

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA-UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS-CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL-PPGPV**

**FRANCIELE FÁTIMA FERNANDES**

**MITIGAÇÃO DO ACAMAMENTO DA SOJA PELA APLICAÇÃO EM**  
**PÓS-EMERGÊNCIA DE HERBICIDAS, REGULADORES DE CRESCIMENTO E**  
**BIOFERTILIZANTE**

**LAGES**

**2023**



**FRANCIELE FÁTIMA FERNANDES**

**MITIGAÇÃO DO ACAMAMENTO DA SOJA PELA APLICAÇÃO EM  
PÓS-EMERGÊNCIA DE HERBICIDAS, REGULADORES DE CRESCIMENTO E  
BIOFERTILIZANTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Arruda de Souza

**LAGES**

**2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da Biblioteca  
Setorial do CAV/UDESC,  
com os dados fornecidos pela autora**

Fernandes, Franciele Fátima

MITIGAÇÃO DO ACAMAMENTO DA SOJA PELA  
APLICAÇÃO EM PÓS-EMERGÊNCIA DE HERBICIDAS,  
REGULADORES DE CRESCIMENTO E BIOFERTILIZANTE /  
Franciele Fátima Fernandes. -- 2023.

111 p.

Orientador: Clovis Arruda de Souza

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação ,  
Lages, 2023.

1. Glycine max. 2. Retardante de crescimento. 3. FSII. 4.  
Prottox. 5. ALS. I. Souza, Clovis Arruda de . II. Universidade do  
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação . III. Título.


**FRANCIELE FÁTIMA FERNANDES**

**MITIGAÇÃO DO ACAMAMENTO DA SOJA PELA APLICAÇÃO EM  
PÓS-EMERGÊNCIA DE HERBICIDAS, REGULADORES DE CRESCIMENTO E  
BIOFERTILIZANTE**


Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal.


**BANCA EXAMINADORA**


Orientador:

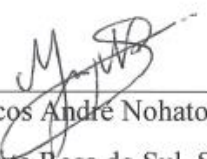
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Clovis Arruda de Souza  
(UDESC – Lages, SC)

Membros:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antônio Mendes de Oliveira Neto  
(UDESC – Lages, SC)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luís Sangoi  
(UDESC – Lages, SC)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcio Zilio  
UNOESC – Campos Novos, SC

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcos André Nohato  
IFSC – Santa Rosa do Sul, SC

Lages – SC, 26 de julho de 2023

A Deus primeiramente pelo dom da vida, aos meus pais Angelin e Arnestina, por me acolherem e serem à base de tudo, e a todos que de um jeito ou outro me ajudaram nessa caminhada.

Dedico!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, e por estar presente em todos os momentos da minha trajetória.

Aos meus pais Angelin e Arnestina que não mediram esforços para a realização deste sonho, e que sempre estiveram presentes e me apoiando. E diante as dificuldades me mostraram o real conceito da vida. Amo vocês.

As minhas irmãs Ilizandra (minha fonte de inspiração) e Fernanda e os meus sobrinhos que de um jeito ou outro estavam presentes e me incentivando. Ao Luan Kuhn pela parceria de vida nesses 11 anos, obrigada pelo apoio. A minha pequena Alice Maria, por ter chegado numa época complicada e por ter me mostrado paciência e amor.

Aos meus amigos que conquistei em Lages: Larissa Bitencourt, Gesieli Buba, Yasmin Siega, Débora Bridi e Silva, Douglas Trauttman e Silva, Zenaide Balestrin Bridi, meu pequeno Pietro Bridi e Silva, meu eterno agradecimento por estarem presente na minha vida, amo vocês.

Aos meus colegas de Laboratório de Plantas de Lavoura. Ao meu orientador professor Dr. Clovis Arruda de Souza pela orientação, dedicação e disposição em orientar, pela paciência e compreensão durante o período de realização do trabalho. Obrigada por confiar em mim e me permitir evoluir.

A todos os professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal por repassarem seu pleno conhecimento.

Ao CAV/UDESC, por fornecer uma excelente estrutura física e profissionais de todos os setores.

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta estiveram envolvidos com a condução destes experimentos e na minha vida.

Agradeço à CAPES e a UNIEDU, pela disponibilização da bolsa de estudo para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”  
(Theodore Roosevelt)



## RESUMO

A soja é cultivada e consumida mundialmente, isso devido a sua ampla utilização, tanto na alimentação animal quanto humana. A cultura nas últimas décadas consolidou-se como uma das atividades de maior crescimento agrícola. Fatores adversos podem diminuir o potencial de produtividade de grãos, gerando perdas qualitativas e quantitativas, o acamamento ocorre em cultivares suscetíveis associado ao seu cultivo em regiões mais frias, onde o crescimento vegetativo das plantas normalmente é maior. O objetivo desta pesquisa foi mitigar o acamamento de plantas de soja pela aplicação de reguladores de crescimento, herbicidas e biofertilizante. Esta tese é composta por dois capítulos, no primeiro capítulo estão os trabalhos realizados à campo com duas cultivares e produtos nas safras 2020/21 e 2021/22. O segundo capítulo aborda os trabalhos realizados na casa de vegetação nas safras 2019/20 e 2020/21. O experimento realizado em casa de vegetação foi implantado em DIC (delineamento inteiramente casualizado) e o experimento em condições de campo em DBC (delineamento em blocos ao acaso); ambos, arrançados em esquema fatorial (2x8), onde no fator A foram alocados as cultivares de soja (TMG 7062 e BS 2606) e o fator B pelos reguladores de crescimento (proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e benziladenina), os herbicidas lactofem 1x, lactofem 2x e bentazon+imazamoxi, o biofertilizante e a testemunha. As avaliações realizadas foram: fitointoxicação das plantas, altura de plantas, índice NDVI e SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA (dias após a aplicação) dos produtos; avaliações pré-colheita e avaliações pós-colheita como altura de plantas, número de ramos, acamamento, rendimento e componentes do rendimento. As plantas da cultivar TMG 7062 acamaram, e nisso a testemunha foi a que teve mais plantas acamadas e sob tratamento com benziladenina menos acamamento. O produto lactofem causou fitointoxicação das plantas, mas as injúrias amenizaram com o decorrer das avaliações, e diante disso, não foi visualizado diferenças negativas no rendimento de grãos. O lactofem 2x pode ser considerado um regulador de crescimento na cultura da soja. O biofertilizante não acarretou ganhos de produtividade para as cultivares TMG 7062 e BS 2606. Os reguladores de crescimento (proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e benziladenina) não afetaram o rendimento de grãos. O herbicida comercial composto de bentazon+imazamoxi e o lactofem não afetaram o potencial produtivo das cultivares e podem ser usados em complementação a escapes de controle de plantas daninhas magnoliopsidas após a aplicação de glyphosate. O acamamento de plantas é dependente das condições climáticas e da cultivar utilizada, neste caso a TMG 7062 (mais susceptível do que a BS 2606) em um cultivo em ambiente favorável (2021/22) ao fenômeno, ocorreu o acamamento de plantas; o regulador

benziladenina foi mais eficiente em mitigar o acamamento (<3%) na safra em que a testemunha acamou 40% de plantas de soja. O rendimento de grãos para a cultivar BS 2606, no ano 2020/21 foi maior em 9,37% em comparação ao ano 2021/22. Para a cultivar TMG 7062 foi ao contrário, no ano 2021/2022 foi maior 7,69% em comparação ao ano anterior. Sendo assim dependendo do ano e da cultivar.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; Retardante de crescimento; FSII. Protox; ALS.

## ABSTRACT

Soybean is cultivated and consumed worldwide, due to its wide use, both in animal and human food. In recent decades, culture has consolidated itself as one of the activities with the greatest agricultural growth. Adverse factors can reduce grain yield potential, generating qualitative and quantitative losses. Lodging occurs in susceptible cultivars associated with their cultivation in colder regions, where vegetative plant growth is normally greater. The objective of this research was to mitigate lodging of soybean plants by applying growth regulators, herbicides and biofertilizer. This thesis is composed of two chapters, the first chapter contains the work carried out in the UDESC/Lages experimental farm with two cultivars and products in the 2020/21 and 2021/22 growing seasons. The second chapter addresses the work carried out in the greenhouse in the 2019/20 and 2020/21 seasons. The experiment carried out in a greenhouse was implemented in CRD (completely randomized design) and the experiment under field conditions in RBD (randomized block design); both, arranged as a design factorial scheme (2x8), where factor A was allocated the soybean cultivars (TMG 7062 and BS 2606) and factor B was allocated growth regulators (calcium prohexadione, mepiquat chloride and benzyladenine), the herbicides lactofem 1x, lactofem 2x and bentazon+imazamox, the biofertilizer and the control. The assessments carried out were plant phytotoxicity, plant height, NDVI and SPAD index at 7, 14, 21 and 28 DAA (days after application) of the products; pre-harvest assessments and post-harvest assessments, as plant height, branches, lodging, yield and yield components. The plants of cultivar TMG 7062 became lodging, and in this case the control was the one with the most lodging plants and under treatment with benzyladenine the least lodging. The lactofem product caused phytointoxication of the plants, but the injuries alleviated as the evaluations progressed, and therefore, no negative differences in grain yield were seen. Lactofem 2x can be considered a growth regulator in soybean crops. The biofertilizer did not lead to increase in grain yield for both cultivars. The growth regulators (calcium prohexadione, mepiquat chloride and benzyladenine) did not affect grain yield. The commercial herbicide composed of bentazon+imazamox and lactofem did not affect the productive potential of the cultivars and can be used in addition to escapes to control magnoliopsid weeds after the application of glyphosate. Plant lodging is dependent on climatic conditions and the cultivar used, in this case TMG 7062 (more susceptible than BS 2606) under cultivation in a favorable environment to the phenomenon (2021/22 season), plant lodging occurred; the benzyladenine regulator was more efficient in mitigating lodging (<3%) in the crop in which the control lodging 40% of soybean plants. The grain yield for the cultivar BS 2606, in the 2020/21 season

was higher by 9.37% compared to the 2021/22 season. For the TMG 7062 cultivar it was the opposite, in the 2021/22 season it was 7.69% higher compared to the previous season. So, it depends on the growing season and the cultivar.

**Keywords:** *Glycine max*; Growth retardant; FSII. Protox; ALS.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Distribuição dos grupos de maturidade relativa de soja por latitude ao longo do Brasil.....	24
Figura 2 — Esquema simplificado do mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da protoporfirôgeno oxidase (Protox) .....	28
Figura 3 — Diagrama do esquema de atuação dos herbicidas inibidores do fotossistema II ..	30
Figura 4 — Inibição da rota de síntese da enzima acetolactato sintase (ALS) pelo herbicida imazamoxi.....	30
Figura 5 — Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de semeadura à colheita do experimento, a) Safra 2020/21 e b) 2021/22, Lages/SC .....	41
Figura 6 — Fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA das cultivares de soja BS 2606 e TMG 7062 em função da aplicação dos produtos na área experimental - Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	47
Figura 7 — Altura de plantas (cm) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22 .....	49
Figura 8 — Índice SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22 .....	51
Figura 9 — Índice NDVI aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22 .....	52
Figura 10 — Altura de plantas (final) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	54
Figura 11 — Diâmetro da haste principal (DHP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	55

Figura 12 — Número de ramos por planta (NRP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	56
Figura 13 — Número de nós por planta (NNP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	57
Figura 14 — Número de vagens por planta (NVP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	58
Figura 15 — Número de grãos por planta (NGP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	59
Figura 16 — Massa de mil grãos (MMG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	60
Figura 17 — Rendimento de grãos (RG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	61
Figura 18 — Índice de acamamento (IA%) da cultivar de soja TMG 7062 em função da aplicação dos produtos na área experimental do CAV, Lages-SC, 2021/22.....	62
Figura 19 — Fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA das cultivares de soja BS 2606 e TMG 7062 em função da aplicação dos produtos em ambiente controlado, Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21.....	82
Figura 20 — Altura de plantas (cm) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC.....	84
Figura 21 — Índice SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21.....	85
Figura 22 — Índice NDVI aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22.....	86

Figura 23 — Altura de plantas (final) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21 .....	89
Figura 24 — Diâmetro da haste principal (DHP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21 .....	90
Figura 25 — Número de nós por planta (NNP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21 .....	91
Figura 26 — Número de vagens por planta (NVP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21 .....	92
Figura 27 — Número de grãos por planta (NGP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21 .....	93
Figura 28 — Massa de cem grãos (MCG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21 .....	94
Figura 29 — Peso de grãos (PG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21 .....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Descrição dos estádios fenológicos da soja .....	23
Tabela 2 — Características químicas e físicas do solo, para cultivo da soja em casa de vegetação e área experimental -Tambo (2020/21 e 2021/22). Lages/SC .....	41
Tabela 3 — Descrição dos percentuais e conceitos interpretativos propostos para avaliação visual de sintomas de fitointoxicação da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995 .....	44
Tabela 4 — Características químicas e físicas do solo, para cultivo da soja em casa de vegetação e área experimental -Tambo (2020/21). Lages/SC .....	79
Tabela 5 — Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitointoxicação proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995.....	81



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>22</b>
2.1	A CULTURA DA SOJA .....	22
2.2	FITORREGULADORES.....	24
2.3	ACAMAMENTO DE PLANTAS .....	25
2.4	HERBICIDAS REGULADORES DE CRESCIMENTO.....	27
	REFERÊNCIAS.....	31
<b>3</b>	<b>ARTIGO 1 - DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SOJA SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE REGULADORES E HERBICIDAS .....</b>	<b>37</b>
3.1	RESUMO.....	37
3.2	ABSTRACT.....	38
3.3	INTRODUÇÃO .....	39
3.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	40
<b>3.4.1</b>	<b>Localização e característica da área experimental .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Avaliação da fitointoxicação de plantas de soja .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Avaliação durante o ciclo da cultura.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Avaliações em pré-colheita.....</b>	<b>45</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Avaliações em pós-colheita.....</b>	<b>45</b>
<b>3.4.6</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>45</b>
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
<b>3.5.1</b>	<b>Resultados experimentais obtidos em condições de campo (Tambo) safra 2020/21 e 2021/22.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Discussão dos resultados experimentais obtidos em condições de campo (Tambo - CAV).....</b>	<b>62</b>
3.6	CONCLUSÃO .....	69
	REFERÊNCIAS.....	70
<b>4</b>	<b>ARTIGO 2 - EFEITO DOS REGULADORES E HERBICIDAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE DUAS CULTIVARES DE SOJA .....</b>	<b>75</b>
4.1	RESUMO.....	75
4.2	ABSTRACT.....	75
4.3	INTRODUÇÃO .....	76
4.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	78

<b>4.4.1</b>	<b>Variáveis avaliadas</b> .....	80
<b>4.4.2</b>	<b>Análise estatística</b> .....	81
<b>4.5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	81
<b>4.5.1</b>	<b>Resultados do experimento em ambiente protegido (Casa de vegetação, safras 2019/20 e 2020/21)</b> .....	81
<b>4.5.2</b>	<b>Discussão dos resultados do experimento em ambiente protegido (Casa de vegetação, safras 2019/20 e 2020/21)</b> .....	95
<b>4.6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	100
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	101
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS</b> .....	105
	<b>APÊNDICES – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIAS DE TODOS OS EXPERIMENTOS, CONDUZIDOS POR DUAS SAFRAS, EM CONDIÇÕES DE CULTIVO À CAMPO E EM AMBIENTE PROTEGIDO</b> .....	106

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma Fabaceae (Leguminosa) cultivada e consumida mundialmente, isso devido a sua ampla utilização, tanto na alimentação animal quanto humana. A cultura nas últimas décadas consolidou-se como uma das atividades de maior crescimento agrícola (ALBRECHT *et al.*, 2020), representando uma importância comercial relevante por ser cultivada em quase todas as regiões do mundo, sendo atualmente considerada a principal cadeia produtiva do agronegócio mundial (LINZMEYER JUNIOR *et al.*, 2008; MAUAD *et al.*, 2010, CONAB, 2023).

A cultura da soja apresentou crescimento de 5,6% em comparação à safra anterior, atingindo 43,8 milhões de hectares. A produtividade brasileira de soja na safra 2022/23 está em 3.532 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2023), a colheita está constante em todas as regiões brasileiras produtoras de soja. Fatores adversos podem refletir em diminuição do potencial de produtividade de grãos, gerando perdas qualitativas e quantitativas, que vão além dos problemas do acamamento (BUZZELLO *et al.*, 2017), têm-se outros, como a competição com plantas daninhas (PD), época de semeadura e densidades de plantas inadequadas (BIANCHI *et al.*, 2010).

O acamamento, normalmente ocorre em cultivares suscetíveis associado ao seu cultivo em regiões mais frias, onde o crescimento vegetativo das plantas normalmente é maior. Geralmente ocorre a partir do estágio de florescimento, estendendo-se até a maturação dos grãos (BALBINOT JUNIOR, 2012). O acamamento é considerado um problema, pois reduz produtividade e a qualidade dos grãos, dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da cultura (em que ocorre), prejudicando a qualidade dos grãos e a eficiência da colheita mecanizada (SOUZA *et al.*, 2013).

O manejo para a redução da ocorrência de acamamento pode ser realizado com a aplicação de fitoreguladores, resultando em incremento na produtividade de grãos de soja. Dentre os reguladores vegetais, se destacam o cloreto de chlormequat, cloreto de mepiquat, proexadiona cálcica, trinexapac ethyl (SOUZA *et al.*, 2013); benziladenina (ROBINSON; SAZO, 2014); ácido giberélico+cinetina+ácido 4-indol-3-ibutírico (OLIVEIRA *et al.*, 2020) e etefom (FOLONI *et al.*, 2016).

Alguns herbicidas também possuem a capacidade de reduzir o desenvolvimento de plantas de soja reduzindo assim a ocorrência do acamamento de plantas. Os herbicidas lactofem e carfentrazone são inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), não participam diretamente no processo da fotossíntese, mas acumulam compostos fotodinâmicos

que interferem negativamente na fotossíntese, respiração e cadeia de transporte de elétrons (DUKE *et al.*, 1991).

O lactofem é um herbicida de contato, ou seja, apresenta ação local nos tecidos onde é depositado (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011). Os principais sintomas observados em soja, após sua aplicação são: necrose e encarquilhamento das folhas (MCGINNITY; COLE, 1985; SHEPERD *et al.*, 1984). Normalmente este estresse causa a interrupção transitória do crescimento da cultura, o que geralmente é normalizado após certo período de tempo (DAMIÃO FILHO *et al.*, 1992; WICHER; TALBERT 1993; ROMAN, 2000; SOUZA *et al.*, 2002).

Para o controle de plantas daninhas, preconiza-se a adoção do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) através da utilização de práticas de controle que envolva manejo preventivo, cultural, físico, mecânico, biológico e o químico (CARVALHO, 2013). No entanto, algumas dessas práticas muitas vezes não são suficientes para evitar a interferência de plantas daninhas com a cultura, então a utilização de herbicidas apresenta maior relevância dentre os demais métodos de manejo, devido à eficácia e rapidez (OLIVEIRA JUNIOR; INOUE, 2011).

Diante disso, a associação de ingredientes ativos amplia as possibilidades para controle de PD, particularmente em soja RR, onde frequentemente há “escape” de controle, seja na dessecação pré-semeadura quanto em pós-emergência da cultura e de PD. A mistura comercial de dois ingredientes ativos como bentazon+imazamoxi está disponível e indicada para aplicação na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), mas não tem registro para a soja. Embora os mesmos ingredientes ativos, comercializados separadamente, em formulação comercial contendo apenas bentazon ou apenas imazamoxi tenha indicação para aplicação no cultivo da soja (AGROFIT, 2023). Bentazon faz parte do grupo químicos dos inibidores de FSII (fotossistema II), está diretamente ligada à fotossíntese, pois são inibidores do transporte de elétrons (BALKE, 1985), resultam na remoção ou inativação de carregadores intermediários do transporte de elétrons. Já o imazamoxi pertencente do grupo dos inibidores de ALS (inibidores da enzima acetolactato sintetase), a inibição da ALS acarreta na inibição (redução) da síntese de três aminoácidos ramificados (leucina, valina e isoleucina). No entanto, a morte da planta não se deve somente à falta desses aminoácidos, pois, após a aplicação do herbicida, a divisão celular também é inibida. Pode haver acúmulo de acetohidroxiturato e diminuição na translocação de assimilados no floema, o que pode causar um efeito em cascata que leva a morte das plantas suscetíveis a esses produtos (ROMAN *et al.*, 2005).

Por outro lado, biofertilizantes ou fertilizantes biológicos baseados em fermentados microbianos enriquecidos são utilizados como estratégia para incrementar a produtividade. Os biofertilizantes incorporam organismos benéficos ao solo para manter o equilíbrio na atividade

microbiana, aumentando a fertilidade do solo e, inclusive diminuindo a incidência de pragas e doenças (MEDEIROS; WANDERLEY; WANDERLEY, 2003; MEDEIROS; LOPES, 2006). Os biofertilizante obtidos através de fermentação biológica do melaço de cana, contendo aminoácidos te como benéfico para as plantas de soja, estimular o metabolismo vegetal, com aumento da fotossíntese, da assimilação de nitrogênio, redução da degradação das células pelos estresses e ganho de produtividade nas culturas indicadas (TRADECORP, 2023).

Sendo assim as hipóteses deste trabalho foram: a) soja cultivada em altitudes maiores , tem maior crescimento longitudinal da haste, conseqüentemente aumenta a ocorrência do acamamento; b) O uso de fitoregulador diminui o crescimento longitudinal da haste da planta de soja (altura da planta), minimizando o acamamento, assegurando a estabilidade produtiva e a qualidade dos grãos; c) O herbicida lactofem aplicado em pós-emergência atua como fitoregulador, pois possui a capacidade de reduzir o desenvolvimento da soja em altura, reduzindo o acamamento de plantas, tendo a dupla função na cultura da soja: controlar plantas daninhas e modular o crescimento da planta de soja; d) A utilização de biofertilizante acarreta em ganhos de produtividade das culturas anuais em condições adversas.

O objetivo desta pesquisa foi mitigar o acamamento de plantas de soja pela aplicação de reguladores de crescimento, herbicidas e biofertilizante; avaliar o efeito regulador do herbicida lactofem sobre as plantas de soja. Esta tese é composta por dois capítulos, no primeiro capítulo estão os trabalhos realizados na área experimental com duas cultivares e produtos nas safras 2020/21 e 2021/22. O segundo capítulo aborda os trabalhos realizados na casa de vegetação nas safras 2019/20 e 2020/21.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] pertence à família Fabaceae, possui raiz pivotante com muitas raízes laterais (SEDIYAMA, 2009). O crescimento do caule depende do tipo de crescimento, determinado e semideterminado, onde a gema terminal transforma-se em inflorescência racemosa, e o crescimento indeterminado o caule continua a se desenvolver após o florescimento (SILVA, 2013; CABRAL, 2019).

A soja é uma planta de metabolismo C3, onde tem uma menor eficiência na conversão de CO<sub>2</sub>, comparadas as plantas de metabolismo C4. Acontece devido a ribulose-1-5-bifosfato carboxilase/oxidase (RuBisCo) ter muita afinidade tanto com o O<sub>2</sub> quanto o CO<sub>2</sub>, sendo sua atividade de carboxilase ou oxidase visto pela disponibilidade de um ou outro na câmara subestomática (CABRAL, 2019).

Devido a sua origem, ser em regiões de altas altitudes e clima temperado, a soja se adaptou melhor em regiões com temperatura entre 20 e 30°C (EMBRAPA, 2013), temperaturas muito elevadas ou baixas interferem diretamente na produção da planta. A arquitetura das plantas é definida por características como o número de caules e ramificações, número de nós e comprimento dos entrenós, estrutura e orientação das folhas, estas definem a forma, o tamanho e a geometria das plantas. Essas características são determinadas geneticamente e pelo ambiente, como o fotoperíodo, temperatura, nutrientes, intensidade luminosa e disponibilidade de água (CABRAL, 2019).

O ciclo da cultura de soja é dividido em duas fases, vegetativa e reprodutiva, essas fases são marcadas pelas mudanças morfológicas que acontecem ao longo do desenvolvimento (FEHR; CAVINESS, 1977). As características de cada estágio da emergência até a maturação são descritas com uma sigla composta por letra e número (Tabela 1).

A duração do ciclo é controlada pela temperatura e fotoperíodo crítico, a soja necessita de uma faixa de temperatura ótima para o melhor desenvolvimento, senão o ciclo pode ser aumentado ou reduzido, dependendo da temperatura (FERNEDA *et al.*, 2016). O fotoperíodo crítico varia com cada cultivar e determina o fotoperíodo que abaixo dele a planta entra no período reprodutivo (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Essa característica tem como funcionalidade distinguir os ciclos da mesma cultivar em latitudes diferentes, sendo que quanto menor a latitude menor a variação do fotoperíodo ao longo do ano e a chance de ter dias abaixo do fotoperíodo crítico da planta induz o

florescimento. Então, a mesma cultivar semeada no sul do Brasil alongara mais seu ciclo, e a mesma semeada no norte do Brasil chegara antes ao final do ciclo (CABRAL, 2019).

Tabela 1 — Descrição dos estádios fenológicos da soja

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
<b>FASE VEGETATIVA</b>	
VE	Emergência, cotilédones acima da superfície do solo.
VC	Estádio cotiledonar, unifólios com as margens não mais se tocando.
V1	Primeiro nó e primeiro entrenó do epicótilo, unifólios desenvolvidos, 1º trifólio aberto.
V2	Segundo nó, 1º trifólio desenvolvido no nó acima dos unifólios, 2º trifólio aberto.
V3	Terceiro nó, três nós na haste principal com folhas desenvolvidas contados a partir do nó dos unifólios, 3º trifólio aberto, mas não desenvolvido, assim sucessivamente...
Vn	V(n), ‘enésimo nó, “n” nós da haste principal com folhas desenvolvidas.
<b>FASE REPRODUTIVA</b>	
R1	Início do florescimento, uma flor aberta em qualquer nó do caule principal
R2	Florescimento, flores nos quatro últimos nós do caule com folhas desenvolvidas
R3	Início da formação de vagens, um legume com cinco milímetros em um dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida.
R4	Formação de legumes, um legume com dois centímetros num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida.
R5	Início do enchimento de grãos, grão com três milímetros em um legume dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida: R5.1 – grãos perceptíveis ao tato (o equivalente a 10% da granação); R5.2 – 11% a 25% da granação; R5.3 – 26% a 50% da granação; R5.4 – 51% a 75% da granação; R5.5 – 76% a 100% da granação.
R6	Máximo volume de grãos, legume contendo ao menos um grão verde que ocupa toda a cavidade em um dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida.
R7	Maturidade fisiológica, um legume normal que atingiu a cor de legume maduro, na haste principal
R8	Maturidade (de colheita), 95% dos legumes atingiram a cor de legume maduro.

Fonte: Elaborada pela autora; adaptada de Fehr e Caviness (1977).

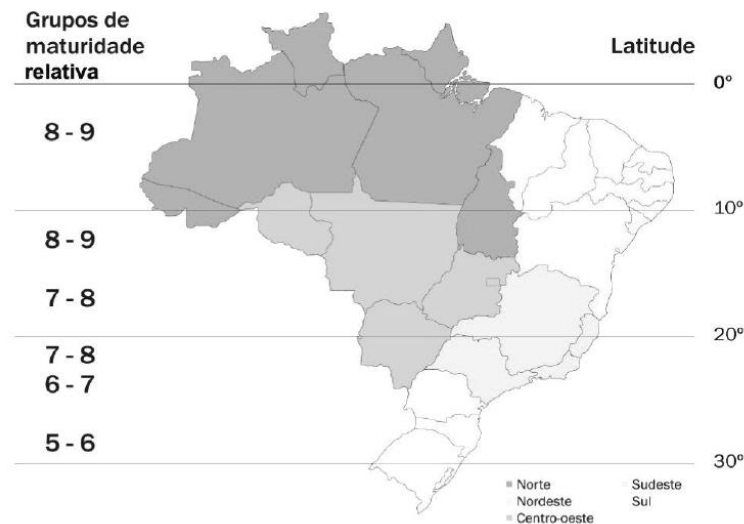
Existem as classificações das latitudes de acordo com o grupo de maturação relativo (GMR), superprecoce, precoce, médio e tardio, os grupos de maturação variam de zero a dez, quanto maior o número mais perto da linha do equador, isso também define que a duração do ciclo é maior em comparação com os menores valores, exemplos do ciclo 7,2 e 6,2 (Figura 1). Normalmente, para cada número após o ponto, aumenta 2 dias no ciclo total (PENARIOL, 2000).

A soja é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo, sendo uma atividade econômica muito importante (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014; LORENZETTI *et*

*al.*, 2021) apresentando constante crescimento na área cultivada (PIPOLO *et al.*, 2015). O Brasil é um dos mais importantes produtores e exportadores de soja do mundo (SANTOS *et al.*, 2016), e de acordo com a CONAB (2023) a estimativa de produção da soja na safra 2022/23 é superior a 154 milhões de toneladas, em uma área de 43 milhões hectares resultando em uma produtividade média 3.532 kg ha<sup>-1</sup>.

Atualmente há uma vasta disponibilidade de tecnologias usadas para alavancar a produtividade da cultura, resultando da combinação do potencial genético e as condições ambientais (PONTES JÚNIOR, 2012). Um dos principais motivos é estimular os componentes da produção para que expressem o máximo potencial de rendimento (FIOREZE *et al.*, 2013). Existem práticas agrônômicas que podem mudar a arquitetura das plantas como o espaçamento, densidade, época de semeadura e reguladores de crescimento, dentre esses podemos citar os hormônios e herbicidas. Pode-se citar dentre essas tecnologias o uso de reguladores vegetais e herbicida em sub dose ou com função reguladora com função de cessar o crescimento em altura e induzir a formação de ramificações laterais (CABRAL, 2019).

Figura 1 — Distribuição dos grupos de maturidade relativa de soja por latitude ao longo do Brasil



Fonte: Alliprandini *et al.* (2009).

## 2.2 FITORREGULADORES

Visando aprimorar os padrões de produtividade, com aplicação de reguladores vegetais, esses tem apresentado resultados significativos, principalmente, em regiões onde as culturas já atingiram um nível elevado de tecnologia e manejo (BAZZAN, 2013; AGUAYO *et al.*, 2015; LORENZETTI *et al.*, 2021).



A produção de hormônios vegetais tem baixa concentração nas plantas, porém é responsável pelos efeitos no desenvolvimento pela alteração nos processos fisiológicos e morfológicos (ALBRECHT *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2013). Hormônios vegetais são moléculas sinalizadoras envolvidas em todas as funções vitais das plantas, desde a germinação das sementes e gemas, enraizamentos, crescimento, florescimento, frutificação e produção de grãos (DOURADO NETO *et al.*, 2014; SCHOENINGER; BISCHOFF 2014). Esses hormônios ligam-se em receptores nas plantas e desencadeiam várias mudanças celulares, afetando a modificação ou iniciação do desenvolvimento de tecidos ou órgãos. Os reguladores que reduzem o porte das plantas geralmente são antagonistas às giberelinas e alteram o metabolismo das mesmas (RODRIGUES *et al.*, 2003).

As giberelinas induzem o alongamento dos entrenós através da promoção do alongamento celular (TAIZ *et al.*, 2017), em consequência aumentando a altura de plantas. O uso de reguladores de crescimento pode ser uma estratégia viável para redução de altura de plantas, visando reduzir o acamamento sem provocar fitointoxicação e manter o rendimento de grãos (SOUZA *et al.*, 2013; BASILIO *et al.*, 2021).

As citocininas são derivadas de purinas e compõem-se de uma cadeia principal formada pela adenina, uma base nitrogenada componente do DNA e RNA, e por uma cadeia lateral isoprenóide, composto secundário também conhecido como terpeno, ou aromática, geralmente algum fenol (CANHOTO, 2017). O transporte ocorre pelo xilema, e as citocininas são sintetizadas nas extremidades das raízes, mas alguns órgãos jovens como sementes, folhas e frutos apresentam altas teores deste hormônio (SALISBURY; ROSS, 2012).

As citocininas além da função de divisão celular, tem a mobilização de nutrientes, senescência foliar, desenvolvimento floral, expansão de folhas e cotilédones, germinação de sementes, dominância apical, formação e atividade dos meristemas apicais e superação de dormência das gemas (FAGAN *et al.*, 2015).

Existem vários produtos no mercado para uso como regulador de crescimento, entre os quais, podem ser utilizados alguns herbicidas, que atuam como reguladores de crescimento, cessando o crescimento em altura da planta e induzindo as ramificações laterais, o que pode ocasionar a maior produção de nós reprodutivos com capacidade maior de produção de flores e de vagens por planta (FOLONI *et al.*, 2016; VIEIRA *et al.*, 2021).

### 2.3 ACAMAMENTO DE PLANTAS

A soja viabilizou altos investimentos de pacotes tecnológicos e desenvolvimento de produtos. Pode-se dizer que a cultura da soja atingiu elevado grau de evolução, exigindo alto nível técnico para aumento de produtividade (HIRAKURI; LAZAROTTO, 2014). A cultura apresenta um maior escoamento, em relação às outras culturas cultivadas no Brasil (CONAB, 2023).

Cultivares de soja modernas com elevado potencial produtivo são amplamente testadas e difundidas, porém alguns problemas como o crescimento excessivo, ocasionando o acamamento de plantas e o autossombreamento, podem atrapalhar seu potencial máximo de rendimento de grãos (MATOS *et al.*, 2021). Esses problemas acontecem principalmente em locais com elevada altitude (acima de 700 m) (BASILIO *et al.*, 2021), com cultivares de hábito de crescimento indeterminado e de porte alto, em solo com elevado nível de nutrientes e com alta população de plantas, essa condição pode ser amenizada ou resolvida com outra cultivar de soja de menor porte, reduzindo a adubação ou diminuindo a população de plantas por hectare, porém, tem outra forma de resolver com o uso de reguladores de crescimento ou herbicidas para reduzir a altura de plantas (FOLONI, 2016).

Sendo assim, fatores adversos podem ocasionar em diminuição do rendimento de grãos, sendo um desses fatores o acamamento das plantas que gera perdas qualitativas e quantitativas. O acamamento pode ocorrer devido a fatores como a alta densidade de plantas por área, excesso de chuvas, ventos fortes, adubação nitrogenada (solos de alta fertilidade), cultivares de porte alto, cultivar com sistema radicular deficiente (pouco desenvolvido), cultivo em ambientes de maior altitude (700 m), semeadura antecipada, entre outros (SOUZA *et al.*, 2013). O acamamento compromete diretamente a colheita dos grãos, devido a prostração das plantas e prejudica sua qualidade; indiretamente aumenta o autossombreamento que prejudica na eficiência fotossintética da planta, propicia a formação de microclima favorável à ocorrência de doenças acarretando menor rendimento de grãos (BASILIO *et al.*, 2021).

O alongamento dos entrenós pode tornar o caule mais frágil pela redução de lignina e celulose na sua estrutura, podendo aumentar o risco de acamamento das plantas (LIU *et al.*, 2017). Os reguladores de crescimento podem atuar desviando os carboidratos que seriam destinados ao aumento de altura para o aumento do diâmetro da haste e aumento da matéria seca na haste, favorecendo a resistência ao acamamento (WANG *et al.*, 2016).

Portanto, para que seja otimizado o potencial produtivo das cultivares de soja afetadas pelo acamamento, um manejo cultural e uma forma de reduzir ou amenizar o problema, densidade de plantas, a época de semeadura e a utilização de fito reguladores são formas de manejo adotadas para solucionar ou minimizar essa dificuldade, que é o acamamento da soja

no campo. Utilizando estas três formas de manejo no campo, devemos encontrar um ponto de equilíbrio, assim a cultura poderá expressar seu máximo potencial produtivo (AGROFIT, 2023).

Para alcançar uma ótima produção de grãos que atendam a demanda mundial, é necessário o emprego de práticas de cultivos agrícolas adequados, como o controle do acamamento de plantas, assim como a adubação respeitando a recomendação de análise de solo e densidade de plantas adequada de modo que a cultura desenvolva em ambiente equilibrado (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2016).

O acamamento de plantas provoca perdas significativas no rendimento de grãos da cultura da soja e por isso estratégias de manejo para minimizar o acamamento são de importante necessidade (BUZZELLO *et al.*, 2017).

#### 2.4 HERBICIDAS e HERBICIDAS REGULADORES DE CRESCIMENTO

O efeito do lactofem é temporário e a planta logo recupera o dano e retoma a dominância apical sendo assim, crescer em altura e desenvolver brotações laterais, que irão interferir no número de nós reprodutivos da planta, aumentando assim o número de vagens (CABRAL, 2019). Esse herbicida, além de reduzir a altura de plantas de soja, pode aumentar o rendimento de grãos (GALLON *et al.*, 2016). De acordo com Cabral (2019), mesmo o lactofem ocasionando danos fisiológicos e observando uma mudança na arquitetura das plantas, a aplicação incrementou na produtividade da cultura da soja.

A utilização de herbicidas pode causar injúrias que podem causar danos à planta, os herbicidas inibidores de Protox, se encaixam nessa categoria, por serem de contato, causam danos no local onde são aplicados por produzirem espécies reativas de oxigênio (ERO), como o oxigênio “singlet”, que tem como consequência a peroxidação lipídica da membrana das células (HESS, 2000; CABRAL, 2019). Além dessa ERO, tem outras que podem ser formadas como o radical superóxido ( $O_2^-$ ), radical hidroxila ( $OH^\cdot$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), considerados reativos e fitotóxicos levando a planta a morte. No entanto, para sobreviverem a EROs, as plantas possuem sistemas de desintoxicação enzimática que degrada essas moléculas transformando em água ( $H_2O$ ) e oxigênio ( $O_2$ ) (BARBOSA *et al.*, 2014; CABRAL, 2019).

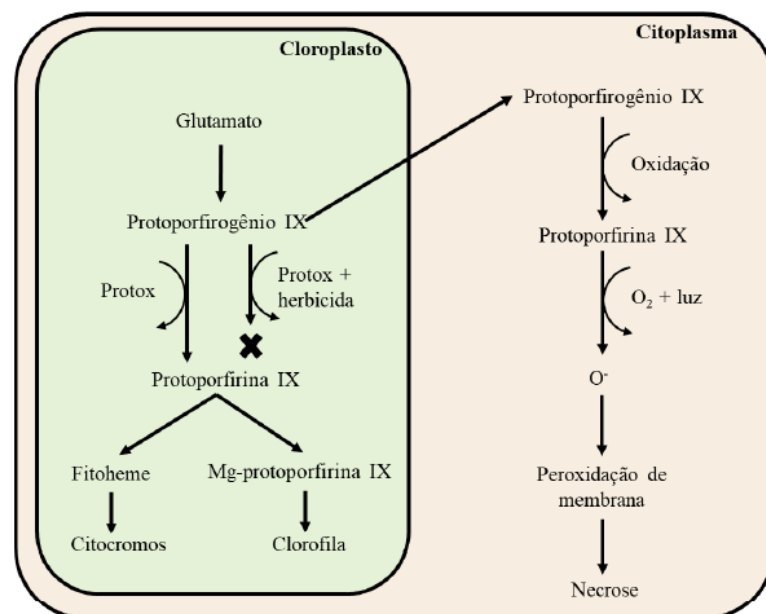
A protoporfirinogênio oxidase (Protox) é uma enzima que atua na biossíntese de porfirinas que irão formar o grupo heme da molécula de clorofila (Figura 2). A enzima converte protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX mediante aromatização oxidativa com exigência de oxigênio molecular (CARVALHO; GONÇALVES NETTO, 2016). A inibição da Protox em

plantas causa o acúmulo do substrato protoporfirinogênio-IX no cloroplasto que com o aumento da concentração ocorre sua difusão para o citoplasma onde é convertida em protoporfirina-IX por peroxidases insensíveis ao herbicida, no entanto a nova molécula não pode voltar para o cloroplasto devido a sua natureza lipofílica (BARBERIS *et al.*, 2009).

Então, a molécula de protoporfirina-IX não se liga ao Mg e Fe deixando de formar o grupo heme e paralisando a produção de colorofila (ABE *et al.*, 2018). A protoporfirina-IX é um pigmento fotodinâmico e quando acumulado no citoplasma e na presença de luz e oxigênio molecular pode induzir a formação do oxigênio singlet. Este radical livre no citoplasma provoca a peroxidação dos lipídeos das membranas, devido ao seu alto poder reativo, o que pode levar a célula a morte e provocar necroses no tecido foliar (SILVA *et al.*, 2017).

Os herbicidas com poder de alterar essa característica, que reduzem o espaçamento entrenós, altura da haste principal e conseqüentemente aumentam o número de ramificações. Por serem de contato causam danos no ápice da planta que cessa o crescimento temporariamente (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Segundo Cabral (2019), essa injúria modifica a relação auxina/citocinina, onde a auxina era predominante e inibe a síntese e degrada a citocinina, bloqueando o brotamento das gemas laterais. Por ser produzida no ápice da planta, local afetado pelo herbicida, a síntese de auxina diminui e a de citocinina estimulada (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Figura 2 — Esquema simplificado do mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da protoporfirrogênio oxidase (Protox)



Fonte: Silva *et al.* (2017).

Os herbicidas a base de bentazon e ou de imazamoxi normalmente estão disponíveis isoladamente, entretanto, atualmente há uma associação comercial contendo bentazon+imazamoxi (Ampló®) para uso na cultura do feijão (AGROFIT/MAPA, 2023). Mas, para soja, apenas isoladamente cada ativo também tem registro para uso nesta cultura.

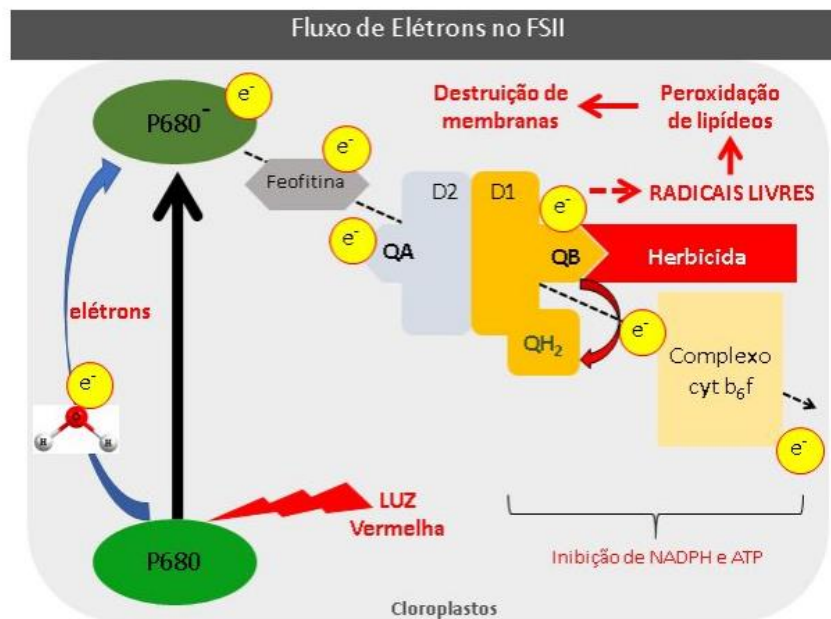
O herbicida bentazon bloqueia o fluxo de elétrons, paralisa a fixação de CO<sub>2</sub>, gera estresse oxidativo e danos ao centro de reação do fotossistema II (FSII). Ambos resultam na peroxidação de lipídios e da clorofila pela formação de radicais livres na presença de luz (HESS, 2000; ZAGAR *et al.*, 2019). A degradação pela luz (fotólise ou fotodegradação) envolve reações de degradação de herbicidas mediadas pela luz, onde ocorre aumento súbito de energia absorvida pelo herbicida, gerando instabilidade química na molécula e quebra de reações (Figura 3).

O bentazon é um herbicida que pertence ao grupo químico das benzotiadiazona (fotossistema II, FSII) e, é seletivo e de contato, sendo utilizado em misturas de calda em tanque visando o controle de plantas daninhas dicotiledôneas em pós-emergência da cultura da soja.

Os herbicidas considerados latifolicidas exclusivos, são herbicidas que matam exclusivamente folhas largas (magnoliopsidas; dicotiledôneas), sendo, portanto, seletivos para folhas estreitas (liliopsidas; monocotiledôneas). São exemplos os herbicidas bentazon, lactofem, fomesafen, metribuzin, cyanazine, entre outros (CARVALHO, 2013).

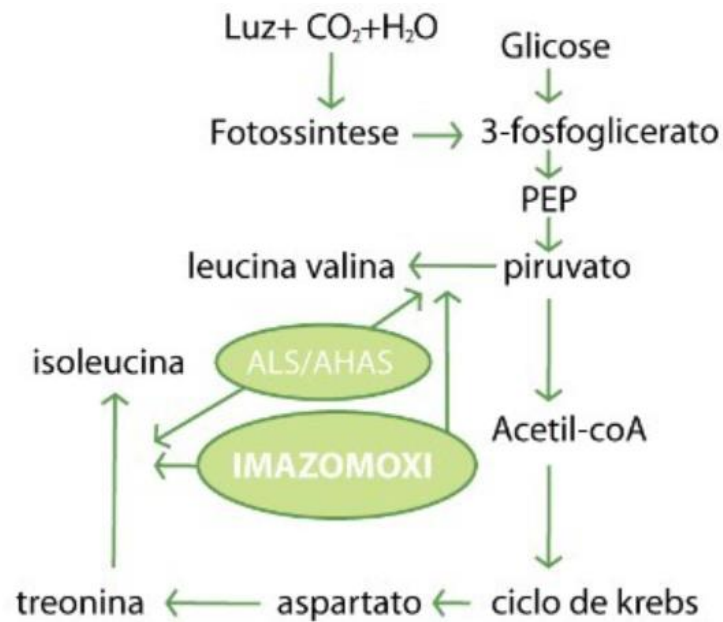
De acordo com Carvalho (2013), herbicidas que inibem a enzima acetolactato sintase (ALS), ocorre quando a enzima catalisa a reação de condensação de duas moléculas de piruvato em uma molécula de acetolactato (precursor dos aminoácidos valina e leucina). A ALS ocorre em cloroplastos e plastídeos de células meristemáticas (Figura 4). A inibição dessa enzima impede a síntese de valina, leucina e isoleucina, mas não é isso, especificamente, que causa a morte da planta. Com a inibição da enzima, há inibição da divisão celular, acúmulo de cetobutirato (tóxico em altas quantidades) e redução na translocação de fotoassimilados. O imazamoxi pertence ao grupo das imidazolinonas, controlam tanto dicotiledôneas como monocotiledôneas, sendo que a morte das plantas ocorre em até duas semanas, aplicados em pré e em pós-emergência.

Figura 3 — Diagrama do esquema de atuação dos herbicidas inibidores do fotossistema II



Fonte: Carvalho (2013).

Figura 4 — Inibição da rota de síntese da enzima acetolactato sintase (ALS) pelo herbicida imazamoxi



## REFERÊNCIAS

- ABE, J. *et al.* Flumioxazin metabolism in pregnant animals and cell-based protoporphyrinogen IX oxidase (PPO) inhibition assay of fetal metabolites in various animal species to elucidate the mechanism of the rat-specific developmental toxicity. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 339, p. 34-41, 2018.
- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Herbicidas**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- AGUAYO, B. C. A.; RASCHE, A. J. W. Fertilización foliar con boro en el cultivo de la soja, **Revista Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 17, n. 2, p. 129-137, 2015.
- ALBRECHT, L. P. *et al.* Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 774-782, 2012.
- ALBRECHT, L. *et al.* Avaliação econômica e financeira do uso de biorregulador em soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), v. 13, n. 2, p. 487-504, 2020.
- ALLIPRANDINI, L. F. *et al.* Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, p. 801-808, 2009.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. J. *et al.* Utilização de adubação organomineral na cultura da soja. **II Colóquio Estadual e Pesquisa Multidisciplinar**, 2016.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ASADA, K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. **Plant Physiology**, v. 141, n. 2, p. 391-396, 2006.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 1, p. 40-42, 2012.
- BALKE, N. E. Herbicide effects on membrane functions. In: Duke, S. O. **Weed Physiology**. EUA: CRC Press, v. 2, p. 113 -139, 1985.
- BARBERIS, L. R. M. *et al.* Seleção de genótipos de cana-de-açúcar para acúmulo de protoporfirina IX com uso de herbicidas inibidores da Protox. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 809-814, 2009.
- BARBOSA, A. S. *et al.* Efeitos de reguladores vegetais nas características agronômicas de soja cultivada em baixa latitude. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente-RAMA**, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2023.
- BASILIO, A. F. *et al.* Efeito do regulador de crescimento cloreto de cloromequate nos atributos morfológicos e produtivos de plantas de soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente-RAMA**, v. 15, n. 3, p. 1-13, 2022.

BAZZAN, R. D. **Efeito de bioestimulantes no rendimento de grãos na cultura do trigo (*Triticum aestivum*)**. 2014. 40 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia) – UNIJUÍ/DEAg, Ijuí, 2013.

BIANCHI, M. A. *et al.* Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. esp., p. 979-991, 2010.

BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Superoxide dismutase and stress tolerance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 43, p. 3-11, 1992.

BUZZELLO, G. L. *et al.* Desenvolvimento e rendimento de soja em função da aplicação de ácido indol-butírico, ácido giberélico e cinetina. **Revista Agrarian**, Dourados-MS, v. 10, n. 37, p. 225-233, 2017.

CABRAL, E. M. A. **Uso de reguladores de crescimento na cultura da soja**, 2019. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Curso de Agronomia, USP/ESALQ, Piracicaba-SP, 2019.

CAMARGO, I. A. **Sistema antioxidante de cana-de-açúcar em resposta à seca**. 2013. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Programa de Pós-Graduação em Ciências. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. 2013.

CANHOTO, J. M. **Biotecnologia vegetal: da clonagem de plantas à transformação genética**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2017, 405 p.

CARVALHO, L. B. **Plantas Daninhas**. Editado pelo autor, Lages-SC, 1 ed., 2013. 82 p.

CARVALHO, S. J. P.; GONÇALVES NETTO, A. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da Protox (grupo E). In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4. Ed. Paulínia: HRAC-BR, 2016, CAP. 9, p. 151-154.

CHAGAS, R. M. **Alterações fotossintéticas e respostas oxidativas em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratadas com paraquat**, 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Curso de Agronomia, USP/ESALQ, Piracicaba-SP, 2007.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 7 - Safra 2022/23, n. 6, março 2020, Brasília-DF. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 02 junho 2023.

DAMIÃO FILHO, C. E.; CORSO, G. M.; ANDRADE, V. M. M. Efeitos do herbicida lactofem sobre três cultivares de soja. I. Alterações morfológicas externas e internas das folhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 10, n. 1, p. 17-24, 1992.

DOURADO NETO, D. *et al.* Ação de bioestimulante do desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 30, n. 1, p. 371-379, 2014.



DUKE, S. O. *et al.* Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, Cambridge-ENG, v. 39, n. 3, p. 465-473, 1991.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa soja, 2013, 265 p.

FAGAN, E. B. *et al.* Fisiologia Vegetal: reguladores vegetais. São Paulo: Andrei, 2015, 300 p.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa, 2007.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Special Report, 80. Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.

FERNEDA, B. G. *et al.* Graus-Dias na estimativa das taxas de crescimento de quatro cultivares de soja em diferentes épocas de plantio. **Nativa - Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 4, n. 3, p. 121-127, 2016. 10.14583/2318-7670.v04n03a01

FIGUEIREDO, S. L. *et al.* Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1432-1439, 2013.

FOLONI, J. S. S. *et al.* Lactofem e etefom como reguladores de crescimento de cultivares de soja. In: **XXXV Reunião de Pesquisa de Soja**, Londrina-PR, 2016

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Oxidant and antioxidant signalling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. **Plant, Cell & Environment**, Oxford, v. 28, p. 1056, 2005.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, p. 160-170, 2000.

HUYGHE, C. Genetics and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. **Agronomie**, v. 18, p. 383-411, 1998.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa soja. Londrina-PR, 2014.

LINZMEYER JUNIOR, R. *et al.* Influência de regulador vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá-PR, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

LIU, Y. *et al.* Irradiation pretreatment facilitates the achievement of high total sugars concentration from lignocellulose biomass. **Bioresource Technology**, Essex, v. 232, p. 270-277, 2017.

LORENZETTI TARTARO, E. *et al.* Influência da aplicação de regulador vegetal em diferentes estágios fenológicos da soja. **Revista Científica Agropampa**, v. 1, n. 1, p. 57-65, 2021.

MAUAD, M. *et al.* Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourado-MS, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MATOS, F. S. A. *et al.* Aplicação de reguladores de crescimento em dois estádios de desenvolvimento no controle da altura do dossel das plantas na cultura da soja RR, no Sudoeste Goiano. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 91661-91673, 2021.

MEDEIROS B, M.; WANDERLEY, P. A.; WANDERLEY, M. J. A. Biofertilizantes líquidos. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília-DF, v. 31, n. 2, p. 38-44, 2003.

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**, Salvador-BA, v. 7, n. 3, p. 24-26, 2006.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, Copenhagen, v. 7, n. 9, p. 401-405, 2002.

MITTLER, R. ROS are good. **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 1, p. 11-19, 2017

MOLLER, I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 561-591, 2001.

McGINNITY, P. J.; COLE, R. M. Phytotoxicity and yield response to postemergence applications of lactofem on early maturing soybean varieties. In: **North Central Weed Control Conference, Proceedings**. Abstract... St. Louis, Missouri, USA, 1985. p.79

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 22 ed., p. 141-191, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; INOUE, M. H. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 22 ed., 2011, p. 243-261.

OLIVEIRA, S. *et al.* Desempenho de plantas de soja em função da aplicação de Stimulate® via foliar em terras baixas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 6, n. 1, p. 2557-2571, 2020.

PENARIOL, A. **SOJA**: cultivares no lugar certo. Informações agronômicas, 2000, 90 p.

PÍPOLO, E. A. *et al.* Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria. Londrina: Embrapa Soja, Circular técnica, 86, 2015. 16 p.

PONTES JÚNIOR, V. A. **Potencial genético e estabilidade de famílias de feijoeiro-comum obtidas por diferentes métodos de melhoramento**. 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

RIZZARDI, M. A. Manejo Químico: IMAZAMOXI. UP-Herb-Academia das plantas daninhas. Passo Fundo. Disponível em: <<https://www.upherb.com.br/>> Acesso em 06 julho 2023.

ROBINSON, T. L.; SAZO M. M. Effect of promalin, benzyladenine and cyclanilide on lateral branching of apple trees in the nursery. **New York Fruit Quaterly**, v. 23, p. 293-302, 2014.

RODRIGUES, O. *et al.* **Redutores de crescimento**. Embrapa Trigo. Circular técnica 14, 2003.

ROMAN, E. S. Estresses ocasionados por fitointoxicação de herbicidas. In: BONATO, E. R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 103-143.

ROMAN, E. S. *et al.* **Como funcionam os herbicidas: da biologia a aplicação**. Gráfica Editora Berthier: Passo Fundo-RS, 21 ed., 2005, 252 p.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia de plantas**. 4 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012, 776 p.

SCANDALIOS, J. G.; ACEVEDO, A.; RUZSA, S. Catalase gene expression. In response to chronic high temperature stress in maize. **Plant Science**, v. 156, p. 103-110, 2000.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, n. 7, p. 995-1014, 2005

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e uso da soja**. Londrina: Ed. Mecenaz, 2009, 314 p.

SILVA, F. C. S. **Influência do tamanho de sementes e de características agronômicas em descritores adicionais de soja**. 2013, 46 f, Dissertação (Mestrado em Plantas Daninhas). Universidade Federal de Viçosa, 2013.

SILVA, G. S. *et al.* Sintomas de fitointoxicação e crescimento de mudas de café submetidas aos herbicidas inibidores da Protox. **Coffee Science**, v. 12, n. 3, p. 290-296, 2017.

SHEPERD, H. E. *et al.* Yield response of soybeans to postemergence applications of lactofem. In: **North Central Weed Control Conference. Proceedings**. Abstract... Winnipeg, 1984. p. 36.

SCHOENINGER, V.; BISCHOFF, T. Z. Tratamento de sementes. **Revista Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 63-73, 2014.

SOUZA, R. T. *et al.* Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofem para a cultura da soja. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 99-106, 2002.

SOUZA, C. A. *et al.* Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlandia-MG, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

SANTOS, A. C. *et al.* Principais pragas da cultura da soja: identificação, caracterização e controle. **Revista Conexão Eletrônica**, Três Lagoas, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2016.

SWANSON, S.; GILROY, S. ROS in plant development. **Physiologia Plantarum**, v. 138, p. 384-392, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 Ed., 2017, 888 p.

VAN LOON, L. C. The intelligent behavior of plants. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 4, p. 286-294, 2016.

VIEIRA, N. B. *et al.* Uso de 2,4-D como regulador de crescimento e de fertilizante foliar com aminoácido na cultura do feijão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e49110414262, 2021.

WANG, Y. *et al.* Mixed compound of DCPTA and CCC increases maize yield by improving plant morphology and up-regulating photosynthetic capacity and antioxidants. **PLOS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1-25, 2016.

WICHERT, R. A.; TALBERT, R. E. Soybean [*Glycine max* (L.)] response to lactofem. **Weed Science**, v. 41, n. 1, p. 23-27, 1993.

ZAGAR, C. *et al.* Protoporphyrinogen IX oxidase inhibitors. **Modern Crop Protection Compounds**, v. 3, p. 173-211, 2019.

### **3 ARTIGO 1 - DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SOJA SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO, HERBICIDAS E BIOFERTILIZANTE**

#### **3.1 RESUMO**

Atualmente no mercado há um leque de opções em tecnologias para serem utilizadas para alavancar a produtividade da cultura da soja, com isso o objetivou-se mitigar o acamamento de plantas de soja pela aplicação de reguladores de crescimento, herbicidas e biofertilizante e avaliar o efeito regulador do herbicida lactofem sobre as plantas de soja. Os experimentos foram realizados na área experimental do CAV, nas safras 2020/21 e 2021/22, foram implantados em DBC (delineamento em blocos ao acaso), arrançados em esquema fatorial (2x8), onde no fator A foram alocados as cultivares de soja (TMG 7062 e BS 2606) e o fator B pelos reguladores de crescimento (proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e benziladenina), os herbicidas (lactofem 1x, lactofem 2x e bentazon+imazamoxi), o biofertilizante e a testemunha. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo significativo para os tratamentos qualitativos procedido pela comparação de médias por Dunnett ( $P < 0,05$ ). As avaliações realizadas foram: fitointoxicação das plantas, altura de plantas, índice NDVI e SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA (dias após a aplicação) dos produtos; avaliações pré-colheita e avaliações pós-colheita. A fitointoxicação das plantas com a aplicação de lactofem, resultou em danos aos 7 e 14 DAA, e com o decorrer das avaliações observou-se diminuição dos sintomas. O acamamento de plantas ocorreu somente na safra 2021/22, onde as condições climáticas foram favoráveis e para a cultivar TMG 7062. Nesta condição benziladenina foi eficiente em mitigar o acamamento de plantas ( $< 3\%$ ). As avaliações de SPAD, NDVI e altura (7, 14, 21, 28 DAA) foram mais influenciados pela cultivar do que pelos produtos. O rendimento de grãos foi influenciado pela cultivar e o ano, em 2020/21 para a TMG 7062 e para 2021/22 para a BS 2606. Conclui-se que houve efeito dos produtos sobre as cultivares de soja isoladamente, não diferindo da testemunha na maioria das variáveis analisadas. As plantas da cultivar TMG 7062 acamaram, e nisso a testemunha foi a que teve mais plantas acamadas e sob tratamento com benziladenina menos acamamento. O produto lactofem causou fitointoxicação das plantas, mas as injúrias amenizaram com o decorrer das avaliações, e diante disso, não foi visualizado diferenças negativas no rendimento de grãos. O lactofem 2x pode ser considerado um regulador de crescimento na cultura da soja. O biofertilizante não acarretou ganhos de produtividade para as cultivares TMG 7062 e BS 2606.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; fitointoxicação; FSII. Protox; ALS.

### 3.2 ABSTRACT

Currently on the market there is a range of options in technologies to be used to leverage the productivity of the soybean crop, with that the objective was to mitigate the lodging of soybean plants by the application of growth regulators, herbicides and biofertilizer and to evaluate and the effect lactofem herbicide regulator on soybean plants. The experiments were carried out in the experimental area of CAV, in the 2020/21 and 2021/22 growing seasons, they were implemented in DBC (randomized block design), arranged in a factorial scheme (2x8), where in factor A the soybean cultivars were allocated (TMG 7062 and BS 2606) and factor B by growth regulators (calcium prohexadione, mepiquat chloride and benzyladenine), herbicides (lactofem 1x, lactofem 2x and bentazone+imazamoxi), the biofertilizer and the control. Data were submitted to analysis of variance, being significant for qualitative treatments proceeded by comparing means by Dunnett ( $P < 0.05$ ). The evaluations carried out were: plant phytotoxicity, plant height, NDVI and SPAD index at 7, 14, 21 and 28 DAA (days after application) of the products; pre-harvest evaluations and post-harvest evaluations. The phytointoxication of plants with the application of lactofem resulted in damage at 7 and 14 DAA, and as the evaluations progressed, a decrease in symptoms was observed. Plant lodging only occurred in the 2021/22 season, when climatic conditions were favorable and for the cultivar TMG 7062. SPAD, NDVI and plant height (7, 14, 21, 28 DAA) evaluations were more influenced by cultivar than by product. Grain yield was influenced by cultivar and year, in 2020/21 for TMG 7062 and for 2021/22 for BS 2606 for yield and yield components. The plants of cultivar TMG 7062 lodged, and in this case the control was the one that had more lodging plants and less lodging under treatment with benzyladenine. The lactofem product caused phytointoxication of the plants, but the injuries eased over the course of the evaluations, and therefore, no negative differences in grain yield were seen. Lactofem 2x can be considered a growth regulator in the soybean crop. The biofertilizer did not lead to productivity gains for TMG 7062 and BS 2606 cultivars.

**Keywords:** *Glycine max*; phytointoxication; FSII. Protox; ALS.

### 3.3 INTRODUÇÃO

Estima-se que a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) alcançará nesta safra 2022/23 uma produção de 154,81 milhões de toneladas (23,3%) em uma área de 43,8 milhões de hectares (5,6%), e produtividade de 3530 kg ha<sup>-1</sup> a colheita da soja já alcança 93,7% das áreas e se já é superior aos índices registrados na safra passada (CONAB, 2023). Atualmente no mercado há um leque de opções em tecnologias para serem utilizadas para alavancar a produtividade da cultura, sendo o resultado da interação entre o potencial genético da variedade cultivada e as condições ambientais (CABRAL, 2019).

Pode-se citar dentre essas tecnologias os reguladores vegetais e alguns herbicidas, que tem como função cessar o crescimento da planta em altura e induzir ramificações laterais, ou seja, a planta forma mais nós produtivos e assim possibilitando maior número de flores e vagens por planta (FOLONI *et al.*, 2016). Esse fenômeno tem como nome decapitação e ocorre em plantas cuja dominância apical inibe a brotações laterais do caule (TAIZ *et al.*, 2017).

O acamamento provoca autossombreamento, reduzindo a fotossíntese, acarretando redução de fotoassimilados disponíveis ao enchimento de grãos, além de proporcionar um microclima de maior umidade, que é favorável à depreciação dos grãos de soja e incidência de doenças (BASILIO *et al.*, 2022). O prejuízo no rendimento de grãos ocasionado pelo acamamento de plantas está diretamente ligado ao estágio de desenvolvimento em que ocorre e de sua intensidade, especialmente quando ocorre durante o enchimento de grãos (BALBINOT JÚNIOR, 2012; SOUZA *et al.*, 2013).

Apesar dos benefícios que os reguladores de crescimento e os herbicidas podem trazer à agricultura, é importante ter cuidado ao utilizá-los, pois manuseados de maneira errada podem acarretar em prejuízos à produção (PACENTCHUK *et al.*, 2018). Eles podem também provocar injúria ou fitointoxicação às plantas, variando de acordo com a concentração (dose) utilizada ou grau de tolerância da cultivar ao produto (BUZZELLO *et al.*, 2017).

Para os herbicidas que tem também função de regulador de crescimento, o maior problema de injúria nas plantas, por exemplo no caso dos inibidores de Protox, que por serem de contato causam um dano no local aplicado, por produzir EROs, que tem como consequência a peroxidação lipídica da membrana plasmática das células (HESS, 2000).

Dentre os mecanismos de ação com maior seletividade a cultura da soja destaca-se os inibidores das enzimas protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) e acetolactato sintase (ALS), sendo representados pelos herbicidas lactofem e cloransulam (Hu *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2021).

Na agricultura, a aplicação de herbicidas visa evitar da incidência de plantas daninhas, no entanto, tem-se o cuidado de ocorrer à resistência em plantas daninhas (LEI, 2018). Entretanto, o uso de outros mecanismos de ação é uma estratégia promissora no controle de plantas daninhas resistentes a herbicidas (SOUZA *et al.*, 2002).

Neste cenário também se inserem os biofertilizantes com a capacidade de potencializar processos metabólicos e fisiológicos na planta (SZPARAGA *et al.*, 2021). Adicionalmente, o uso de tais substâncias tendem a proporcionar maior estabilidade produtiva, resultando em plantas capazes de expressar todo seu potencial genético, e conseqüentemente propensas a obter maiores produtividades.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo mitigar o acamamento de plantas de soja pela aplicação de reguladores de crescimento, herbicidas e biofertilizante; avaliar o efeito regulador do herbicida lactofem sobre as plantas de soja e a finto intoxicação deste herbicida.

## 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

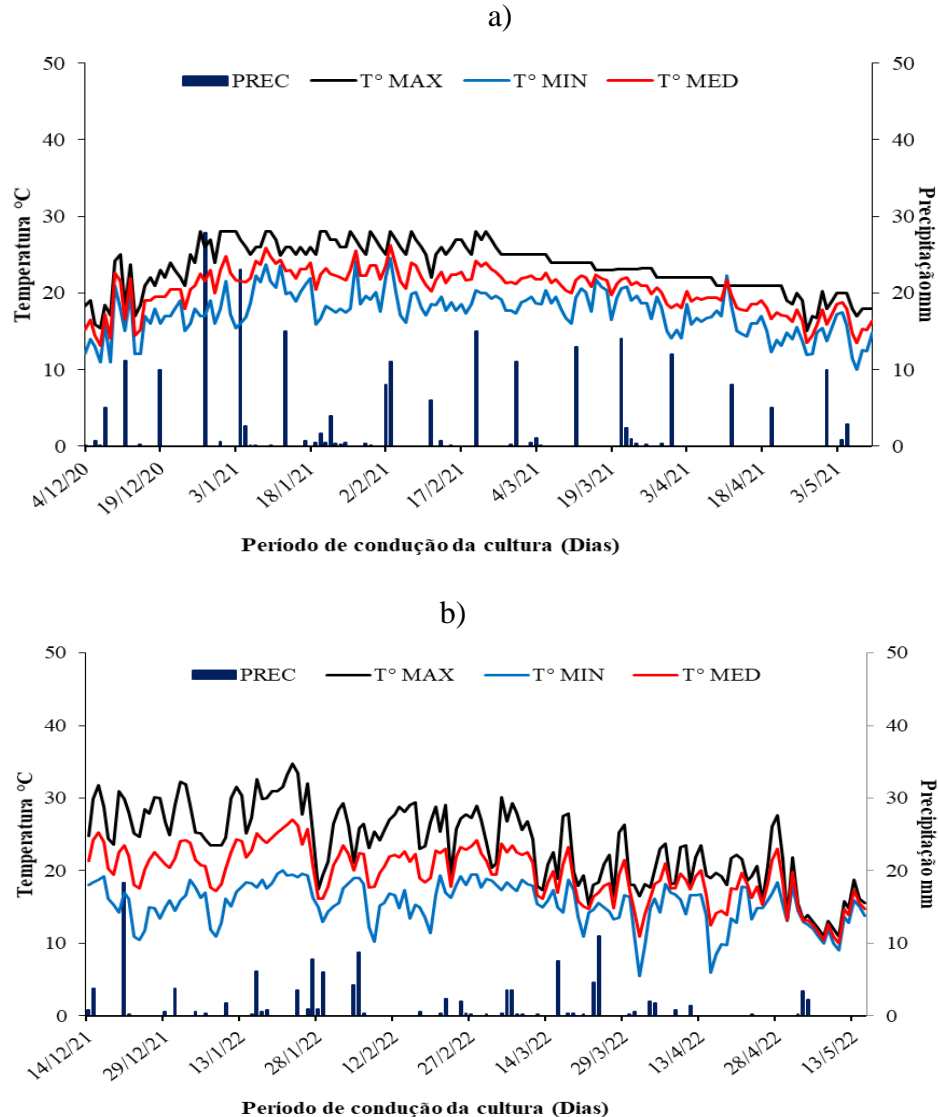
### 3.4.1 Localização e característica da área experimental

O experimento a campo nas safras 2020/21 e 2021/22 foi conduzido na área experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina/UDESC, no município de Lages-SC. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo (Cfb) (WREGGE *et al.*, 2011). Os dados meteorológicos durante o período do experimento foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e estão representados na figura 5a (2020/21) e 5b (2021/22).

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico alumínico (EMBRAPA, 2017). O resultado da análise química do solo realizada na camada arável do solo (0-20 cm) está descrito na tabela 2.



Figura 5 — Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de semeadura à colheita do experimento, a) Safra 2020/21 e b) 2021/22, Lages/SC



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Tabela 2 — Características químicas e físicas do solo, para cultivo da soja em casa de vegetação e área experimental -Tambo (2020/21 e 2021/22). Lages/SC

Amostra	Argila	V	M.O	pH H <sub>2</sub> O	P Mehlich-1	K	Ca	Mg	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	CTC (pH 7)
	%	%	%	%	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----			
0-20 cm	50	81	2,8	6,3	35,2	143,3	9,1	4,0	3,2	16,6

V = saturação por base; M.O. = matéria orgânica; P Mehlich-1= extração oficial de fósforo do solo no Sul do Brasil; CTC = concentração de troca catiônica; pH = potencial hidrogeniônico; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> = alumínio trocável. 1/Análise realizada pelo laboratório de solos do Campus Campos Novos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (ano agrícola 2020/21).

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

A semeadura do experimento foi realizada sob sistema de plantio direto no dia 04/12/2020 e no dia 14/12/2021, sendo considerada uma semeadura tardia. Na área

experimental os sistemas de cultivo que antecederam os experimentos com soja foram: cereais de inverno/milho, cereais de inverno/soja, cereais de inverno/soja.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), arranjos em esquema fatorial 2x8, com cinco repetições. O fator A foi constituído por duas cultivares de soja (BS 2606 e TMG 7062), e o fator B pelos reguladores de crescimento (proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e benziladenina), herbicidas (lactofem 1x e 2x e bentazon+imazamoxi) e biofertilizante, e a testemunha. Cada parcela foi constituída por 5 linhas de 5,0 m de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,4 m, espaçadas 0,5 m entre si, totalizando 10 m<sup>2</sup>.

As cultivares estudadas neste experimento tem as seguintes características: TMG 7062 IPRO de grupo de maturação 6.2, ciclo semi-tardio e hábito semideterminado. BS 2606 IPRO de grupo de maturação 6.0, ciclo precoce e hábito indeterminado.

As doses corresponderam a 168 g i.a. ha<sup>-1</sup>, para lactofem 1x; 336 g i.a. ha<sup>-1</sup>, para lactofem 2x, de acordo com indicação da bula para a cultura da soja; 900+42 g i.a. ha<sup>-1</sup>, para bentazon+imazamoxi, indicado para a cultura do feijão; 96,25 g i.a. ha<sup>-1</sup>, para proexadiona cálcica, indicado para a cultura do algodão; 75 g i.a. ha<sup>-1</sup>, para cloreto de mepiquate, indicado para a cultura do algodão; 16 g i.a. ha<sup>-1</sup>, para benziladenina, indicado para a cultura da soja.

As sementes foram tratadas com fipronil+piraclostrobina+tiofanato-metílico (Standak Top®), e com o inoculante Masterfix soja (*Bradyrhizobium japonicum*), cepas - SEMIA 5019 e SEMIA 5079 (5x10<sup>9</sup> de células viáveis mL<sup>-1</sup>) e posteriormente semeadas, com auxílio da semeadora-adubadora de parcelas (Embrapa-Semeato, modelo Sêmina). A adubação de correção e manutenção foi realizada com base na análise de solo (Tabela 1) seguindo as recomendações da Comissão de química e fertilidade do solo SC/RS (2016). No momento da semeadura distribuiu-se na área 450 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-20-10 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), visando o potencial produtivo de 5,0 t ha<sup>-1</sup> de grãos.

A aplicação dos produtos para a safra 2020/21 foram realizadas no dia 24/01/2021 para a cultivar TMG 7062 e no dia 02/02/2021 para a cultivar BS 2606, quando atingiram o estágio V8 da escala de Fehr e Caviness (1977), caracterizado pelo oitavo nó visível (sétima folha trifoliolada completamente desenvolvida), com auxílio pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub> (Herbicat, Brasil), com pressão de 30 psi, equipado com seis pontas tipo leque 80.02 VS (TeeJet®, EUA), espaçadas de 0,2 m, calibrado para um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. A barra foi posicionada 0,5 m acima das plantas durante a aplicação. Para a safra 2021/22 foram no dia 01/02/2022 para a cultivar BS 2606 e no dia 08/02/2022 para a cultivar TMG 7062.

As formulações comerciais utilizadas dos herbicidas lactofem/Naja (Adama Brasil S.A.), e bentazon+imazamoxi/Amplo® (BASF S.A.), dos reguladores de crescimento, proexadiona cálcica/Viviful® (Iharabras S.A. Indústrias Químicas), cloreto de mepiquate/Pix® HC (BASF S.A.) e benziladenina/Maxcel (Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda.) e o biofertilizante Vorax® (Microquímica Tradecorp). As caldas contendo o herbicida bentazon+imazamoxi receberam a adição de 0,5% de adjuvante Assist® (BASF S.A.) que possui 75,6% de óleo mineral.

O controle de plantas daninhas foi efetuado por meio de uma aplicação de glyphosate (2,5 l/ha p.c.; 925 g e.a./ha) em pós-emergência, com as plantas de soja no estágio V4-V5 (4º e 5º nó da haste principal desenvolvido/maduro) e complementado via capina manual nas parcelas antes e após a aplicação dos produtos até o momento da colheita. Mas observou-se pouca presença de plantas daninhas nas parcelas.

O controle de doenças foliares foi realizado através de aplicação de fungicidas no aparecimento dos primeiros sintomas de oídio (*Microsphaera diffusa*) com o produto a base de difenoconazol. Posteriormente, foram realizadas mais três aplicações de fungicidas trifloxistrobina + ciproconazol, epoxiconazol + fluxapiraxade + piraclostrobina e propiconazol + difenoconazol.

Observou-se durante o desenvolvimento da cultura a presença de percevejo da soja (*Nezara viridula*), o percevejo marrom da soja (*Euschistus heros*), e a lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*) os quais foram controlados com quatro aplicações dos ingredientes ativos: tiometoxam+lambdaciotaltrina, zeta-cipermetrina, flufenoxuron e tiodicarbe+flubendiamida. As colheitas foram realizadas no dia 10/05/2021 e no dia 11/05/2022 respectivamente, de forma mecanizada, via colheita com automotriz de parcelas experimentais.

### **3.4.2 Avaliação da fitointoxicação de plantas de soja**

A avaliação de danos causados pelos herbicidas na soja foi realizada de forma subjetiva por dois avaliadores aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação do tratamento (DAA) com base nos sintomas visuais, onde as percentagens variam de 0 (sem sintomas) a 100% (morte da planta), de acordo com os conceitos propostos pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), descritos na tabela 2. A média dos dois avaliadores representa os danos observados. Para análise de fitointoxicação considerou-se o delineamento 2x2x4, sendo 2 cultivares com 2 doses do herbicida lactofem, e 4 avaliações sequenciais (7, 14, 21 e 28 DAA).

Tabela 3 — Descrição dos percentuais e conceitos interpretativos propostos para avaliação visual de sintomas de fitointoxicação da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995

<b>Danos (%)</b>	<b>Descrição</b>
0 a 5%	Sem injúrias. Sem efeito sobre a cultura.
6 a 20%	Injúrias leves e/ou redução de crescimento com rápida recuperação.
21 a 40%	Efeitos insuficientes para promover reduções de produtividade. Injúrias moderadas e/ou reduções de crescimento com lenta recuperação ou definitivas.
41 a 75%	Efeitos intensos o suficiente para promover pequenas reduções de produtividade.
76 a 100%	Injúrias severas e/ou reduções de crescimento não recuperáveis e/ou reduções de estande, Efeitos intensos o suficiente para promover reduções drásticas de produtividade, Destruição completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: SBCPD (1995).

### 3.4.3 Avaliação durante o ciclo da cultura

Após a aplicação dos produtos foi avaliado aos 7, 14, 21 e 28 DAA a quantificação do NDVI, índice SPAD e altura de plantas. Foram avaliadas cinco plantas, onde foi mensurado no trifólio de cada planta, posicionada no quarto nó, identificado de cima para baixo da haste principal da planta, no folíolo apical deste trifólio. Foram utilizados os aparelhos proximais portáteis modelo Plant Pen 300U (Marca PD instrumentos) e modelo SPAD 502 (Marca Minolta). A altura foi medida em cinco plantas na área útil de cada parcela através de uma régua graduada em centímetro posicionada da base da planta rente ao do solo até o último nó visível de cada planta amostrada, mensurou-se a altura nas mesmas plantas das variáveis SPAD e NDVI ao 7, 14, 21 e 28 DAA. Para análise de SPAD, NDVI e altura considerou-se o delineamento 2x8x4, sendo duas cultivares com os produtos e a testemunha, e quatro dias de avaliação (7, 14, 21 e 28 DAA).

Para a análise de acamamento foi avaliada pelo Índice de plantas acamadas (IC): será estimado e expresso em porcentagem, sendo considerado o ângulo formado na posição vertical da haste das plantas em relação ao solo e a área de plantas acamadas. Para essa estimativa, será utilizada a metodologia proposta por Moes e Stobbe (1991), considerado  $AC (\%) = I \times A \times 2$ , em que “I” representa o grau de inclinação das plantas acamadas e “A” o percentual de área na parcela com plantas acamadas. O “I” varia de 0 a 5, sendo que 0 é a ausência de inclinação e 5 são todas as plantas completamente acamadas na parcela. As variações de 0 a 10 referem-se à

área com plantas acamadas “A” na parcela, em que, 0 corresponde a ausência de plantas acamadas, e 10 às plantas acamadas em toda a parcela, independentemente da sua inclinação.

#### **3.4.4 Avaliações em pré-colheita**

A altura de plantas (cm) foi mensurada com auxílio de uma régua graduada desde a superfície do solo até o último nó visível. O DHP foi mensurado na base da haste principal, no entrenó posicionado entre a cicatriz cotiledonar e o das folhas simples, com auxílio do paquímetro digital (mm). As avaliações de NRP, NNP e NVP foram realizadas por contagem direta na planta, já o NGP foi determinado a partir da contagem manual dos grãos. Essas variáveis foram analisadas, retirando cinco plantas de cada parcela.

#### **3.4.5 Avaliações em pós-colheita**

A partir da amostra colhida na área útil da parcela determinou-se a teor de água nos grãos no momento da colheita, seguindo a método da estufa proposto pelas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Onde 50 gramas de sementes são mantidas durante 24 h em estufa a  $105 \pm 3$  °C, após esse período foram pesadas novamente e o teor de água calculado pela seguinte fórmula:  $U\% = [100 * (MU-MS)/MU]$ , sendo MU = massa úmida dos grãos, MS= massa seca dos grãos.

A massa de mil grãos (MMG) foi mensurada a partir da contagem de 1000 grãos provenientes de cada repetição de cada tratamento a campo no aparelho modelo Sanick (ESC 2011) e posterior pesagem em balança semi-analítica, corrigindo o teor de água para 13%. A produtividade de grãos foi estimada com base na produção da área total da parcela, corrigindo o valor no teor de água padrão de 13% gerando o fator de correção, com base seguinte equação  $P_{corrigida} = P_{úmido} \times \left( \frac{100 - \text{Umidade inicial}}{100 - \text{Umidade padrão}} \right)$  e convertida em hectare, expressando os valores em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **3.4.6 Análise estatística**

Todos os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade, e após isso, atendendo aos pressupostos foram submetidos a análise de variância (teste F), quando significativos, foram desdobrados pelo teste de Dunnett para produtos, cultivar e ano, fatores qualitativos a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas através do software

SAS (2023). No caso dos dados que não apresentaram normalidade, empregou-se análise não paramétrica e os resultados apresentados via “box plot”.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.5.1 Resultados experimentais obtidos em condições de campo (Tambo) safra 2020/21 e 2021/22

Para a variável fitointoxicação apenas para o produto lactofem 1x e 2x foi realizada a determinação pois foram observados efeitos significativos aos 7, 14, 21 e 28 DAA (Figura 6), contudo houve efeito isolado de cultivar e produto e interação entre eles (cultivar e produto). Aos 7 DAA houve interação significativa para os fatores produtos e ano, onde a aplicação de lactofem 2x a dose demonstrou uma fitointoxicação maior no ano 2021/22, do que no ano 2020/21, já para o lactofem 1x, não teve diferença entre os anos. Houve efeito significativo para a interação produto x ano e cultivar x ano para a variável aos 14 DAA, onde no ano 2020/21 o lactofem 2x, ocasionou a maior fitointoxicação nas folhas de soja, mas nesse ano não houve diferença entre as cultivares, já para o ano 2021/22 a diferença ocorre entre as cultivares somente, a BS 2606 demonstrou maiores danos em relação a TMG 7062.

A interação (cultivar x produtos e produtos x ano para a fitointoxicação aos 21 DAA) demonstra o mesmo comportamento já observado para a fitointoxicação aos 14 DAA, havendo também diferença entre as cultivares para o produto lactofem 2x, onde a cultivar TMG 7062, foi menos suscetível a fitointoxicação (Figura 6).

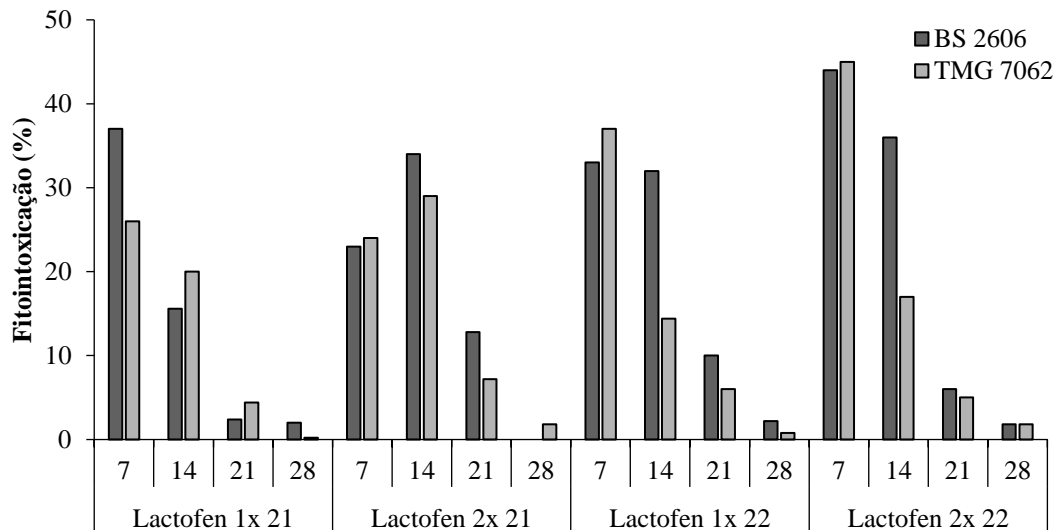
Aos 28 DAA, a interação cultivar x produto, ilustra que cultivar TMG 7062 (no primeiro experimento, safra 2020/21) apresentou os maiores valores de fitointoxicação pelo lactofem 2x, isso demonstra que assim como observado com o decorrer das avaliações observou-se a diminuição da fitointoxicação (Apêndice A; Figura 6). Também ressalta-se que não foi observado nenhum sintoma de injúria em folhas jovens, e apenas nas folhas velhas algumas apresentavam encarquilhamento/enrugamento.

Para o fator produto, lactofem 2x, causou maior fitointoxicação em comparação com o lactofem 1x, salientando que nos dois experimentos foram observados os sintomas nas primeiras avaliações (7 e 14 DAA).

Para o produto a base de bentazon+imazamoxi não foi observado fitointoxicação. Essa associação comercial de ativos não é indicada para a cultura da soja; apenas para a cultura do feijão. Entretanto, esta combinação de mecanismos de ação fotossistema II (bentazon) e ALS

(imazamoxi) isoladamente é amplamente indicada para a soja, para o controle de plantas daninhas Magnoliopsidas (dicotiledôneas).

Figura 6 — Fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA das cultivares de soja BS 2606 e TMG 7062 em função da aplicação dos produtos na área experimental - Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

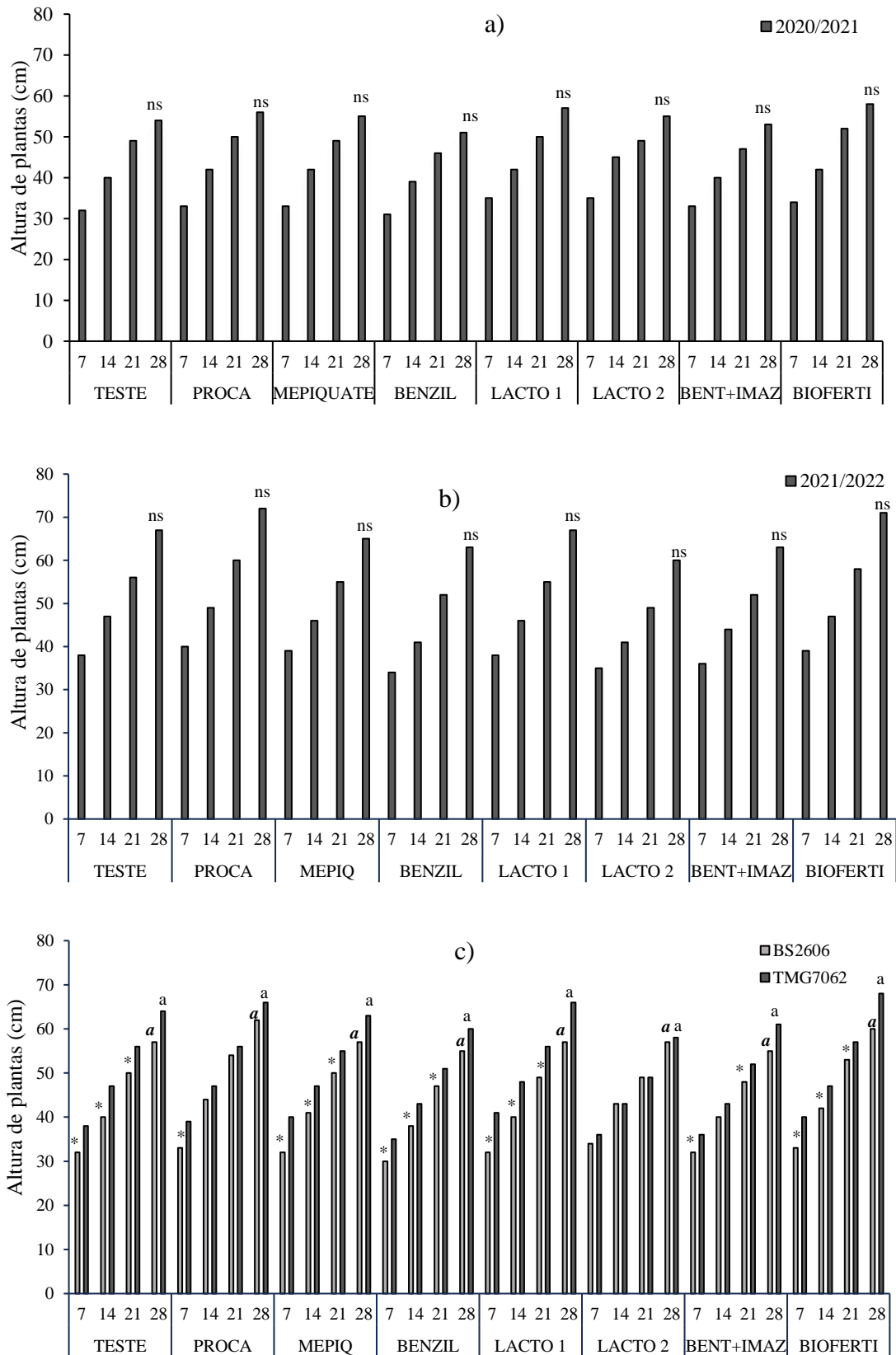
Para a variável altura de plantas (7 a 28 DAA) houve efeito significativo para a interação cultivar e ano e efeito isolado de ano e cultivar (Apêndice B; Figura 7). Na figura 7a, percebe-se que não houve diferença para os produtos com o passar dos DAA, no experimento realizado em 2020/21 (na média das cultivares), nota-se o mesmo comportamento na safra 2021/22, não havendo diferenças (Figura 7b). Em relação as cultivares (Figura 7c, na média das safras), a TMG 7062 se mostrou mais alta que a BS 2606, aos 7, 14, 21 e 28 DAA. Para a interação entre cultivar e ano que ocorreu isolado para todas as variáveis deste experimento, no caso de altura de plantas aos 7, 14, 21 e 28 DAA, a cultivar TMG 7062 teve a maior média de altura em comparação com a cultivar BS 2606 no ano 2021/22.

No caso das figuras 7a, 7b, 8a, 8b, 9a e 9b, letras não italicizada comparam a testemunha com os produtos no experimento do ano 2020/21 e do ano 2021/22, apenas aos 28 DAA, respectivamente. (Priorizou-se apenas mostrar detalhes estatísticos aos 28 DAA, devido a este evidenciar recuperação consistente da fitointoxicação das plantas). Barras com asterisco indica diferença da testemunha, naquele DAA específico, respectivamente. Nas figuras 7c, 8c e 9c, letras não italicizada compara a testemunha com os produtos dentro da cultivar TMG 6072 (na média dos dois anos de experimento) e, letra italicizada compara a testemunha com os produtos

dentro da cultivar BS 2606. Barras com asterisco indica diferença entre a cultivar TMG 6072 e a BS 2606, naquele DAA específico, respectivamente.



Figura 7 — Altura de plantas (cm) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Para a interação produtos e anos, na variável SPAD 7 DAA para 2020/21 (Figura 8a), os produtos lactofem 1x e lactofem 2x tiveram as menores médias de SPAD, em comparação com os outros produtos, e para o SPAD 28 DAA os produtos proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate, benziladenina, bentazon+imazamoxi, biofertilizante e a testemunha. Na Figura 8b observa-se que para o ano 2021/22 somente o produto lactofem 2x teve menor média aos 7DAA. Quando avaliado o SPAD aos 14 DAA, não foi observado efeito significativo de interação, somente fator isolado ano e cultivar, sendo que a TMG 7062 com valores médios mais significativos e para o ano 2020/21.

Houve efeito significativo para a interação cultivar e ano para a variável SPAD aos 7 DAA e 21 DAA (Apêndice C), a BS 2606 obteve um maior valor de SPAD para o ano 2020/21 e para o ano 2021/22 a cultivar TMG 7062 obteve os maiores valores.

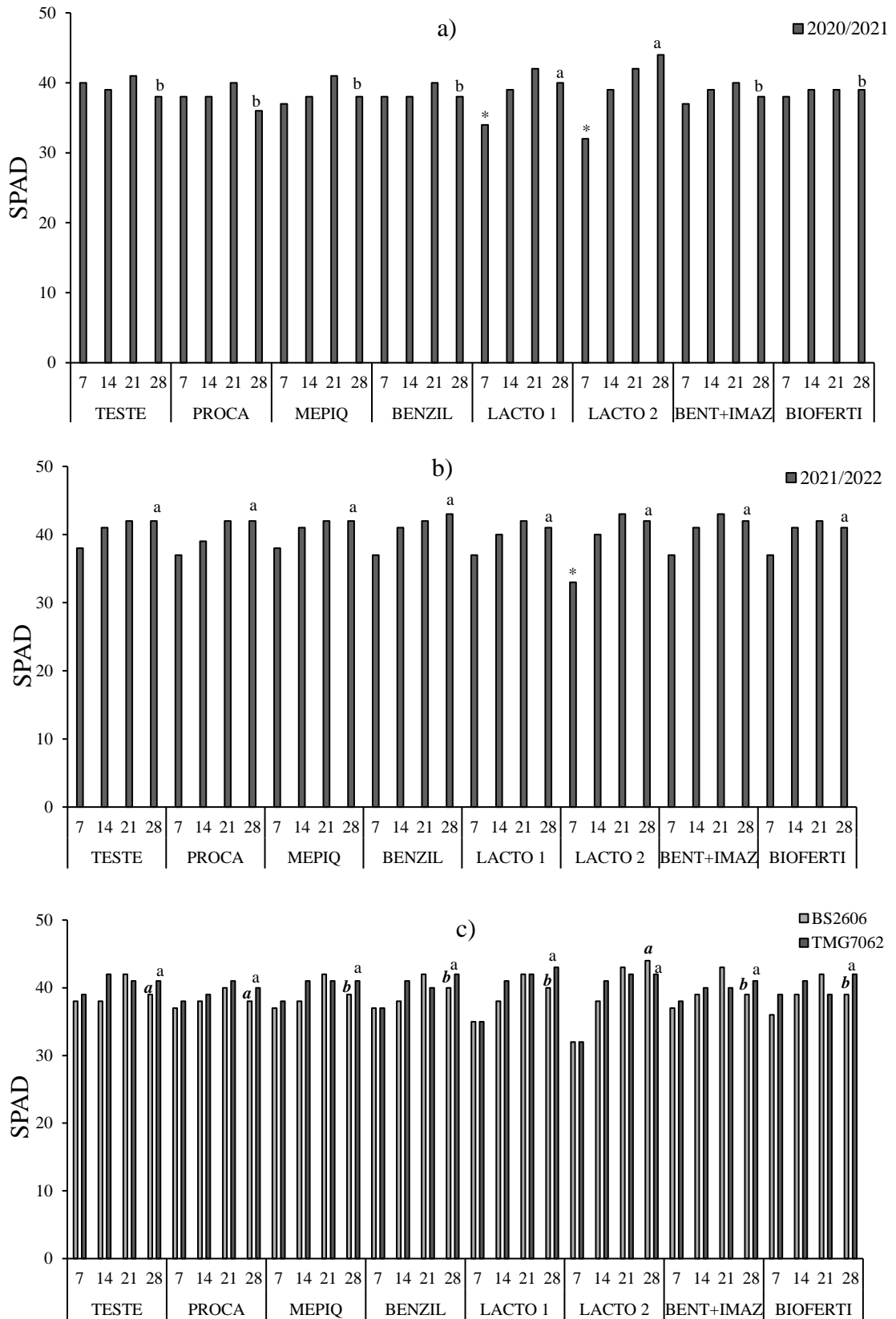
Para a interação significativa entre cultivar e produtos para a variável SPAD (Figura 8c), a cultivar BS 2606 obteve a maior média foi para o produto lactofem 2x e para a TMG 7062 não houve diferença entre a testemunha e os produtos.

Houve interação entre produto e ano somente para a variável NDVI 7 DAA, que os produtos com lactofem 1x e 2x tiveram os menores valores em ambos os anos (Figura 9a e 9b). entre as cultivares nota-se que não houve diferença entre a testemunha e os produtos aos 28 DAA (Figura 9c).

Teve também interação para a variável NDVI 14 DAA, entre cultivar e produto, para a cultivar BS 2606 o produto lactofem 2x teve o menor valor, e para a TMG 7062 o lactofem 1x. Os produtos que tiveram os menores valores de NDVI indiferente do ano foram: lactofem 1x e 2x, sendo explicado pelo sintoma de enrugamento na folha que esse herbicida ocasiona na planta, entre a cultivares a TMG 7062 teve os menores valores para o índice de clorofila NDVI.

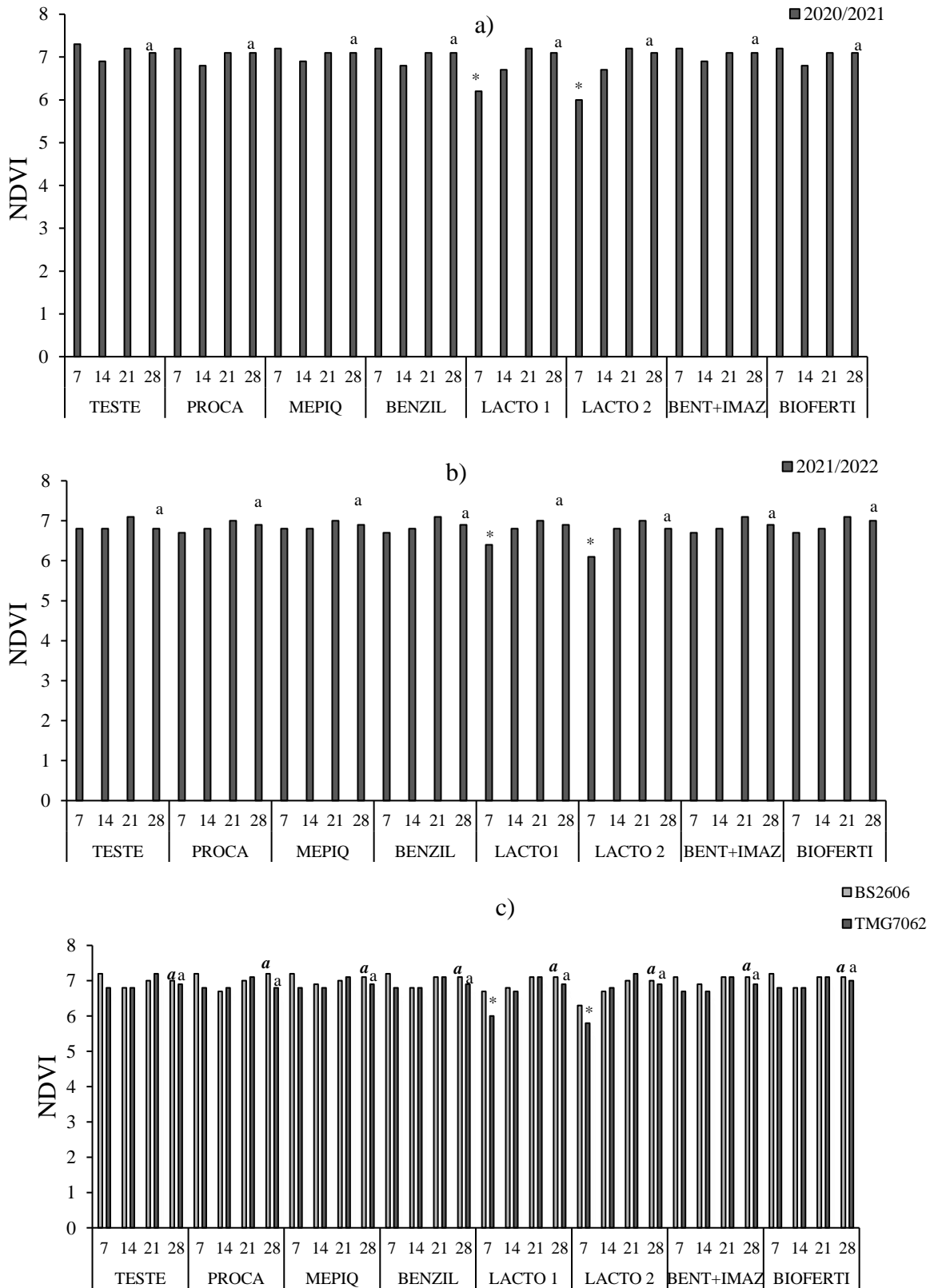
Houve efeito significativo para a interação entre cultivar e ano para a variável NDVI aos 7, 14, 21 28 DAA (Apêndice D), para a cultivar BS 2606 observou-se maiores valores médios do que a cultivar TMG 7062 nas safras 2020/21 e 2021/22 para a variável NDVI 7 e NDVI 14 DAA também para o ano 2020/21 e no ano 2021/22 para NDVI 28 DAA. Para a variável NDVI 21 e 28 DAA, não houve diferença entre as cultivares no ano 2020/21. Para a variável NDVI 14 e 21 DAA, a TMG 7062 teve os maiores médias para o ano 2021/22.

Figura 8 — Índice SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 9 — Índice NDVI aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Para as variáveis de pré-colheita (Apêndice E) e pós-colheita (Apêndice F) teve efeito significativo de interação cultivar e ano para as variáveis AP (final), DHP, NVP e rendimento de grãos. Não houve diferença entre produtos entre os anos, como observado na Figura 10 (a), Figura 11 (a), Figura 14 (a) e Figura 17 (a).

No ano 2020/21 para a variável AP (Figura 10b), a cultivar TMG 7062 teve menor altura final de plantas em comparação a cultivar BS 2606, para o outro ano 2021/22 foi ao contrário, BS 2606 teve menor altura em compensação a TMG 7062. A variável AP e rendimento de grãos, para os anos os produtos não tiveram diferença em comparação a testemunha.

Quanto avaliação do DHP não houve diferença entre produtos entre os anos (Figura 11a), para as cultivares nota-se que a BS 2606, teve os menores diâmetros da haste principal nos dois anos avaliados em comparação com TMG 7062 (Figura 11b).

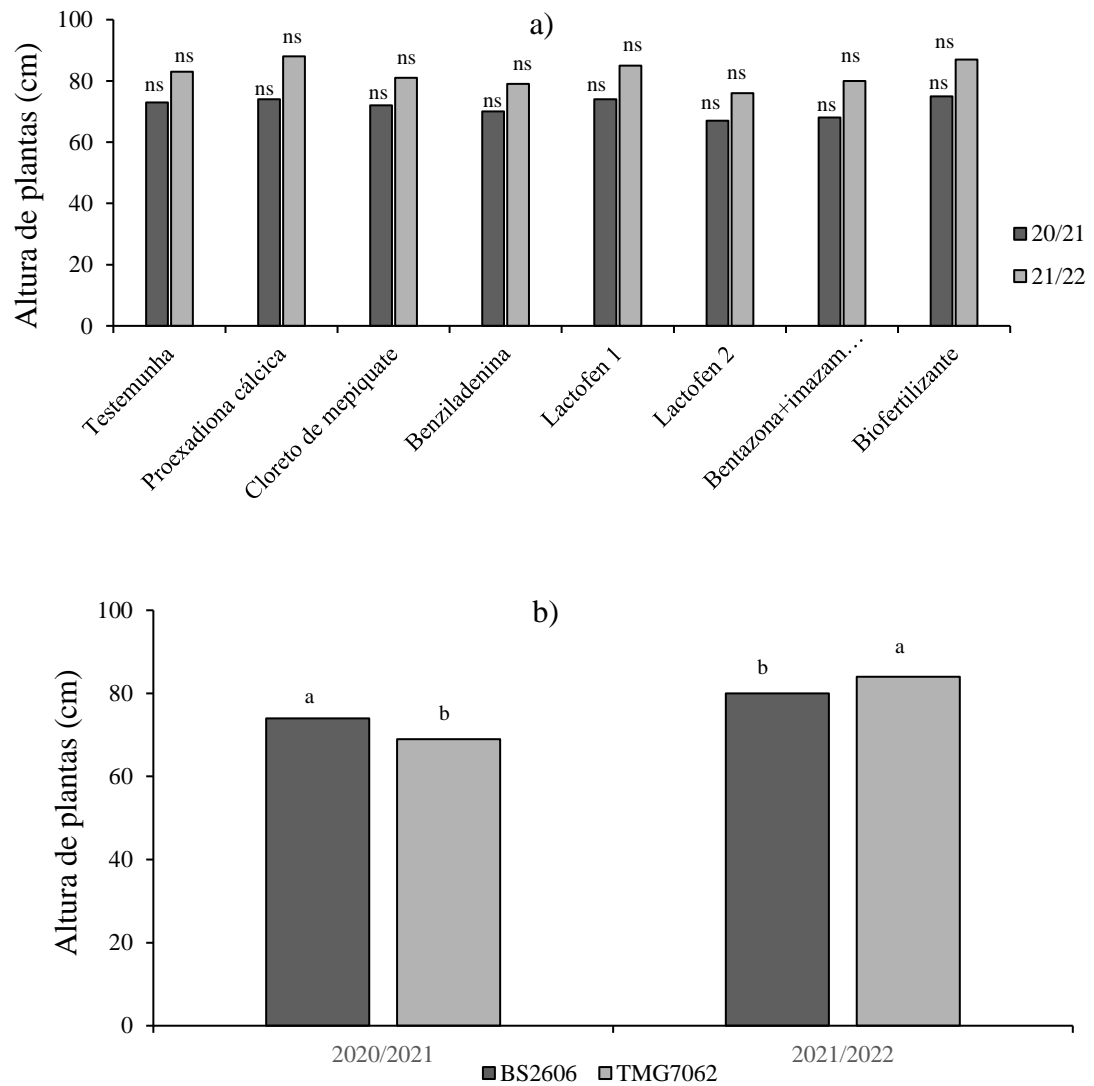
Para as variáveis NRP (Figura 12), NGP (Figura 15), e MMG (Figura 16), houve efeito isolados dos fatores ano e cultivar, não tendo diferença na interação entre os produtos nos anos avaliados (Figura 12a) e para cultivares entre os anos se assemelhou (Figura 12b). O número de grãos de plantas (NGP) e a massa de mil grãos (MMG) também tiveram o mesmo comportamento que o número de ramos por planta (NRP), tanto para produtos (Figura 15a e 16a) como para cultivares (Figura 15b e 16b), porque tiveram efeito significativo isolado de ano e cultivares.

Somente o NRP teve efeito significativo isolado para cultivar, a cultivar BS 2606, teve menor nós por planta do que para a TMG 7062, mas não foi observado diferença entre as interações entre anos com os produtos (Figura 13a) e com as cultivares (Figura 13b).

Para as variáveis NVP, não houve diferença entre produtos entre os anos (Figura 14a), houve diferença isolada entre ano e cultivar. Para as cultivares entre os anos, a cultivar BS 2606 teve menos vagens por planta do que a TMG 7062, no ano 2020/21, e para o ano 2021/22 não houve diferenças (Figura 14b).

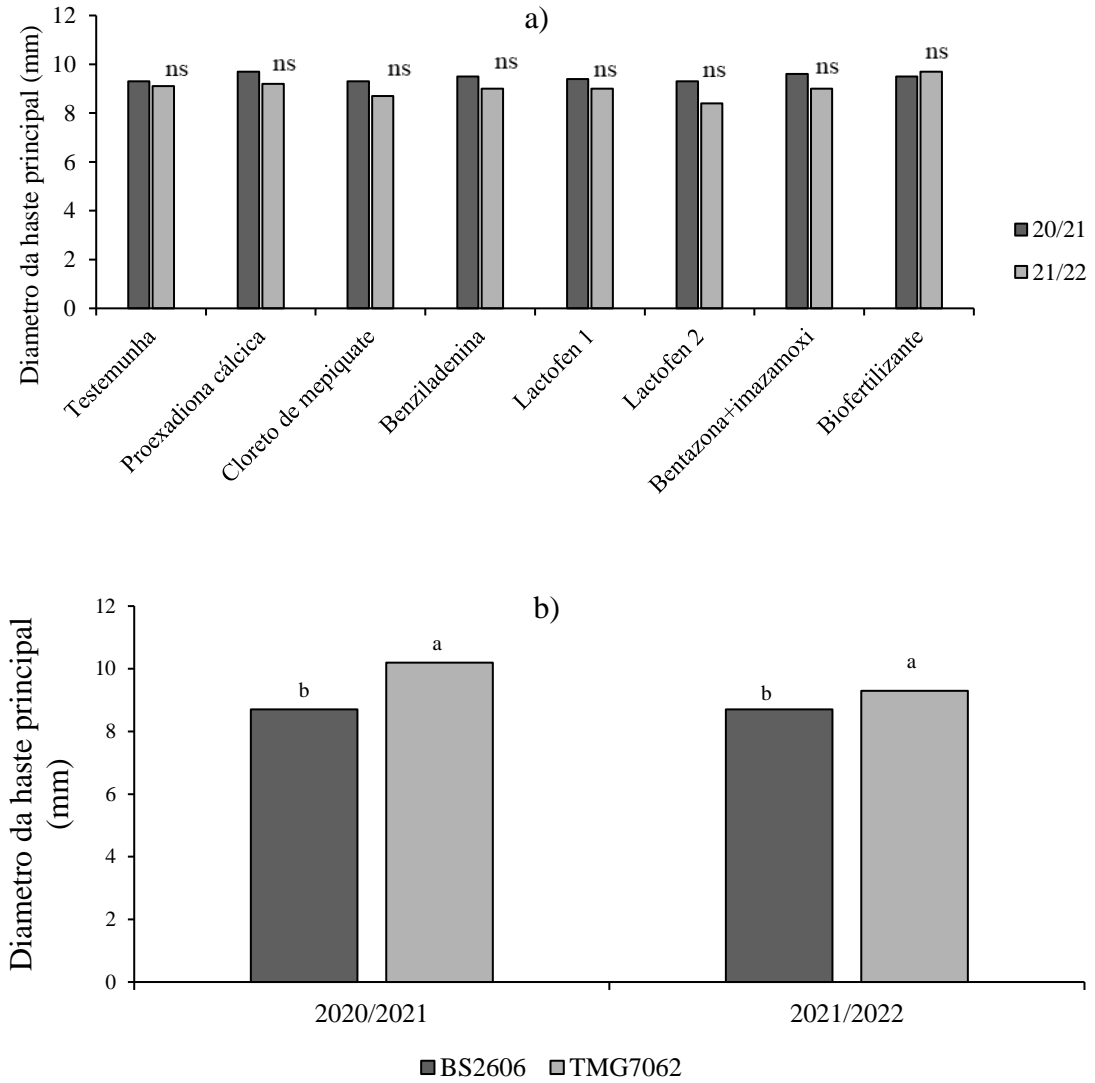
Para a variável rendimento de grãos a cultivar TMG 7062, teve um menor rendimento em relação a BS 2606 no ano 2020/21 (Figura 17b). O rendimento de grãos foi 9,37% maior para a cultivar BS 2606 no ano 2020/21 do que no ano 2021/22, para a cultivar TMG 7062 o rendimento de grãos foi maior 7,69% no ano 2021/22 em comparação com o ano 2020/21. Não foram observadas diferenças estatísticas para os fatores produtos e anos (Figura 17a).

Figura 10 — Altura de plantas (final) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



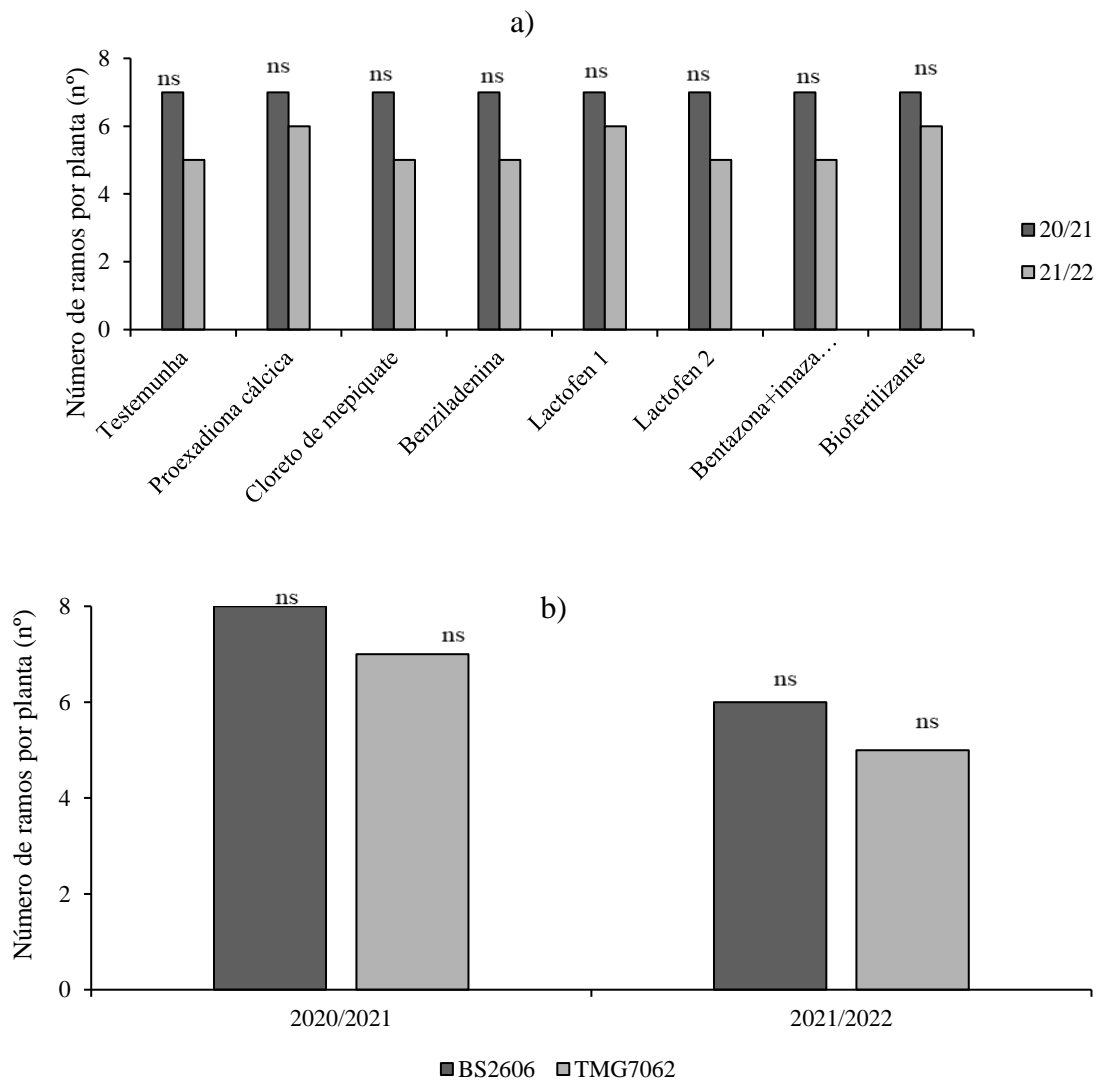
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 11 — Diâmetro da haste principal (DHP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

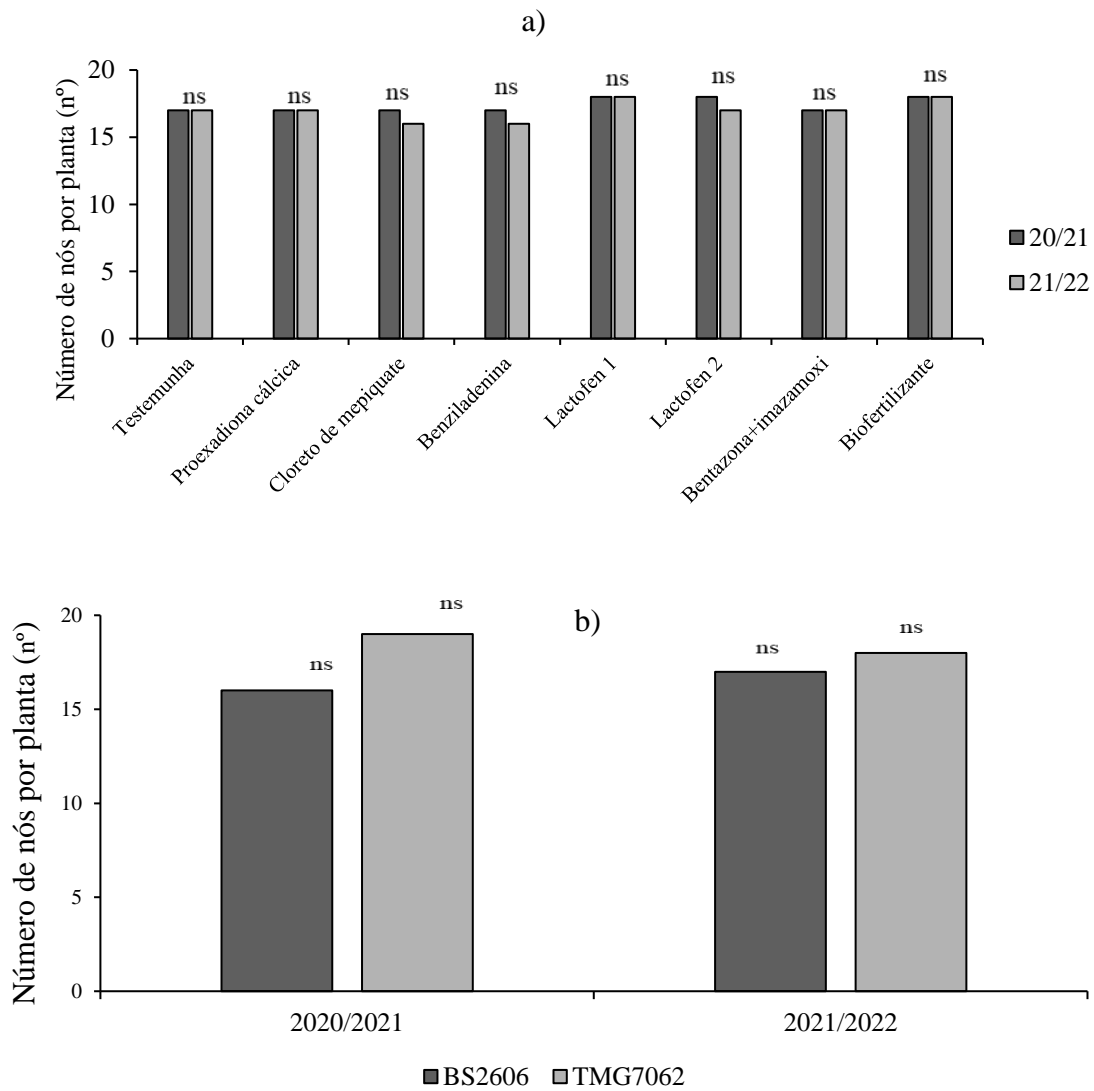
Figura 12 — Número de ramos por planta (NRP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

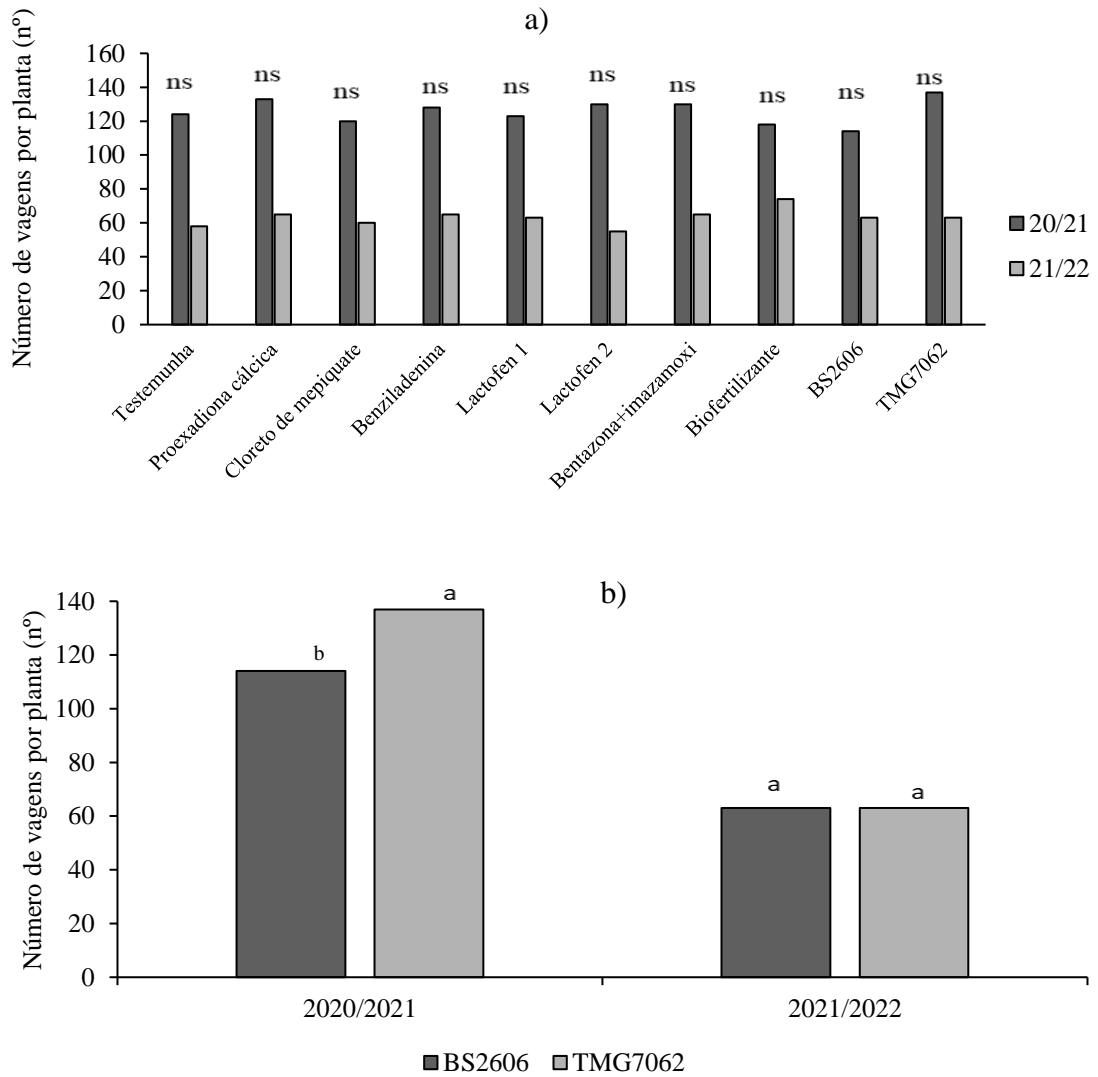


Figura 13 — Número de nós por planta (NNP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



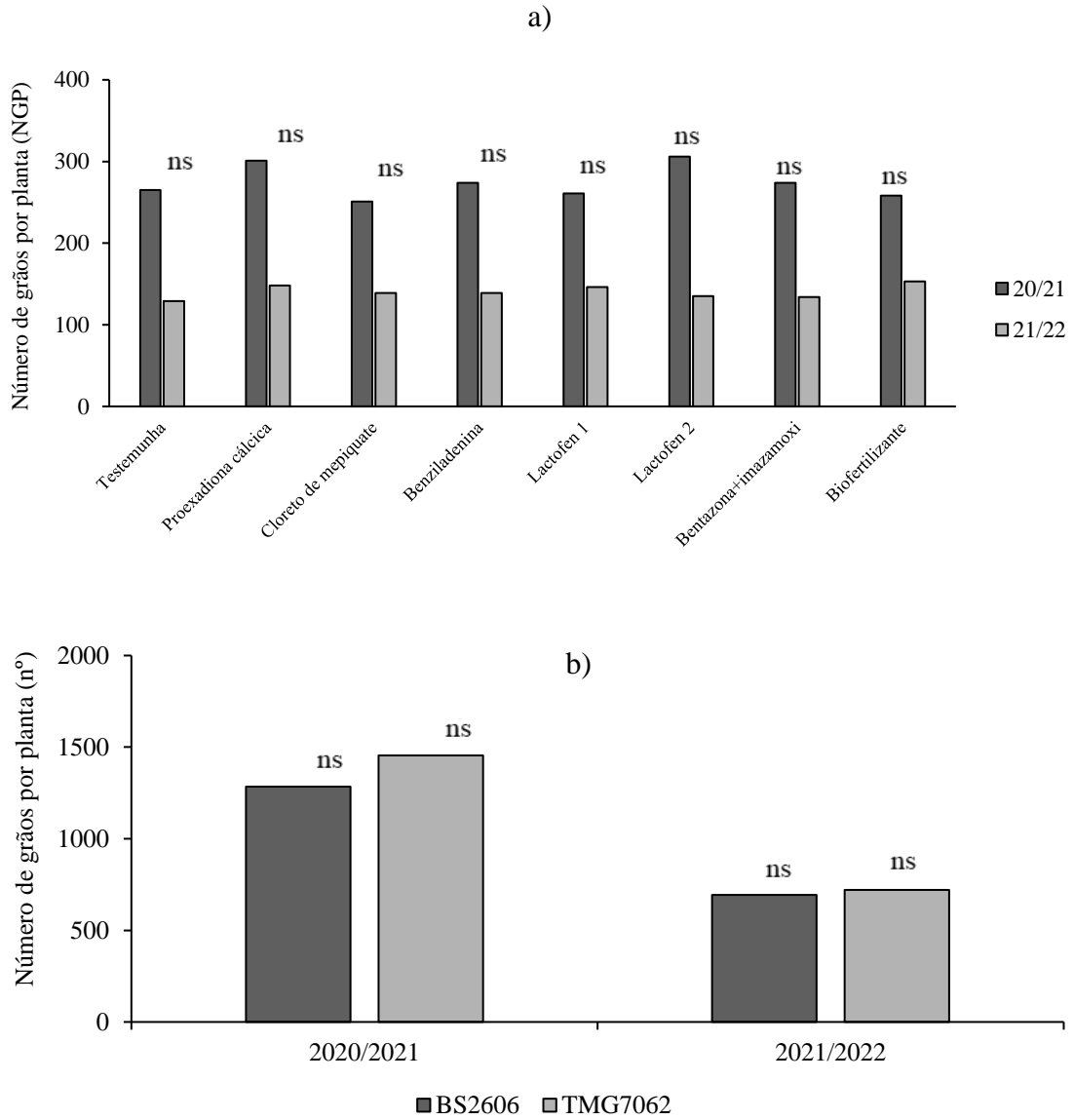
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 14 — Número de vagens por planta (NVP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



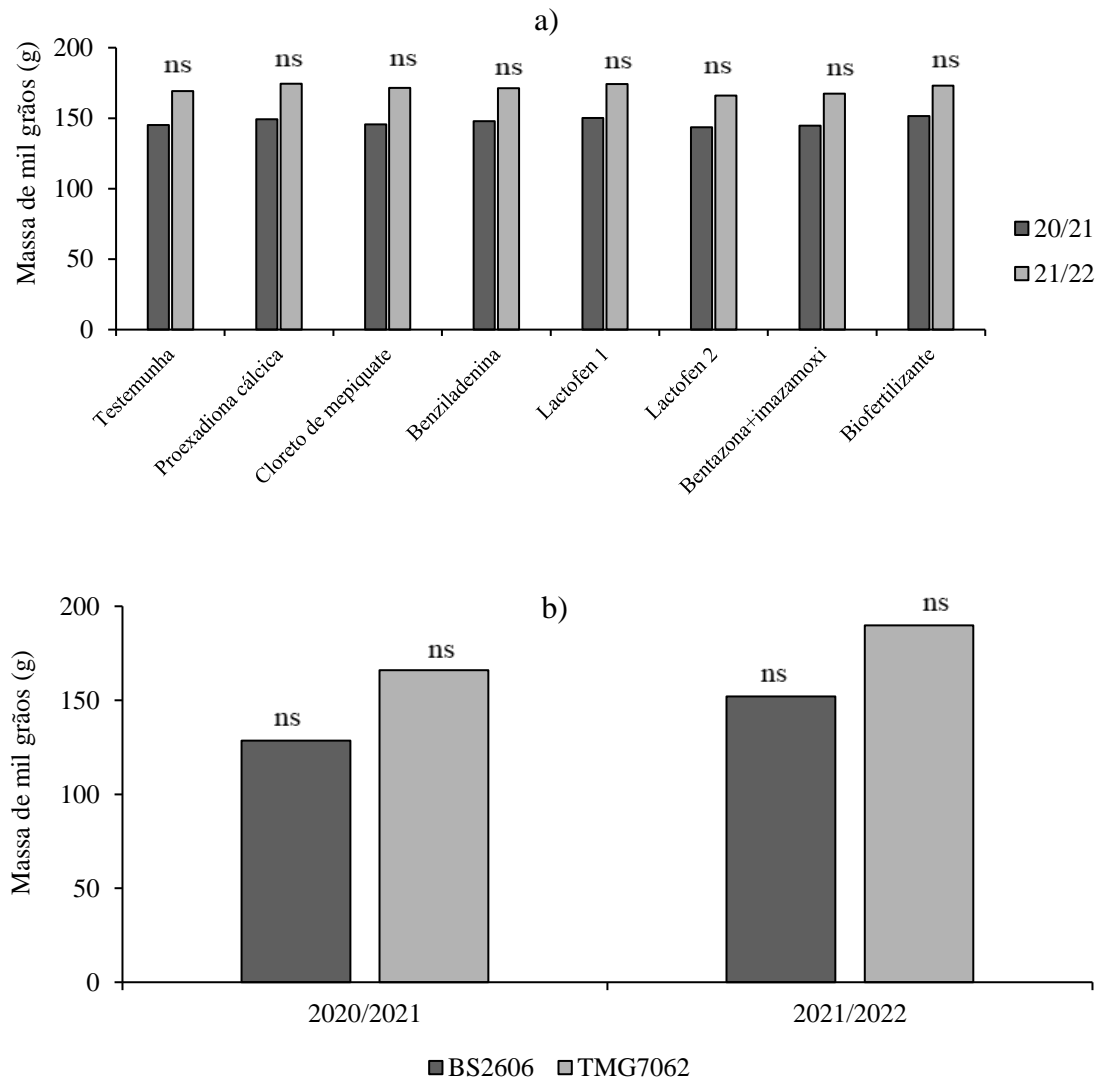
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 15 — Número de grãos por planta (NGP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



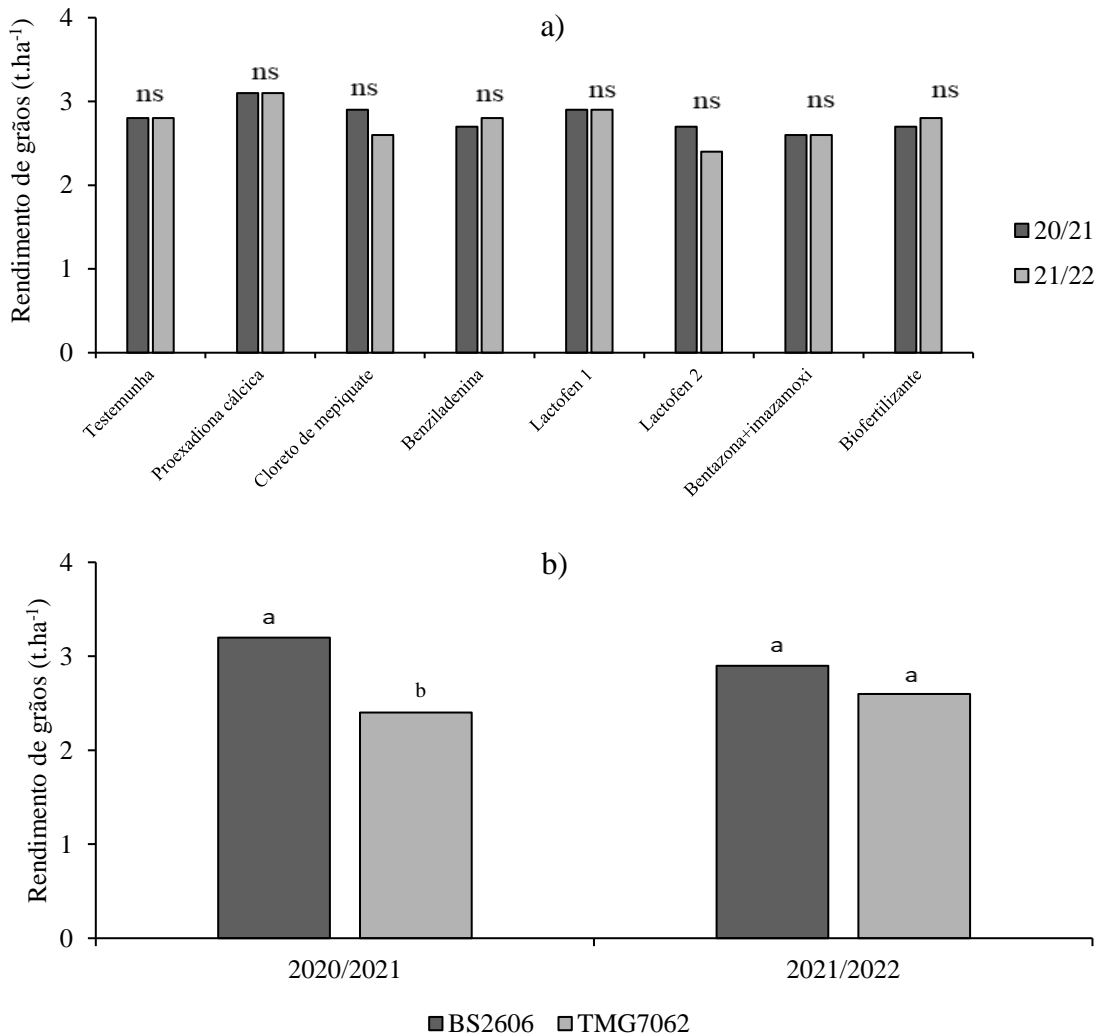
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 16 — Massa de mil grãos (MMG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 17 — Rendimento de grãos (RG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares (na média dos produtos) e por safra. Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22

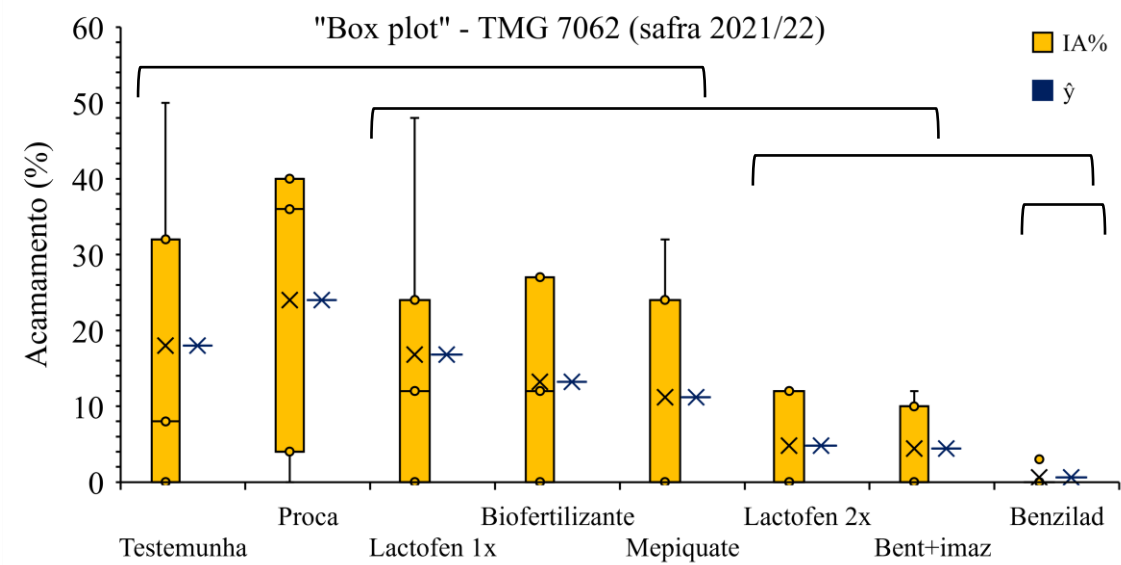


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Para a variável Índice de acamamento (IA) (Apêndice G) onde este fenômeno ocorreu somente no ano 2021/22 para a cultivar TMG 7062, observa-se que mais plantas acamadas, ocorreram na testemunha e nos tratamentos com proexadiona cálcica e lactofem 1x. Os tratamentos que menos apresentaram plantas acamadas, por contrastes, foram com benziladenina, bentazon+imazamoxi e lactofem 2x (Figura 18). Não foi observado efeito dos reguladores sobre as cultivares utilizadas, bem como não foi identificado efeito do biofertilizante e dos herbicidas. A cultivar teve um impacto maior sobre as variáveis do que os produtos utilizados. Houve efeito significativo para fitointoxicação principalmente nas primeiras avaliações (7 e 14 DAA), e com o decorrer das avaliações, os sintomas foram diminuindo.

Cabe salientar que a cultivar BS 2606 é resistente ao acamamento e tem boa capacidade de ramificação (engalhamento) e, possui hábito de crescimento indeterminado. A cultivar TMG 7062 possui hábito de crescimento semideterminado e tem moderada resistência ao acamamento (<https://www.tmg.agr.br/cultivar/tmg-7062-ipro/>), explicando porque essa cultivar acamou e na BS 2606 não ocorreu esse fenômeno pois é considerada resistente ao acamamento (<https://www.agranda.com.br/produto/soja-bs-2606-ipro/>).

Figura 18 — Índice de acamamento (IA%) da cultivar de soja TMG 7062 em função da aplicação dos produtos na área experimental do CAV, Lages-SC, 2021/22.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

### 3.5.2 Discussão dos resultados experimentais obtidos em condições de campo (Tambo - CAV)

O lactofem é um herbicida de contato inibidor da enzima PROTOX, seu principal sintoma é a necrose dos tecidos verdes que dependendo da intensidade, pode levar à morte da planta. A intensidade e extensão dos sintomas dependem de vários fatores, entre eles se destaca o estágio de desenvolvimento, espécie vegetal, cultivar e condições de aplicação. Para a maioria dos herbicidas, a avaliação de fitointoxicação utilizando a escala SBCPD (1995), auxilia principalmente na mensuração da intensidade e persistência dos danos causados pelo herbicida nas partes jovens da planta (RIOS, 2016).

As doses de lactofem causaram fitointoxicação inicial (7 DAA) em grande parte das folhas de soja, com necrose e encarquilhamento. Aos 14 DAA as folhas novas já não apresentavam sintomas de necrose, no entanto, ainda haviam folhas começando a ser emitidas

e com deformações. Nas avaliações posteriores (21 e 28 DAA) os sintomas não persistiram nas folhas novas, somente nas folhas velhas que apresentavam algumas injúrias. Já a maior dose de lactofem proporcionou maiores danos, caracterizados por necrose em grande parte do limbo foliar e este também se mostrava deformado. Esta característica é comum nos herbicidas pós-emergentes inibidores da PROTOX, que apresentam baixa persistência de sintomas nas plantas devido a sua rápida ação após a absorção (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011).

Os sintomas foliares iniciais observados após a aplicação desse herbicida foi semelhante aos descritos por Alonso *et al.* (2013), incluindo clorose com subsequente necrose e enrugamento e aos 28 DAA, as plantas de soja das cultivares já apresentavam boa recuperação dos sintomas de injúrias (sem novas necroses e cada vez menos deformações dos folíolos emitidos). Neste estudo esse fato também pode ser explicado pela regularidade das chuvas nos meses após a aplicação dos tratamentos, em ambas as safras, que pode ter promovido maior capacidade de recuperação da cultura após os estresses foliares causados pelos herbicidas, com isso preservando os componentes do rendimento bem como a produtividade de grãos.

Outro trabalho realizado por Alonso *et al.* (2010 e 2011) também demonstraram a seletividade do herbicida lactofem à cultura da soja. O herbicida lactofem pode reduzir a altura de plantas, como encontrado no trabalho de Gallon *et al.* (2016) em soja. Apesar disso, estudos de seletividade são sempre necessários, uma vez que variações genéticas de cultivares são um dos principais fatores que influenciam a maior ou menor tolerância das plantas a um determinado ingrediente ativo (PRIESS *et al.*, 2020). Neste caso observou-se que tanto a cultivar BS 2606 como a TMG 7062 foram tolerantes ao herbicida lactofem, principalmente nas avaliações aos 28 DAA.

A soja apresenta capacidade de recuperação deste sintoma, corroborando com dados de Krenchinski *et al.* (2017) no qual os sintomas de fitointoxicação também foram significativamente reduzidos após os 28 DAA. Os autores citam que a fitointoxicação é proporcional ao aumento de dose, porém com o passar do tempo às plantas têm a capacidade de detoxificação dos efeitos do herbicida.

O índice de clorofila (SPAD) foi menor aos 7 e 14 DAA, o que pode estar relacionado com os maiores níveis de fitointoxicação. Contudo, aos 21 e 28 dias observa-se um aumento no teor de clorofila das plantas, isso pode se dar ao fato de que a planta já tenha se recuperado do estresse sofrido após a aplicação do herbicida, conforme observado também por Zobiolo *et al.* (2010).

De acordo com Basal e Szabó (2020) ao trabalharem com plantas inoculadas, nas avaliações em todos os estágios estudados, valores altos de SPAD tiveram relação com o

aumento das taxas de fertilização, sendo significativamente maior nos estágios reprodutivos tardios (R4 e R6). Nesse mesmo trabalho o aumento da taxa de fertilização em plantas inoculadas foi acompanhado por valores aumentados de NDVI.

Os valores de NDVI apresentaram uma maior amplitude de valores nas primeiras avaliações, o que indica que à medida que o desenvolvimento da cultura continua, a variabilidade do NDVI diminui (BENEDUZZI *et al.*, 2017). Sendo assim, com o aumento dos valores do NDVI, maiores as diferenças entre a reflectância do infravermelho com o vermelho, o que indica maior quantidade de clorofila e MS e, conseqüentemente, maior o potencial produtivo da planta (RISSINI; KAWAKAMI; GENÚ, 2015).

A variável altura de plantas teve efeito de cultivar e ano em todas as avaliações, mas não foi observado influência de reguladores e herbicidas, corroborando com os trabalhos de Gallon *et al.* (2016), que ao trabalhar com uma cultivar de soja submetida a aplicação de etil-trinexapac no estágio fenológico V5, não observaram diferenças em relação à altura de plantas em função das diferentes doses deste produto. Segundo o mesmo autor a aplicação de alguns herbicidas paralisa o crescimento vegetativo das plantas, quebrando a dominância apical induzindo diretamente o aumento da ramificação das plantas e do número de entrenós em ramos laterais, o que não foi observado no presente estudo.

Alguns autores encontraram efeito entre reguladores e herbicidas na altura de plantas de soja, como no trabalho de Souza *et al.* (2013) obtiveram redução na altura de plantas de soja mediante a aplicação do cloreto de chlormequat em condições de campo sendo estas também mais produtivas. No trabalho de Coradin *et al.* (2023), os herbicidas inibidores de Prottox, (fomesafen e lactofem) associados ao glyphosate, promoveram reduções significativas na altura das plantas em relação à testemunha sem herbicida. No estudo de Pereira *et al.* (2022), com aplicação de subdoses de herbicidas que influenciaram a altura de plantas das cultivares de soja tratadas com aplicações de 2,4-D, imazetapyr e lactofem atuaram como inibidores de crescimento e proporcionaram redução significativa de 19, 15,8 e 24% em altura em relação ao tratamento testemunha para cada cultivar, não corroborando com o presente trabalho.

Os parâmetros altura de planta, número de ramos por planta de soja diminuíram com a aplicação de cloreto de chlormequat num trabalho realizado por Ramesh e Ramprasad (2013). Indicando que tais características são afetadas pela aplicação dos reguladores, porém dependem do produto (tipo e dose) e do genótipo (cultivar). Neste trabalho estas variáveis não foram afetadas pelos produtos aplicados nas plantas destas duas cultivares de soja.

Em outro estudo a aplicação do etil-trinexapac não exerceu influência sobre as características agrônômicas das plantas de soja, ou seja, a sua utilização não causou



modificações na arquitetura das plantas, independente da cultivar utilizada (BOSSOLANI *et al.*, 2019).

Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que a maioria dos reguladores de crescimento utilizados é recomendado para Poaceae (BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; CORRÊA; LEITE, 2012), e em menor escala na cultura da soja (SOUZA *et al.*, 2013) sendo que sua ação, em outros grupos vegetais, pode não apresentar o efeito desejado, além da possibilidade de ocorrer interações entre genótipos, ambiente e o estágio fenológico de aplicação e dose do produto (GALLON *et al.*, 2016).

Em diversas espécies, a aplicação da benziladenina tem exercido determinada influência no retardamento da senescência e amarelecimento de folhas (COSTA; SILVA, 2012; MATOS *et al.*, 2012). Em plantas de soja, a benziladenina pode estar diretamente relacionada com a redução do abortamento de flores e vagens. A utilização de benziladenina visando aumentar a fixação das estruturas reprodutivas na cultura da soja e, conseqüentemente aumentos significativos de produtividade (NONOKAWA *et al.*, 2012; PASSOS *et al.*, 2011; YASHIMA *et al.*, 2005).

Os resultados de um estudo demonstraram que a aplicação de benziladenina via foliar, com as plantas de soja em estágio V6, proporcionaram aumento significativo na produtividade, em todas as concentrações utilizadas, com aumento de produtividade em torno de 35% nas condições analisadas (TORRES JUNIOR, 2015). Neste experimento a única variável que a benziladenina influenciou foi o SPAD 28 DAA. Para Coradin *et al.* (2023), na colheita, as plantas de soja para variável altura, não haviam mais diferenças entre as associações de herbicidas glyphosate + lactofem e a testemunha (sem aplicação de herbicida), divergindo deste estudo, onde pela aplicação dos produtos bentazon+imazamoxi, benziladenina e lactofem 2x, as plantas apresentaram menor altura.

Souza *et al.* (2013) mostraram que a aplicação do cloreto de chlormequat reduziu a altura de plantas de soja com aplicação efetuada sobre plantas no estágio R1, neste caso na aplicação em V8 o único regulador que teve esse resultado foi a benziladenina e o herbicida lactofem. Para Prieto *et al.* (2017) a aplicação de biofertilizante sobre as plantas de soja no estágio R8 não influenciou na altura de plantas aos 28 DAA e no final de ciclo.

Não houve diferença para NRP neste trabalho, mas de acordo com Pereira *et al.* (2022), encontrou um aumento significativo para NRP após a aplicação de 2,4-D, imazetapyr e lactofem. Para uma das cultivares, a aplicação de herbicidas atingiu valores médios de sete ramos, enquanto para outra um valor médio de cinco ramos, esses valores se assemelham nas cultivares utilizadas neste estudo, dependente do ano da semeadura. De acordo com Campos,

Ono e Rodrigues (2010), o NRP teve aumento significativo nos tratamentos com ethephon durante o ciclo da planta.

Para a variável NRP, Cruz *et al.* (2016), não observaram efeito significativo dos produtos utilizados, sendo este considerado como fator intrínseco a cultivar e influenciado pela distribuição espacial entre as plantas, sendo que as cultivares possuem efeito compensatório na produção de ramos, devida a plasticidade fenotípica da cultura da soja.

Para Pereira *et al.* (2022), observou-se que a aplicação de lactofem para NGP mantiveram-se proporcionais aos resultados obtidos para NNP, onde foram positivos, não corroborando com os resultados obtidos neste experimento, entretanto, houve diferença significativa apenas para a cultivar BS 2606, que teve menos NNP e NGP quando comparada com a TMG 7062, evidenciando as diferenças apenas entre as cultivares.

Para as variáveis NVP, NGP e MMG, não foram verificadas variações negativas nas plantas de soja devido à aplicação de reguladores e herbicidas em pós-emergência. Esse resultado difere do estudo realizado por Alonso *et al.* (2011), onde foi verificado que a associação de glyphosate e lactofem promoveu redução significativa na MMG.

Para MMG, nota-se que o presente trabalho não houve diferença entre os produtos, indicando que mesmo ocorrendo fitointoxicação do herbicida lactofem, ele não causou prejuízos nos componentes de rendimento e no próprio rendimento de grãos, esses resultados estão de acordo com o trabalho de Pereira *et al.* (2022).

A cultivar que obteve a maior média de MMG foi a TMG 7062, esse resultado pode ser explicado pelo fato dessa cultivar desenvolver mais vagens, e uma maior relação fonte/dreno resulta em maior peso de grãos. Esses resultados podem ser explicados pelas características genéticas relacionadas a cada cultivar de soja (SILVA *et al.*, 2012).

Marchi *et al.* (2013) relataram que a associação de glyphosate com chlorimuron aplicado em plantas de soja no estágio V2-V3 resultou em redução significativa MMG, mas sem impacto na produtividade de grãos, como visto neste estudo, onde para a cultivar BS 2606 apresentou menor valor de massa de mil grãos, mas demonstrou um maior rendimento de grãos, entretanto, a cultivar TMG 7062 tinha menos plantas efetivas por metro linear de cultivo (dados não apresentados).

Moreira *et al.* (2020) ao realizar experimento com etefon, benziladenina e prohexadiona cálcica, estes apresentaram grãos com maior umidade e resultaram em menor MMG, não foram observados efeito dos reguladores e herbicidas nestas variáveis no presente trabalho. Porém trabalho com Souza *et al.* (2013) verificou que o fitorregulador trinexapac-ethyl teve efeito negativo na MMG de soja, entretanto outros fitorreguladores testados não afetaram a MMG.

Campos *et al.* (2009) também não verificaram efeito de fitorreguladores sobre a MMG em soja, corroborando com este trabalho. Em outro estudo não encontraram aumento na MMG e produtividade de grãos (BOSSOLANI *et al.*, 2019).

Com relação às avaliações dos componentes do rendimento, bem como do rendimento de grãos da soja, não houve diferenças significativas entre os produtos. Nesse sentido, observa-se que a ocorrência de injúrias foliares causada pelo herbicida lactofem não foi suficiente para afetar negativamente a resposta produtiva das cultivares de soja TMG 7062 e BS 2606.

A cultura da soja apresentou resposta positiva à aplicação de biofertilizante na produtividade de grãos comparado à testemunha (PRIETO *et al.*, 2017). Estes resultados discordam dos resultados encontrados por Oliveira e Santos (2011) que não constataram aumento na produtividade de soja pelo efeito da aplicação de biofertilizante. Por outro lado, os biofertilizantes são baseados em fermentados microbianos enriquecidos e vem sendo utilizados como estratégia para incrementar a produtividade (PRIETO *et al.*, 2017), e existe uma tendência de favorecimento da produtividade com o uso deles (VITTI *et al.*, 2000; OLIVEIRA; SANTOS, 2011; MESQUITA *et al.*, 2014). Neste caso, as cultivares BS 2606 e TMG 7062 não responderam significativamente em rendimento de grãos a aplicação do biofertilizante.

Vale ressaltar que a altura das plantas pode influenciar alguns parâmetros da cultura da soja, como o potencial de acamamento ou perdas de produtividade na colheita devido à presença de vagens em alturas menores em relação à altura da plataforma de corte (CONSTANTIN *et al.*, 2019). Sendo que o acamamento de plantas ocorreu somente em uma safra, ou seja, no ano 2021/22 e somente para uma cultivar, a TMG 7062. Sendo um ano mais típico para ocorrência deste fenômeno e a cultivar ser mais propícia para o acamamento. Cabe salientar que o experimento foi conduzido em Lages/SC, região com 930 m de altitude, a qual propicia a soja condições para predomínio de crescimento vegetativo das plantas fazendo com que a cultivar moderadamente resistente ao acamamento apresentasse até 40% de plantas acamadas (testemunha) e, neste ano/safra, gerar evidências de manejo com benziladenina como produto capaz de mitigar o acamamento (valor observado <3%; Figura 16).

Foloni *et al.* (2016), avaliando cultivares de soja submetidas à aplicação de lactofem e ethephon na fase vegetativa, observaram que os produtos reduzem a altura de plantas e minimizam o acamamento, mas promove queda na produtividade de grãos, sendo que neste trabalho o lactofem não influenciou de forma positiva ou negativa o RG.

O lactofem é frequentemente utilizado nas lavouras visando suprimir o crescimento vegetativo da soja, evitando perdas por acamamento em situações da alta densidade de plantas

(FÁVERO *et al.*, 2018), além de ser herbicidas para controle de plantas daninhas dicotiledôneas (AGROFIT, 2023).

Carvalho *et al.* (2013) e Buzzello *et al.* (2017), ao realizarem trabalhos e utilizarem Cinetina+GA3+AIB na cultura da soja, verificaram incremento no rendimento de grãos de 34,9% e 15,44%, respectivamente, em relação à testemunha. Buzzello (2010) verificou ainda que, além de maior rendimento de grãos, as plantas tiveram menor altura e, assim, menor nível de acamamento.

O diâmetro da haste pode favorecer a resistência ao acamamento, e os reguladores de crescimento podem atuar desviando os carboidratos que seriam destinados ao aumento de altura para o aumento do diâmetro e aumento da matéria seca na haste (WANG *et al.*, 2016). Ramesh e Ramprasad (2013) observaram incremento de 28,4% no acúmulo de matéria seca da haste de plantas de soja mediante a aplicação do regulador cloreto de clormequate, em relação à testemunha, o que garante reforço de carboidratos estruturais na haste principal, menor altura de plantas e maior tolerância ao acamamento.

Com trabalhos em campo é normal aparecer diferenças entre os resultados de diferentes pesquisas, pois são submetidas a variações em magnitudes diferentes de fatores, tais como: ambientes, épocas de semeadura, hábitos de crescimento, grupo de maturação e estádios fenológicos de aplicação dos produtos, por isso podem causar em resultados diferentes.

Com o exposto, há uma rápida recuperação dos estresses promovidos pelos herbicidas aplicados em pós-emergência, detectados nas avaliações visuais dos níveis de injúria (aos 28 DAA), permitindo que o crescimento vegetativo das plantas não fosse afetado negativamente.

Na literatura há autores que demonstram situações de queda de rendimento, em função da aplicação de inibidores da PROTOX (HEIFFIG, 2006). No entanto, trabalhos que evidenciam aumento de rendimento decorrentes única e exclusivamente da aplicação destes herbicidas são escassos (CABRAL, 2019; GALLON *et al.*, 2016). É importante notar que essa inconstância nas respostas de cultivares de soja ao mesmo regulador de crescimento, herbicidas e biofertilizantes é comum na literatura.

Os herbicidas lactofem e bentazon+imazamoxi podem ser usados para complementar o controle de plantas daninhas ineficientemente não controladas por glyphosate em soja RR, levando em conta estágio de aplicação e dose a ser utilizada.

### 3.6 CONCLUSÃO

A cultivar de soja TMG 7062 demonstrou ser mais propícia ao acamamento do que a cultivar BS 2606, na região de Lages-SC, na safra 2021/22.

Observou-se que a testemunha da cultivar TMG 7062 teve maior índice de acamamento em comparação com a aplicação de reguladores e herbicidas; regulador e herbicida regulador asseguram maior segurança de cultivo (menor acamamento) em condições ambientais favoráveis a este fenômeno. As menores médias de acamamento ficaram entre benziladenina, lactofem 2x e bentazon+imazamoxi, porém não foi evidenciado diferença no diâmetro da haste e altura de plantas no final do ciclo de cultivo.

O herbicida lactofem 2x atuou como fitoregulador nas cultivares de soja BS 2606 e TMG 7062, mesmo ocorrendo fitointoxicação, logo a planta recuperou (28 DAA). O rendimento não foi afetado negativamente pela fitointoxicação desse herbicida.

O biofertilizante não acarretou ganhos no rendimento de grãos para as cultivares BS 2606 e TMG 7062.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Herbicidas**. Disponível em: >[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)<. Acesso em: 02 mar. 2023.
- ALONSO, D. G. *et al.* Selectivity of glyphosate in tank mixtures for RR soybean in sequential applications with mixtures only in the first or second application. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 865-875, 2010.
- ALONSO, D. G. *et al.* Selectivity of glyphosate tank mixtures for RR soybean. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 929-937, 2011.
- ALONSO, D. G. *et al.* Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 1, p. 40-42, 2012.
- BASAL, O.; SZABÓ, A. Physiomorphology of soybean as affected by drought stress and nitrogen application, **Scientifica**, v. 2020, e6093836, p. 1-7, 2020.
- BASILIO, A. F. *et al.* Efeito do regulador de crescimento cloreto de cloromequate nos atributos morfométricos e produtivos de plantas de soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente-RAMA**, v. 15, n. 3, p. 1-13, 2022.
- BENEDUZZI, H. M. *et al.* Temporal variability in active reflectance sensor-measured ndvi in soybean and wheat crops. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 4, p. 771-781, 2017
- BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.
- BOSSOLANI, J. W. *et al.* Doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac no desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja. **Acta Iguazu**, Cascavel-PR, v. 8, n. 1, p. 68-75, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BUZZELLO, G. L. **Uso de reguladores no controle do crescimento e no desempenho agrônômico da cultura da soja cultivar CD 214 RR**. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2010.
- BUZZELLO, G. L. *et al.* Desenvolvimento e rendimento de soja em função da aplicação de ácido indol-butírico, ácido giberélico e cinetina. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 225-233, 2017.

- CABRAL, E. M. A. **Uso de reguladores de crescimento na cultura da soja**, 2019. 72 f. (Tese de doutorado). Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Curso de Agronomia, USP/ESALQ, Piracicaba-SP, 2019.
- CAMPOS, M. F. *et al.* Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Revista Ceres**, v. 56, p. 74-79, 2009.
- CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Arquitetura de plantas de soja e a aplicação de reguladores vegetais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3 n. 1, p. 153-159, 2010.
- CARVALHO, J. C. *et al.* Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 1, p. 50-60, 2013.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 7 - Safra 2022/23, n. 6, março 2020, Brasília-DF. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 02 junho 2023.
- CONSTANTIN, J. *et al.* Performance of RR soybean submitted to postemergence application of glyphosate with a foliar elicitor product. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 87, p. 1-0, e0492019, 2020.
- CORADIN, J. *et al.* Selectivity of latifolicides associated with glyphosate applied in postemergence on soybean (*Glycine max*) cultivars. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo**, v. 55, n. 1, p. 86-97, 2023. Disponível em: <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/5680>. Acesso em: 31 may. 2023.
- CORRÊA, N. M.; LEITE, G. J. Selectivity of the plant growth regulators trinexapac-ethyl and sulfometuron methyl. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 69, n. 3, p. 194-200, 2012.
- COSTA E SILVA, A. T. V. *et al.* Avaliação da senescência foliar de plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas a doses de benzilaminopurina. **Revista Agrotecnologia**, v. 3, n. 1, p. 1-19, 2012.
- CRUZ, S. C. S. *et al.* Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- FÁVERO, F. *et al.* Produtividade da soja em função do uso de lactofem para supressão. 2018. **Mais soja**. Disponível em: <https://maisoja.com.br/produtividade-da-soja-em-funcao-do-uso-de-lactofem-para-supressao/>. Acesso em: 12 de maio de 2023.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Special Report,

80. Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.

FOLONI, J. S. S. *et al.* Lactofem e etefom como reguladores de crescimento de cultivares de soja. In: **XXXV Reunião de Pesquisa de Soja**, Londrina-PR, 2016.

GALLON, M. *et al.* Ação de herbicidas inibidores da PROTOX sobre o desenvolvimento, acamamento e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 15, n. 3, p. 232-240, 2016.

HEIFFIG, L. S. *et al.* Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HESS, F. D. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, p. 160-170, 2000.

HUYGHE, C. Genetics and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. **Agronomie**, v. 18, p. 383-411, 1998.

HU, T. *et al.* A novel esterase LanE from *Edaphocola flava* HME-24 and the enantioselective degradation mechanism of herbicide lactofem. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 205, n. 111141, p. 1-8, 2020.

LEI, L. New routes to kill weeds. **Nature Plants**, v. 4, n. 509, 2018.

KRENCHINSKI, F. H. *et al.* Glyphosate affects chlorophyll, photosynthesis and water use of four Intacta RR2 soybean cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 2, p. 1-13, 2017.

MARCHI, S. R. *et al.* Associações entre glifosato e herbicidas pós-emergentes para o controle de trapoeraba em soja RR®. **Revista Brasileira de Herbicida**. v. 12, n. 1, p. 23-30, 2013.

MATOS, F. S. *et al.* Physiological characterization of leaf senescence of *Jatropha curcas* L. populations. **Biomass and Bioenergy**, v. 45, n. 10, p. 57-64, 2012.

MESQUITA, A. C. *et al.* Utilização de biofertilizante na produção de duas cultivares de melão. **Revista SODEBRAS**, Curitiba-PR, v. 9, n. 107, p. 52-55, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/998498/1/jONY2014.pdf>. Acesso em: 3 de maio de 2023.

MOREIRA, D. G. *et al.* Desempenho produtivo de soja submetida a aplicação de fitorreguladores em diferentes estádios fenológicos. **Acta Iguazu**, Cascavel-PR, v. 9, n. 3, p. 55-68, 2020.

NONOKAWA, K. *et al.* Effect of synthetic cytokinin application on pod setting of individual florets within raceme in soybean. **Plant Production Science**, v. 15, n. 2, p. 79-81, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 22 ed., p. 141-191, 2011.

OLIVEIRA, R. C; SANTOS, D. V. Adubação foliar na estimulação de nodulação e produtividade da soja. **Cultivando o Saber**. Cascavel-PR, v. 4, n. 1, p. 140-146, 2011.



PACENTCHUK, F. *et al.* Produtos à base de triazol como redutores de crescimento da cultura da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 385-393, 2018.

PASSOS, A. M. A. *et al.* Yield Per Plant And Other Characteristics Of Soybean Plants Treated With Kinetin And Potassium Nitrate. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 5, p. 965-972, 2011.

PEREIRA, T. A. *et al.* Herbicide subdoses as growth regulators in soybean cultivars. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. 1-12, 2022.  
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25663>.

PRIES, G. L. *et al.* Impact of postemergence herbicides on soybean injury and canopy formation. **Weed Technolology**, v. 34, n. 5, p. 727-734, 2020.

PRIETO, C. A. *et al.* Bioestimulante, biofertilizante e inoculação de sementes no crescimento e produtividade da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2017.

RAMESH, R.; RAMPRASAD, E. Effect of plant growth regulators on morphological, physiological and biochemical parameters of soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Biotechnology and Bioforensics**, v. 6, p. 441-447, 2013.

RIOS, F. A. **Efeitos do lactofem no crescimento e produtividade da soja RR em diferentes condições edafoclimáticas**. 2016. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2016.

RISSINI, A. L. L.; KAWAKAMI, J.; GENUÍ, A. M. Índice de vegetação por diferença normalizada e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 39, n. 6, p. 1703-1713, 2015.

SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SILVA, J. C. *et al.* Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000300008gi>

SOUZA, R. T. D. *et al.* Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofem para a cultura de soja. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 99-106, 2002.

SOUZA, C. A. *et al.* Arquitetura de plantas e rendimento de grãos da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634 643, 2013.

SZPARAGA, A. Uncovering the multi-level response of *Glycine max* L. to the application of allelopathic biostimulant from *Levisticum officinale* Koch. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 Ed., 2017, 888 p.

TORRES JUNIOR, H. D. **Desenvolvimento floral e produtividade de plantas de soja tratadas com benziladenina**. 2015. 27 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri-GO, 2015.

WANG, Y. *et al.* Mixed compound of DCPTA and CCC increases maize yield by improving plant morphology and up-regulating photosynthetic capacity and antioxidants. **PLOS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1-25, 2016.

WREGE, M. S. *et al.* **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. v. 1. 332 p.

VITTI, G. C. *et al.* **Avaliação da decomposição da palha, estado nutricional, produtividade e qualidade da cana colhida sem queima a partir da aplicação do produto Microgeo**. 2000. 64 f. Piracicaba-SP: Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz-USP, 2000.

YASHIMA, Y. *et al.* Effects of Source / Sink Ratio and Cytokinin Application on Pod Set in Soybean. **Plant Production Science**, v. 8, n. 2, p. 139-144, 2005.

ZHANG, Y. *et al.* Effects of cloransulam-methyl and diclosulam on soil nitrogen and carbon cycle-related microorganisms. **Journal of Hazardous Materials**, v. 418, n. 126395, 2021.

ZOBIOLE, H. S. L. *et al.* Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1, p. 57-69, 2010.

## 4 ARTIGO 2 - EFEITO DE REGULADORES E HERBICIDAS NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE DUAS CULTIVARES DE SOJA

### 4.1 RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é reconhecida como uma cultura economicamente importante. Porém, as perdas de produtividade da soja podem ser influenciadas por inúmeros fatores como o acamamento e plantas daninhas. Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de reguladores de crescimento sobre a altura de plantas de soja, para evitar um possível acamamento, e avaliar o potencial regulador do herbicida lactofem, avaliar a fitointoxicação de lactofem e de bentazon+imazamoxi sobre as plantas de soja; avalia a o efeito de biofertilizante sobre o potencial produtivo de plantas de soja. Os experimentos foram realizados na casa de experimentação do CAV, nas safras 2019/20 e 2020/21, foram implantados em DIC (delineamento inteiramente casualizados), arranjos em esquema fatorial (2x8), onde no fator A foram alocados as cultivares de soja (TMG 7062 e BS 2606) e o fator B pelos reguladores de crescimento (proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e benziladenina), os herbicidas (lactofem 1x, lactofem 2x e bentazon+imazamoxi), o biofertilizante e a testemunha. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo significativo para os tratamentos qualitativos procedido pela comparação de médias por Dunnett ( $P < 0,05$ ). As avaliações realizadas foram: fitointoxicação das plantas, altura de plantas, índice NDVI e SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA (dias após a aplicação) dos produtos; avaliações pré-colheita e avaliações pós-colheita. A fitointoxicação das plantas com a aplicação de lactofem, resultou em danos nas primeiras avaliações, mas aos 28 DAA as plantas estavam recuperadas das injúrias. Não foi observado acamamento nas plantas de soja. A fitointoxicação por lactofem não foi mais observada aos 28 DAA. Não foi observado fitointoxicação com o herbicida bentazon+imazamoxi. A aplicação de biofertilizante incrementa altura de plantas (BS 2606, na média de duas safras) e a MCG (TMG 7062), sem alterar a produção de grãos da soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; intoxicação; crescimento; produtividade.

### 4.2 ABSTRACT

The soybean crop (*Glycine max* (L.) Merrill) is recognized as an economically important crop. However, soybean productivity losses can be influenced by numerous factors such as lodging

and weeds. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the effect of growth regulators on reducing the height of soybean plants, to avoid possible lodging, and to evaluate the regulatory potential of the herbicide lactofem and to evaluate the phytotoxicity of this herbicide on the plants. of soy. The experiments were carried out in the CAV experimentation house, in the 2019/20 and 2020/21 growing seasons, they were implemented in DIC (completely randomized design), arranged in a factorial scheme (2x8), where in factor A the soybean cultivars were allocated (TMG 7062 and BS 2606) and factor B by growth regulators (calcium prohexadione, mepiquat chloride and benzyladenine), herbicides (lactofem 1x, lactofem 2x and bentazone+imazamox), the biofertilizer and the control. Data were submitted to analysis of variance, being significant for qualitative treatments proceeded by means comparison by Dunnett ( $P < 0.05$ ). The evaluations carried out were: plant phytotoxicity, plant height, NDVI and SPAD index at 7, 14, 21 and 28 DAA (days after application) of the products; pre-harvest evaluations and post-harvest evaluations. The phytointoxication of the plants with the application of lactofem resulted in damage in the first evaluations, and with the passage of time, a decrease in symptoms was observed. Lodging was not observed in the soybean plants. Phytointoxication with lactofem was no longer observed at 28 DAA. Phytointoxication was not observed with the herbicide bentazone+imazamoxi. The application of biofertilizer increases plant height (BS 2606, in the average of two harvests) and hundred-grain weight-HGW (TMG 7062), without changing soybean grain production per plant.

**Keywords:** Glycine max; intoxication; growth; productivity.

#### 4.3 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é reconhecida como uma cultura economicamente importante em todo o mundo e ocupa posição de destaque no cenário agrícola nacional, se tornando uma das culturas mais importante no mundo. Nesta safra de 2022/23 foram semeados 43,8 milhões de hectares, representando aumento equivalente a 6% superior de área de cultivo em relação à safra 2021/22. O Brasil deverá colher, nesta safra, 154,8 milhões de toneladas, 23,3% superior ao obtido na última safra, e produtividade média de 3.532 kg ha<sup>-1</sup>, confirmando recordes históricos de área de cultivo, produtividade e produção. (CONAB, 2023).

Este cenário só é possível diante ao desenvolvimento de técnicas para o cultivo e de novas tecnologias utilizadas, que permitiram aumentar o potencial produtivo da cultura

(ANDRADE, 2022). Porém, a perda de produtividade da soja pode ser influenciada por inúmeros fatores e dentre eles a interferência por plantas daninhas (NEPOMUCENO *et al.*, 2007; LAMEGO *et al.*, 2013; FORTE *et al.*, 2017), que podem ultrapassar 50% de perdas (DATTA *et al.*, 2017), e o acamamento de plantas, que ocorre em cultivares e ambientes favoráveis a esse fenômeno (SOUZA *et al.*, 2013; BASILIO *et al.*, 2022; BARBOSA *et al.*, 2023).

Na região Sul do Brasil, é comum encontrar locais de produção de soja acima de 700 m de altitude (BASILIO *et al.*, 2022). Essas regiões caracterizam-se por condições de alta umidade e nebulosidade durante o período vegetativo, podendo proporcionar um maior crescimento, que pode tornar os entrenós fracos, podendo não resistir à força exercida sobre eles, resultando no acamamento (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005), sobretudo quando associado a condições climáticas, como ventos e chuva intensa. Cultivares de soja de maior altura são mais sensíveis ao acamamento, principalmente em condições de excesso de nutrientes, principalmente o nitrogênio e de maior densidade populacional (SOUZA *et al.*, 2013).

Então o acamamento pode resultar em diminuição do rendimento de grãos, podendo gerar perdas qualitativas e quantitativas. Além dos problemas citados anteriormente sobre o acamamento, ele ainda pode comprometer diretamente a colheita dos grãos, devido a prostração das plantas, sendo assim prejudica a qualidade desses grãos (MOREIRA *et al.*, 2020).

Os reguladores vegetais promovem alterações no desenvolvimento das plantas e nos processos fisiológicos (TAIZ *et al.*, 2017), inibindo altura de planta, por causa da parada no crescimento da parte aérea, ou seja, podendo evitar o acamamento de plantas (BUZZELLO *et al.*, 2017) e induzindo as ramificações laterais, proporcionando maior número de nós reprodutivos, levando à maior formação em quantidades de flores e vagens por planta (FOLONI *et al.*, 2016), proporcionando também maior desenvolvimento de raízes (CARVALHO *et al.*, 2013), refletindo num provável incremento da produtividade (SOUZA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2013).

Os reguladores vegetais compostos por auxinas, giberelinas, etileno e herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (Protox) são exemplos de reguladores que podem afetar o desenvolvimento da parte aérea de forma que os outros componentes de produção são afetados também (BARBOSA *et al.*, 2023).

Entretanto, mesmo os herbicidas inibidores de Protox serem seletivos a cultura da soja, é de conhecimento o efeito residual, na parte fisiológica das plantas (ANDRADE, 2022) o efeito deles inclui danos em tecidos em crescimento e a formação de pontos necróticos (ZANDONÁ *et al.*, 2021). Tendo em vista que a seletividade da soja aos herbicidas dependerá de sua

capacidade em metabolizar a molécula em formas não tóxicas, e de seus mecanismos de defesa contra as espécies reativas ao oxigênio (EROs), substâncias essas que são tóxicas às células da planta (ZOBIOLE *et al.*, 2010; TANDON; DUBEY, 2015).

Tem-se observado a ocorrência de plantas daninhas infestantes das lavouras de soja que adquiriram resistência a muitos herbicidas (GALON *et al.*, 2017). Desse modo a rotação ou associação de herbicidas de diferentes mecanismos de ação para o controle das plantas daninhas torna-se uma ferramenta fundamental para reduzir a ocorrência da resistência (BRUNHARO *et al.*, 2014).

O estudo da associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação (ALS e FSII) é de importância no cenário produtivo, por identificar quais são capazes de apresentar controle significativo de plantas daninhas sem prejudicar a produtividade da cultura. Além disso, o uso de herbicidas com ação pós-emergência com diferentes mecanismos de ação, apresentam-se como opção de manejo para aumentar os níveis de controle de plantas daninhas (principalmente “escape” do glyphosate na soja RR) (BRESSANIN *et al.*, 2015), contribuindo para reduzir a pressão de seleção e diminuir novos casos de plantas daninhas resistentes.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito dos reguladores de crescimento sobre a redução de altura de plantas de soja, para evitar o acamamento, e avaliar o potencial regulador do herbicida lactofem e a fitointoxicação deste herbicida e sobre as plantas de soja. Avaliar o comportamento do herbicida bentazon+imazamoxi e o biofertilizante sobre o desenvolvimento e potencial produtivo de plantas de soja.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no município de Lages, nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC-CAV), a área experimental do CAV localizada na região do planalto sul do estado de Santa Catarina, sob coordenadas geográficas de 27°48'58" Latitude Sul, 50°19'34" Longitude Oeste, e altitude média de 930 m.

O experimento em casa de vegetação na safras 2019/20 e 2020/21 foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com dez repetições, em arranjo fatorial dos tratamentos 2 x 8. O fator A foi constituído por duas cultivares de soja (BS 2606 e TMG 7062), e o B pelos reguladores de crescimento proexadiona cálcica (Vivivul®-Iharabras S.A. Indústrias Químicas, Brasil), cloreto de mepiquate (Pix-HC®-BASF S.A, Brasil), e benziladenina (Maxcel-Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda, Brasil), herbicidas

lactofem (Naja-Adama Brasil S.A, Brasil) e bentazon+imazamoxi (Amplo®-BASF S.A., Brasil), o biofertilizante (Vorax-Microquímica Tradecorp, Brasil), e a testemunha. A dose comercial de referência utilizada foi de 0,42 g i.a. ha<sup>-1</sup> para lactofem 1x; 0,84 g i.a. para lactofem 2x; 1,12 g i.a.+0,10 g i.a. para bentazon +imazamoxi; 0,24 g i.a. de proexadiona cálcica; 0,18 g i.a. para cloreto de mepiquate; 0,004 g i.a. para benziladenina; e para o biofertilizante.

As cultivares estudadas neste experimento tem as seguintes características: TMG 7062 IPRO de grupo de maturação 6.2, ciclo semi-tardio e hábito semideterminado, com moderada resistência ao acamamento, essa cultivar possui alto potencial produtivo. A BS 2606 IPRO de grupo de maturação 6.0, ciclo precoce e hábito indeterminado, com resistência ao acamamento.

As plantas de soja foram cultivadas em vasos com capacidade de 5 l, contendo solo previamente corrigido com base na análise de solo. A adubação de base foi realizada antes da semeadura com adubo 5-20-10, equivalente a 450 kg ha<sup>-1</sup>, obtida através da Recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (CQFS-RS/SC, 2016), a partir da análise do solo (Tabela 4). O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico aluminico (EMBRAPA, 2017).

Tabela 4 — Características químicas e físicas do solo, para cultivo da soja em casa de vegetação e área experimental -Tambo (2020/21). Lages/SC

Amostra	Argila %	V %	M.O %	pH H <sub>2</sub> O	P Mehlich-1 mg/dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> cmolc/dm <sup>3</sup>	CTC (pH 7)
0-20 cm	50	81	2,8	6,3	35,2	143,3	9,1	4,0	3,2	16,6

V = saturação por base; M.O. = matéria orgânica; P Mehlich-1= extração oficial de fósforo do solo no Sul do Brasil; CTC = concentração de troca catiônica; pH = potencial hidrogeniônico; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> = alumínio trocável.

1/Análise realizada pelo laboratório de solos da UNOESC/ Campos Novos SC (ano agrícola 2020/21).

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

A semeadura foi realizada no dia 16/12/2019 e 03/12/2020 depositando cinco sementes por vaso, 14 dias após a emergência realizou-se o raleio manual deixando uma planta uniforme por vaso, compondo a unidade amostral, e foram mantidas na casa de vegetação com temperatura de 25±3 °C. Ao atingirem o estágio V8 da escala de Fehr e Caviness (1977), caracterizado pelo oitavo nó visível (sétima folha trifoliolada completamente desenvolvida e com a oitava folha aberta) foram submetidas à aplicação das doses dos reguladores proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e benziladenina; herbicidas lactofem e bentazon+imazamoxi; e o biofertilizante, utilizando-se pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com pressão constante de 200 kPa, equipado com duas pontas Magnojet 11002-BD, espaçadas de 0,5 m entre e si e

posicionada a 0,5 m da superfície do alvo, aplicando-se o equivalente a 200 l ha<sup>-1</sup> de calda. As caldas envolvendo bentazon+imazamoxi, receberam adição de 0,5% de adjuvante de óleo mineral. A aplicação dos produtos foi realizada no dia 24/01/2020 e 11/01/2021 para a cultivar TMG 7062 e no dia 27/01/2020 e 14/01/2021 para a cultivar BS 2606.

#### **4.4.1 Variáveis avaliadas**

Avaliou-se os seguintes parâmetros: altura de planta, avaliação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), avaliação da clorofila (SPAD) e nota de fitointoxicação sequencialmente aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos produtos (DAA) (Tabela 5). No momento da colheita foi avaliada altura de planta (AP), diâmetro da haste principal (DHP), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de grãos (PG) e massa de cem grãos (MCG). As avaliações foram realizadas em todos os vasos contendo uma planta.

As avaliações de SPAD e NDVI foram no quarto nó de cima para baixo, no folíolo central do trifólio, através do aparelho portátil NDVI Plan Pen 300U e o aparelho SPAD 502.

A AP (cm) foi mensurada com auxílio de uma régua graduada desde a superfície do solo até o último nó visível. O DHP foi mensurado na base da haste principal, no entrenó posicionado entre a cicatriz cotiledonar e o das folhas simples, com auxílio do paquímetro digital (mm). As avaliações de NNP e NVP foram realizadas por contagem direta na planta, já o NGP foi determinado a partir da contagem manual dos grãos. A MCG foi determinada a partir da contagem manual de 100 grãos e posterior pesagem em balança semi-analítica, com precisão mínima de 0,01 gramas.

A avaliação de fitointoxicação das plantas ocasionada pela aplicação dos produtos foi realizada com base nos sintomas visuais de enrugamento/clorose/necrose da planta, de acordo com os conceitos propostos pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), descritos na tabela 2. De forma subjetiva, dois avaliadores atribuíram individualmente notas de percentagem aos danos, que variam de 0 (zero) a 100% (cem). A média dos dois avaliadores representou os danos observados.



Tabela 5 — Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitointoxicação proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995

Danos (%)	Descrição
0 a 5%	Sem injúrias. Sem efeito sobre a cultura.
6 a 20%	Injúrias leves e/ou redução de crescimento com rápida recuperação.
21 a 40%	Efeitos insuficientes para promover reduções de produtividade.
41 a 75%	Injúrias moderadas e/ou reduções de crescimento com lenta recuperação ou definitivas. Efeitos intensos o suficiente para promover pequenas reduções de produtividade.
76 a 100%	Injúrias severas e/ou reduções de crescimento não recuperáveis e/ou reduções de estande Efeitos intensos o suficiente para promover reduções drásticas de produtividade Destruição completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: SBCPD (1995).

#### 4.4.2 Análise estatística

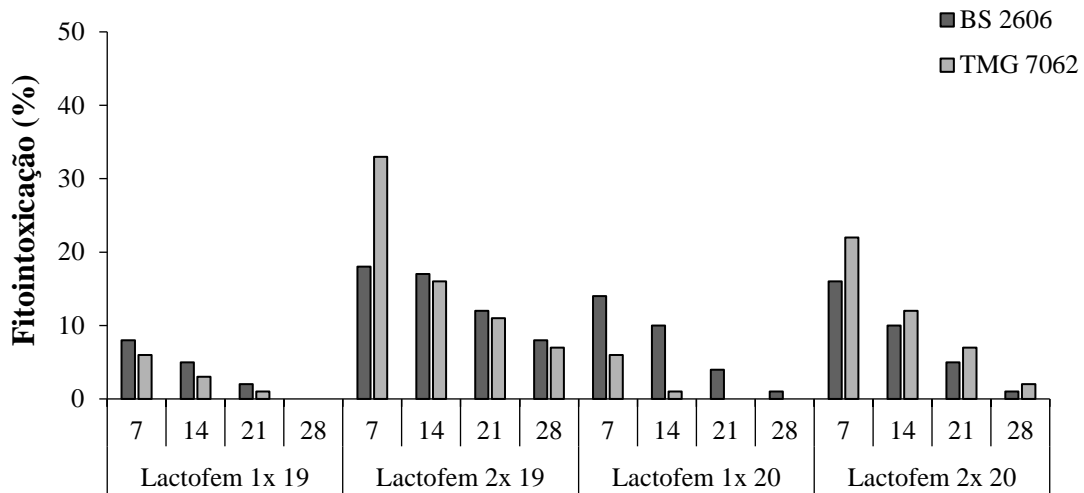
Todos os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade, e após isso, atendendo aos pressupostos foram submetidos a análise de variância (teste F), quando significativos, foram desdobrados pelo teste de Dunnett para produtos, fatores qualitativos a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas através do software SAS (2023).

### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.5.1 Resultados do experimento em ambiente protegido (Casa de vegetação, safras 2019/20 e 2020/21)

Houve efeito significativo da interação entre produtos e ano para a variável fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA (Figura 19), e efeito isolado de produto, sendo o lactofem 2x ocorreu mais danos as plantas de soja, mas com o decorrer das avaliações percebeu-se a diminuição indicando que a fitointoxicação desaparece até o final do ciclo (Apêndice H).

Figura 19 — Fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 DAA das cultivares de soja BS 2606 e TMG 7062 em função da aplicação dos produtos em ambiente controlado, Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Houve efeito significativo entre as interações para a variável altura aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) (Apêndice I), para a interação entre cultivar e ano que ocorreu para todas as variáveis deste experimento, na variável altura de plantas a cultivar TMG 7062 se sobressaiu sobre a cultivar BS 2606 no ano 2020/21. Porém para o ano 2019/20, não houve diferença entre as alturas de ambas.

Outra interação com efeito significativo foi para produto e ano (Figura 20a), para a variável altura aos 14 e 28 DAA, onde tiveram o mesmo resultado, no ano 2019/20 os produtos que tiveram maior altura foram a benziladenina, bentazon+imazamoxi e o biofertilizante, e para o ano 2020/21 não teve diferença entre os produtos utilizados.

Para as outras interações como cultivar e produto (Figura 20b) que ocorreu aos 14, 21 e 28 DAA, para a cultivar TMG 7062, os produtos que obtiveram a menor altura de plantas foram a testemunha, proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e lactofem 2x, neste caso na avaliação aos 28 DAA.

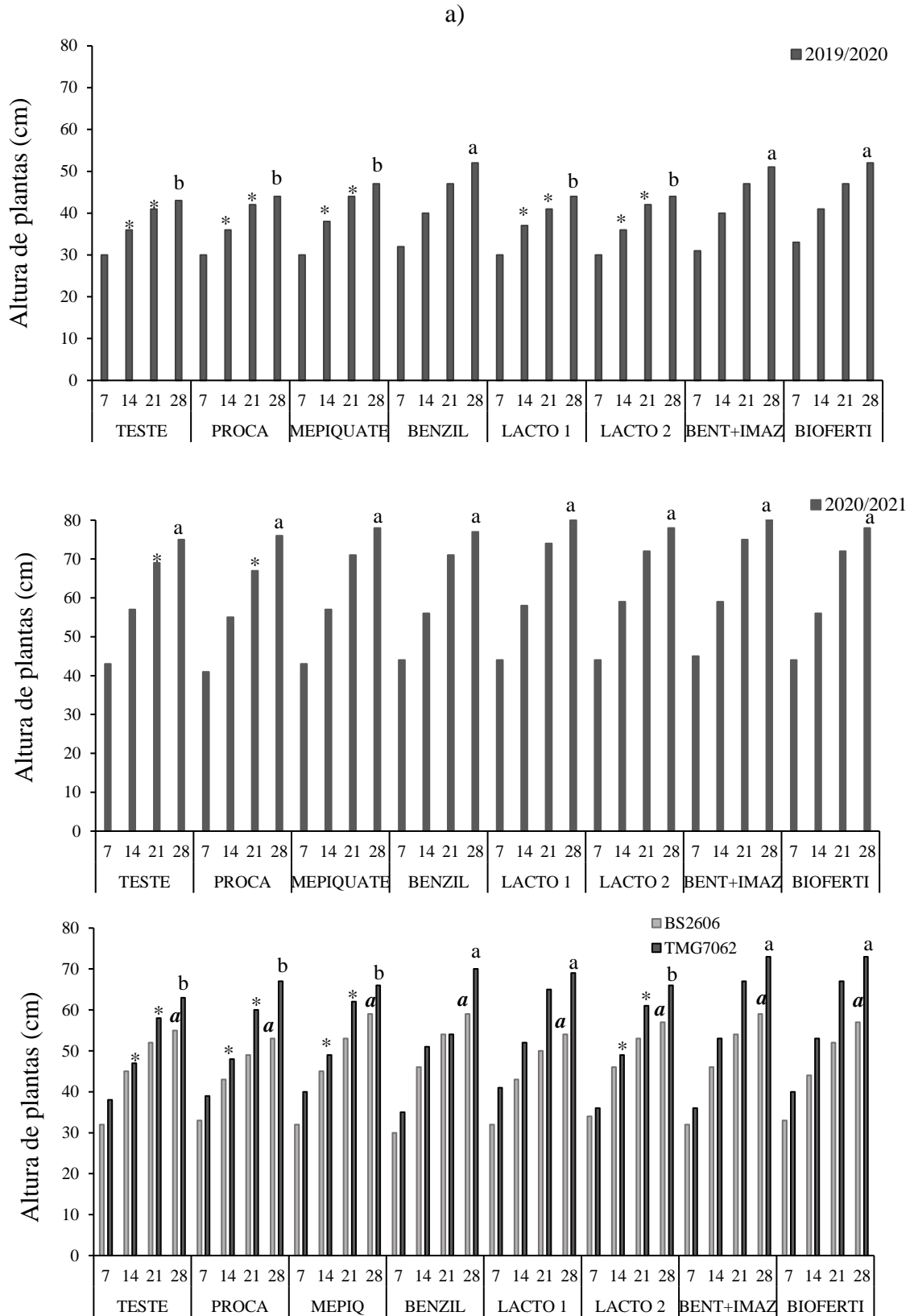
Para a variável SPAD houve efeito significativo para interação cultivar e ano aos 7, 21 e 28 DAA (Apêndice J), sendo que a cultivar TMG 7062, teve os maiores valores de SPAD no ano 2020/21, e para o ano 2019/20 não houve diferença entre as cultivares. Para a interação entre produto e ano (Figura 21a) ocorreu para as avaliações de SPAD aos 14, 21 e 28 DAA, para o ano 2019/20 os menores valores de SPAD foram para a testemunha, proexadiona cálcica e lactofem 2x, já para o ano 2020/21 somente para a variável SPAD 14 DAA os produtos com o herbicida lactofem 1x e 2x tiveram menor valor.

Somente para SPAD 14 DAA houve efeito da interação entre cultivar e produto (Figura 21b), a cultivar BS 2606 teve os menores valores de SPAD para os produtos lactofem 1x e 2x, e a TMG 7062 para a testemunha e os produtos cloreto de mepiquate e lactofem 2x.

Houve efeito significativo para a variável NDVI (Apêndice K), NDVI aos 21 e 28 DAA, houve efeito da interação entre cultivar e ano, onde para o ano 2019/20 não houve diferença entre as cultivares, porém para o ano 2020/21, as cultivares demonstraram diferenças entre as variáveis, para NDVI 21 DAA, a cultivar BS 2606 teve o maior valor, e a cultivar TMG 7062 para a variável NDVI 28 DAA. Aos 14 DAA, houve efeito significativo de fator isolado para ano, neste caso para 2020/21 obteve os maiores valores de NDVI.

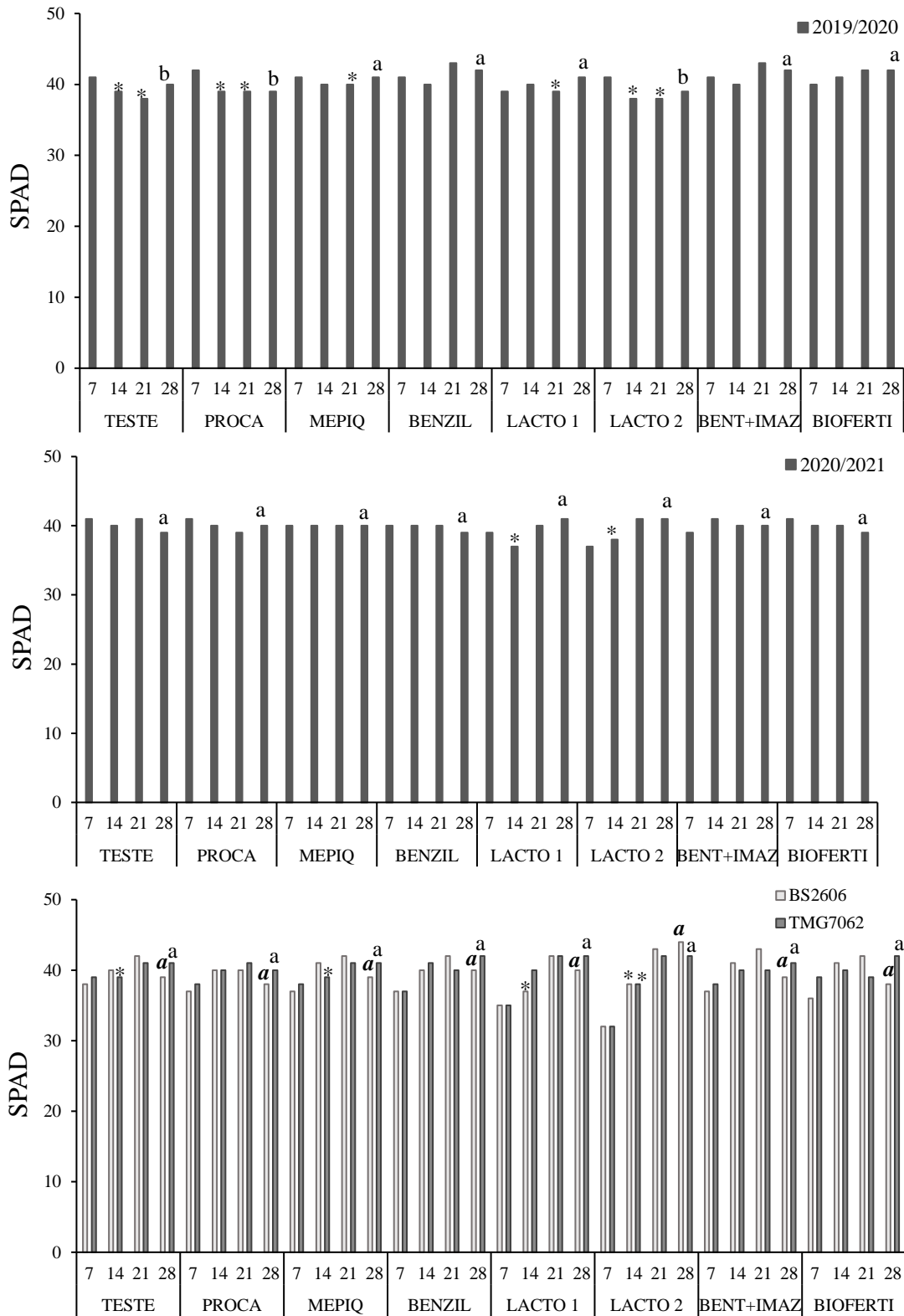
Para a interação entre produto e ano, como observado aos 28 DAA, no ano 2019/20 (Figura 22a), os produtos com as menores médias foram proexadiona cálcica, cloreto de mepiquate e lacofen 1x, para o ano 2020/21 (Figura 22b), os produtos foram benziladenina e bentazon+imazamoxi. Nas interações entre cultivar e produto (Figura 22c), a cultivar BS 2606 teve os menores valores de índice NDVI para lactofem 1x e 2x e a cultivar TMG 7062 somente para lactofem 2x, porém aos 28 DAA não foi mais observado diferença.

Figura 20 — Altura de plantas (cm) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC



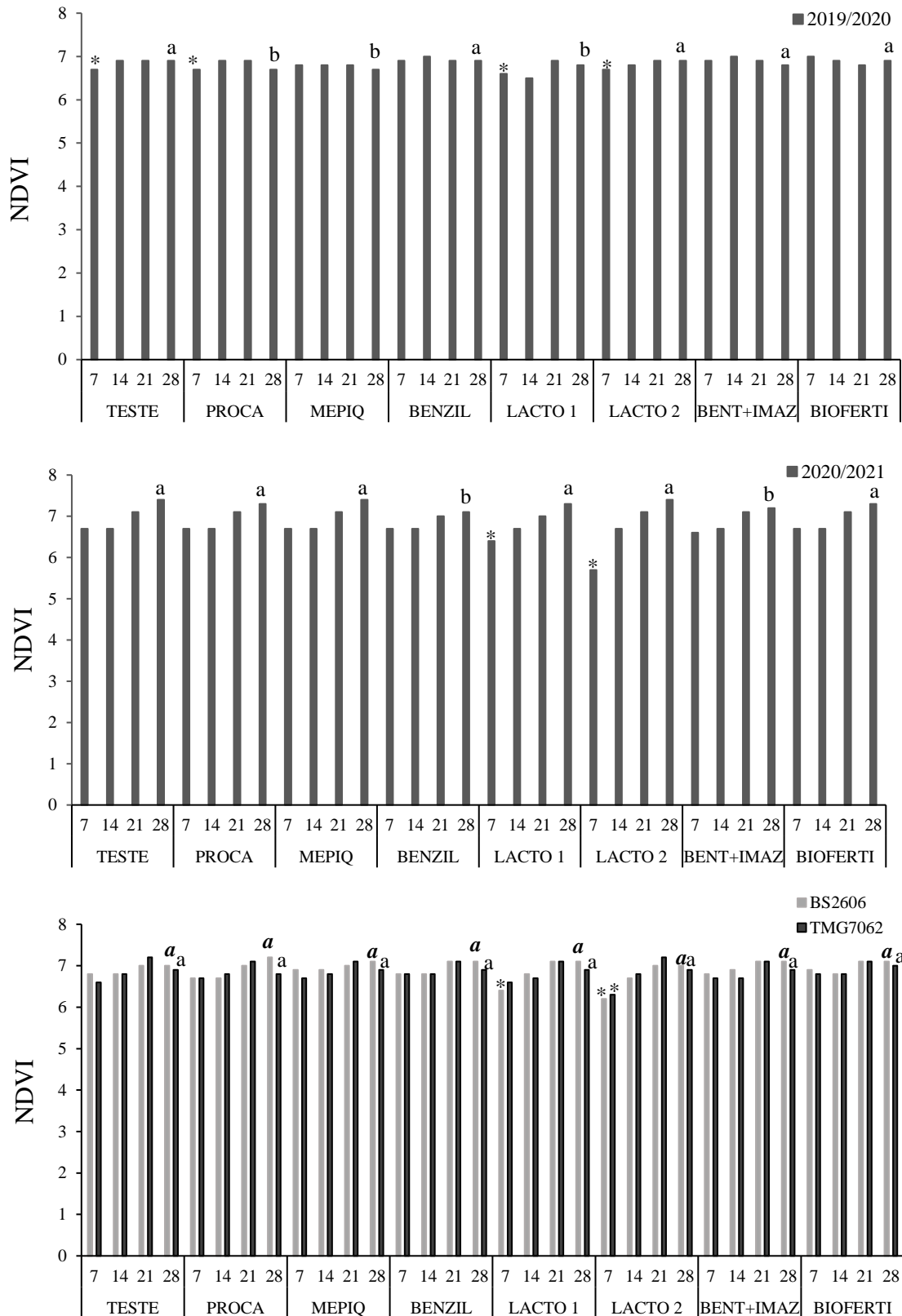
Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 21 — Índice SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 22 — Índice NDVI aos 7, 14, 21 e 28 DAA em função da aplicação dos produtos: a) na primeira safra (na média das cultivares), b) na segunda safra (na média das cultivares e c) das cultivares (na média das safras). Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Para as variáveis de pré-colheita (Apêndice L): altura de plantas (AP), diâmetro de haste principal (DHP), número de nós por planta (NNP), número de vagens por planta (NVP), e número de grãos por planta (NGP), e pós-colheita (Apêndice M): peso de grãos por planta (PG), e massa de cem grãos (MCG), houve efeito significativo para os fatores cultivar e produto, produto e ano, cultivar e ano.

Para a interação entre cultivar e produto que ocorreu nas variáveis AP, DHP e NNP houve diferenças em relação as cultivares e os produtos. Para a variável AP para a cultivar BS 2606 todos os produtos tiveram o mesmo resultado, já para a cultivar TMG 7062 as menores alturas ficaram concentradas para a testemunha e os produtos cloreto de mepiquate, proexadiona cálcica e o lactofem 2x. Para o DHP foi ao contrário a cultivar TMG 7062 não teve diferença entre os produtos, e a BS 2606 as plantas que apresentaram a menor altura foi com lactofem 1x. Para NNP ambas as cultivares tiveram produtos com ocasionaram uma menor altura de plantas, para a BS 2606 somente o herbicida lactofem 1x e para a TMG 7062 o cloreto de mepiquate.

Para as variáveis AP, DHP, NNP, NVP, NGP, PG e MCG teve outra interação significativa entre produto e ano, para o ano 2019/20 as variáveis AP (Figura 23a) e MCG (Figura 28a) tiveram os mesmos resultados, ou seja, os maiores valores médios observados foram para os produtos benziladenina, bentazon+imazamoxi e o biofertilizantes. A variável DHP (Figura 24a) e NNP (Figura 25a) os produtos que obtiveram uma média maior em relação aos outros foram o cloreto de mepiquate, benziladenina, bentazon+imazamoxi e biofertilizante. Para as variáveis NVP (Figura 26a), NGP (Figura 27a) e PG (Figura 29a), outros produtos além da testemunha, tiveram uma média dos valores avaliados que foram proexadiona cálcica, lactofem 1x e lactofem 2x. Para o ano 2020/21 não houve diferença entre os produtos para AP, DHP, NNP, PG E MCG (Figuras 23a, 24a, 25a, 29a e 28a), mas para as variáveis NVP (Figura 26a) e NGP (Figura 27a) os maiores valores das médias foram para a testemunha, cloreto de mepiquate e o biofertilizante

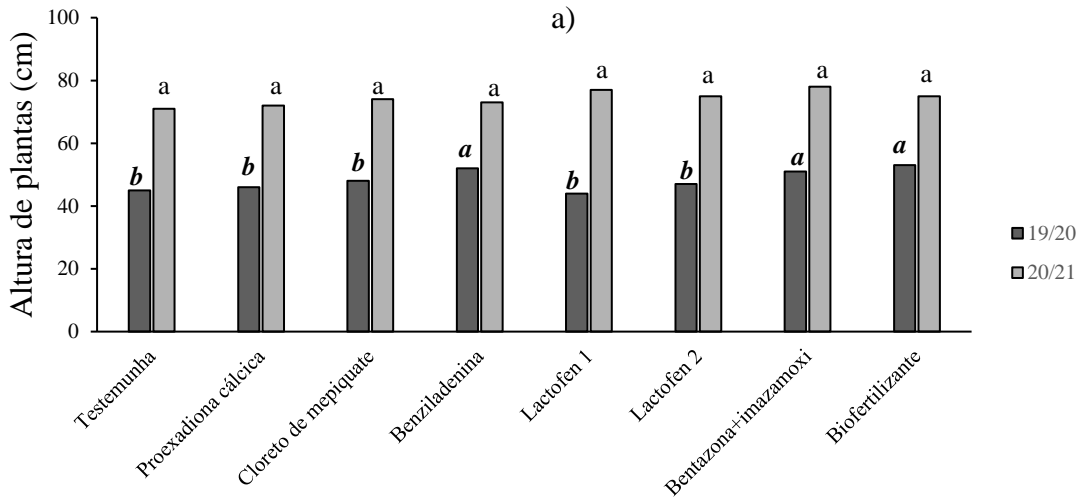
Porém teve outra interação que foi significativa, cultivar e ano, para toda as variáveis no ano 2019/20, não houve diferença estatística, para os anos 2020/21, variou entre as cultivares com as maiores médias, a cultivar BS 2606 sobressaiu-se sobre a outra cultivar para as variáveis DHP, NVP e NGP, tendo então maior diâmetro da haste principal, na contagem teve mais vagens por planta e consequentemente mais grãos por planta. No entanto, a cultivar TMG 7062 mostrou-se com valores médios acima da BS 2606 para as cultivares AP, NNP, MCG e PG, a cultivar TMG 7062, visualmente é uma planta mais alta, consequentemente com mais números de nós, e a BS 2606 uma planta mais baixa, porém mais ramificada e com maior diâmetro da

haste principal, com um maior número de vagens, por consequência mais grãos, mas a TMG 7062 teve maior peso de grãos por planta e massa de cem grãos em comparação com a BS 2606, confirmando a diferença entre elas já conhecido pelo portfólio das empresas.

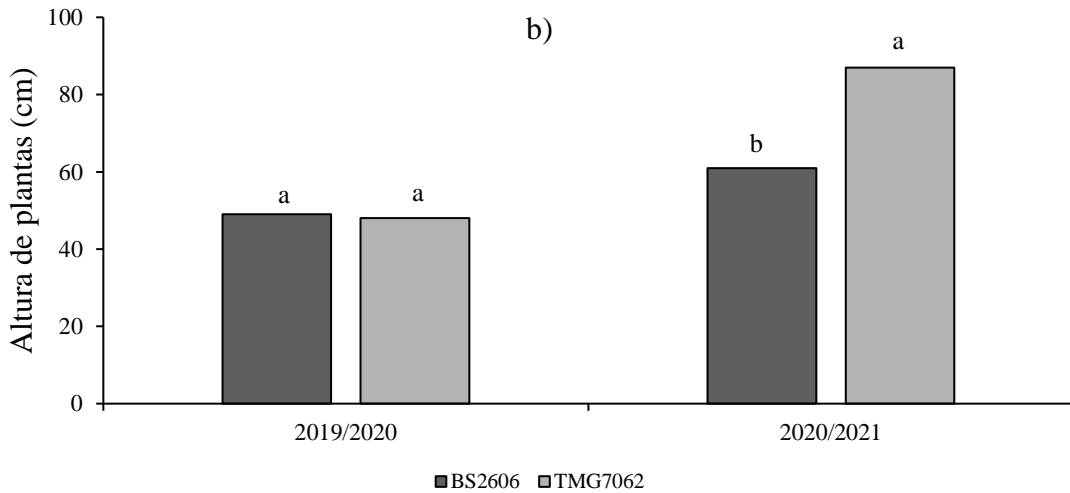
No caso das figuras 23a a 29a, letras em *itálico* comparam a testemunha com os produtos no experimento do ano 2019/20 e letras não *italicizada* comparam a testemunha com os produtos no experimento do ano 2020/21 (na média das duas cultivares, dentro de cada safra). No caso das figuras 23b a 29b, letras não *italicizada* comparam em cada safra com a cultivar TMG 6072 com a cultivar BS 2606.



Figura 23 — Altura de plantas (final) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

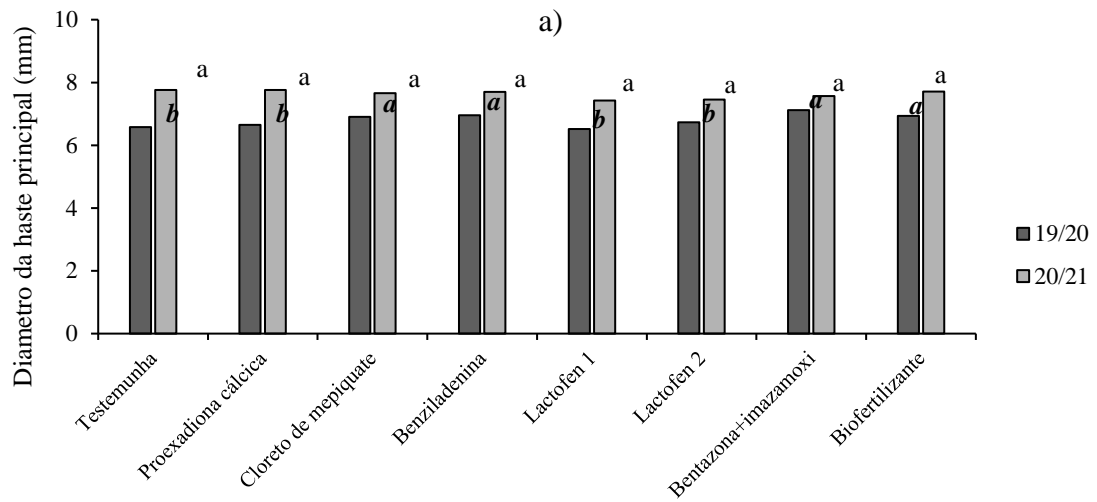


Letra em itálico comparam a testemunha com os produtos no ano 2019/20. Letra não italicizada comparam a testemunha com os produtos no ano 2020/21.

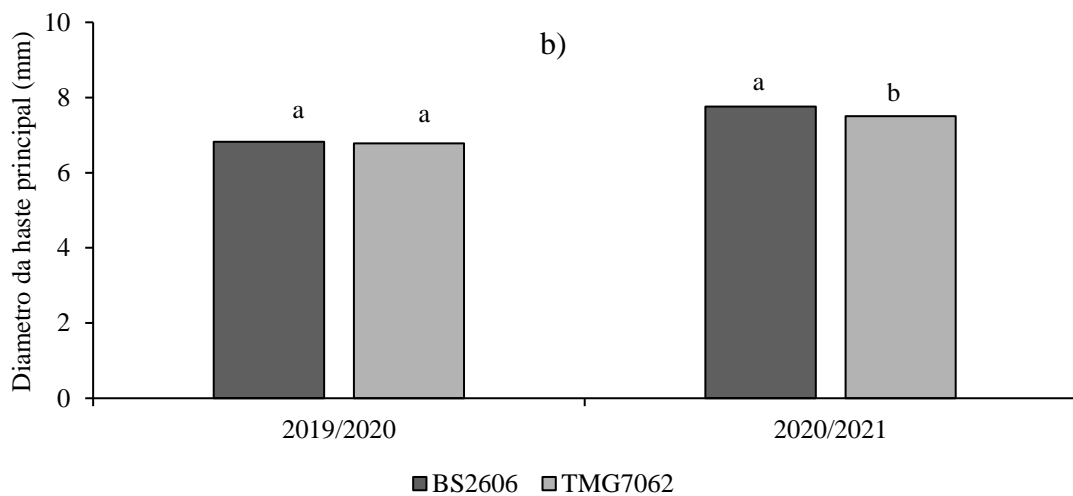


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 24 — Diâmetro da haste principal (DHP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

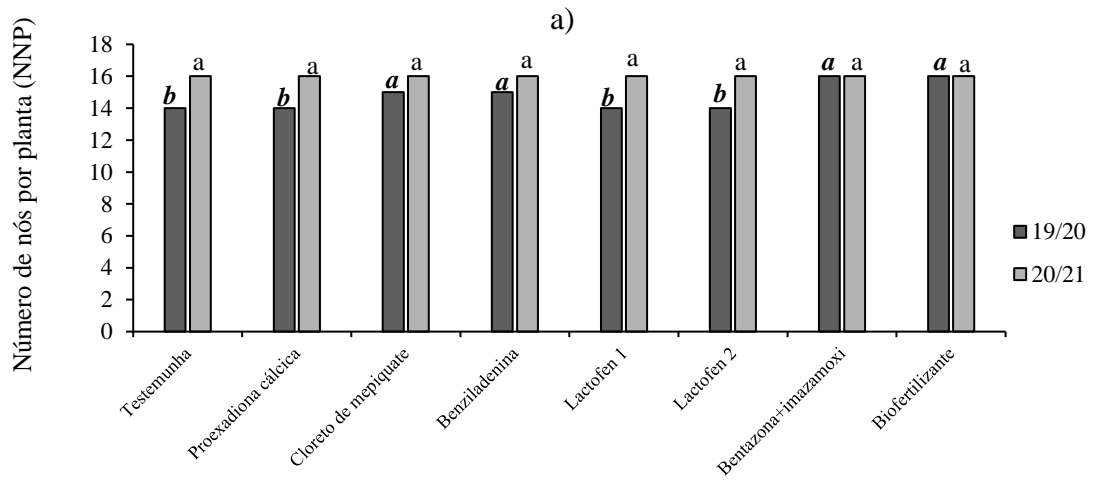


Letra em itálico comparam a testemunha com os produtos no ano 2019/20. Letra não italicizada comparam a testemunha com os produtos no ano 2020/21.

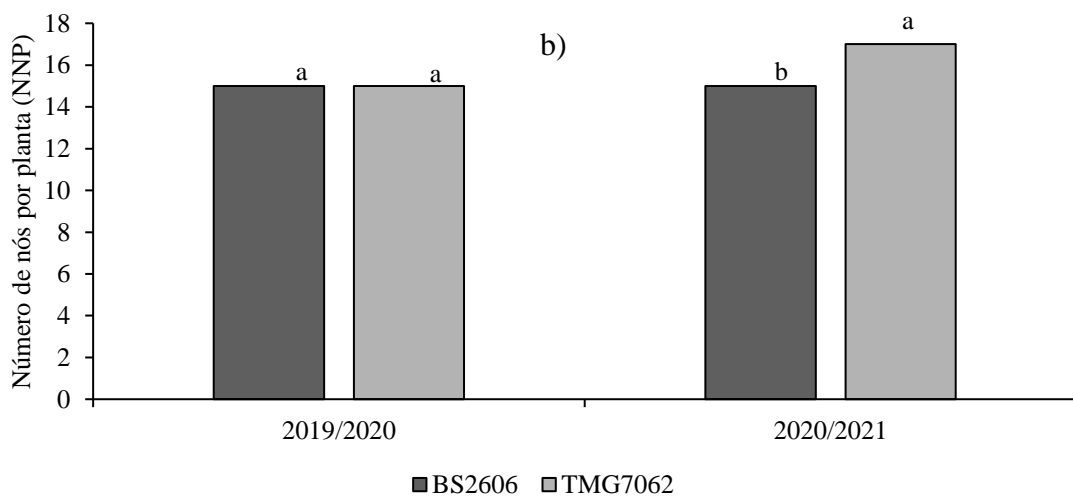


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 25 — Número de nós por planta (NNP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

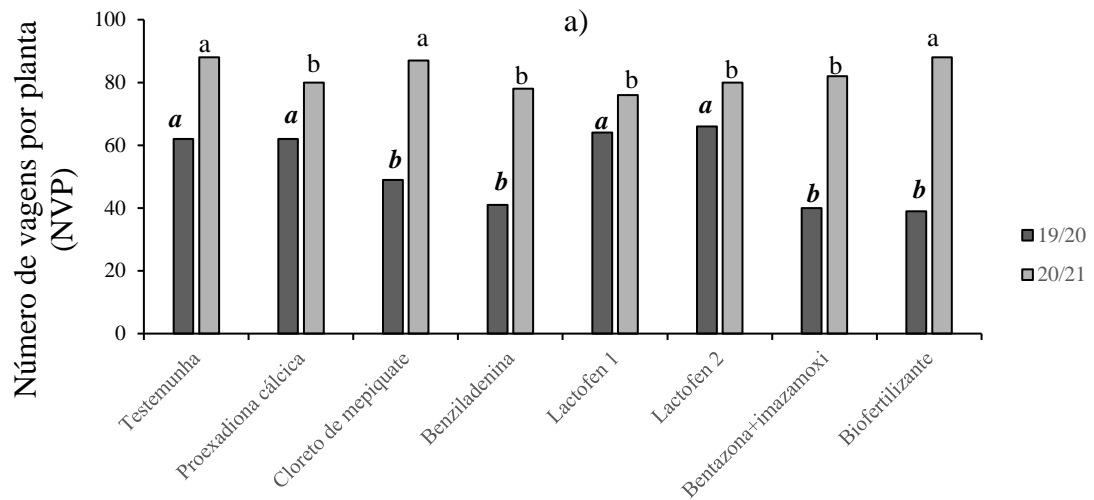


Letra em itálico comparam a testemunha com os produtos no ano 2019/20. Letra não italicizada comparam a testemunha com os produtos no ano 2020/21.

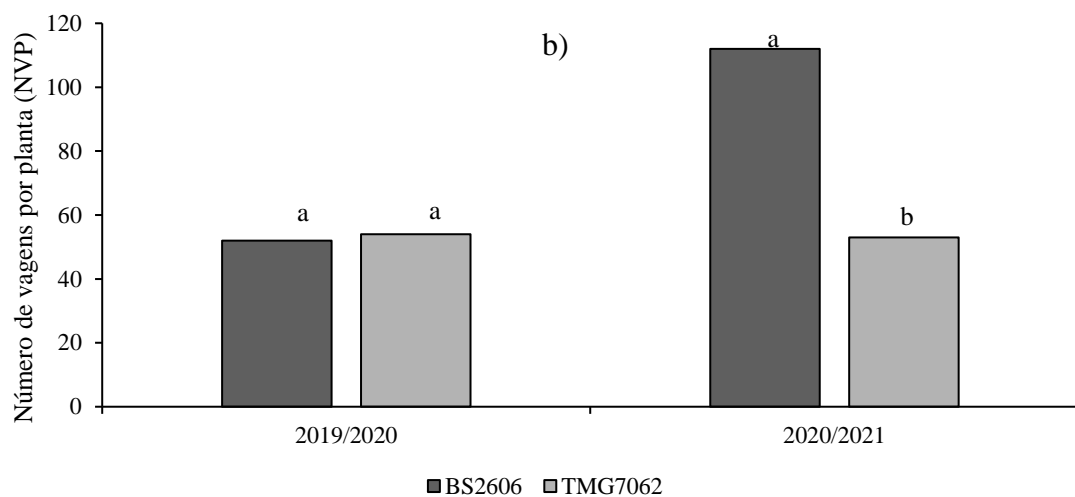


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 26 — Número de vagens por planta (NVP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

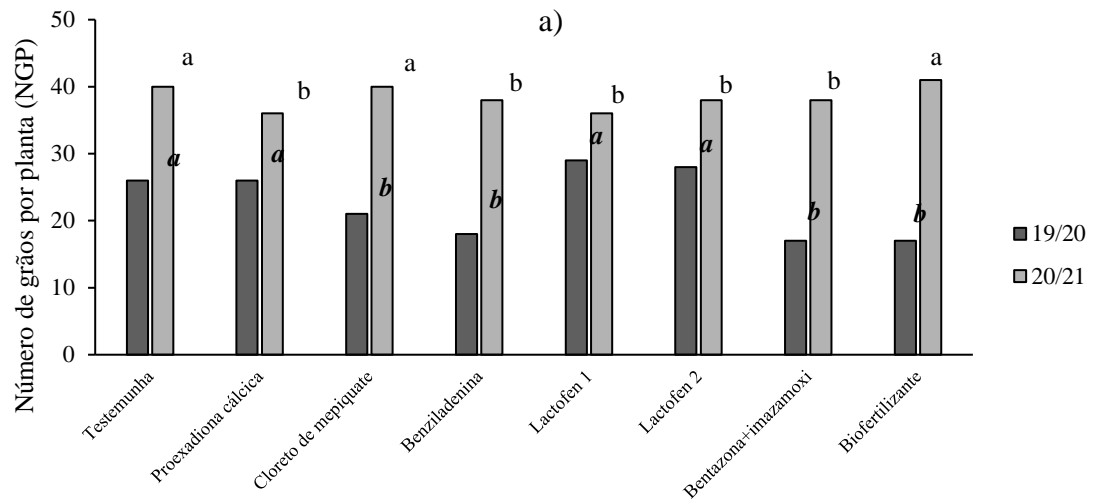


Letra em itálico comparam a testemunha com os produtos no ano 2019/20. Letra não italicizada comparam a testemunha com os produtos no ano 2020/21.

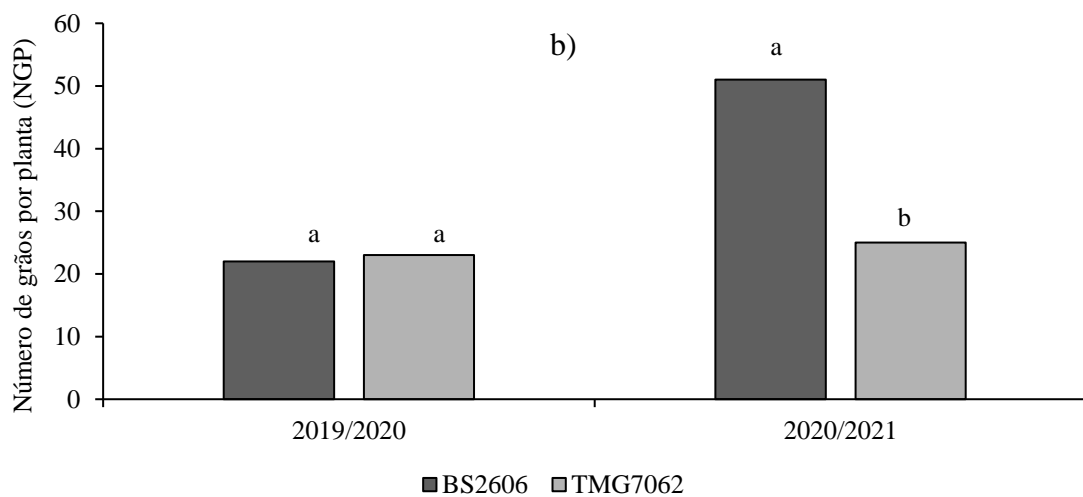


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 27 — Número de grãos por planta (NGP) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

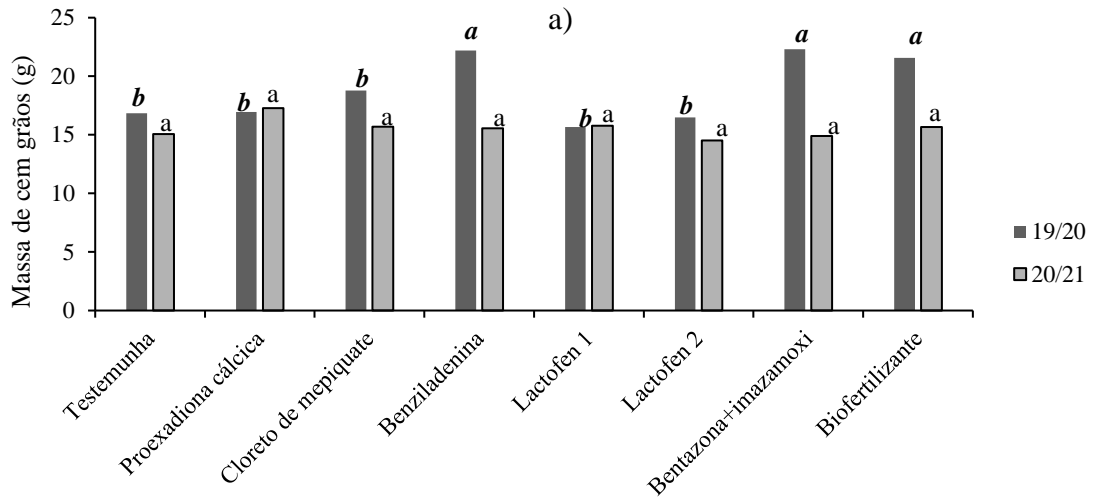


Letra em itálico comparam a testemunha com os produtos no ano 2019/20. Letra não italicizada comparam a testemunha com os produtos no ano 2020/21.

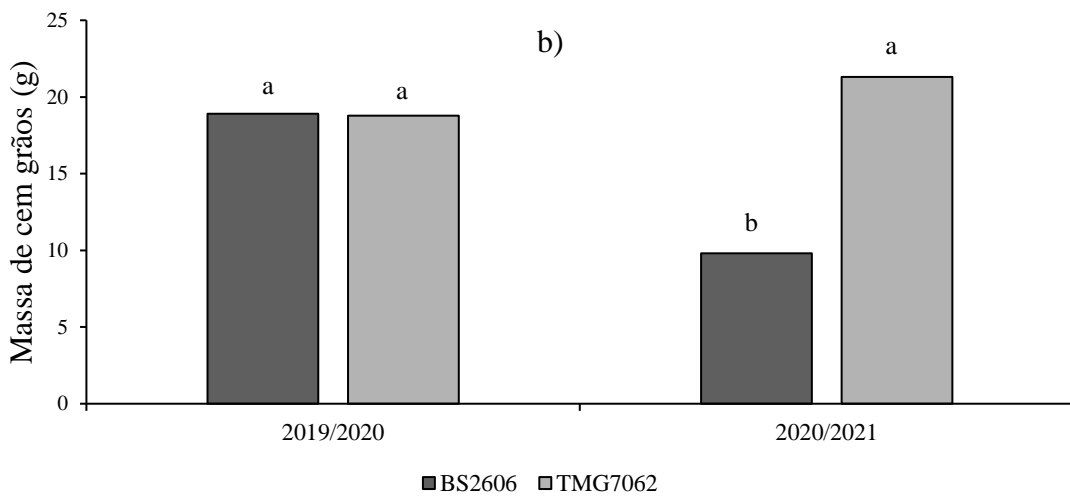


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 28 — Massa de cem grãos (MCG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

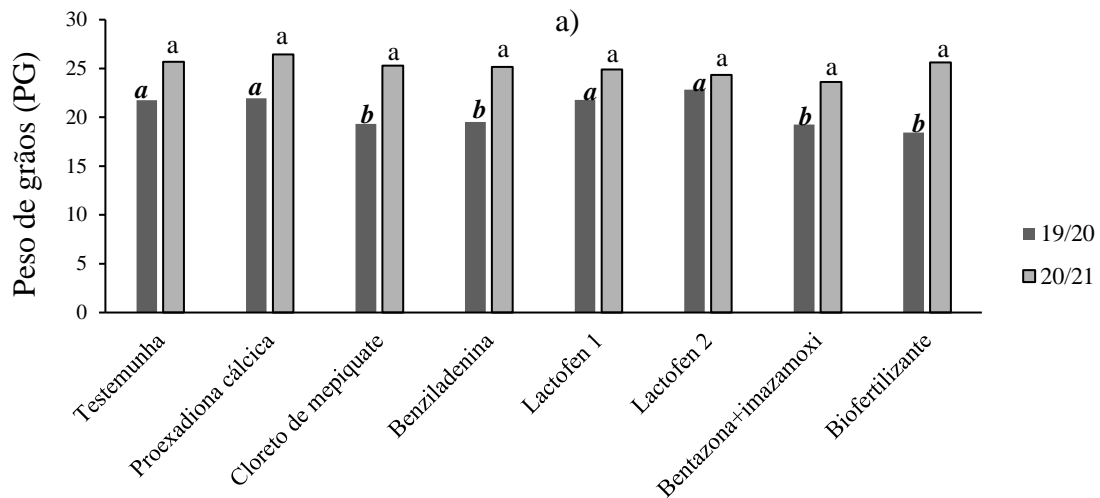


Letra em itálico comparam a testemunha com os produtos no ano 2019/20. Letra não italicizada comparam a testemunha com os produtos no ano 2020/21.

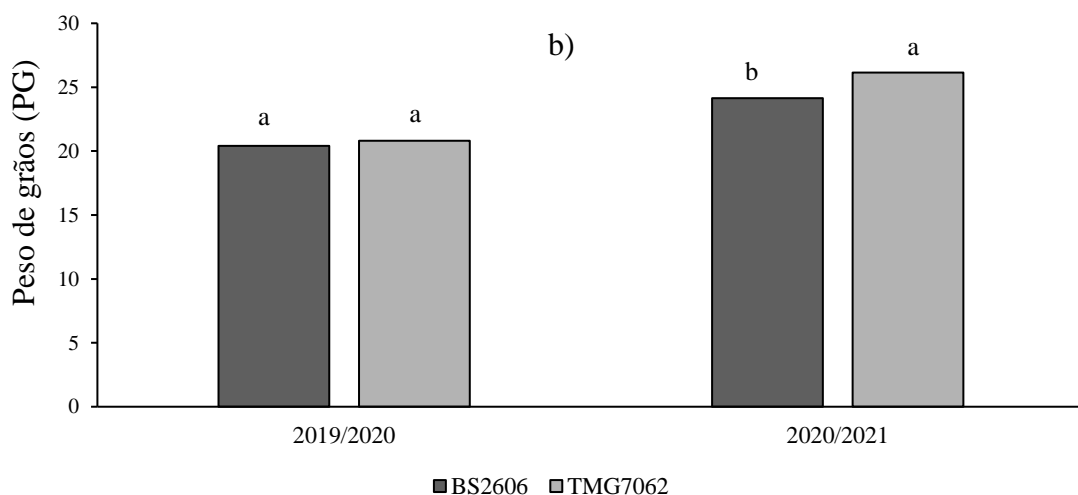


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Figura 29 — Peso de grãos (PG) em função da aplicação dos produtos a) dentro dos anos (na média das cultivares) e, b) das cultivares, em cada safra (na média dos produtos). Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21



Letra em itálico comparam a testemunha com os produtos no ano 2019/20. Letra não italicizada comparam a testemunha com os produtos no ano 2020/21.



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

#### 4.5.2 Discussão dos resultados do experimento em ambiente protegido (Casa de vegetação, safras 2019/20 e 2020/21)

Na avaliação de fitointoxicação aos 7 DAA, as folhas jovens emitidas pelas plantas de soja ainda apresentavam danos médio a leves em algumas folhas das plantas, decorrentes da aplicação de lactofem, sendo caracterizados como deformações leves no limbo foliar. Aos 14 DAA ainda tinha alguns sintomas leves de fitointoxicação. Nas demais avaliações realizadas aos 21 e 28 DAA não foram observados sintomas visuais nas folhas jovens que pudessem ser relacionados à aplicação de lactofem. Relato esse também observado por Rios (2016).

Os produtos com lactofem 2x demonstrou os maiores valores de fitointoxicação na planta, em todas as avaliações, mas ao decorrer das avaliações a fitointoxicação foi diminuindo, em ambas as safras. O que demonstra a capacidade da cultura de se recuperar dos efeitos negativos causados por esse herbicida. Mesmo o lactofem sendo caracterizado como um herbicida de contato, com rápida ação sobre as plantas sensíveis, seus sintomas não são totalmente expressos nos primeiros dias após a aplicação na cultura da soja (RIOS, 2016).

O herbicida lactofem é um produto pertencente ao grupo dos difenil éteres, seu mecanismo de ação é a inibição da protoporfirinogênio-IX oxidase (Protox), que atua na biossíntese de clorofilas (BARBOSA *et al.*, 2023), produzindo um pigmento fotodinâmico que, em acúmulo no cloroplasto na presença de luz e oxigênio molecular, produz oxigênio “singlet” (O-) (FERREIRA *et al.*, 2011).

Sanches *et al.* (2018), ao analisarem os efeitos negativos do lactofem em soja, observaram necrose inicial, sendo que, posteriormente estes sintomas foram menos intensos. Da mesma forma, Corrêa; Alves (2010) observaram que aplicações de lactofem promoveram, além da necrose inicial, também deformação das folhas de soja até 14 DAA. Após este período, as folhas novas emitidas apresentavam-se normais; em ambos os trabalhos os resultados se assemelham aos observados no presente estudo.

Num trabalho que objetivou estudar a seletividade de latifolicidas em associação com glifosato aplicado no período de pós-emergência de três cultivares de soja RR, na avaliação realizada aos 28 DAA, os maiores percentuais de níveis de dano foram observados em plantas de soja que receberam aplicações em pós-emergência da glyphosate + lactofem, que apresentaram valores de 7,50% de fitointoxicação (CORADIN *et al.*, 2023). No estudo de Alonso *et al.* (2010), observou-se que a associação glyphosate + lactofem não apresentou seletividade para a cultivar de soja CD 214 RR.

A avaliação da altura da planta como visto no trabalho de Coradin *et al.* (2023), apresentou relação direta com os resultados dos níveis de injúria, pois os tratamentos que proporcionaram maiores porcentagens de injúrias promoveram redução no porte da soja, sendo que na combinação glyphosate + lactofem afetou diretamente o tamanho das plantas, proporcionando reduções 6,02%, para os valores de altura medidos na testemunha (sem herbicidas).

Os efeitos de reguladores sobre altura das plantas podem ser distintos para soja de hábito determinado, semideterminado ou indeterminado. No entanto, nas de hábito determinado às plantas cessam crescimento após o início do florescimento, enquanto soja com hábito



indeterminado pode aumentar mais de 40% em sua altura final após o início do florescimento (R1) (ZANON *et al.*, 2018).

No caso das interações entre cultivar e produtos, os produtos que influenciaram em uma altura maior nas plantas foram: bentazon+imazamoxi, biofertilizante e benziladenina, neste caso a testemunha foi menor em altura juntamente com a cloreto de mepiquate, lactofem 1x, lactofem 2x e proexadiona cálcica, para ambas as cultivares.

Em um trabalho com a aplicação de ethephon em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) aos 7, 14 e 28 dias após a emergência das plantas, reduziu o crescimento das plantas, não promovendo aumento na sua produção (NGATIA *et al.*, 2003). Segundo Campos *et al.* (2009), o tratamento das plantas de soja com cloreto de mepiquate e ethephon, inibiu o crescimento das plantas e prolongou o ciclo da planta. O regulador a base de benziladenina exógena em algumas espécies incrementa a atividade do meristema de inflorescência e promove a iniciação floral (PAN; XU, 2011).

De acordo com Taiz *et al.* (2017), a aplicação de giberelina promove o alongamento dos entrenós e altura da planta. Scherb *et al.* (2017) observaram que a altura de plantas de soja, com tipo de crescimento indeterminado, foi maior no tratamento com giberelina aplicado em R1/R2 e R4/R5 com incremento de 9% em relação à testemunha.

O produto lactofem promoveu redução significativa de altura de plantas com o incremento das concentrações (BARBOSA *et al.*, 2023). Esse produto é frequentemente utilizado nas lavouras visando suprimir o crescimento vegetativo da soja, evitando perdas por acamamento em situações de alta densidade de plantas (FÁVERO *et al.*, 2018). Foloni *et al.* (2016), avaliando cultivares de soja submetidas à aplicação de lactofem e ethephon na fase vegetativa, observaram que os produtos reduzem o porte da lavoura.

Pelos resultados nota-se que para as variáveis como altura, SPAD e NDVI realizadas aos 7, 14, 21 e 28 DAA para ambos os anos no ambiente controlado da casa de vegetação a cultivar TMG 7062, demonstrou as melhores médias em comparação com a BS 2606, esse fenômeno pode ser explicado pelas características de cada cultivar. A cultivar BS 2606 tem o hábito de crescimento indeterminado, tem mais ramificações, além do ciclo precoce e a MMG menor em comparação com a cultivar TMG 7062 que possui o ciclo semideterminado e menos ramificações.

Em um trabalho realizado por Yokoyama *et al.* (2018), o índice SPAD das plantas de soja apresentou comportamento semelhante na presença ou ausência da adubação nitrogenada na soja. O maior valor ocorreu após o início do enchimento de grãos, e decresceu após esse estágio, em função do processo natural de senescência foliar.

Para Andrade (2022), o NDVI aos 14 DAA os menores valores foram para as plantas aplicadas com os herbicidas (cloransulam e lactofem) e o NDVI aos 10 DAA diminuiu somente para as plantas com a aplicação do herbicida lactofem em comparação com a testemunha; neste trabalho a testemunha teve maiores valores de NDVI do que o herbicida lactofem, corroborando com o trabalho do autor.

As avaliações realizadas no estágio R8, como AP, DHP, NNP, NVP, NGP, PG e MCG, para fator cultivar dependeram da variável, pois algumas a TMG 7062 teve destaque e em outra a BS 2606, para o ano 2020/21, pois no 2019/20 não houve diferença entre as cultivares.

Para a variável NVP e PG onde teve interação entre produto e ano, os produtos que demonstraram um aumento no número de vagens por planta foram proexadiona cálcica, lactofem 1x, lactofem 2x e a testemunha, para o ano 2019/20, e cloreto de mepiquate, biofertilizante e a testemunha para o ano 2020/21 somente para a variável NVP.

E quanto aos parâmetros produtivos da cultura da soja, Bossolani *et al.* (2019), não verificou efeito significativo dos tratamentos. Resultados obtidos por Linzmeyer Junior *et al.* (2008) e Souza *et al.* (2013), mostraram que a aplicação de trinexapac etil na soja não influenciou na maioria dos componentes de produção e produtividade da soja, não corroborando com este trabalho, mesmo sendo com aplicação de produtos distintos.

Alguns trabalhos com o regulador cloreto de chlormequat, concluíram que em plantas de algodão promoveu aumento significativo a MCG em relação a testemunha (GARCIA; TOLEDO; ROSOLEM, 2010). Tarun *et al.* (2016) observaram incremento na MCG de soja com aplicação do cloreto de chlormequat. No entanto, Souza *et al.* (2013) não verificaram efeito de reguladores sobre a MCG de soja. Esse comportamento pode ser devido à MCG ser uma característica que tem grande dependência do genótipo (COELHO *et al.*, 2007) considerando a interação genótipo e ambiente (MOREIRA *et al.*, 2020), neste experimento somente o regulador a base de benziladenina aumentou a MCG.

Embora os resultados encontrados em relação à eficiência da aplicação de fertilizantes biológicos não se apresentem totalmente satisfatórios, existe uma tendência de favorecimento da produtividade com o uso dos mesmos (OLIVEIRA; SANTOS, 2011; MESQUITA *et al.*, 2014), o que foi visualizado em algumas variáveis neste trabalho.

Para Silva *et al.* (2018), objetivando observar o comportamento de bioestimulantes, aplicados no tratamento de sementes da cultura da soja, observaram aumentos na altura de planta, diâmetro de caule, comprimento de raiz e largura de raiz, matéria seca de folha, matéria seca de caule, matéria seca de raiz, matéria seca total e potencial hídrico na fase inicial,

proporcionando maior produtividade de grãos, observados em algumas variáveis neste experimento.

Para Andrade *et al.* (2022), a aplicação do herbicida lactofem teve efeito contrário, pois somente sem a aplicação dos bioestimulante observou maiores valores de NGP. A interação foi observada para o NVP, em que a aplicação do bioestimulante em ambos os dias diminuiu o NVP em comparação com a ausência e quando em conjunto com o herbicida lactofem.

Em um trabalho de Moreira *et al.* (2020), o aumento da dose do fitorregulador, aplicado no estágio V5, provocou aumento da MCG e reduziu o NGP, isso pode ser explicado que quando o número de grãos é menor ocorre a preferência pelo enchimento de grãos, resultando em grãos mais pesados, corroborando com os resultados deste experimento.

Marianno (2016), em condições de casa de vegetação, verificou que o cloreto de chlormequat reduziu o DHP de plantas de soja apenas sob condições de restrição hídrica, mas com boa umidade, a aplicação do regulador não alterou o DHP, neste trabalho o único regulador que diminuiu o DHP foi a proexadiona cálcica, juntamente com lactofem. Souza *et al.* (2013) não encontraram diferenças significativas, em plantas de soja, no NNP, ao contrário do que ocorreu neste trabalho, onde tanto cloreto de mepiquate quanto a proexadiona cálcica reduziram esta variável.

No trabalho de Barbosa *et al.* (2023), os produtos ethephon, lactofem e 2,4-D apresentaram decréscimo no NVP, NGP e PG com o incremento das concentrações. Esse decréscimo acentuado e contínua do NVP, NGP e PG para o ethephon pode ter sido oriunda de maior produção de etileno nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017; ROMAN *et al.*, 2005) e para o lactofem pelo fato de que pode haver efeitos fitotóxicos às plantas (FERREIRA *et al.*, 2011).

Foloni *et al.* (2016) e Almeida Júnior *et al.* (2019), também verificaram baixo efeito do lactofem e ethephon no PMG em soja, observando que com o aumento das concentrações, ocorre redução do PMG, acarretando perdas na produtividade. O PMG varia de acordo com o genótipo, mas também é influenciado pelas condições ambientais e práticas de manejo, como a nutrição das plantas e o balanço hormonal (CARVALHO; NAKAGAWA 2012; CARVALHO *et al.*, 2013; OLIVEIRA, 2017).

Foloni *et al.* (2016) verificaram queda acentuada na produtividade em todas as cultivares estudadas quando submetidas ao lactofem, em relação à testemunha. Zanuzo *et al.* (2012), utilizando a aplicação de giberelina nos estádios fenológicos V3 e V8, não observaram efeito significativo sobre o rendimento de grãos.

#### 4.6 CONCLUSÃO

Foram observadas diferenças em altura de plantas e nos teores de clorofilas nas folhas (SPAD e NDVI) de maneira dependente do produto aplicado sobre as plantas de soja e a magnitude das diferenças sobre os resultados foi dependente da safra de cultivo.

Houve fitointoxicação das plantas de soja em função da aplicação do herbicida lactofem, com valores máximos de 25 a 35%; mas as plantas apresentaram plena recuperação aos 28 DAA, com valores de fitointoxicação caindo para valores menores que 3%.

No geral, observou-se interação cultivar x produtos para fitointoxicação aos 7 DAA, no NDVI aos 7 DAA, SPAD ao 14 DAA, altura de plantas aos 28 DAA e no final do ciclo; diâmetro da haste principal e no número de nós por planta.

Houve efeito simples de produtos na maioria das características morfológicas e produtivas para as duas cultivares como número de vagens por plantas, número de grãos por plantas, massa de cem grãos e produção de grãos (g) por planta.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, J. J. *et al.* Uso de reguladores de crescimento em dois estádios, no controle do dossel na cultura da soja RR, no sudoeste goiano. **Nucleus**, v. 16, n. 2, 2019. DOI: 10.3738 / 1982.2278.3526.
- ALONSO, D. G. *et al.* Selectivity of glyphosate in tank mixtures for RR soybean in sequential applications with mixtures only in the first or second application. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 865-875, 2010.
- ANDRADE, C. L. L. de. **Desempenho fisiológico e agrônômico da soja submetida a aplicação de herbicidas e bioestimulante a base de *ascopillum nodosum***, 2022. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde - GO, 2022
- BARBOSA, A. S. *et al.* Efeitos de reguladores vegetais nas características agronômicas de soja cultivada em baixa latitude. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente-RAMA**, v.16, n. 1, p. 1-19, 2023.
- BASILIO, A. F. *et al.* Efeito do regulador de crescimento cloreto de cloromequate nos atributos morfométricos e produtivos de plantas de soja. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente-RAMA**, v. 15, n. 3, p. 1-13, 2022.
- BOSSOLANI, J. W. *et al.* Doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac no desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 1, p. 68-75, 2019.
- BRESSANIN, F. N. *et al.* Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. **Agrária**, v. 10, n. 3, p. 426-431, 2015.
- BRUNHARO, C. A. C. G. *et al.* Aspectos do mecanismo de ação do amônio glufosinato: culturas resistentes e resistência de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 2, p. 163-177, 2014.
- BUZZELLO, G. L. *et al.* Desenvolvimento e rendimento de soja em função da aplicação de ácido indol-butírico, ácido giberélico e cinetina. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 225-233, 2017.
- CAMPOS, M. F. *et al.* Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Revista Ceres**, v. 56, p. 74-79, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.
- CARVALHO, J. C. *et al.* Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 1, p. 50-60, 2013.
- COELHO, C. M. M. *et al.* Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de**

**adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 11ª ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** v. 7 - Safra 2022/23, n. 6, março 2020, Brasília-DF: MAPA. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 02 junho 2023.

CORADIN, J. *et al.* Selectivity of latifolicides associated with glyphosate applied in post emergence on soybean (*Glycine max*) cultivars. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo**, v. 55, n.1, p. 86-97, 2023. Disponível em: <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCFA/article/view/5680>. Acesso em: 31 may. 2023.

CORRÊA, M. J. P.; ALVES, P. L. D. C. A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 1136-1145, 2010.

DATTA, A. Managing weeds using crop competition in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Crop Protection**, v. 95, p. 60-68, 2017.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

FÁVERO, F. *et al.* Produtividade da soja em função do uso de lactofem para supressão. 2018. **Mais soja.** Disponível em: <https://maissoja.com.br/produtividade-da-soja-em-funcao-do-uso-de-lactofem-para-supressao/>. Acesso em: 12 de maio de 2023.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development.** Special Report, 80. Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.

FERREIRA, L. C. *et al.* Morphological and physiological alterations induced by lactofem in soybean leaves are reduced with nitric oxide. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 837-847, 2011.

FOLONI, J. S. S. *et al.* Lactofem e etefom como reguladores de crescimento de cultivares de soja. In: **XXXV Reunião de Pesquisa de Soja**, Londrina-PR, 2016.

FORTE, C. T. *et al.* Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n. 2, p. 185-193, 2017.

GALON, L. *et al.* Associação de herbicidas para o controle de plantas daninhas em feijão do tipo preto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 4, p. 268-278, 2017.

GARCIA, R. A.; TOLEDO, M. Z.; ROSOLEM, C. A. Growth regulator losses from cotton plants due to rainfall. **Scientia Agrícola**, v. 67, n. 2, p.158-163, 2010.

LAMEGO, F. P. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 31, p. 521-531, 2013.

LINZMEYER JUNIOR, R. *et al.* Influência de regulador vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá-PR, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

MARIANNO, F. H. F. **Desempenho produtivo da soja submetida a aplicação de fitorreguladores na fase reprodutiva e a dois regimes hídricos no enchimento de grãos.** 2016, 100 f, Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

MESQUITA, A. C. *et al.* Utilização de biofertilizante na produção de duas cultivares de melão. **Revista SODEBRAS**, Curitiba-PR, v. 9, n. 107, p. 52-55, 2014.

MOREIRA, D. G. *et al.* Desempenho produtivo de soja submetida a aplicação de fitorreguladores em diferentes estádios fenológicos. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 3, p. 55-68, 2020.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 31p.

NEPOMUCENO, M. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v. 25, p. 43-50, 2007.

NGATIA, T. M. *et al.* Effects of ethephon on growth, yield and yield components of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agriculture Science and Technology**, África, v. 5, n. 1, p. 22-28, 2003.

OLIVEIRA, R. C; SANTOS, D. V. Adubação foliar na estimulação de nodulação e produtividade da soja. **Cultivando o Saber**, v. 4, n. 1, p. 140-146, 2011.

OLIVEIRA, S. **Uso de biorregulador nas culturas da soja e do trigo.** Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Pelotas, 2017. 154p.

PAN, Z. B.; XU, Z, F. Benzyladenine Treatment Significantly Increases the Seed Yield of the Biofuel Plant Pinhão manso. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, p. 166-174, 2011.

RIOS, F. A. Efeitos do lactofem no crescimento e produtividade da soja RR em diferentes condições edafoclimáticas. 2016. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2016.

ROMAN, E. S. *et al.* **Como funcionam os herbicidas: da biologia a aplicação.** Gráfica Editora Berthier, Passo Fundo-RS, 21 ed., 2005, 252 p.

SANCHES, A. K. S. *et al.* Influência da aplicação de lactofem em diferentes estádios fenológicos sobre a soja. In: I Congresso Online para aumento da produtividade de soja (CONSOJA), 2018. Santa Maria, RS. **Anais [...]**. Santa Maria, 2018, p. 1-4.

SBCPD - Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.** Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SCHERB, C. T. *et al.* Desempenho e produtividade da cultura da soja mediante a aplicação de biorreguladores. **Anais da XXXVI Reunião de Pesquisa de Soja**. Londrina, 2017.

SILVA, N. F. *et al.* Manejo fisiológico específico via tratamento de semente na fase inicial da cultura da soja, 2018.

SOUZA, C. A. *et al.* Arquitetura de plantas e rendimento de grãos da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

TANDON, S.; DUBEY, A. Effects of biozyme (*Ascophyllum nodosum*) biostimulant on growth and development of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, n. 7, p.845-858, 2010.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 Ed., 2017, 888 p.

TARUN, K. *et al.* Effect of foliar application of plant growth retardants on growth, yield and yield attributing parameters of soybean (*Glycine max* L.) Merrill. **International Journal of Agriculture Sciences**, v. 8, n. 50, p. 2158-2162, 2016.

YOKOYAMA, A. H. *et al.* Índice de área foliar e SPAD durante o ciclo da soja em função da densidade de plantas e sua relação com a produtividade de grãos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages-SC, v. 17, n. 4, p. 531-538, 2018.

ZANDONÁ, R. R. *et al.* Sintomas de Fitointoxicação de herbicidas em noqueira-pecã. **Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2021.

ZANON, A. J. *et al.* **Ecofisiologia da soja visando altas produtividades**. 1a. ed. Santa Maria/RS: Pallotti, 2018. 277 p.

ZANUZO, M. R. *et al.* Influência do uso de ácido giberélico (AG3) no desenvolvimento e rendimento de milho safrinha. **Uniciências**, v. 16, n. 1, p. 25-31, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2012v16n1p%25p>.

ZOBIOLE, H. S. L. *et al.* Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1, p. 57-69, 2010.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

As cultivares de soja BS 2606 e TMG 7062, demonstraram e confirmaram as diferenças existentes entre elas, em muitos dos caracteres avaliados, principalmente no rendimento de grãos, porém depende principalmente do ano.

A cultivar TMG 7062 cultivada em alta altitudes como em Lages, é mais propícia ao acamamento, mas isso é dependente do ano e das condições climáticas, como na safra 2020/21 em que não foi observado acamamento, somente no ano 2021/22. Esta segunda safra favoreceu o crescimento das plantas em altura e associado a isto menor diâmetro da haste das plantas e menor número de ramos por planta.

O uso de reguladores vegetais pode ser uma opção de manejo para soja e os agricultores/agrônomos podem optar por um ou outro produto (ingrediente ativo), levando em conta as condições climáticas, mas neste caso, a proexadiona cálcica e o cloreto de mepiquate não tiveram os menores índices de acamamento em comparação com a benziladenina e os herbicidas (lactofem e a associação bentazon+imazamoxi). Fato interessante foi constatado via aplicação do produto comercial composto de bentazon+imazamoxi o qual tem potencial para ser usado como herbicida magnoliopsida e se mostrou eficiente e proporcionar plantas que também acamaram menos (isto merece aprofundamento de pesquisas científicas na elucidação das causas fisiológicas envolvidas). Neste caso foi aplicado como opção no “escape” após a aplicação de glyphosate em soja RR. Também merece aprofundamento de estudos como opção isolada no manejo de plantas daninhas na soja em pós-emergência da cultura.

O herbicida comercial contendo bentazon+imazamoxi não ocasionou fitointoxicação nas plantas de soja, em pesquisas futuras, poderá ser incluída a avaliação referente a eficiência de controle de plantas daninhas dicotiledôneas na cultura da soja.

O herbicida lactofem se confirmou como uma opção de regulador de crescimento na cultura da soja, mas isso depende da dose a ser utilizada, para minimizar o acamamento de planta. Mesmo ocorrendo a fitointoxicação, as plantas se recuperaram aos 28 DAA, e isso não acarretou em menor produtividade em comparação com a testemunha. Além de ser uma opção no controle de plantas daninhas dicotiledôneas, principalmente no “escape” após a aplicação de glyphosate em soja RR.

O biofertilizante utilizado não acarretou ganhos de produtividade em comparação com a testemunha e os outros produtos utilizados. Entretanto, seria uma opção de aplicação combinada e/ou sequencial após a aplicação de produtos que causam/causaram fitointoxicação nas plantas, por exemplo, lactofem; auxiliando em recuperação mais rápida das plantas.

**APÊNDICES — RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIAS DE TODOS OS EXPERIMENTOS, CONDUZIDOS POR DUAS SAFRAS, EM CONDIÇÕES DE CULTIVO À CAMPO E EM AMBIENTE PROTEGIDO**

APÊNDICE A — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de fitointoxicação de plantas (%) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação de duas doses de dois herbicidas inibidores da PROTOX em área experimental do Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22

F.V.	G.L.	Fitointoxicação - dados de campo, safras 2020/21 e 2021/22			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	4	33,44	15,87	15,47	0,85
ANO (A)	1	1500,62*	0,4	9,02	4,22
CULTIVAR (C)	1	15,62	864,90*	93,02*	1,22
PRODUTOS (P)	1	5,62	722,50*	87,02*	0,02
C x A	1	140,62	810,00*	15,62	1,22
C x P	1	50,62	72,9	42,02*	15,62*
P x A	1	765,62*	270,40*	133,22*	0,62
C x A x P	1	140,62	40	30,62	3,02
ERRO	28	53,44	38,6	6,9	3,48
C.V. %		21,74	25,1	36,62	140,76
MÉDIA		33,62	24,75	7,17	1,32

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE B — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de altura de plantas (cm) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em área experimental do Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22

F.V.	G.L.	ALTURA			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	4	0,32	0,57	0,52	0,68
ANO (A)	1	3,70*	2,99*	5,90*	18,64*
CULTIVAR (C)	1	7,94*	4,61*	2,57*	4,41*
PRODUTOS (P)	7	0,24	0,25	0,51	0,58
C x A	1	14,39*	9,03*	20,10*	24,78*
C x P	7	0,12	0,22	0,11	0,09
P x A	7	0,18	0,33	0,24	0,19
C x A x P	7	0,48	0,44	0,37	0,27
ERRO	124	0,29	0,32	0,37	0,38
C.V. %		9,06	8,54	8,42	7,94
MÉDIA		35	43	52	60

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE C — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em área experimental do Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22

F.V.	G.L.	SPAD			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	4	8,95	5,6	15,66*	19,19*
ANO (A)	1	0,27	119,54*	84,68*	348,98*
CULTIVAR (C)	1	16,9	284,35*	54,29*	105,46*
PRODUTOS (P)	7	78,06*	5,45	10,40*	27,22*
C x A	1	612,31*	7,44	118,34*	4,06
C x P	7	3,95	8,13	7,14	10,68*
P x A	7	10,28*	1,93	4,77	26,23*
C x A x P	7	2,87	2,45	4,28	5,62
ERRO	124	4,71	4,12	3,6	3,75
C.V. %		5,9	5,13	4,57	4,77
MÉDIA		36,8	39,5	41,5	40,6

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: grau de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE D — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação NDVI aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em área experimental do Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22

F.V.	G.L.	NDVI			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	4	0,13	0	0,10*	0,03
ANO (A)	1	3,81*	0,02	0,28*	1,58*
CULTIVAR (C)	1	8,17*	0,06	0,29*	1,49*
PRODUTOS (P)	7	2,82*	0,02	0,01	0,02
C x A	1	0,63*	18,22*	0,87*	0,91*
C x P	7	0,06	0,03*	0,03	0,02
P x A	7	0,52*	0,02	0,02	0,01
C x A x P	7	0,05	0,03	0	0,01
ERRO	124	0,07	0,01	0,02	0,01
C.V. %		3,83	1,78	1,88	1,51
MÉDIA		6,79	6,8	7,1	7

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: grau de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE E — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação no estádio R8 em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em área experimental do Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22

F.V.	G.L.	Pré-Colheita					
		AP	DHP	NRP	NNP	NVP	NGP
BLOCO	4	0,46	0,08*	0,02	0,05	0,5	15,08
ANO (A)	1	14,07*	0,20*	4,64*	0,04	433,60*	88,21*
CULTIVAR (C)	1	0,01	1,25*	1,38*	1,88*	8,67*	4467,98*
PRODUTOS (P)	7	0,73*	0,03	0,06	0,06	0,99	10,73
C x A	1	2,71*	0,19*	0,05	0,18	10,58*	23,35
C x P	7	0,12	0,04	0,05	0,05	1,63	24,46
P x A	7	0,07	0,01	0,04	0,02	0,68	10,29
C x A x P	7	0,18	0,05	0,06	0,04	1,11	26,83
ERRO	124	0,29	0,03	0,06	0,05	1,28	14
C.V. %		6,17	5,21	9,81	5,08	11,85	11,87
MÉDIA		77	9,2	6	17	94	1036

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE F — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de produtividade e MMG em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos na área experimental do Tambo, Lages-SC, safra 2020/21 e 2021/22

F.V.	G.L.	Pós-Colheita	
		RG	MMG
BLOCO	4	0,04	476,37*
ANO (A)	1	0	22459,30*
CULTIVAR (C)	1	1,11*	56715,58*
PRODUTOS (P)	7	0,04*	169,88
C x A	1	0,21*	1,53
C x P	7	0,02	78,12
P x A	7	0,01	10,76
C x A x P	7	0,01	186,43
ERRO	124	0,02	122,69
C.V. %		7,84	6,96
MÉDIA		2,8	159,06

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE G — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de fitointoxicação de plantas (%) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação de duas doses de dois herbicidas inibidores da PROTOX em ambiente controlado, Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

F.V.	Fitointoxicação CV 2019/20 e 2020/21				
	G.L.	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	9	60	28,6	14,95	2,7
ANO (A)	1	52	0,31	52,81	168,20*
CULTIVAR (C)	1	219,45	82,01	13,61	0,8
PRODUTOS (P)	1	6011,78*	2542,51*	1147,61*	387,20*
C x A	1	371,95	43,51	0,01	5
C x P	1	1026,03*	117,61	32,51	1,8
P x A	1	1457,78*	556,51*	308,11*	231,20*
C x A x P	1	4,28	177,01	86,11	20
ERRO	63	116,2	44,6	22,62	9,54
C.V. %		78,58	81,32	96,33	126,1
MÉDIA		13,74	8,21	4,94	2,45

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE H — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de altura de plantas (cm) aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em ambiente controlado, Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

F.V.	ALTURA				
	G.L.	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	9	61,49*	118,85*	223,12*	248,72*
ANO (A)	1	13261,25*	29395,28*	60637,58*	76353,90*
CULTIVAR (C)	1	1304,11*	2349,03*	9255,75*	10986,33*
PRODUTOS (P)	7	33,28*	61,64*	185,73*	263,21*
C x A	1	1288,01*	2708,63*	10181,33*	11846,28*
C x P	7	10,92	46,28*	101,92*	124,66*
P x A	7	15,23	69,71*	83,05	130,67*
C x A x P	7	10,1	45,43	94,28	103,49
ERRO	279	12,65	21,33	47,02	59,93
C.V. %		9,62	9,71	11,89	12,36
MÉDIA		37	47	58	63

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE I — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de SPAD aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em ambiente controlado, Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

F.V.	G.L.	SPAD			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	9	5,52	13,70*	7,83	11,93*
ANO (A)	1	65,97*	1,12	0,05	58,05*
CULTIVAR (C)	1	258,66*	2,57	1,57	137,94*
PRODUTOS (P)	7	23,46*	39,62*	43,02*	12,39*
C x A	1	516,38*	3,94	46,97*	173,31*
C x P	7	6,92	21,35*	7,23	3,47
P x A	7	19,56	19,14*	51,76*	25,12*
C x A x P	7	20,07	15,11	17,42	9,88
ERRO	279	10	7,16	6,69	5,98
C.V. %		7,84	6,74	6,43	6,07
MÉDIA		40,33	39,72	40,24	4,32

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE J — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação de NDVI aos 7, 14, 21 e 28 DAA em duas cultivares de soja pela aplicação de dos produtos em ambiente controlado Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

F.V.	G.L.	NDVI			
		7 DAA	14DAA	21 DAA	28 DAA
BLOCO	9	0,11	0,14	0,08	0,22*
ANO (A)	1	5,20*	1,61*	3,70*	17,34*
CULTIVAR (C)	1	0,08	0,15	7,38*	0,01
PRODUTOS (P)	7	1,62*	0,25	0,02	0,09
C x A	1	0,34	0,29	7,94*	0,49*
C x P	7	0,20*	0,15	0,04	0,05
P x A	7	0,97*	0,27	0,05	0,17*
C x A x P	7	0,24	0,19	0,04	0,05
ERRO	279	0,1	0,18	0,05	0,05
C.V. %		4,68	6,2	3,16	3,35
MÉDIA		6,66	6,8	6,99	7,07

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE K — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação no estágio R8 (pré-colheita) em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em ambiente controlado, Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

F.V.	G.L.	Pré colheita				
		AP	DHP	NNP	NVP	NGP
BLOCO	9	232,72*	0,3	2,47*	505,11*	2112,31*
ANO (A)	1	54210,08*	54,95*	69,38*	70359,45*	487500,31*
CULTIVAR (C)	1	12865,13*	1,86*	83,03*	63084,53*	336182,45*
PRODUTOS (P)	7	218,04*	0,71*	2,36*	1240,94*	4878,86*
C x A	1	13820,65*	1,08*	85,08*	73659,45*	355244,51*
C x P	7	136,06*	0,58*	2,06*	249,03	709,56
P x A	7	132,96*	0,55*	4,02*	1994,45*	9140,94*
C x A x P	7	108,97	0,66	1,89	510,54	3122,27
ERRO	279	60,9	0,24	0,96	143,14	740,7
C.V. %		12,71	6,85	6,28	17,69	17,85
MÉDIA		61,4	7,21	15,58	67,62	152,49

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

APÊNDICE L — Análise de variância (quadrado médio) para avaliação no estágio R8 (pós-colheita) em duas cultivares de soja pela aplicação dos produtos em ambiente controlado, Lages-SC, safra 2019/20 e 2020/21

F.V.	G.L.	Pós-colheita	
		PG	MCG
BLOCO	9	18,61	24,48*
ANO (A)	1	1643,48*	965,27*
CULTIVAR (C)	1	115,92*	2599,20*
PRODUTOS (P)	7	37,36*	76,86*
C x A	1	52,33*	2697,00*
C x P	7	10,35	10,16
P x A	7	31,38*	91,17*
C x A x P	7	3,35	23,64
ERRO	279	11,15	6,96
C.V. %		14,6	15,34
MÉDIA		22,87	17,2

F.V.: fonte de variação; C.V.: coeficiente de variação; G.L.: graus de liberdade; DAA: dias após aplicação; \*significativo a  $p \leq 0,05$  pelo teste de F. Fonte: Elaborado pela autora (2023).