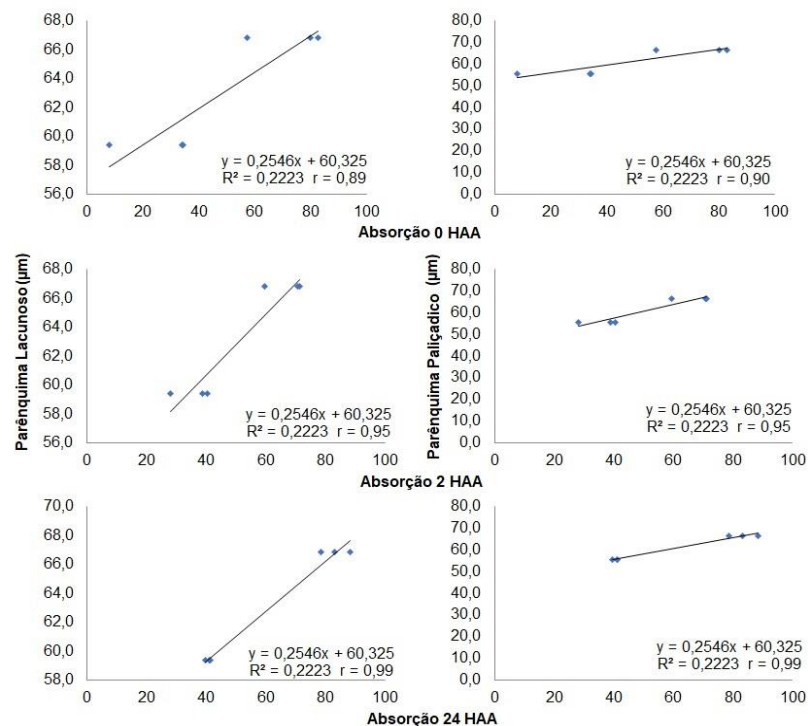


Figura 31 – Correlação entre a área de ocupação estomática de *Ipomoea nil* com e sem estresse hídrico com os tempos de absorção de agrotóxicos



5 CONCLUSÃO

O estresse hídrico interferiu em diversas estruturas das plantas. Na maioria dos casos o estresse hídrico reduziu a disposição estomática e a morfologia e anatomia das plantas daninhas e cultivadas, porém, o estresse hídrico potencializou as respostas fisiológicas de *I. nil*.

Os dados obtidos da frequência acumulada relativa permitiram inferir que o comprimento e largura da célula-guarda e o tamanho do estômato foram maiores em plantas sem estresse hídrico em ambas as faces da folha na maioria das plantas avaliadas. Com exceção da *Oryza sativa*, *Glycine max* e *Ipomoea quamoclit* que obteve comprimento da célula-guarda maior na face abaxial em ambos os regimes hídrico. As porcentagens mais altas da área e densidade estomática foram quantificados na face abaxial independente do regime hídrico na maioria das plantas avaliadas.

A correlação entre o tamanho do genoma com os parâmetros estomáticos (comprimento da célula-guarda e tamanho de estômatos) foi alta e positiva para as condições hídricas avaliadas, ou seja, plantas com tamanho de genoma maior, apresentam maior comprimento da célula-guarda e tamanho estomático e vice-versa.

As espécies avaliadas mostraram maior alocação de biomassa no sistema radicular em relação a parte aérea sob estresse hídrico, com exceção do *T. aestivum*.

A tensão superficial da calda de azoxystrobin e o cyproconazole foi menor com a adição de Break-thru, seguido do Agral e menor na calda sem adjuvante. A quantidade de azoxystrobin e o cyproconazole retido e absorvido esteve mais influenciada pelo regime de estresse, do que pelo tratamento (formulado com ou sem adjuvante) ou período de avaliação. O azoxystrobin tem menor retenção do produto ao adicionar Break-Thru a calda, em plantas com e sem estresse hídrico.

A correlação da largura da célula-guarda, área estomática e espessura foliar com a absorção de um composto exógeno foram negativos e alta.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L. B.; STERLING, T. M. Recovery of African rue seedlings from water stress: Implications for recruitment and invasion. African rue (*Peganum harmala*) seedling response to herbicides applied under water-deficit stress. **Weed Sci.**, v. 54, p. 198-204, 2006.
- ABRAMS, M. D.; KUBISKE, M. E.; MOSTOLLER, S. A. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. **Ecology**, v. 75, p. 123-133, 1994.
- AMBRÓSIO, A. S. **Aplicação de derivados de trealose em folhas de milho sob déficit hídrico: avaliação anatômica e fotossintética**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas. Alfenas. 2019.
- ANDRADE, S.; ROCHA MONTEIRO S. R. M.; SANTOS, J. M.; TABOSA, D. M. S.; BENEDETTI, E.; ALBRECHT, J. C.; CHAGAS, J. H.; SILVA, M. S. **ESTUDOS DE CULTIVARES DE TRIGO SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO EM CASA DE VEGETAÇÃO**. Embrapa Cerrados. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - CNPT (Embrapa Trigo).
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: 2002. 268 p.
- APOLINÁRIO, Y. F. Caracterização estomática de *Epidendrum Lindl.* (Orchidaceae, Asparagales) para subsidiar estudos fenotípicos de espécies poliplóides. 2017. 36 f. **Trabalho de conclusão de curso** (bacharelado e licenciatura - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências (Campus de Rio Claro), 2017.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. **Plant Physiol.** v. 24, n. 1, p. 1-5, 1949.
- ATKINSON, N. J.; URWIN, P. E. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. **J. Exp. Bot.** 63, p. 3523-3543, 2012.
- ATKINSON, N. J.; LILLEY, C. J.; URWIN, P. E. Identification of genes involved in the response of Arabidopsis to simultaneous biotic and abiotic stresses. **Plant Physiol.** v. 162, p. 2028-2041, 2013.
- BALESTRAZZI, A.; BOTTI, S.; ZELASCO, S.; BIONDI, S.; FRANCHIN, C.; CALLIGARI, P.; RACCHI, M.; TURCHI, A.; LINGUA, G.; BERTA, G.; CARBONERA, D. Expression of the PsMT A1 gene in white poplar engineered with the MAT system is associated with heavy metal tolerance and protection against 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine mediated-DNA damage. **Plant Cell Rep.** v. 28, n. 8, p. 1179–1192, 2009.
- BARRETO, L. F.; DECARO, R. A.; SILVA, M. G.; GRIESANG, F.; FERREIRA, M. C. Efeito do paraquat e glyphosate sobre espécimes de poaceae e convolvulaceae em condições de déficit hídrico. **Rev. Bras. Herbic.**, v.16, n.3, p.198-205, 2017.
- BEAULIEU, J. M.; LEITCH, I. J.; PATEL, S.; PENDHARKAR, A.; KNIGHT, C. A. Genome size is a strong predictor of cell size and stomatal density in angiosperms. **New Phytol.** v. 179, p. 975-986, 2008.

BELLUCCI, E. R. B.; OLIVEIRA, G. M.; CAMARGO, L. C. M.; SAAB, O. J. G. A. Efeito de adjuvantes na vazão e porcentagem de cobertura em pulverizações. **Rev. Varia Sci. Agr.** v. 05, n.01, p. 117-123, 2017.

BENNETT, M. D. Nuclear DNA content and minimum generation time in herbaceous plants. **Proc. Royal Soc. B.** v. 181, p. 109-135, 1972.

BERGMANN, D. Stomatal development: from neighborly to global communication. **Curr. Opin. Plant Biol.** v. 9, p. 478-483, 2006.

BERGMANN, D. C.; SACK, F. D. Stomatal development. **Ann. Rev. Plant Biol.** v. 58, p. 163-181, 2007.

BYK: Disponível em: <https://ebooks.byk.com/en/surface-additives/chemical-structure-of-polysiloxanes/>. Acesso em: 25/05/2023

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Rev. Bras. Bot.** v. 26, p. 61-72, 2003.

BUKOVAC, M. J. *et al.* Sorption of organic compounds by plant cuticles. **Weed Sci.**, v. 38, n. 3, p.289-298, 1990.

BULA SYNGENTA, 2017. https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/kgtny466/files/media/document/2022/05/05/priori_xtra_2.pdf. Acesso em: 18/05/2023.

CAETANO, C. E. C.; MOREIRA, B. R. A.; ALVES, V. G. C.; SOUZA, L. S.; PRADO, E. P. **Efeito de adjuvantes na redução da tensão superficial estática da água**. 1º Encontro Internacional de Ciências Agrárias e Tecnológicas Crise: tecnologias para a superação de desafios no setor agrário 21 e 23 DE SETEMBRO DE 2016.

CAÇÃO, J. E. C. R.; ARGOLI, A. S.; MIASAKI, C. T.; TOMAZ, R. S.; PRADO, E. P. **Determinação da retenção da calda de pulverização pela utilização de adjuvantes Determination of spray retention of solution by usage of adjuvante**. 1º Encontro Internacional de Ciências Agrárias e Tecnológicas Crise: tecnologias para a superação de desafios no setor agrário 21 e 23 DE SETEMBRO DE 2016.

CARBONARI, C. A. *et al.* Dynamics of sulfentrazone in sugarcane straw. *Weed Science*, Champaign, v. 64, n. 1, p. 201-206, 2016.

CARVALHO, L. B. *Herbicidas*. 2013. 2p. 1ed..Edição pelo autor, Lages-SC.

CASSON, S. A.; HETHERINGTON, A. M. Environmental regulation of stomatal development. **Plant Biol.**, v. 13, p. 90-95, 2010.

CAVENAGHI, A. L. *et al.* Dinâmica do herbicida amicarbazone (dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.

CHAGAS, J. H.; FRONZA, V.; SOARES SOBRINHO, J.; SUSSEL, A. A. B.; ALBRECHT, J. C. **Tecnologia de produção de trigo saqueiro no Cerrado do Brasil Central**. DOCUMENTOS 195 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Trigo Maio/2021.

CHIN, J., WAN, Y., SMITH, J., CROXDALE, J. Linear aggregations of stomata and epidermal cells in *Tradescantia* leaves: evidence for their group patterning as a function of the cell cycle. **Developmental Biology**, 168, 39–46, 1995.

CORREA S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. PUC Minas Virtual, Belo Horizonte. 2003. p. 116.

CORRÊA, T. M.; VELINI, E. D. Desenvolvimento de equipamento para medição da tensão superficial estática de soluções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado-RS. Resumos. Gramado: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2002. p. 686.

COX, A. V.; ABDELNOUR, G. J.; BENNETT, M. D.; LEITCH, I. J. Genome size and karyotype evolution in the slipper orchids (Cypripedioideae: Orchidaceae). **Am. J. Bot.** v. 85, p. 681–687, 1998.

CROXDALE, J.L. Stomatal patterning in Angiosperms. **Am. J. Bot.** v. 87, p. 1069-1080, 2000.

CUNHA, V.C.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; CABRAL, C. M.; SILVA, D. V.; GANDINI, E. M. ANATOMIA FOLIAR COMPARATIVA EM ESPÉCIES DE GUANXUMA. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n.2, p. 341-349, 2012.

DEUBERT, R. **Ciências das plantas daninhas: fundamentos Jaboticabal**: FUNEP, 1992. v. 1. 431 p.

DOYLE, D.A.; DONOGHUE, M.J. 1986. **Seed Plant Phylogeny and the Origin of the Angiosperms: an Experimental Cladistic Approach**. Annals of the Missouri Botanical Garden 81: 419-450.

DURÃES, F. O. M. **Embrapa 50 anos – Dia Internacional do Milho (24 de abril) e Dia Nacional do Milho (24 de maio)**. Embrapa Milho e Sorgo. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/80071410/artigo-embrapa-50-anos--dia-internacional-do-milho-24-de-abril-e-dia-nacional-do-milho-24-de-maio>. Acesso em: 25/05/2023.

EMBRAPA. **Informações técnicas para trigo e triticale**. Londrina: Fundação Meridional, 2013, p. 235.

ECHA. Disponível em: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.238.765>. Acesso em: 25/05/2023

EPA. Disponível em: https://sor.epa.gov/sor_internet/registry/substreg/searchandretrieve/advancedsearch/externalSearch.do?p_type=CASNO&p_value=134180-76-0. Acesso em: 25/05/2023

EVERT, R. F. **Anatomia das plantas de ESAU: meristemas, células e tecidos do corpo das plantas: sua estrutura, função e desenvolvimento**. São Paulo, Bulcher, 2013, p. 726.

EVONI. Disponível em: <https://central-south-america.evonik.com/pt/break-thru-solucoes-evonik-para-a-agricultura-98433.html>. Acesso em: 25/05/2023

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0**. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas. II - *Bidens pilosa*, *Emilia sonchifolia*, *Ageratum conyzoides* e *Sonchus asper*. **Planta Daninha**, p.327-335, 2002a.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas. I - *Nicandra physaloides*, *Solanum viarum*, *Solanum americanum* e *Raphanus raphanistrum*. **Planta Daninha**, p.159-167, 2002b.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. ESTUDOS ANATÔMICOS DE FOLHAS DE ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DE GRANDE OCORRÊNCIA NO BRASIL. IV - *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus spinosus*, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 263-271, 2003.

FERREIRA, E. A.; VENTRELLA, M. C.; SANTOS, J. B.; BARBOSA, M. H. P.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; Silva, E. A. M. Leaf blade quantitative anatomy of sugarcane cultivars and clones. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 25-34, 2007.

FERREIRA, S. D. **Resistência ao glifosato em biótipos de *Digitaria insularis* e nível de dano econômico em soja e milho**. Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ 2019.

FLOSS, E. L. 1988. **Aveia**. 13-47p. In: As lavouras de inverno -1 Aveia-triticales-Centeio-alpiste-colsa. BAIER, A. C.; FLOSS, E. L.; AUDE, M. I. DA S. Globo, 1988. 175p.

FLEXAS, J.; GALMÉS, J.; GALLÉ, A.; GULÍAS, A.; POU, M.; RIBAS-CARBO, M.; TOMÁS, M.; MEDRANO, H. Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 16, p.106-121, 2010.

FLOSS, E. L.; BOIN, C.; PALHANO, A. L.; SOARES FILHO, C. V.; PREMAZI, L. M. Efeito do estágio de maturação sobre o rendimento e valor nutritivo da aveia branca no momento da ensilagem. **Boletim da Indústria Animal**, v.60, n.2, p.117-126, 2003.

FRANCO, A. C. **Ecophysiology of woody plants**. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). The cerrados of Brazil New York, Columbia University Press. p. 178-197, 2002.

GITIRANA NETO J.; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; LASMAR, O.; BORGES, E. B. Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 267-275, 2016.

GLORIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia vegetal**. 3 ed. Viçosa, MG, ED. UFV 2012, p. 404.

GOELLNER, C. I.; FLOSS, E. L. **Insetos-pragas da cultura da aveia: biologia, manejo e controle**. Passo Fundo: UPF Editôra, 2001. v. 1000. 96p.

GRAY, J. E.; HOLROYD, G. H.; VAN DER LEE, F. M.; BAHRAMI, A. R.; SIJMONS, P. C.; WOODWARD, F. I.; SCHUCH, W.; HETHERINGTON, A. M. The HIC signaling pathway links CO₂ perception to stomatal development. **Nature**. v.408, p. 713-716, 2000.

GUSTMAN, A. C. R. **Caracterização fisiológica, morfológica e determinação do índice de área foliar em linhagens de trigo**. Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). PATO BRANCO. 64p. 2022.

GORNALL, J.; BETTS, R.; BURKE, E.; CLARK, R.; CAMP, J.; WILLETT, K.; WILTSHIRE, A. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. **Philos. Trans. R. Soc. Lond., B**, v. 365, p. 2973–2989, 2010.

Johansen, D.A. 1940. **Plant Microtechnique**. McGraw-Hill, New York, 523p.

JORDAN, G.J., CARPENTER, R.J., KOUTOULIS, A., BRODRIBB, T.J. Environmental adaptation in stomatal size independent of the effects of genome size. **New Phytol.** v. 205, p. 608-617. 2014.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. Companhia editor de São Paulo, São Paulo, v. 4, 2002, p. 777.

HEINEMANN, A. B.; SILVA S. C.; PINHEIRO B. S., **Cultivo do arroz**, Embrapa Arroz e Feijão, 2021.

HODGSON, J. G.; SHARAFI, H.; JALILI UM; DIAZ, S.; MONTSERRAT-MARTI, L.; PALMER, C.; CERABOLINI, B.; PIERCE, S.; HAMZEHEE, B.; ASRI, Y.; JAMZAD, Z.; WILSON, P.; CORVO, J. A.; BANDA, S. R.; BASCONCELO, S.; BOGARD UM; CARTER, L.; CHARLES, M.; CASTRO; P-DIEZ; CORNELISSEN, J. H.; FUNES, L.; JONES, L.; KHOSHNEVIS, M.; PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; PÉREZ-RONTOMÉ, M. C.; SHIRVANY, F. A.; VENDRAMINI, F.; YAZDANI, S.; ABBAS-AZIMI, R.; BOUSTANI, S.; DEHGHAN, H.; GUERRERO-CAMPO, J.; HYND UM; KOWSARY, E.; KAZEMI-SAEED, F.; SIAVASH, B.; VILLAR-P SALVADOR; CRAIGIE, R.; NAQINEZHAD UM; ROMO-DIEZ UM; DE TORRES ESPUNY, G.; SIMMONS, E. E. Stomatal vs. genome size in angiosperms: the somatic tail wagging the genomic dog? **Ann. Bot.** v. 105, p. 573-584. 2010.

GEOFFREY H. HOLROYD, ALISTAIR M. HETHERINGTON, JULIE E. GRAY. A Role for the Cuticular Waxes in the Environmental Control of Stomatal Development. **New Phytol.** Vol. 153, p. 433-439, Special Issue: Stomata. 2002.

KISSOUDIS, C.; VAN DE WIEL, C.; VISSER, R. G. F.; VAN DER LINDEN, G. Enhancing crop resilience to combined abiotic and biotic stress through the dissection of physiological and molecular crosstalk. **Front. Plant Sci.** v. 5, p. 1-20, 2014.

KNIGHT, C.A.; BEAULIEU, J.M. Genome size scaling through phenotype space. **Ann. Bot.** v. 101, p. 769-766, 2008.

LIMA, M. F. P. **ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO E À REIDRATAÇÃO**.n Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Fitotecnia. Mossoro-RN. Lima (2015)

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. RiMa, São Carlos, 2000, p. 531.

LLERAS, E. Differences in stomatal number per unit are within the same species under different micro-environmental conditions: A working hypothesis. **Acta Amazonica**. v. 7, p. 473-476, 1974.

LOMAX, B. H.; WOODWARD, F. I.; LEITCH, I. J.; KNIGHT, C.A., LAKE, J.A. Genome size as a predictor of guard cell length in *Arabidopsis thaliana* is independent of environmental conditions. **New Phytol.** v. 181, p. 311–314, 2008.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4 ed. Nova Odessa, SP: instituto Pantarum, 2008, p. 640.

LORENZI, H. **Manual de identificação de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7 ed. Nova Odessa, SP: instituto Pantarum, 2014, p. 379.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do Sorgo: Ecofisiologia**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Sistema de Produção 2. Disponível em:

<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/ecofisiologia.htm>. Acesso em: 10 set. 2014.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Características da planta**. In: EMBRAPA. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-planta>. Acesso em: 25/05/2023.

MARENCO, R. A. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa, MG, UFV, 2009, p. 486.

MARIANO, K. R.; BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B.; NEIVA, G. K. P.; AMORIM, S. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* fr. all. submetida ao déficit hídrico. **Caatinga**, v.22, n.1, p.72-77, 2009.

MARQUES, R. P.; RODELLA, R. A.; MARTINS, D. Características da anatomia foliar de espécies de braquiária e sua relação com a sensibilidade a herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 809-816, 2012.

MARTINS, D.; CARBONARI, C. A.; TERRA, M. A.; MARCHI, S.R. Ação de adjuvantes na absorção e translocação de glyphosate em plantas de aguapé (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 155-163, 2009.

MARTINS, R. N.; MORAES, H. M. F.; FREITAS, M. A. M.; LIMA, A. C.; FURTADO JÚNIOR, M. R.. Effect of nozzle type and pressure on spray droplet characteristics. **Idesia**, v.39, n.1, p.101-107, 2021.

MASLE, J.; GILMORE, S. R.; FARQUHAR, G. D. The ERECTA gene regulates plants transpiration efficiency in *Arabidopsis*. **Nature**. v. 436, p. 866-780, 2005.

MATOS, A. K. A. Uniformidade na deposição e dinâmica de formulações de diuron e sulfentrazone em solo, palha e plantas de cana-de-açúcar. 2018.101 p. Tese (Doutor em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

MONTÓRIO G. A.; VELINI, E. D.; MACIEL, C. D. G.; MONTÓRIO, T. Eficiência dos surfactantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Rev. Bras. Herbic.**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2005.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja**. In: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja>. Acesso em: 25/05/2023.

NUNES, E. N.; NASCIMENTO, D. A. M.; ALVES, SUASSUNA, A. G.; J. F.; NASCIMENTO, R. do. Crescimento de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Scientia Plena**, v9, n10, 104901(2013).

OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; PERREIRA, A. V.; BOTREL, M. A.; PINHO, R. G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; LOPES, F. C. F.; MIRANDA, J. E. C. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v. 31, n. 2, p. 883-889, 2002.

PANDEY, S.; NAGAR, P.K. Patterns of leaf surface wetness in some important medicinal and aromatic plants of Western Himalaya. **Flora**, v. 198: p. 349-357, 2003.

PANDEY, P.; SINHA, R.; MYSORE, K. S.; SENTHIL-KUMAR, M. **Impact of concurrent drought stress and pathogen infection on plants**. In: Mahalingam R, editor. **Combined stresses in plants: physiological, molecular, and biochemical aspects**. Cham: Springer International Publishing. 2014.

PEARCE, D. W.; MILLARD, S.; BRAY, D. F.; ROOD, S. B. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. **Tree Physiol.** v. 26, p. 211-218, 2006.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D.; SILVA, J. I. C.; RODRIGUES, A. C. P.; KLAR, A. E. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 1047-1058, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A.; JOSÉ CARLOS CRUZ, J. C. - In memoriam; ADELMO RESENDE DA SILVA, A. R.; COSTA, R. V. CRUZ, I. **Milho verde**. Embrapa Milho e Sorgo. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-verde>. Acesso em: 25/05/2023.

PROCÓPIO, S. O.; FERREIRA, E. A.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N.; SANTOS, J. B. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. III - Galinsoga parviflora, Crotalaria incana, Conyza bonariensis e Ipomoea cairica. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.1, p.1-9, 2003.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; MARTINEZ, C. A.; WERLANG, R. C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.2, p.211-216, 2004.

PRASCH, C. M.; SONNEWALD, U. Simultaneous application of heat, drought, and virus to Arabidopsis plants reveals significant shifts in signaling networks. **Plant Physiol.** v. 162, p. 1849-1866, 2013.

- PRICE, H.J.; SPARROW, A.H.; NAUMAN, A.F. Correlations between nuclear volume, cell volume and DNA content in meristematic cells of herbaceous angiosperms. **Experientia**. v. 29, p. 1028-1029, 1973.
- RASMUSSEN, S.; BARAH, P.; SUAREZ-RODRIGUEZ, M. C. Bressendorff S, Friis P, Costantino P, *et al.* Transcriptome responses to combinations of stresses in *Arabidopsis*. **Plant Physiol**. v.1, n. 61, p. 1783-1794, 2013.
- RAY F. EVERT E SUSAN E. EICHHORN. Raven **Biologia vegetal**, 8. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- RIBAS, P. M. **Sorgo: Introdução e Importância Econômica**. Sete Lagoas, Mg: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 14 f. (26).
- RIZZARDI, M. A. Manual de identificação de plantas daninhas. Corteva Agrosience. 2020.
- RODRIGO, G.; CARRERA, J.; RUIZ-FERRER, V.; DEL TORO, F. J.; LLAVE, C.; VOINET, O.; ELENA, S. F. **Characterization of the *Arabidopsis thaliana* interactome targeted by viruses**. Santa Fe Institute Working Paper, p. 1-20 2011.
- ROSSI, C. V. S. *et al.* Dinâmica do herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 31, p. 223-230, 2013.
- RUPP, B.; SAMUEL, R.; RUSSELL, A.; TEMSCH, E. M.; CHASE, M.W.; LEITCH, I. J. Genome size in *Polystachya* (Orchidaceae) and its relationships to epidermal characters. **Bot. J. Linn. Soc.** v. 163, n. 2, p. 223-233, 2010.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.** V. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SANTOS, F. G. **Cultivares de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado Técnico, 77).
- SANTOS, L. D. T.; CRUZ, L. R.; SANTOS, S. A.; SANTOS, B. F. S.; SANTOS, I. T.; OLIVEIRA, A. M.; BARROS, R.; SANTOS, M. V.; FARIA, R. M. Phenotypic plasticity of *Neonotonia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under different light intensities. **An. Acad. Bras. Cienc.** v.87, n.1, p.519-528, 2015.
- SCHNEIDER, T.; FAVARETTO, A.; RIZZARDI, M. A. Anatomia foliar de biótipos de *Conyza sumatrensis* suscetível e resistente ao glifosato, **Agrarian**, Dourados, v. 13, n. 49, p. 330-338, 2020.
- SILVA J. L. C.; FERNANDES M. W.; ALMEIDA R. L.F. **Estatística e Probabilidade**. EdUECE, Fortaleza. 2015. p. 125.
- SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; SILVA, A. C.; PÓVOA, J. S. R. **Avaliação de genótipos de mourisco na região do Cerrado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002.
- SHAIK, R.; RAMAKRISHNA, W. Genes and Co-Expression Modules Common to Drought and Bacterial Stress Responses in *Arabidopsis* and Rice. **Plos One**. v. 8, p. 10, 2013.
- SHANKER, A. K.; MAHESWARI, M.; YADAV, S. K.; DESAI, S.; BHANU, D.; ATTAL, N. B.; VENKATESWARLU, B. Drought stress responses in crops. **Funct. Integr. Genomics**. v. 14, n. 1, p. 11-22, 2014.

- SMITH, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Res.** v. 98, p. 91-97, 2006.
- SUZUKI, N.; RIVERO, R. M.; SHULAEV, V.; BLUMWALD, E.; MITTLER, R. Abiotic and biotic stress combinations. **New Phytol.** v. 203, p. 32-43, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 819.
- TAYLOR, P. Thewetting of leafsurfaces. **Curr. Opin. Colloid Interface Sci**, v.16, p.326–334, 2011.
- TOFOLI, G. R. *et al.* Dinâmica do tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 27, n. 4, p. 815-821, 2009.
- TRIBE, I. **O reino vegetal**. Companhia Melhoramentos de São Paulo, São Paulo, 1977. p. 158.
- USDA, **United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service.** 39p. 2022.
- VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10p.
- XING, S. H.; GUO, X. B.; WANG, Q.; PAN, Q. F.; TIAN, Y. S.; LIU, P.; ZHAO, J.Y.; WANG, G. F.; SUN, X. F.; TANG, K. X. Induction and flow cytometry identification of tetraploids from seed-derived explants through colchicine treatments in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. **J. Biotechnol. Biomed.** v. 2011, p. 1-10, 2011.
- WILLMER, C.; FRICKER, M. **Stomata**, 2 ed. 388p. 1996.
- ZAINA, I. C.; GAI, V. F. Características morfológicas e qualidade do trigo mourisco sob estresse hídrico. **Revista Cultivando o Saber**. v.13, n.2, p.27a36, 2020.