

FRANCISCO HENRIQUE FERRAZ MARIANNO

**DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA SUBMETIDA A
APLICAÇÃO DE FITORREGULADORES NA FASE
REPRODUTIVA E A DOIS REGIMES HÍDRICOS NO
ENCHIMENTO DE GRÃOS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Arruda de Souza

**LAGES-SC
2016**

Marianno, Francisco Henrique Ferraz
Desempenho produtivo da soja submetida a aplicação
de fitorreguladores na fase reprodutiva e a dois
regimes hídricos no enchimento de grãos /
Francisco Henrique Ferraz Marianno. -2016.
100p. : il. ; 21 cm

Orientador: Clovis Arruda de Souza

Bibliografia: p. 92-100

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2016.

1.*Glycine max* Merrill L. 2.Reguladores de
crescimento. 3.Disponibilidade hídrica. 4.Intacta.
5.Produtividade. I.Marianno, Francisco Henrique
Ferraz. II.Souza, Clovis Arruda de.
III.Universidade do Estado de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.
IV.Desempenho produtivo da soja submetida a
aplicação de fitorreguladores na fase reprodutiva
e a dois regimes hídricos no enchimento de grãos.

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

FRANCISCO HENRIQUE FERRAZ MARIANNO

**DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA SUBMETIDA A
APLICAÇÃO DE FITORREGULADORES NA FASE
REPRODUTIVA E A DOIS REGIMES HÍDRICOS NO
ENCHIMENTO DE GRÃOS**

Dissertação 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 obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Orientador: _____
Prof. Dr. Clovis Arruda de Souza
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro: _____
Dr. Luís Sangoi
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro: _____
Dr. Marcio Zílio
UNOESC/Campos Novos - SC

Lages, 05 de agosto de 2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Pio e Sandra que sempre me fizeram acreditar que os desafios só existem para serem superados, que o meu limite, quem impõem sou eu, e que a vida é só uma e não tem ensaio.

Aos meus avós, tios e tias por serem aqueles que desde a graduação me incentivaram e assistiram em absolutamente todos os momentos, e juntamente com meus pais, acreditaram na importância da capacitação através do conhecimento para sucesso pessoal.

Ao meu orientador Clovis Arruda de Souza, por sua disponibilidade, paciência, pelas conversas, pela excelência como professor e todo conhecimento ofertado.

Aos amigos feitos ou mantidos ao longo do curso, pelo apoio e pelas lembranças que os mesmos trouxeram ao participar de alguma forma desta etapa.

A UDESC pela oportunidade de realização do curso de graduação em Agronomia e de mestrado em Produção Vegetal.

Dedico a minha família e amigos
pois sempre me motivaram a assumir
novos desafios e me encorajaram na
busca de uma vida bem vivida.

RESUMO

MARIANNO, Francisco Henrique Ferraz. **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: fisiologia e manejo de plantas) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Lages. 2016.

A cultura da soja, no Brasil, se destaca entre outras culturas devido sua importância no balanço comercial nacional, bem como pela extensão de área cultivada e pelo volume de produção alcançado. No entanto, adversidades climáticas como a má distribuição pluviométrica ao longo do ciclo da cultura proporciona redução do seu potencial produtivo. Em função disso, os objetivos desta pesquisa foram (i) verificar se a aplicação de fitorreguladores em distintos estádios reprodutivos das plantas mitigam os efeitos negativos da restrição hídrica e ii) verificar se a aplicação de fitorreguladores em diferentes estádios reprodutivos das plantas aumentam a efetivação das estruturas reprodutivas de soja. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e em campo, no município de Lages-SC, no ano agrícola de 2014/15. Em ambos os experimentos o delineamento experimental foi em blocos casualizados, distribuídos em parcelas sub-subdivididas. Na casa de vegetação o esquema foi 2x3x6, sendo alocados na parcela os dois níveis de disponibilidade hídrica (80 e 60% de umidade gravimétrica do solo) com início em R5 e duração de 15 dias, na subparcela, os três estádios fenológicos (R1, R3 e R5) das plantas de soja onde foram aplicados cinco reguladores de crescimento (sub-subparcela): uma mistura de ácido giberélico + ácido indolilbutírico + cinetina (GIC), cloreto de

mepiquate (Mepiq), cloreto de chlormequate (Chlorm), benziladenina (Benz) e prohexadiona de cálcio (Pro.Ca) e uma testemunha (água); neste experimento utilizou-se a cultivar NS 5959 IPRO. No campo o esquema foi 3x3x6, sendo alocados na parcela as três cultivares (NA 5909 RG, NS 5959 IPRO e NS 5601 IPRO), na subparcela, os três estádios fenológicos (R1, R3 e R5) das plantas de soja onde foram aplicados cinco reguladores de crescimento (sub-subparcela): GIC, Mepiq, Chlorm, Benz, Pro.Ca e uma testemunha (água). Os resultados do experimento em casa de vegetação evidenciaram que a restrição hídrica por 15 dias a partir do início do estádio R5 (60% u.g.), afetou volume radicular, altura de plantas, índice de colheita, massa seca de parte aérea, número de vagens por plantas, número de grãos por planta, massa de mil grãos e produção de grãos. As aplicações de reguladores de crescimento isoladamente, não demonstram capacidade mitigatória do efeito da restrição hídrica uma vez que houve redução diâmetro de haste principal, altura de plantas número de vagens por planta e rendimento de grãos apesar de gerar raízes mais volumosas e grãos mais com maior massa, o que não compensou o menor número de grãos por planta. No experimento de campo, houve efeito de cultivar, sendo NA 5909 RG e NS 5959 IPRO mais produtivas que a NS 5601 IPRO, esta última mais precoce e com produtividade 28% menor. A aplicação individual de cinco fitoreguladores, nos estádios R1, R3 ou R5, demonstram respostas diferentes sobre cada cultivar, onde as aplicações em R1 demonstram capacidade de potencializar o número de vagens por planta, independente do regulador de crescimento, mas apenas a aplicação de cloreto de chlormequate gera aumento no rendimento de grãos nas cultivares NS 5959 IPRO e NS 5601 IPRO.

Palavras-chave: *Glycine max*, Reguladores de crescimento, Disponibilidade hídrica, Estádio fenológico.

ABSTRACT

MARIANNO, Francisco Henrique Ferraz. **Influence of plant growth regulators and water availability at the reproductive phase on agronomic soybean performance.** 2016, 100 p. Dissertation (Masters in Plant Production - Area: physiology and management of plants) - Santa Catarina State University. Post-Graduate Program in Plant Production. Lages. 2016.

The soybean crop in Brazil stands out from other cultures due to its importance in the national trade balance, as well as the acreage extension and the volume of production achieved. However, adverse weather conditions such as poor rainfall distribution throughout the crop cycle provides reduction of its grain yield potential. As a result, the objectives of this study were (i) verify that the application of plant growth regulators in different reproductive stages of plants mitigate the negative effects of water restriction and (ii) verify that the application of plant regulators in different reproductive stages of plants increase the effectiveness of reproductive structures of specific cultivar with IPRO technology soybeans. The experiments were conducted in a greenhouse and in the field of the State University of Santa Catarina State University-UDESC in Lages, SC, at 2014/15 growing season. In both experiments an experimental design was randomized blocks, split-split-plots. In the greenhouse a 2x3x6 design was adopted, main-plot was two levels of water availability (80 and 60% of gravimetric soil moisture), the split-plot, the three growth stages (R1, R3 and R5) of soybean plants where were applied five growth regulators (split-split-plot): a mixture of gibberellic acid + indole butyric acid + kinetin (GIC), mepiquat chloride (Mepiq), chlormequate chloride (Chlorm), benzyladenine

(Benz) and prohexadione calcium (Pro.Ca) and the control (only water); this experiment taken. The determination of the root distribution in binary (presence denomination (1) and absence (0) of the root in each was used a soybean NS 5959 IPRO. On farm a field design was 3x3x6, main plot were three cultivars (NA 5909 RG, NS 5959 IPRO and NS 5601 IPRO) in the split-plot, the three growth stages (R1, R3 and R5) of soybean plants which were applied five growth regulators (split-split-plot): GIC, Mepiq, Chlorm, Benz, Pro.Ca and the control (water). The greenhouse results greenhouse showed that water restriction for 15 days from the early R5 stage (60% u.g.), affected VR, AP, IC, MSPA, NVP, NGP, MMG and PG. The plant growth regulators applications at R1, R3 or R5 stage not mitigate water restriction, but lead to decreased on DHP, AP, NVP, NGP and RG. The root volume and grain weight were increased due water restriction. The field experiment results pointing to a main cultivar effects. The NA 5909 RG and NS 5959 IPRO were more productive (about +28%) than NS 5601 IPRO. The individual applications of five growth regulators, at stages R1, R3 or R5, demonstrate different responses on each cultivar. The better results were obtained due plant regulators applications on plant at R1 stage. It stage demonstrate higher ability to maximize the number of pods per plant. But only chlormequat chloride leads to an increase in grain yield of NS 5959 IPRO and NS 5601 IPRO cultivars.

Keywords: *Glycine max*, plant growth regulators, water availability, Intact.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Série de dados históricos da área de cultivo e produção de soja no Brasil.	32
Figura 2 – Volume radicular (VR) de soja submetida a aplicação isolada de cinco reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos em com restrição hídrica em R5 – irrigadas	49
Figura 3 – Diâmetro da haste principal (DHP) de soja submetida a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos em com restrição hídrica em R5 – irrigadas	51
Figura 4 – Diâmetro de haste principal (DHP) de plantas de soja em função de dois teores de umidade do solo partir de R5 com aplicação dos cinco reguladores de crescimento em três estádios fenológicos diferentes	53
Figura 5 – Altura de plantas (AP) de soja em função da aplicação dos reguladores de crescimento e do teor de umidade do solo	55
Figura 6 – Altura de plantas de soja (AP) em função de três estádios de aplicação de cinco dos reguladores de crescimento	56
Figura 7 – Índice de colheita (IC) de soja em função da aplicação de reguladores de crescimento no estágio reprodutivo sob dois teores de umidade do solo imposta por 15 dias a partir do estágio R5.....	58
Figura 8 – Número de vagens por planta (NVP) de soja em função da aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo sob dois teores de umidade do solo imposta por 15 dias a partir do estágio R5	60

Figura 9 – Número de vagens por planta (NVP) de soja em função dos três estádio de aplicação de cinco reguladores de crescimento	62
Figura 10 – Massa de mil grãos (MMG) de cultivares de soja submetida a restrição hídrica no estágio reprodutivo e reguladores de crescimento nos estádios R1, R3 e R5	66
Figura 11 – Produção de grãos (PG) de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.....	68
Figura 12 – Dados pluviométricos para o município de Lages – SC, de dezembro a abril, safra 2014/15.....	70
Figura 13 – Diâmetro de haste principal (DHP) de cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.	75
Figura 14 – Diâmetro de haste principal (DHP) de três cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.	76
Figura 15 – Diâmetro de haste principal (DHP) de três cultivares de soja tratadas com reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos, Lages – SC.	77
Figura 16 – Altura de plantas (AP) de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento em três estádios fenológicos.	79
Figura 17 – Altura de plantas (AP) de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento em três estádios fenológicos. Altura de plantas (AP) de três cultivares de soja tratadas com reguladores de crescimento em estádios fenológicos distintos, Lages – SC.	80
Figura 18 – Número de canivetinhos por planta (NCP) de soja submetidas a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos.	83

Figura 19 – Número de vagens por planta (NVP) de cultivares submetidas a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos.	85
Figura 20 – Rendimento de grãos (RG) de três cultivares de soja pulverizadas com reguladores de crescimentos no estágio reprodutivo.	86
Figura 21 – Rendimento de grãos (RG) de cultivares de soja submetidas a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios fenológicos diferentes.	87
Figura 22 – Rendimento de grãos (RG) de cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.	88
Figura 23 – Rendimento de grãos (RG) de três cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 (A) – Valores de quadrado médio da análise de variância dos caracteres morfo-agronômicos: ^{1/} VR, DHP, AP, IC, MSPA e NVP obtidos de plantas de soja em função da restrição hídrica e da aplicação dos reguladores de crescimento em distintos estádio reprodutivo Lages, SC, 2014/2015.	46
Tabela 1 (B) – Valores de quadrado médio da análise de variância dos caracteres morfo-agronômicos: ^{2/} AGV, NGV, NGP, MMG e PG obtidos de plantas de soja em função dos tratamentos. Lages, SC, 2014/2015.	47
Tabela 2 – Volume radicular (VR) de soja submetida a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios reprodutivos e a restrição hídrica no estádio R5.	48
Tabela 3 – Produção de grãos por planta (PG) de soja em função de três estádios de aplicação de reguladores de crescimento sob restrição hídrica imposta a partir do estádio R5 – irrigada.	64
Tabela 4 – Produção de grãos (PG) por planta de soja em função da aplicação de cinco reguladores de crescimento em três distintos estádios fenológicos.	65
Tabela 5 – Produção de grãos (PG) por planta de soja em função de três estádios de aplicação de reguladores de crescimento sob restrição hídrica imposta a partir do estádio R5 (com restrição hídrica (60%) e sem restrição hídrica (80%)).	67
Tabela 6 – Valores de quadrado médio da análise de variância dos caracteres morfo-agronômicos: ^{1/} DHP, AP, NCP, NVP, MMG e RG obtidos de plantas de distintas cultivares de soja em função da aplicação de reguladores de crescimento em distintos estádios reprodutivos. Lages, SC, 2014/2015.	74

Tabela 7 – Altura de plantas (AP) de três cultivares de soja submetidas a aplicações de cinco reguladores individualmente em três estádios fenológico diferentes, Lages-SC, 2014/2015	81
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
1.1	A SOJA E SUA REALÇÃO COM O BRASIL	31
1.2	PRINCIPAIS RAZÕES PARA A EXPANÇÃO DA PRODUÇÃO	32
1.2.1	Políticas	32
1.2.2	Tecnológicas	33
1.2.3	Cenário da soja	34
1.2.4	Desafio em manter o “status hídrico satisfatório” ..	34
1.2.5	Reguladores de crescimento e suas aplicações na agricultura	36
1.3	HIPÓTESES	40
1.4	OBJETIVOS	40
2	EXPERIMENTO REALIZADO EM CASA DE VEGETAÇÃO	41
2.1	MATERIAL E MÉTODOS	41
2.2	FONTES DE REGULADOR DE CRESCIMENTO	43
2.3	AVALIAÇÕES E COLETA DE DADOS	43
2.4	ABORDAGEM ESTATÍSTICA	44
2.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
2.5.1	Volume radicular (VR)	45
2.5.2	Diâmetro de haste principal (DHP)	50
2.5.3	Efeito sobre altura de plantas (AP)	53
2.5.4	Índice de colheita (IC)	57
2.5.5	Número de vagens por plantas (NVP)	58
2.5.6	Aborto de grãos por vagens (AGV)	62
2.5.7	Número de grãos por vagens (NGV)	62

2.5.8	Número de grãos por plantas (NGP)	63
2.5.9	Massa de mil grãos (MMG)	65
2.5.10	Produção de grãos (PG)	66
2.6	CONCLUSÃO	68
3	EXPERIMENTO CONDUZIDO A CAMPO	69
3.1	MATERIAL E MÉTODOS	69
3.2	FONTES DE REGULADOR DE CRESCIMENTO	71
3.3	AVALIAÇÕES E COLETA DE DADOS	71
3.4	ABORDAGEM ESTATÍSTICA	72
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
3.5.1	Diâmetro de haste principal (DHP)	72
3.5.2	Altura de plantas de soja (AP)	77
3.5.3	Número de vagens menores que 20 mm por plantas (VP)	82
3.5.4	Número de vagens por plantas (NVP)	83
3.5.5	Massa de mil grãos (MMG)	85
3.5.6	Rendimento de grãos	86
3.6	CONCLUSÃO	90
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

1 INTRODUÇÃO

1.1 A SOJA E SUA RELAÇÃO COM O BRASIL

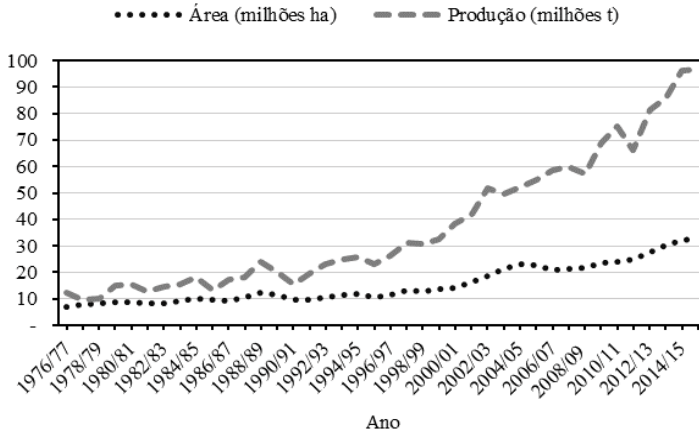
Os primeiros registros de introdução desta cultura no Brasil são datados do final do século XIX, quando o professor Gustavo Dutra realizou os primeiros testes in loco das cultivares desenvolvidas nos Estados Unidos da América (EMBRAPA, 2004).

Dez anos depois a UNICAMP também teria iniciado seus testes com a cultura da soja, no entanto, foi logo no início do século XX que surgiu o primeiro registro de cultivo de soja no estado do Rio Grande do Sul, onde as condições edafoclimáticas eram mais propícias para o desenvolvimento desta espécie (EMBRAPA, 2004), mesmo assim, até meados dos anos 60 a soja não tinha importância econômica dentre as espécies cultivadas nacionalmente.

Foi a partir do final dos anos 60 que a produção de soja teve crescimento extraordinário, alterando sua importância relativa no cenário nacional e internacional (ARANTES; SOUZA, 1993).

Na Figura 1 é ilustrado o avanço do cultivo de soja desde 1980 no Brasil (CONAB, 2016), partindo das irrisórias 5 t/ano às atuais 100 milhões de t/ano, assim como observado na expansão da área de cultivo, porém, não acompanhando linearmente a produção total, o que por sua vez reflete em importante aumento de produtividade.

Figura 1 – Série de dados históricos da área de cultivo e produção de soja no Brasil.



Fonte: produção do próprio autor, adaptado de CONAB (2016).

1.2 PRINCIPAIS RAZÕES PARA A EXPANSÃO DA PRODUÇÃO

1.2.1 Políticas

A expansão da área de cultivo da soja teve como um de seus alicerces as políticas governamentais, pois através do incentivo à cultura do trigo, a soja passou a ser beneficiada, pois grande parte do cultivo da soja era sobre a mesma área que nas estações frias era destinada ao trigo, facilidades de financiamentos de máquinas agrícolas, além de incentivos fiscais para instalação e operações de parques industriais (SEIBEN; MACHADO, 2006).

Além do surgimento do sistema de cooperativismo, o desenvolvimento de pesquisas, a construção de Brasília e melhoria da malha viária nacional que tornou possível o escoamento da produção onde antes era considerado, regiões isoladas (EMBRAPA, 2004).

1.2.2 Tecnológicas

A heterogeneidade que atinge a agricultura brasileira em suas faces econômicas, sociais, culturais e ambientais, torna a necessidade de promover o desenvolvimento da agricultura competitiva mais complexa, pois transformar o processo de leitura e interpretação de suas diferentes realidades em um trabalho com alto nível de dificuldade e possivelmente, imprecisão (EMBRAPA, 2004). Apesar disso, ao longo do tempo, os programas de melhoramento genético obtiveram importantes mudanças para o desenvolvimento da cultura no Brasil. A altura das plantas, acamamento e deiscência dos grãos, são algumas características que foram reduzidas para facilitar a mecanização da colheita, a questão fitossanitárias em relação a tolerância das principais doenças, e desenvolvimento de novas cultivares aptas a baixas latitudes foram fundamentais para que a soja viesse a ter o papel de destaque entre as culturas nacionais (EMBRAPA, 2004; APROSOJA, 2014).

Outro fator que possibilitou a soja se destacar no cenário nacional, foi a partir de 2006/07 quando a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança aprovou o cultivo comercial da soja Roundup Ready (RR) da Monsanto (FREITAS, 2011), tal qual, segundo a ABRASEM (2013) a área de cultivo com esta tecnologia foi de 65%, que representava 24,4 milhões de hectares. Parte disso é devido ao sucesso dos resultados dos programas de melhoramento genético quanto a tolerância ou supressão das principais lagartas que atacam a cultura da soja, reduzindo os custos com pulverização, além de um incremento de produtividade fundamentado na tecnologia envolvida para inserção das características (MONSANTO, 2014). A tolerância da planta de soja portadora da tecnologia INTACTA é expressa pela proteína Cry 1 Ac que é altamente específica as principais lagartas que atacam a cultura e ao se alimentarem, às lagartas morrem principalmente por desequilíbrio osmótico do epitélio intestinal (ABRASEM, 2013).

1.2.3 Cenário da soja

A soja é a matéria prima de muitos outros produtos que integram este complexo de demanda expressiva, como para produção de óleo, que para o Brasil, estima-se que sejam esmagadas 40 milhões de toneladas (CONAB, 2016) e este complexo produziu 27,7 milhões de toneladas de farelo e 7,07 milhões toneladas de óleo, que 75% da produção de biodiesel são provenientes da soja de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – Abiove (2014).

A soja contém ingrediente base para 60% dos produtos alimentícios do Brasil (CAMPOS, 2005). Estes fatos tornaram a cadeia produtiva da soja de suma importância para a economia brasileira, representando 9,48 bilhões de dólares, o equivalente a 20,9% do saldo positivo da balança comercial brasileira em 2005 (MAPA, 2007).

Entretanto, toda esta produção é dependente de regularidade de chuvas, seja em quantidade ou sua distribuição temporal durante o ciclo produtivo da soja. De tal forma que é frequente a ocorrência de restrição hídrica para suas plantas (SENTELHAS, 2015).

1.2.4 Desafio em manter o “status hídrico satisfatório”

O regime climático do planeta vem sofrendo alterações que podem gerar condições de aquecimento da superfície e redução da regularidade de chuvas (SOLH; GINKEL, 2014).

A adaptação de diferentes cultivares de soja em determinadas regiões depende do atendimento às exigências nutricionais, térmicas, fotoperiódicas e hídricas (EMBRAPA, 1993). Tal que a principal causa da variação de produtividade tem sido atribuída a ocorrência de restrição hídrica, podendo diferir de 1378 kg/ha caso não houvesse tal limitação climática (EMBRAPA, 2000; SENTELHAS, 2015). A essencialidade da água para as plantas deve-se a sua contribuição na manutenção das funções vitais, como por exemplo, solvente, reagente, produto da atividade fotossintética, turgescência celular e controle térmico (CASTRO et al., 2005). Segundo Kerbauy

(2012), em tecidos metabolicamente ativos de plantas em crescimento, a água constitui 80 a 95% da massa. Os primeiros sintomas da restrição hídrica são a perda de turgor que pode refletir em redução na taxa de expansão celular e logo reduzir o crescimento foliar, expansão foliar e abertura estomática (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A planta de soja em condições de estresse hídrico reduz a taxa de condutância estomática, o turgor celular, a expansão foliar, acelera a senescência foliar, reduz a produção e a partição dos fotoassimilados (HOSSAIN; LAM; ZHANG, 2015; MANAVALAN et al., 2009; MUTAVA et al., 2014) além de abortar flores e vagens em quantidades proporcionais a magnitude e duração do estresse (EMBRAPA, 2003). Em casos extremos de restrição hídrica, durante a fase final da floração e na formação das vagens, pode ocorrer abortamento de quase todas as flores restantes e vagens recém formadas (EMBRAPA, 2000; GIMÉNEZ, 2014). De acordo com Zilio (2014) os efeitos da restrição hídrica no crescimento e na partição de biomassa das plantas dependem da intensidade, duração do período, do estágio fenológico da cultura e do manejo adotado, sendo que este pode influenciar nas respostas da planta sob condições de baixa disponibilidade hídrica. Segundo Prete et al. (2012), eventos de seca de 13 dias entre as fases de florescimento e formação de vagens proporcionaram redução de 14% no rendimento. Apesar de diferentes cultivares responderem de forma distinta a eventos de seca na fase reprodutiva (FIOREZE et al., 2011).

Existem dois períodos distintos mais críticos quanto à exigência hídrica, são eles (i) na germinação e emergência e (ii) do florescimento ao enchimento dos grãos; e que a cultura da soja exige entre 450 a 800 mm de águas bem distribuídas ao longo do seu ciclo para que atinja bom desenvolvimento produtivo (EMBRAPA, 2003).

No entanto, algumas regiões que se destacam pela sua participação no cenário produtivo da soja, denominada de

MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), estas apresentaram, atenção especial, a irregularidade do volume de chuva e sua distribuição ao longo de ciclo da soja (CONAB, 2016), assim como, a ocorrida em meados de janeiro, no estado de Santa Catarina, afetando as plantas que já estavam em estágio reprodutivo da cultura. Desta forma, o aumento de área de cultivo tem sido limitada pelas adversidades climáticas, principalmente relacionadas a déficits hídricos, como observado no Piauí que retraiu 16,3% da sua área cultivada (CONAB, 2016).

Em 2014, ocorreu reflexo negativo na produção devido ocorrência de estiagem nos principais estados produtores como Goiás, São Paulo, Mato Grosso e a região denominada MATOPIBA; este reflexo representou queda de 3,3% na produtividade quando comparado a safra passada, mesmo tendo um acréscimo na área colhida em 8,7%. Já o Paraná foi o estado mais impactado pela má distribuição das chuvas, seguido por Minas Gerais que teve 10,7% e pelo Rio Grande do Sul com redução de 4% da produtividade (CONAB, 2014).

Quando a soja enfrenta estresse hídrico, durante o seu desenvolvimento, uma alteração fisiológica importante é evidenciada por aumento nos níveis endógenos de ácido abscísico (MANAVALAN, 2009), que, aliás, tem alta correlação com o aborto de vagens em soja (LIU et al., 2004)

Com isso a abordagem de novas tecnologias e práticas de manejo incluindo a aplicação exógena de reguladores de crescimento são de suma importância para a manutenção da segurança alimentar, seja através do incremento de produtividade ou da mitigação das mudanças climáticas que estão por vir (SOLH; GINKEL, 2014).

1.2.5 Reguladores de crescimento e suas aplicações na agricultura

Uma técnica adotada para mitigar a redução de produtividade provocada pela restrição hídrica, é a aplicação de reguladores de crescimento, que podem ter efeitos positivos ou negativos, dependendo da quantidade aplicada, período de aplicação, região alvo e espécie (BERTOLIN et al., 2010), pois são substâncias naturais ou sintéticas que, aplicadas via exógena, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos, ou seja, de afetar o crescimento e desenvolvimento, controle de florescimento ou processos metabólicos como respostas de tolerância a condições de estresse, mesmo que em baixas dosagem (CASTRO et al., 2005; KIM et al., 2015), geralmente por inibir a biossíntese, transporte ou, no sítio receptor do sinal, ou ainda bloqueando os hormônios receptores (RADEMACHER, 2015). Assim como, afirma Souza et al. (2013) que os reguladores de crescimento afetam a arquitetura da planta, e também o peso de mil sementes, podendo então afetar positivamente a produtividade da soja.

De acordo com Passos et al. (2008), a citocinina tem um importante papel na expansão foliar além de atuar sobre a formação de pigmentos e proteínas fotossintéticas. Taiz e Zeiger (2013) afirmam que as citocininas retardam a senescência foliar, podendo então estender a produtividade fotossintética além diminuir a dominância apical e promover o crescimento das gemas laterais. Segundo Kerbauy (2012) elas possuem alta relação com o estabelecimento de drenos, gerando reflexos em duas proteínas necessárias para o descarregamento apoplástico do floema, a invertase e as transportadoras de hexose. Portanto, maior produção de fotoassimilados que por sua vez potencializa para maior produtividade de grãos. A aplicação de cinetina em plantas que estavam no estádio R3 (FERH, 1971), propiciaram aumento no peso de mil sementes em 6,9% e de 12,1% no número de legumes por planta em relação a testemunha; este aumento nestes dois importantes componentes do rendimento de

sementes levou ao ganho de produtividade em 22,5% (PASSOS et al. 2008).

Segundo Bertolin et al. (2010), o uso de bioestimulante composto por cinetina, ácido giberélico e ácido indolbutírico disponível com o nome comercial de Stimulate® proporcionou incremento no número de vagens por planta e na produtividade de grãos, tanto em aplicação via sementes, quanto via foliar, porém é considerado mais efetivo quando aplicado sobre plantas na fase reprodutiva. Em outra pesquisa, Magalhães Junior (1991), usou o ácido indolbutírico e obteve aumento no crescimento do sistema radicular secundário em brotos de ameixeira cultivada em meio de cultura. De acordo com Souza et al. (2009) a aplicação exógena de giberilina em feijão nas fases iniciais do desenvolvimento das plantas, são capazes de afetar positivamente o número de ramos, número de vagens por planta e número de grãos por planta, que por sua vez aumentou a produtividade em 12 %. Fenômeno associado a característica da giberelina e sua íntima relação na regulação do crescimento e desenvolvimento, sua influência sobre o florescimento e tolerância em condições adversas também já foram descritos (KIM et al., 2015).

Outros reguladores de crescimento como a benziladenina aplicada exogenamente é capaz de estimular o aumento da massa de sementes de soja, quando cultivada em meio de cultura (NASCIMENTO; MOSQUIM, 2004), bem como pode alterar não somente os componentes reprodutivos, como também o metabolismo da planta, as tornando mais eficientes na produção e uso de fotoassimilados, assim conclui, Gouveia et al. (2012) no trabalho realizado com o mesmo ingrediente ativo aplicados sobre plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas*).

A aplicação exógena de cloreto de chlormequate, um tipo de regulador de crescimento baseado no bloqueio da síntese de giberelina pelo composto quaternário (RADEMACHER, 2004) aumenta o diâmetro de haste da soja

e reduz a estatura, talvez por desviar o destino dos fotoassimilados para o aumento do diâmetro da haste, entretanto, não houve significância sobre número de sementes por vagens bem como número grãos por plantas (SOUZA et al., 2013).

Aplicação de cloreto de mepiquate no algodoeiro sob situação de estresse por deficiência hídrica, proporciona maior teores de clorofila e taxa de assimilação de carbono, quando comparada a testemunha (MARUR, 1998). Bem como, aumenta o peso de sementes para a mesma cultura (LAMAS, 2001). Segundo Souza et al. (2013), as plantas de soja com menor estatura apresentaram maior número de vagens, maior número de grãos por planta e grãos mais pesados, quando submetidas a aplicação de Cloreto de mepiquate sobre plantas que estavam no estágio R1. Tal como Campos (2005), com a aplicação sequencial a cada 13 dias a partir do 43º dia após emergência, obteve como resultado maior matéria seca das vagens com a aplicação exógena do mesmo produto.

Outro regulador de crescimento potencial é o prohexadiona de cálcio, que é um inibidor da parte final da biossíntese de giberelinas, que tem a propriedade de controlar o crescimento vegetativo (RADEMACHER, 2004; ATAIDE et al., 2015). Porém, até o presente momento, não há estudos referentes aos efeitos desta substância sobre o desenvolvimento de soja.

O etefon quando aplicado ao longo do ciclo de desenvolvimento de plantas de soja aumentou significativamente o número de ramificações laterais e retardou o surgimento das primeiras vagens (CAMPOS et al., 2014). Campos (2005) observou que a matéria seca das raízes foi incrementada, quando as plantas de soja receberam tratamento exógeno com etefon, e também observou incremento no número de vagens por plantas em relação à testemunha.

Portanto, faz-se relevante obter resultados que auxiliem nas decisões e práticas de manejo da cultura da soja em

situações onde haja incerteza da ocorrência de mínima pluviosidade necessária nos estádios mais sensíveis da cultura, para assim agir de maneira preventiva pela aplicação exógena de reguladores de crescimento na mitigação dos impactos negativos da deficiência hídrica.

1.3 HIPÓTESES

Com base no exposto acima, formularam-se as seguintes hipóteses:

(I) A aplicação de produtos reguladores de crescimento em soja no período reprodutivo proporciona maior capacidade das mesmas em se desenvolver tornando-as mais produtivas ou resilientes em diferentes disponibilidades hídricas, alterando caracteres morfológicos da planta e diminuindo o aborto de estruturas reprodutivas;

(II) A aplicação de reguladores de crescimento em soja influenciam positivamente nos parâmetros agrônômicos desde que aplicados no estágio reprodutivo, contribuindo para a efetivação de maior número de componentes de rendimento:

(a) Quando a aplicação é realizada no estágio R1, aumenta o número de vagens efetivas por planta, mesmo sob redução da disponibilidade hídrica na fase de enchimento de grãos;

(b) Quando a aplicação dos hormônios é realizada no estágio R3, reflete em aumento do número de sementes por planta, tanto quando conduzido a campo como para situação de déficit hídrico;

(c) Quando a aplicação dos hormônios é realizada em R5, promove aumento na massa de mil grãos

1.4 OBJETIVOS

O experimento de casa de vegetação teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação de reguladores de crescimento

nos diferentes estádios reprodutivos das plantas sobre os parâmetros agronômicos da soja submetida a dois regimes hídricos no início de enchimento de grãos.

O experimento de campo teve como objetivo verificar diferença de sensibilidade de cultivares de soja em resposta a aplicação de reguladores de crescimento durante distintos estádios fenológicos reprodutivos desta cultura.

2 EXPERIMENTO REALIZADO EM CASA DE VEGETAÇÃO

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias, na Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC) em Lages/SC, 27°48`58``S e 50°19`34``S. Na casa de vegetação, a semeadura foi realizada dia 12/12/2014 com cinco sementes por vaso, da cultivar NS 5959 IPRO tratadas previamente com fipronil (Standak®) e imidacloprido + tiodicarbe (Cropstar®). Cada vaso de PVC possuía de 8L de capacidade, o qual foi preenchido com substrato composto de uma mistura de três partes de um nitossolo para uma parte de areia. O foi realizado quando as plantas apresentavam duas folhas expandidas, mantendo apenas uma planta por vaso. Este estudo de casa de vegetação, foi composto por 180 vasos dispostos em seis bancadas, totalizando 36 tratamentos com cinco repetições, sendo que cada repetição era composta por um vaso, contendo uma planta efetiva, em ambiente com temperatura média em 25°C ($\pm 10^\circ\text{C}$) e teve como fontes de variação a combinação de três fatores, sendo eles:

a) Dois teores de água no solo (80 e 60% de umidade gravimétrica) diferentes apenas a partir do estágio fenológico R5.

b) Três estádios distintos de aplicação de reguladores de crescimento, início de floração (R1), início de formação de

vagens (R3) e início de enchimento de grãos (R5) na soja, o qual totalizou 36 tratamentos com cinco repetições, sendo que cada repetição era composta por um vaso, contendo uma planta efetiva.

c) Os reguladores de crescimento: mistura de giberelina + ácido indolilbutírico + cinetina (GIC), cloreto de mepiquate (Mepiq), cloreto de chlormequate (Chlorm), benziladenina (Benz), prohexadiona de cálcio (Pro.Ca) e Testemunha (água).

O teor de 80 e 60% da umidade gravimétrica (u.g.) do solo foi determinado a partir do momento onde a massa do solo seco de cada vaso foi mensurado através da secagem em estufa a 105°C por 24 horas e posteriormente, através da saturação do solo por dois dias consecutivos, com auxílio de balança de precisão foi determinado a massa de água necessária para atingir 100% u.g. e conseqüentemente os teores de 60% e 80% u.g. foram estimados. O suprimento de água às plantas da casa de vegetação foi realizado de modo a manter a umidade do solo próxima a 80% u.g.) através da adição do volume necessário de água uma vez ao dia até o estágio fenológico R5, quando a imposição da restrição hídrica foi realizada em metade do número de plantas até atingir o valor de 60% u.g., mantendo-as neste valor por 15 dias consecutivos, monitoradas por pesagem dos vasos. Após o período de deficiência (15 dias após o início do enchimento de grãos) foi retomado a irrigação e mantidas em condições de não deficiência (80% da umidade gravimétrica) até o final do ciclo das plantas.

2.2 FONTES DE REGULADOR DE CRESCIMENTO

As fontes de reguladores de crescimento aplicados no experimento de casa de vegetação e campo foram: uma mistura de ácido giberélico na dose de 0,01g i.a (ingrediente ativo) ha^{-1} com ácido indolilbutírico (0,01g i.a ha^{-1}) e cinetina (0,018g i.a ha^{-1}) (GIC), o cloreto de mepiquate (Mepiq) na dose de 50g i.a ha^{-1} , o cloreto de chlormequate (Chlorm) na dose de 25g i.a ha^{-1} , a benziladenina (Benz) na dose de 20g i.a ha^{-1} e a prohexadiona de cálcio (Pro.Ca) na dose de 55g i.a ha^{-1} , os quais foram aplicados via pulverizador costal de parcelas experimentais do modelo “Herbicat H” pressurizado por CO_2 , com barra com quatro bicos tipo leque modelo “Teejet XR 110 02 VP” espaçados a 0,5m cada regulada para um volume de calda equivalente a 200 L ha^{-1} . As aplicações foram sempre as 17h00, velocidade do vento menor que 10 km h^{-1} e temperatura do ar menor que 30 °C.

2.3 AVALIAÇÕES E COLETA DE DADOS

A altura de plantas (AP), do solo até a inserção da última vagem, e a distância entrenós foram determinadas com a utilização de réguas graduadas em milímetros (mm). O diâmetro de haste principal (DHP) foi realizado na parte média entre o colo da planta e o nó cotiledonar com auxílio de paquímetro digital.

A matéria seca (MS) foi determinada quando as plantas estavam em estágio R8 em estufas com circulação de ar forçada a 80°C por 48 horas ou até massa constante, através das cinco plantas (cinco repetições). Ao final do ciclo de desenvolvimento, a massa seca da parte aérea e dos grãos foram separadas e acondicionadas em sacos de papel e submetidas a secagem para se obter o coeficiente de partição.

O volume radicular foi determinado após a lavagem cuidadosa das raízes para separá-las da massa de solo. Posteriormente elas foram imersas em água para rehidratação

por 24 horas e em seguida foram mergulhada em provetas de volume conhecido de água, gerando um deslocamento de massa da água correspondente ao volume radicular, metodologia adaptada a partir de Trautmann et al. (2014).

Os componentes da produção como, o número de vagens por planta (NVP) foi determinado em R7, enquanto os demais componentes foram determinados ao final do ciclo da cultura (estádio R8), a umidade dos grãos (comparando a testemunha), o número total de grãos abortados por planta, número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de grãos por planta e massa de mil grãos (MMG).

O índice de colheita (IC) foi realizado através da determinação da produtividade de grãos por planta (PG) (determinada no estágio R8), dividida pela massa seca total da parte aérea da planta (MS_{total}). A MS_{total} foi obtida, por amostragem das plantas em estágio R7. Os resultados foram, transformados e expressados em percentagem, segundo a seguinte equação:

$$IC = (PG/MS_{total}) * 100.$$

Além disso, a produtividade de grãos foi corrigida (PC) para todas as parcelas experimentais na umidade padrão de 13%, conforme a seguinte equação:

$$PC = \text{Peso Úmido} * (100 - \text{Umidade Real} / 100 - 13).$$

2.4 ABORDAGEM ESTATÍSTICA

O delineamento experimental da casa de vegetação foi em blocos ao acaso, sendo os tratamentos arrançados em esquema fatorial 3x6x2 com cinco repetições, três estádios de aplicação (estádios R1, R3 e R5), cinco reguladores de crescimento (mais a testemunha) e dois teores de umidade gravimétrica no solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 10%, 5% e 1% de significância e, quando detectadas

variações significativas, as médias foram contrastadas pelo teste de Duncan.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 Volume radicular (VR)

A disponibilidade hídrica (fator A) e os reguladores de crescimento (fator B) alteraram o volume radicular (VR) das plantas (Tabela 1A), porém o estágio de aplicação (fator C) não foi capaz de expressar diferença para esta característica. Todavia, houve interação entre $A \times C$ e $A \times B \times C$.

Tabela 1 - (A) Valores de quadrado médio da análise de variância dos caracteres morfo-agronômicos: ^{1/} VR, DHP, AP, IC, MSPA e NVP obtidos de plantas de soja em função da restrição hídrica e da aplicação dos reguladores de crescimento em distintos estádio reprodutivo Lages, SC, 2014/2015.

F.V.	GL	VR	DHP	AP	IC	MSPA	NVP
Blocos	4	40.9 ns	1.4 ns	86.3 ns	3.6	2.0 ns	23.4 ns
H2O (A)	1	671.0 **	2.1 ns	1175.0 ***	137.7 ***	7.6 **	1861.0 ***
Resíduo a	5	56.0	1.1	62.0	5.4	1.7	35.3
Parcelas	9	115.0	1.1	2009.0	18.5	2.1	245.5
CV% parcela		28.2	15.9	10.8	4.0	7.1	11.2
Produto (B)	5	217.0 **	4.3 **	250.0 **	4.9 ns	13.1 **	73.9 ns
(A)x(B)	12	60.8 ns	1.2 ns	157.0 **	4.8 ns	1.7 ns	1921.3 ***
Resíduo b	40	50.7	1.1	60.0	4.7	1.3	36.6
Sub parcela	59	76.0	1.1	89.0	9.0	2.5	64.7
CV% sub parcela		26.8	15.2	10.6	3.9	7.0	11.4
Estádio	2	30.3 ns	8.4 ***	116.0 ns	6.4 ns	0.7 ns	152.5 **
(A)x(B)x(C)	18	70.9 *	1.9 **	83.2 **	5.1 ns	2.0 **	29.0 ns
(A)x(C)	6	288.0 **	2.3 **	34.0 ns	7.3 ns	4.0 **	15.5 ns
(B)x(C)	18	70.8 ns	0.6 ns	200.3 **	8.1 ns	1.8 ns	70.8 **
Resíduo c	80	45.1	0.8	43.2	5.2	1.2	32.3
Sub sub parcela	179	10518.0	196.0	12468.0	1080.0	307.7	8027.0
CV% sub sub parcela		25.3	13.6	9.0	3.9	6.5	10.7
Média		26.6 (ml)	6.6 (mm)	73.0 (cm)	58.1 (%)	16.5 (g)	53.2 (uni)

^{1/}Abreviaturas: volume radicular (VR), diâmetro de haste principal (DHP), altura de planta (AP), índice de colheita (IC), matéria seca de parte aérea (MSPA), número de vagens por plantas (NVP)

ns - não significativo; *, ** e *** - tratamentos diferem entre si significativamente em 10%, 5% e 1% pelo teste F.

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 1 – (B) Valores de quadrado médio da análise de variância dos caracteres morfo-agronômicos: ²/AGV, NGV, NGP, MMG e PG obtidos de plantas de soja em função dos tratamentos. Lages, SC, 2014/2015.

F.V.	GL	Abort. Em 20 vagens	NGV	NGP	MMG	PG
Blocos	4	9.4 ns	3.3	49.8 ns	216.9 ns	1.6 ns
H2O (A)	1	2.2 ns	3.9 ns	6372.0 **	33689.0 ***	14.0 **
Resíduo a	5	21.3	2.8	108.4	344.0	3.7
Parcelas	9	13.1	2.8	747.3	4012.0	6.9
CV% parcela		74.4	68.0	8.4	9.9	8.4
Produto (B)	5	29.3 ns	2.6 ns	562.0 **	395.0 ns	15.6 **
(A)x(B)	12	33.0 ns	2.8 ns	68.3 ns	416.0 ns	4.0 ns
Resíduo b	40	20.8	2.8	99.3	317.0	3.5
Sub parcela	59	20.9	2.8	223.1	955.4	4.8
CV% sub parcela		73.6	68.1	8.1	9.5	8.1
Estádio	2	0.5 ns	3.2 ns	58.0 ns	1102.0 **	3.3 ns
(A)x(B)x(C)	18	19.6 ns	2.4 ns	88.3 ns	265.9 ns	4.4 ns
(A)x(C)	6	7.5 ns	3.4 ns	304.3 **	678.0 ns	13.4 **
(B)x(C)	18	19.4 ns	2.2 ns	178.0 **	328.6 ns	3.5 ns
Resíduo c	80	21.8	2.8	84.2	389.0	3.1
Sub sub parcela	179	373211.0	2.8	25156.0	94273.0	693.0
CV% sub sub parcela		75.3	68.4	7.4	10.0	7.6
Média		6.2 (uni)	2.4 (uni)	123.6 (uni)	187.0 (g)	22.9 (g)

²/Abreviaturas: número de vagens por plantas (NVP), aborto de grãos por vagem (AGV), número de grãos por vagens (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produção de grãos por planta (RG).

ns - não significativo; *, ** e *** - tratamentos diferem entre si significativamente em 10%, 5% e 1% pelo teste F.

Fonte: produção do próprio autor.

A restrição hídrica de 15 dias a partir de R5 alterou os valores obtidos do volume radicular (VR), aumentando em 13,4% em relação as plantas mantidas irrigadas - testemunhas (Tabela 2), o que possivelmente foi originado pelo desenvolvimento das raízes em busca de maiores teores de umidade no solo. Diferentemente do obtido por Trautmann et al. (2014) onde não foi detectada diferença no VR entre uma imposição de restrição hídrica de 65% da capacidade de campo em relação a testemunha. Já Hossain et al. (2014) observaram que cultivares sensíveis a restrição hídrica, desenvolveram

raízes com massa seca 17,3% mais leves comparadas as plantas que permaneceram sem o estresse hídrico. Entretanto, não avaliaram o volume radicular.

O estágio de aplicação (fator C) não exerceu efeito simples para o volume radicular. Apesar de gerar interação com o teor de umidade do solo (fator A), sendo a aplicação realizada em R1 a única a favorecer o aumento do desenvolvimento radicular nas plantas com restrição hídrica imposta após a aplicação, com raízes 27,7% mais volumosas que as plantas e mantidas a 80% u.g.

A resposta das plantas à aplicações de fitoreguladores no início dos estádios reprodutivos (R1) demonstra capacidade em expressaram maior desenvolvimento radicular, mesmo sendo surpreendidas por posteriormente eventos de restrição hídrica nos estádios mais avançados de desenvolvimento (Tabela 2). Apesar de que os estádios onde as plantas de soja apresentam maior capacidade de recuperação no desenvolvimento radicular são nos estágios vegetativos finais e início do reprodutivo (MANAVALAN et al., 2009).

Tabela 2 - Volume radicular (VR) de soja submetida a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios reprodutivos e a restrição hídrica no estágio R5.

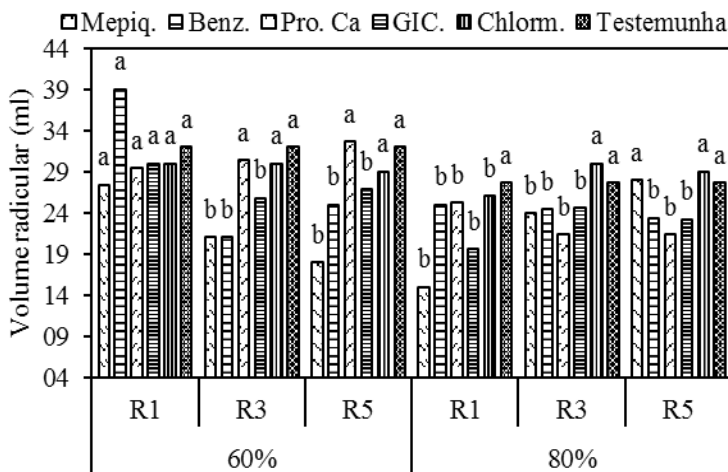
Estádio fenológico da aplicação	Teor de umidade			
	60% (u.g.)		80% (u.g.)	
	-----ml-----			
R1	31,2	A a	22,3	A b
R3	25,4	B a	25,4	A a
R5	27,5	AB a	25,5	A a

¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si nas colunas, médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si nas linhas pelo teste Duncan (P<0,05).

Fonte: produção do próprio autor.

Os reguladores de crescimento, em geral, reduziram o volume radicular (Figura 3) das plantas de soja. Com destaque para as aplicações de Mepiq, Benz ou GIC realizadas em R3 ou R5 nas parcelas com restrição hídrica. Entretanto, quando se observa as plantas irrigadas, apenas a aplicação de Chlorm em R3 e de Mepiq ou Chlorm em R5 não diferem da testemunha, enquanto todos outros reguladores de crescimento reduziram o VR, independentemente dos estádios fenológicos das plantas em que foram aplicados.

Figura 2 - Volume radicular (VR) de soja submetida a aplicação isolada de cinco reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos com restrição hídrica (60%) em R5 e sem restrição hídrica (80%).



¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

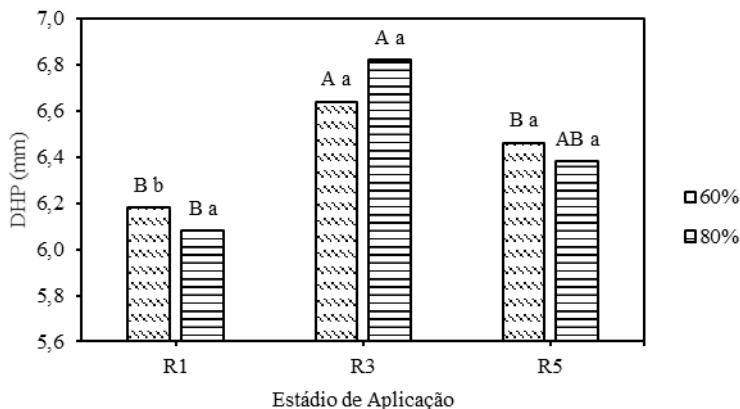
2.5.2 Diâmetro de haste principal (DHP)

A disponibilidade hídrica (fator A) não foi significativa para alterar o diâmetro de haste principal (DHP) de plantas de soja (Tabela 1A), no entanto, a aplicação dos produtos (fator B) alterou o valor desta característica de maneira dependente do estágio de aplicação (fator C). O estudo também revelou interação entre o AxC e AxBxC.

A aplicação dos reguladores em plantas no estágio R1, previamente a restrição hídrica, inibiu o desenvolvimento do DHP da soja (Figura 4), enquanto as aplicações dos reguladores de crescimento em R3 e R5 nas parcelas que foram submetidas à restrição hídrica em R5, não diferiram das parcelas mantidas a 80% u.g.

Considerando a interação ABC, a aplicação dos reguladores de crescimento em R1 inibiu o crescimento radial da haste principal das plantas, resultando em menores valores de DHP quando comparados as testemunhas que foram submetidas a restrição hídrica em R5 (Figura 5). A aplicação de Benz, GIC e Mepiq também tiveram menores DHP quando aplicados em R3 previamente a restrição hídrica, assim como no exposto por Wang et al. (2014) quando as aplicações de Mepiq reduziu o comprimento longitudinal das células do córtex e da medula em plantas de algodão. Contrariamente das plantas tratadas com cloreto de Chlorm no mesmo estágio exibiu valor de DHP 4,2% maior que as testemunhas. Quando a aplicação foi em R5, ou seja, simultaneamente com o início da restrição hídrica, apenas o Chlorm manteve o DHP similar à testemunha quando submetidas à restrição hídrica.

Figura 3 – Diâmetro da haste principal (DHP) de soja submetida a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos com restrição hídrica (60%) em R5 e sem restrição hídrica (80%).



Letras maiúsculas comparam médias dos estádios de aplicação dentro de um teor de umidade do solo; Letras minúsculas comparam médias dos teores de umidade do solo para um determinado estágio de aplicação, pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

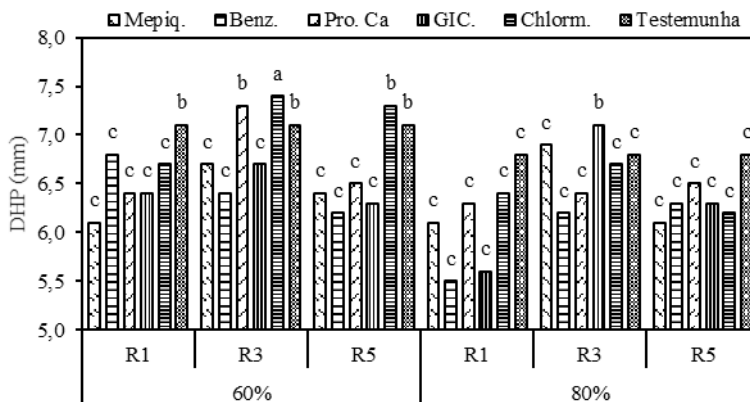
Considerando a interação ABC, a aplicação dos reguladores de crescimento em R1 a inibiu o crescimento radial da haste principal das plantas, resultando em menores valores de DHP quando comparados as testemunhas que foram submetidas a restrição hídrica em R5 (Figura 5). A aplicação de Benz, GIC e Mepiq também tiveram menores DHP quando aplicados em R3 previamente a restrição hídrica, assim como no exposto por Wang et al. (2014) quando as aplicações de Mepiq reduziu o comprimento longitudinal das células do córtex e da medula em plantas de algodão. Contrariamente das plantas tratadas com cloreto de Chlorm no mesmo estágio exibiu valor de DHP 4,2% maior que as testemunhas. Quando a

aplicação foi em R5, ou seja, simultaneamente com o início da restrição hídrica, apenas o Chlorm manteve o DHP similar à testemunha quando submetidas a restrição hídrica.

A aplicação dos reguladores de crescimento em plantas de soja no estágio R1 e R5 que não foram submetidas a restrição hídrica em R5, foram estatisticamente igual quanto ao DHP das plantas que não receberão aplicação de reguladores de crescimento. Por sua vez, as plantas que receberam aplicação de GIC em R3 mantidas em solo com o teor de umidade constante em 80% u.g., tiveram valor 4,4% maior de DHP em relação as plantas que não receberam aplicação de reguladores de crescimento.

Dentre os reguladores de crescimento utilizados sobre as plantas mantidas a 80%u.g., apenas o GIC aplicado em plantas no estágio R3, foi capaz de incrementar o DHP (Figura 4). Na situação de restrição hídrica a 60%u.g. apenas o Chlorm aplicado em plantas no estágio R3, foi capaz de incrementar o DHP (Figura 5).

Figura 4 - Diâmetro de haste principal (DHP) de plantas de soja em função de dois teores de umidade do solo partir de R5 (com restrição hídrica (60%) e sem restrição hídrica (80%)) com aplicação dos cinco reguladores de crescimento em três estádios fenológicos diferentes.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan ($P < 0,1$).

Fonte: produção do próprio autor.

2.5.3 Efeito sobre altura de plantas (AP)

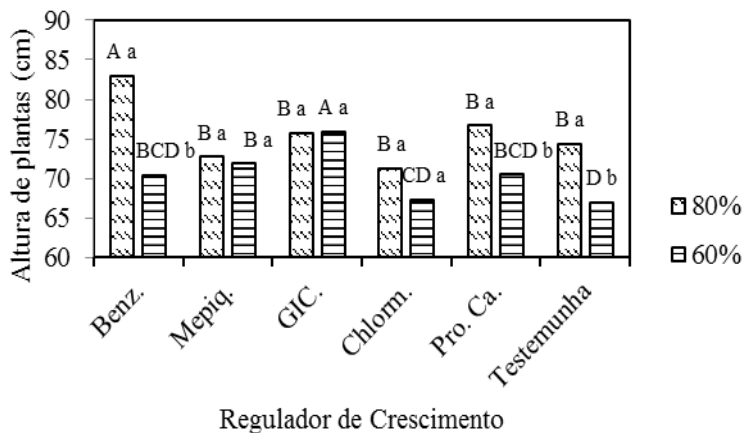
A disponibilidade hídrica (fator A) alterou a altura de plantas (Tabela 1A) assim como, a aplicação dos produtos (fator B), diferentemente do estágio de aplicação (fator C) que não expressou efeito simples sobre esta característica, mas houve interação entre $A \times B$, $B \times C$ e $A \times B \times C$.

O experimento revelou que a altura de plantas (AP) reduziu em 9,8% quando submetida à restrição hídrica (Figura 6 - testemunhas). Uma das funções da água nas células vegetais é manter os processos fisiológicos vitais, entre elas está a manutenção do potencial eletroquímico e o turgor celular (KERBAUY, 2012). A restrição hídrica influencia o

crescimento e desenvolvimento da planta de soja devido a este fenômeno reduzir a taxa fotossintética (MUTAVA et al., 2014).

Os reguladores de crescimento também exerceram significativas alterações sobre altura de plantas (Figura 6). Quando houve a aplicação dos reguladores de crescimento revelaram eficácia na mitigação da redução na altura atribuída a redução na disponibilidade hídrica de 80% para 60% u.g. dos quais, os que mais se destacaram na situação de restrição hídrica foi o GIC com altura 13,3%, seguido do Mepiq com 7,2% maior que a testemunha sob a mesma situação de restrição hídrica. Diferentemente do encontrado para a cultura do algodão onde a aplicação de cloreto de mepiquat provocou redução de 21 a 33% na altura de plantas (RICHARDSON; GAUSMAN, 1982). Na situação de boa disponibilidade hídrica (80% u.g.), a Benz que apresentou a única diferença significativa na altura de plantas, sendo 11,6% mais alta que a testemunha (Figura 6), enquanto os outros reguladores de crescimento não desempenharam o mesmo efeito, possivelmente devido ao fato de que a soja sob situações de estresse hídrico reduz a taxa de crescimento, acelera a senescência foliar e reduz a produção e participação de fotoassimilados (HOSSAIN, 2015), no entanto, a aplicação de altas concentrações de benziladenina mostrou significância no aumento do teor proteico de cotilédones de soja (NASCIMENTO; MOSQUIM, 2004), aparentando ter o mesmo efeito sobre a força de dreno dos tecidos tratados.

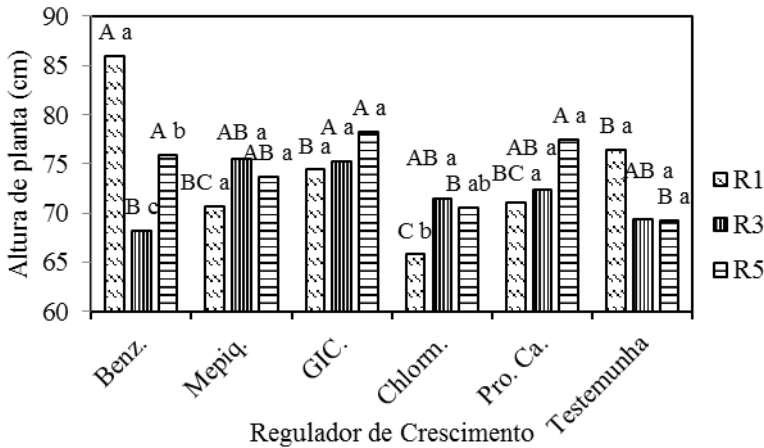
Figura 5 – Altura de plantas (AP) de soja em função da aplicação dos reguladores de crescimento e do teor de umidade do solo (com restrição hídrica (60%) e sem restrição hídrica (80%).



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente entre os produtos dentro do teor de umidade específico, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre os teores de umidade do solo, pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor

Figura 6 – Altura de plantas de soja (AP) em função de três estádios de aplicação de cinco dos reguladores de crescimento.



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os produtos para determinado estágio fenológico de aplicação, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre os estádios de aplicação para determinado produto pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

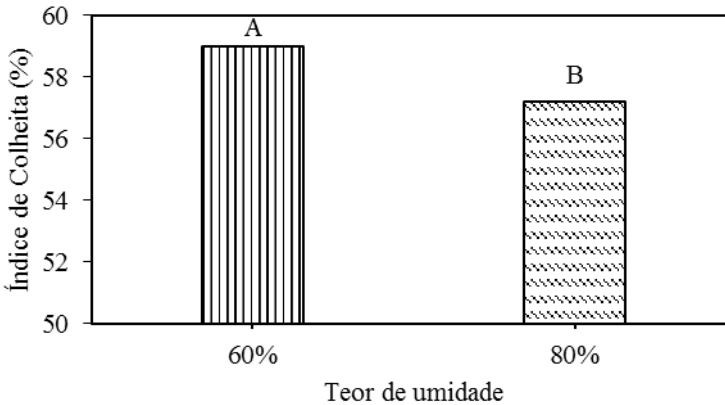
Fontes: produção do próprio autor.

O estágio de aplicação dos produtos afetou o resultado para o caráter altura das plantas. A aplicação de Benz em R1, refletiu em aporte necessário para elevar o crescimento destas plantas em 12,5% enquanto o Chlorm reduziu 13,9% em relação à testemunha. Por sua vez a aplicação de Mepiq, de GIC. e Pro. Ca, não diferiram para esta época de aplicação em relação a testemunha (Figura 7). Quando a aplicação foi realizada em R3 as plantas pulverizadas não diferiram entre si, porém para as aplicações em R5, a Benz, GIC e Pro. Ca promoveram incremento em AP na comparação as testemunhas em R5.

2.5.4 Índice de colheita (IC)

O teor de umidade do solo interferiu o índice de colheita (Tabela 1A), onde as plantas submetidas ao tratamento com 60% u.g. por 15 dias a partir de R5 exibiram índice de colheita levemente superior (1,7%) ao das plantas a 80% de u.g., com médias de 59% e 57,3% respectivamente (Figura 8), Oya et al. (2004) e Trautmann et al. (2014) ressaltaram que a redução do teor de umidade do solo para 65% da capacidade de campo não gerou diferenças entre a produção de matéria seca de estruturas vegetativas na soja. Provavelmente devido à queda da capacidade das plantas em manter os níveis da atividade da maquinaria fotossintética satisfatória devido a redução do teor de umidade proporcionando uma redução na taxa de expansão foliar, aceleração da senescência foliar e redução na partição dos fotoassimilados (HOSSAIN, 2015).

Figura 7 – Índice de colheita (IC) de soja em função da aplicação de reguladores de crescimento no estágio reprodutivo sob dois teores de umidade do solo imposta por 15 dias a partir do estágio R5 (com restrição hídrica (60%) e sem restrição hídrica (80%)).



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para os reguladores de crescimento em função de determinado estágio teor de umidade, médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si para os teores de umidade em função de determinado regulador de crescimento.

Fonte: produção do próprio autor.

2.5.5 Número de vagens por plantas (NVP)

A restrição hídrica (fator A) alterou o número de vagens por plantas (Tabela 1A) assim como o estágio de aplicação (fator C), porém os produtos não apresentaram significância na alteração nos números de vagens por plantas (NVP). Com tudo, houve interação entre Ax B e B x C.

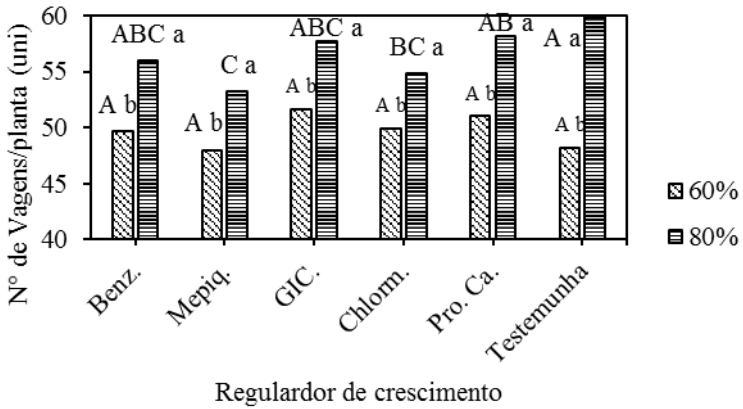
O número de vagens foi afetado pela restrição hídrica significativamente (Figura 9), reduzindo este caráter em 20% quando as plantas foram submetidas a 60% u.g. comparado ao

80% u.g. Similarmente no resultado obtido por Oya et al. (2004).

A translocação de fotoassimilados para as vagens se desenvolverem é um processo dependente de água, sendo que a ocorrência de estresse hídrico entre os estádios R4 a R6 das plantas de soja gera maior abortamento floral e de vagens em busca de manter menor número de estruturas reprodutivas, com base na menor quantidade de fonte suficientes para nutrí-las (GIMÉNEZ, 2014; LIU et al., 2004; ZÍLIO 2014), além de que o estresse hídrico afeta os níveis de ácido abscísico e este por sua vez, pode atuar no controle de expansão da vagem na soja (LIU et al., 2004) de forma que a intervenção com as aplicações dos produtos não expressaram efeito mitigatório sobre está característica.

As plantas mantidas a 80% u.g. demonstram que todos os produtos tenderam a reduzir o número de vagens por planta, com destaque para o Mepiq e Chlorm, com 11% e 8% menos vagens que a testemunha (Figura 9), distintamente do esperado com a aplicação de cinetina que apresentou resultados positivos quanto ao NVP com aplicação foliar (PASSOS et al., 2008), talvez, por ser mais importante o tempo (de duas semanas durante o início do florescimento) com que as plantas estão expostas ao regulador de crescimento e respectiva dose de aplicação (NAGEL et al., 2001).

Figura 8 - Número de vagens por planta (NVP) de soja em função da aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo sob dois teores de umidade do solo imposta por 15 dias a partir do estágio R5 (com restrição hídrica (60%) e sem restrição hídrica (80%).



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para os reguladores de crescimento em função de determinado teor de umidade, médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si para os teores de umidade em função de determinado regulador de crescimento.

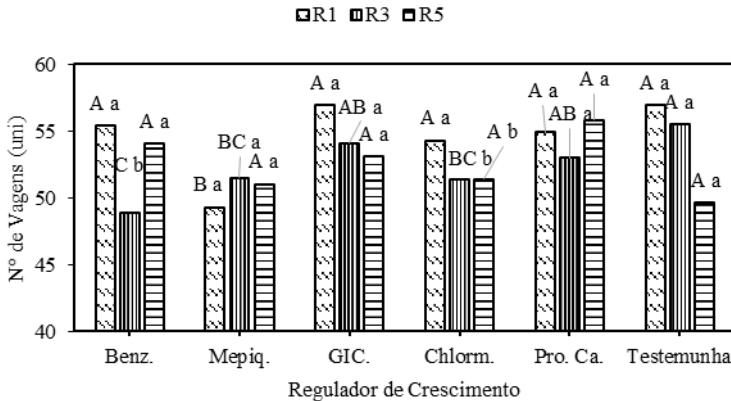
Fonte: produção do próprio autor.

No desdobramento da interação produto por estágio, o estágio de aplicação teve efeito significativo sobre o NVP (Figura 10). Quando a aplicação é realizada em R1, o Mepiq foi o produto que reduziu quantitativamente este parâmetro comparado aos outros produtos e testemunha para mesmo estágio de aplicação. Quando os produtos foram pulverizados em R3, o GIC e a Pro.Ca não diferiram da testemunha, diferente do afirmado por Passos et al. (2008) onde as plantas pulverizadas com cinetina ao início do florescimento elevou a carga de fonte (área foliar) para os drenos (vagens). Enquanto os demais produtos tenderam a proporcionaram redução do

número de vagens por planta, com destaque a Benz. que reduziu em 13,5% o número de vagens (Figura10), o cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequate que também reduziram numericamente este parâmetro, mas em menor grau.

Quando a aplicação foi realizada em R5 não houve diferença significativa entre os reguladores de crescimento, revelando que a aplicação no início do florescimento (R1) proporciona maior efetividade sobre o pegamento de vagens que as aplicações realizadas com Benziladenina em R3, assim como o obtido por Nonokawa et al. (2007) e Chlorm em R3 e R5. Essa maior capacidade da planta em responder com maior retenção de vagens quando pulverizadas em R1, pode ser atribuída ao fato de que nos primeiro 12 dias após o florescimento ocorre o desenvolvimento de 83% das vagens que se desenvolvem até a maturidade, e aquelas que iniciam seu desenvolvimento a partir de R5, provavelmente serão abortadas não chegarão a maturidade (EGLI; BRUENNING, 2006).

Figura 9 - Número de vagens por planta (NVP) de soja em função dos três estádios de aplicação de cinco reguladores de crescimento.



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si para os reguladores de crescimento em função de determinado estádio de aplicação, médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si para os estádios de aplicação em função de determinado regulador de crescimento. Fonte: produção de própria autoria.

2.5.6 Aborto de grãos por vargem (AVG)

O estudo revelou que o aborto de grãos, nos lóculos das vagens de soja, não sofreram interferência frente aos tratamentos impostos às plantas de soja entre os estádios R1 ao R5 (Tabela 1B). Apesar de que o fornecimento em quantidades insuficientes de água se relacionou com aumento da frequência de aborto de grãos bem como a exposição a auxinas e citocininas parecem atuar nos estágios iniciais de fertilização do embrião (NONOKAWA et al., 2007).

2.5.7 Número de grãos por vagens (NGV)

O número de grãos por vagens não demonstrou diferença devido aos tratamentos aplicados, com médias de 2,44 grãos

por vagens (Tabela 1B), o que pode ser revelado devido ao grande coeficiente de variação que esta característica exhibe. Estes resultados são distintos dos obtidos por Ren et al. (2016) onde as aplicações de Benziladenina incrementaram em 12% o número de grãos por espiga na cultura do milho e do exposto por Oya et al (2004) onde o número de sementes por vagens foi alterado em plantas de soja.

2.5.8 Número de grãos por plantas (NGP)

A restrição hídrica (A) alterou o número de grãos por planta (Tabela 1B) assim como a aplicação dos produtos (B), porém o estágio de aplicação (C) não apresentou alteração na média. Houve interação entre Ax C e Bx C.

A restrição hídrica afetou significativamente o número de grãos por planta, reduzindo em 9,1% (Tabela 3). Na situação de campo com restrição hídrica entre R4 e R6, a soja desenvolveu até 50% menos do que a cultura de soja irrigada (GIMÉNEZ, 2014). Independente do regulador de crescimento aplicado, a aplicação destes sobre plantas no estágio R3, seguido da imposição da deficiência hídrica sobre estas plantas, posteriormente no estágio R5, levou a uma redução significativa de 16,6 g de grãos por planta. O estágio de aplicação dos produtos não promoveu efeito simples sobre o rendimento de grãos, porém sua interação com a disponibilidade hídrica, especialmente em R3, intensifica ainda mais seu efeito negativo sobre o NGP.

Tabela 3 – Número de grãos por planta (NGP) de soja em função de três estádios de aplicação de reguladores de crescimento sob restrição hídrica imposta a partir do estádio R5 (com restrição hídrica (60%) e sem restrição hídrica (80%).

Estádio fenológico de aplicação	Teor de umidade			
	60% u.g.		80% u.g.	
	------(unidades) -----			
R1	119,7	A b	128,4	A a
R3	114,1	B b	130,7	A a
R5	118,6	A b	128,8	A a

Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si nas colunas. Médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si nas linhas pelo teste Duncan ($P < 0,5$).

Fonte: produção do próprio autor.

A aplicação de cloreto de Mepiq reduziu o número de grãos por planta quando aplicado em R1 em 13,6% (Tabela 4), já a pulverização do mesmo produto em R3 e R5 não foi suficiente para alterar o peso de grãos por planta. A aplicação de Benz em R1 e em R3 gerou NGP 8,5% e 11% menor que a testemunha. No entanto, a aplicação em R5 não houve diferença significativa entre os produtos aplicados e a testemunha, mesmo havendo diferença de 4,9% ($p < 0,05$) entre a aplicação de GIC e a Pro.Ca.

Tabela 4 – Número de grãos por planta (NGP) de soja em função da aplicação de cinco reguladores de crescimento em três distintos estádios fenológicos.

Regulador	Estádios fenológicos					
	R1		R3		R5	
	-----(unidade)-----					
Benz.	120,7	BC a	112,1	C b	121,6	AB a
Mepiq.	114,6	C a	121,5	AB a	122,4	AB a
GIC.	129,3	AB a	129,5	A a	121,0	B a
Chlorm.	123,3	ABC a	118,5	BC a	123,8	AB a
Pro. Ca.	126,8	AB a	127,7	A a	127,7	A a
Testemunha	132,8	A a	126,4	AB a	125,2	AB a

Valores seguidos da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, e valores seguidos da mesma letra minúscula não diferem entre si, nas linhas, pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

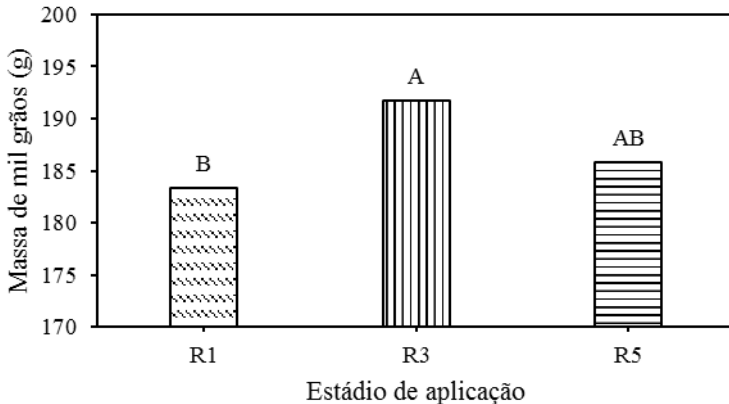
Fonte: produção de próprio autor.

2.5.9 Massa de mil grãos (MMG)

A restrição hídrica por 15 dias após início de enchimento de grãos (R5) gerou aumento de 13% na MMG frente as parcelas mantidas a 80% u.g. até o estágio R8, similarmente aos resultados obtidos por Zilio (2014). O que deve-se ao fato da planta de soja, possivelmente preconizar a translocação de fotoassimilados para as sementes que já estão formadas e fixadas, antes de desenvolver novas sementes que iram ser mais drenos, para um número limitado de fonte, uma vez que está é dependente de boa disponibilidade hídrica, entre outros fatores, para pleno funcionamento (OYA et al, 2004). Assim como a restrição hídrica, o estágio de aplicação também influenciou esta característica, de forma que as aplicações em R1 menos favoreceram ao enchimento de grãos quando comparado as aplicações realizadas em R3 (Figura 11), pois entre o estágio R3 e R5, o efeito da aplicação exógena de

cinetina aumenta a força dreno para os grãos, com isso aumentando a massa (PASSOS et al, 2008).

Figura 10 – Massa de mil grãos (MMG) de cultivar de soja submetida a aplicação de reguladores de crescimento nos estádios R1, R3 e R5.



¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Duncan ($P < 0,01$).

Fonte: produção do próprio autor.

2.5.10 Produção de grãos (PG)

A disponibilidade hídrica afetou a produção de grãos por planta, na média geral, independente do estádio de aplicação dos reguladores de crescimento, as plantas que foram submetidas a restrição hídrica por 15 dias após R5, produziram 1,25g de grãos a mais do que aquelas que permaneceram com 80% u.g. até o final do ciclo. Resultado destoante da redução de 27% gerada pela restrição hídrica de 12 dias a partir do mesmo estádio do estudo conduzido a campo (DOGAN, 2007) e de 45% em experimento conduzido em casa de vegetação (ZILIO, 2014). Ressalta-se a relevância o estádio, duração e da intensidade em que ocorre a restrição ou déficit hídrico (PEJÍC

et al., 2011) e que, portanto a restrição de 80 para 60% u.g. não foi fator limitante de produção de grãos, em ambiente de casa de vegetação. Fato que pode ser justificado pelo direcionamento dos fotoassimilados para o favorecimento dos grãos já formados, e com isso estes passaram a acumular mais massa seca.

Tabela 5 – Produção de grãos (PG) por planta de soja em função de três estádios de aplicação de reguladores de crescimento sob restrição hídrica imposta a partir do estádio R5 (com restrição hídrica (60%) e sem restrição hídrica (80%).

Estádio fenológico	Teor de umidade					
	60% u.g.			80% u.g.		
	------(g)-----					
R1	23,7	A	a	21,6	B	b
R3	23,3	A	a	23,6	A	a
R5	23,2	A	a	22,5	AB	a

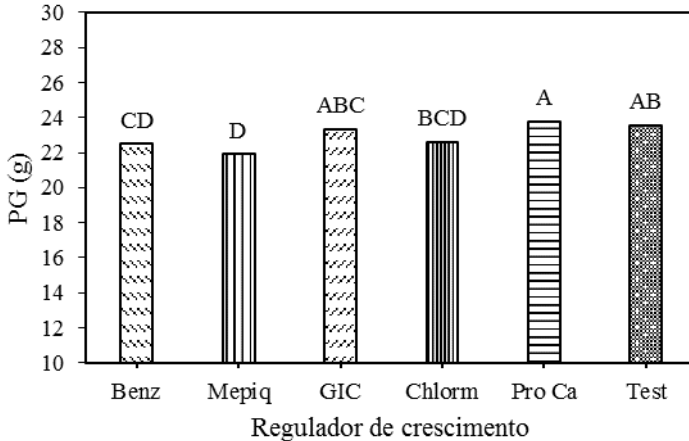
Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si nas colunas. Médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre si nas linhas pelo teste Duncan ($P < 0,5$).

Fonte: produção do próprio autor.

Os reguladores de crescimento influenciaram a PG (Figura 12). A aplicação dos reguladores de crescimento apresentaram efeito redutor na PG, onde as maiores reduções foram proveniente das aplicações de Benz e Mepiq (7%), diferentemente do obtido pelo incremento de produção na cultura do algodão pela aplicação sequencial deste mesmo produto (LAMAS, 2000) e pela exposição da soja por duas semanas a benziladenina gerando incremento de 79% em casa de vegetação porém em situação de campo os resultados são ausentes (NAGEL, 2001) enquanto a aplicação de Pro. Ca foi o

único regulador de crescimento em não diferir negativamente da testemunha.

Figura 11 – Produção de grãos (PG) de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estádio reprodutivo.



¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Duncan ($P < 0,01$).

Fonte: produção do próprio autor.

2.6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos por este experimento de casa de vegetação demonstram que:

A aplicação dos fitorreguladores não foram capazes de mitigar a redução de 20% no número de vagens por plantas atribuída a restrição da disponibilidade hídrica (em R5 de 80% u.g. para 60% u.g. por 15 dias), ainda que, para o regime constante de 80% u.g., todos os fitorreguladores testados demonstram a tendência de reduzir este parâmetro, enquanto a aplicação de cloreto de mepiquate em R1 e R3 geraram redução (7% e 11%, respectivamente) nestas estruturas

reprodutivas, assim como de cloreto de chlormequat (8%) em R3 e de benziladenina (18%) no mesmo estágio.

A redução da disponibilidade hídrica em R5 não influenciou o número de grãos por vagens e no aborto de grãos por vagens, bem como a aplicação dos reguladores de crescimento independente do estágio de aplicação.

A massa de mil grãos não foi influenciada pelo regime hídrico a partir de R5, porém este caráter demonstra ser influenciado pelo estágio de aplicação dos fitoreguladores, onde o maior peso de mil grãos é obtido quando as plantas de soja são submetidas a aplicação de reguladores de crescimento em R3, e o menor valor, é em R1.

3 EXPERIMENTO CONDUZIDO A CAMPO

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na área experimental, localizada no mesmo campus, teve sua semeadura realizada dia 10/12/2014, com sementes tratadas com fipronil (Standak®), imidacloprido+tiodicarbe (Cropstar®) e inoculante para fixação biológica de nitrogênio (na dose de 100 ml para 100kg de sementes, com garantia de 6×10^9 unidades formadoras de colônias por ml).

As unidades experimentais foram compostas por cinco linhas de cinco metros lineares, com espaçamento de 0,5m entrelinhas, das quais apenas as três centrais foram colhidas e as duas linhas marginais foram consideradas bordadura. Os 54 tratamentos resultaram da combinação de três fatores, são eles: três genótipos diferentes (NA 5909 RG, NS 5959 IPRO e NS 5106 IPRO), três estádios fenológicos distintos (R1, R3 e R5) de aplicação de cinco reguladores de crescimento individualmente mais a testemunha com cinco repetições.

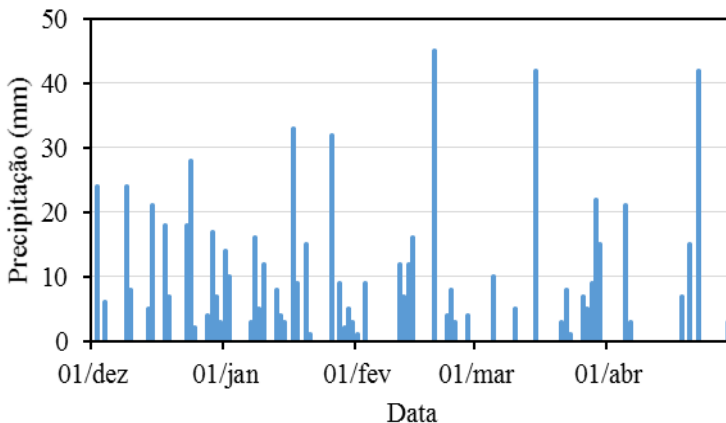
Conforme a análise química do solo (teor de argila: 44%; pH (H₂O): 6,07; índice SMP: 6,12; matéria orgânica:

2,45%; P: 17,15 mg.dm⁻³; K: 47 mg.dm⁻³; Al_{troc}: 0 cmol_c.dm⁻³; Ca_{troc}: 10,6 cmol_c.dm⁻³; Mg_{troc}: 4,45 cmol_c.dm⁻³; Al+H: 3,92 cmol_c.dm⁻³; CTC: 19,3 cmol_c.dm⁻³; SAT da CTC por BASES: 79%; Sat da CTC por Al: 0%; S: 12,05 mg.dm⁻³; Zn: 1,02 mg.dm⁻³; Cu: 1,82 mg.dm⁻³; B: 0,76 mg.dm⁻³; Mn: 11,7 mg.dm⁻³) foi realizada a correção e adubação do solo nas unidades experimentais objetivando o potencial produtivo de 6000 kg/ha, conforme as indicações do manual de adubação e calagem para o estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina para esta cultura (CQFS-RS/SC, 2004).

Os demais manejos como de plantas daninhas, insetos pragas e doenças foram realizadas conforme a necessidades da cultura (EMBRAPA, 2012).

As precipitações ocorridas ao longo do ciclo da cultura da safra 2014/15 (Figura 12) somaram 715mm.

Figura 12 – Dados pluviométricos para o município de Lages – SC, de dezembro a abril, safra 2014/15.



Fonte: produção do próprio autor, adaptado de INMET (2016).

3.2 FONTES DE REGULADOR DE CRESCIMENTO

As fontes de reguladores de crescimento aplicados no experimento de casa de vegetação e campo foram: uma mistura de ácido giberélico na dose de 0,01g i.a (ingrediente ativo) ha^{-1} com ácido indolilbutírico (0,01g i.a ha^{-1}) e cinetina (0,018g i.a ha^{-1}) (GIC), o cloreto de mepiquate (Mepiq) na dose de 50g i.a ha^{-1} , o cloreto de chlormequate (Chlorm) na dose de 25g i.a ha^{-1} , a benziladenina (Benz) na dose de 20g i.a ha^{-1} e a prohexadiona de cálcio (Pro.Ca) na dose de 55g i.a ha^{-1} , os quais foram aplicados via pulverizador costal de parcelas experimentais do modelo “Herbicat H” pressurizado por CO_2 , com barra com quatro bicos tipo leque modelo “Teejet XR 110 02 VP” espaçados a 0,5m cada regulada para um volume de calda equivalente a 200 L ha^{-1} . As aplicações foram sempre as 17h00, velocidade do vento menor que 10 km h^{-1} e temperatura do ar menor que 30 °C.

3.3 AVALIAÇÕES E COLETA DE DADOS

A altura de plantas (AP), do solo até a inserção da última vagem, e a distância entrenós foram determinadas com a utilização de régua graduada em milímetros (mm). O diâmetro de haste principal (DHP) foi realizado na parte média entre o colo da planta e o nó cotiledonar com auxílio de paquímetro digital.

A matéria seca (MS) foi determinada quando as plantas estavam em estágio R8 em estufas com circulação de ar forçada a 80°C por 48 horas ou até massa constante, através das dez primeiras plantas da linha central, distante um metro da bordadura, de cada parcela, para o experimento de campo, totalizando 40 plantas (quatro repetições).

Os componentes da produção como, número de vagens menores que 20mm (vagens pequenas, VP) foram determinadas em R5, o número de vagens por planta (NVP) foi determinado em R7, enquanto os demais componentes foram

determinados ao final do ciclo da cultura (estádio R8), a umidade dos grãos (comparando a testemunha), o número de grãos por planta e massa de mil grãos.

A produtividade de grãos por planta (PG) (determinada no estágio R8). A produtividade de grãos foi corrigida (PG) para todas as parcelas experimentais na umidade padrão de 13%, conforme a seguinte equação:

$$PC = \text{Peso Úmido} * (100 - \text{Umidade Real} / 100 - 13).$$

Sendo PC, peso corrigido.

Todas as avaliações dos componentes da produção foram realizadas em dez plantas obtidas aleatoriamente dentro da linha central de cada parcela experimental.

3.4 ABORDAGEM ESTATÍSTICA

O arranjo experimental do experimento de campo também foi em parcelas subdivididas, sendo as cultivares como parcela principal, as épocas de aplicação como subparcelas e os produtos como sub-subparcelas. O esquema fatorial 3x3x6, três cultivares, três estádios de aplicação diferentes, cinco reguladores de crescimento (mais a testemunha), com cinco repetições e avaliação no estágio R8.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 10%, 5% e 1% de significância e, quando detectadas variações significativas, as médias foram contrastadas pelo teste de Duncan.

3.5 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.5.1 Diâmetro de haste principal (DHP)

O diâmetro de haste principal (DHP) foi diferente entre as cultivares (Tabela 6) e também foi influenciado pela fonte do regulador de crescimento, porém não demonstrou diferença entre os estádios de aplicação.

Em relação a diferença obtida entre as cultivares, a cv. NA 5909 RG demonstrou maior média, com 6,78 mm, seguida da cv. NS 5959 IPRO (6,47 mm) e da NS 5106 IPRO (5,86 mm).

Na análise do efeito dos reguladores de crescimento sobre o DHP, nota-se a influência na redução dos valores (Figura 13), no entanto, apenas o Mepiq e a Pro.Ca expressaram diferenças de 8,5% e 11% menores, na comparação destes como a testemunha. O que está associado a influência da aplicação exógena de regulador de crescimento sobre a dinâmica do equilíbrio hormonal, uma vez que o Mepiq inibe as reações iniciais para o metabolismo da giberilina enquanto a Pro.Ca, inibe as reações finais da biossíntese das giberilinas (RADEMACHER, 2015) e que altas concentrações podem causar uma falta de respostas por saturação dos sítios de ligação, de transportadores, ou ainda de receptores de respostas à sinalização hormonal (HARE; STADEM, 1997).

Tabela 6 - Valores de quadrado médio da análise de variância dos caracteres morfo-agronômicos: ¹DHP, AP,VP, NVP, MMS e RG obtidos de plantas de distintas cultivares de soja em função da aplicação de reguladores de crescimento em distintos estádios reprodutivos. Lages, SC, 2014/2015.

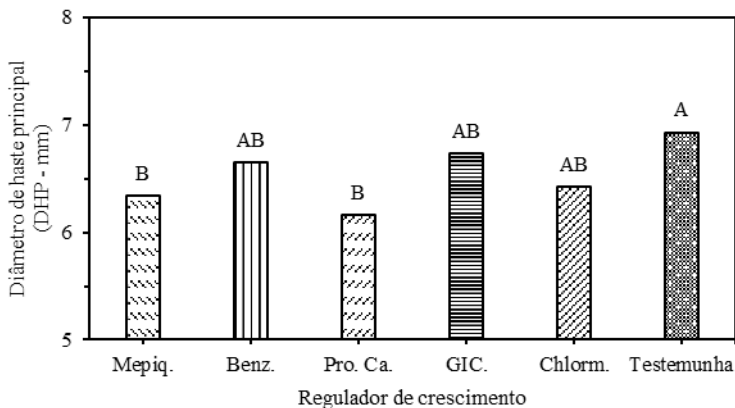
F.V.	GL	DHP	AP	VP	NVP	MMS	RG
Blocos	4	0.8 ns	39.5 ns	237.8 **	239.2 **	151.8 ns	46685.5 ns
Cultivar	2	20.4 ***	19798.3 ***	393.8 **	393.8 **	846.8 ns	14695704.5 ***
Resíduo a	8	0.6	26.1	96.8	117.0	366.9	76194.2
Parcelas	14	3.3	2863.3	19.9	190.9	295.0	2168511.8
CV% parcela		11.7	8.6	22.9	22.9	12.0	12.0
Produto	5	1.3 *	40.4 ns	93.8 ns	93.8 ns	856.0 ns	373012.5 ***
Cultivar * Produto	10	1.1 *	290.6 ***	155.4 ns	155.4 ns	277.5 ns	178251.1 **
Resíduo b	60	0.6	21.3	90.4	90.8	328.8	69610.1
Sub parcela	89	1.5	952.1	166.9	166.5	432.3	775600.7
CV% sub parcela		11.6	7.7	21.9	22.1	11.6	11.6
Estadio	2	1.5 ns	22.4 ns	747.8 **	747.8 **	331.5 ns	216961.6 **
Cultivar * Produto * Estadio	20	0.6 ns	68.4 ***	84.6 ns	81.6 ns	421.1 ns	90620.5 ns
Cultivar * Estadio	4	1.4 **	18.9 ns	110.7 ns	110.7 ns	257.5 ns	81321.4 ns
Estadio * Produto	10	0.6 ns	47.5 **	118.2 ns	118.2 ns	296.2 ns	20254.2 ns
Resíduo c	120	0.5	21.7	89.0	89.0	364.9	65027.4
Sub sub parcela	269	189.2	46703.7	129.7	27266.0	352.7	484460.1
CV% sub sub parcela		10.9	7.8	22.1	22.2	12.3	11.2
Média		6.4 (mm)	59.6 (cm)	43.0 (uni)	43.0 (uni)	156 (g)	2279.42 (kg ha⁻¹)

¹/Abreviaturas: diâmetro de haste principal (DHP), altura de planta (AP), número de vagens menores que 20mm por planta (vagens pequenas, VP), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (MMS) e rendimento de grãos (RG).

ns - não significativo; *, ** e *** - tratamentos diferem entre si significativamente em 10%, 5% e 1% pelo teste F.

Fonte: produção do próprio autor.

Figura 13 – Diâmetro de haste principal (DHP) de cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.

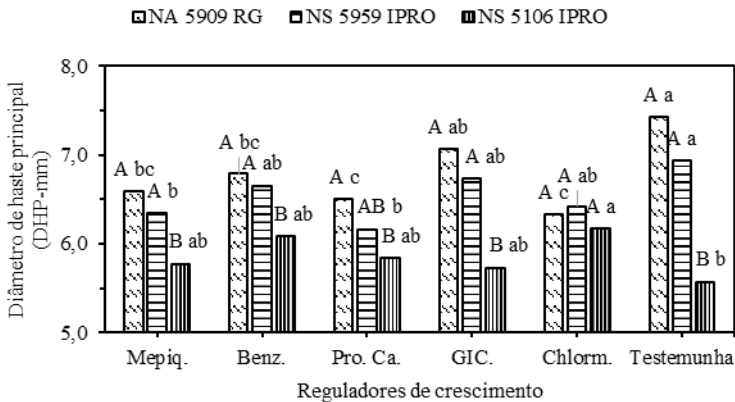


¹Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Duncan ($P < 0,01$).

Fonte: produção do próprio autor

As cultivares (fator A) expressaram interação com os reguladores de crescimento (fator B) para DHP (Figura 14). O DHP da cv. NA 5909 RG foi influenciado pela aplicação dos reguladores de crescimento, onde de forma geral, todos promoveram pequena redução para este caráter. No entanto, as maiores reduções foram proveniente das parcelas tratadas com Chlorm (14%) e Pro.Ca (12%). Assim como, para a cultivar anteriormente citada, a cv. NS 5959 IPRO também teve a tendência de inibir o desenvolvimento radial da haste principal, destacando novamente a aplicação Pro.Ca (11%) e Mepiq (8%), revelando a sensibilidade da soja testada a Pro.Ca, sendo ou não portadora da tecnologia INTACTA. Enquanto para a cv. NS 5601 IPRO, diferentemente das supracitadas, todas as aplicações tenderam a aumentar o valor de DHP, apesar de que apenas as tratadas com Chlorm diferiram com 10% maior que a testemunha, igualando ao DHP das cultivares supracitadas.

Figura 14 - Diâmetro de haste principal (DHP) de três cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.



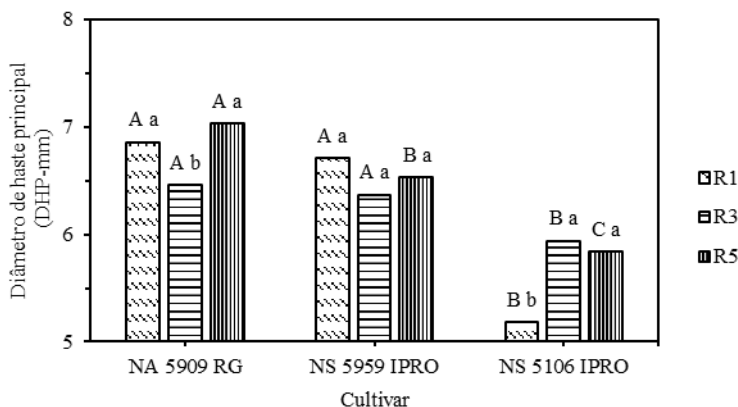
Letras maiúsculas comparam cultivares para determinado regulador de crescimento, letras minúsculas comparam produtos para determinada cultivar. Letras idênticas não diferem entre si pelo teste Duncan ($P < 0,1$).

Fonte: produção do próprio autor.

O diâmetro da haste principal foi influenciado pelas cultivares e se observou interação com o estágio de aplicação. Porém a única cultivar a demonstrar diferenças entre os estádios de aplicação foi a cv. NA 5909 RG, que quando tratada em R3 exibiu menor média de DHP quando comparada as aplicações realizadas em R1 ou R5 (Figura 15). Tal resultado pode ser explicado em função da ocorrência do aumento natural da concentração de citocinina na soja, o qual tem pico próximo ao nono dia após florescimento (NONOKAWA et al., 2007), assim se reduz a capacidade de percepção da planta ao estímulo externo através de reguladores de crescimento. Por sua vez, comparando as cultivares dentro dos estádios de aplicação, as aplicações em R1 e R3 revelam que as cultivares NA 5909 RG e NS 5959 IPRO possuem média 30% e 8% maior que a cv.

NS 5106 IPRO, possivelmente esta diferença seja devido ao prolongamento da duração do desenvolvimento do DHP após as respectivas aplicações. Porém em R5, a cultivar NS 5106 IPRO tem seu DHP reduzido em 20% de diferença entre a NA 5909 RG e de 11% da NS 5959 IPRO.

Figura 15 – Diâmetro de haste principal (DHP) de três cultivares de soja tratadas com reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos, Lages – SC.



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre cultivares para determinado estádio de aplicação, médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre estádio de aplicação para determinada cultivar pelo teste Duncan ($P < 0,1$).

Fonte: produção do próprio autor.

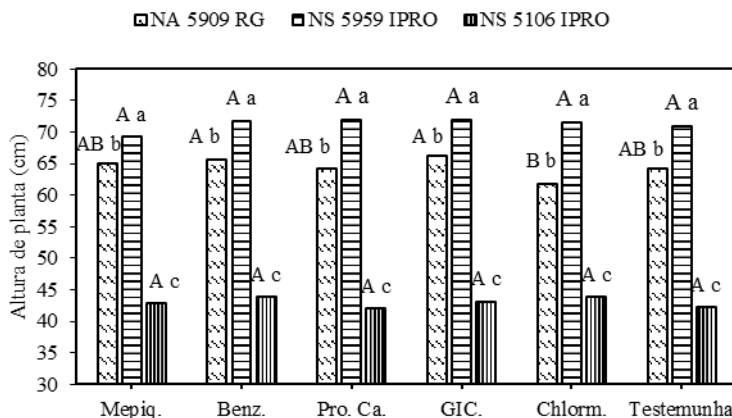
3.5.2 Altura de plantas de soja (AP)

A altura de plantas (AP) diferiu entre as cultivares testadas (Tabela 6). A cultivar NS 5959 IPRO se destacou em relação NA 5909 RG e NS 5106 IPRO para esta característica com maior altura de plantas (71cm), enquanto a cultivar NS 5106 IPRO apresentou menor média (42cm). Este fato pode

ser justificado pela diferença nos grupos de maturação pois a NS 5106 IPRO pertence ao grupo mais precoce, ou seja, de menor período de desenvolvimento, particularmente a fase vegetativa, o que resulta em plantas com menor número de entrenós na haste principal, e como consequência plantas mais baixas. Nico et al. (2015) avaliaram a cultivar de soja NA 5909 RG na Argentina, concluíram que a data de semeadura influenciou na altura de plantas de soja, onde a semeadura realizada em outubro, permitiu maior desenvolvimento médio deste parâmetro quando comparado a semeadura realizada em dezembro, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, ou seja, havendo redução da duração do fase vegetativa as plantas ficam com menor altura.

As cultivares sofreram interação com os reguladores de crescimento de forma que apenas a NA 5909 RG mostrou sutil sensibilidade uma vez que a aplicação de GIC e de Benz, tenderam a aumentar o desenvolvimento em estatura em contramão da aplicação de Chlorm que tendeu a reduzir este caráter (Figura 16), todavia não sendo o suficiente para enquadrá-las em grupos distintos. Enquanto, para as outras cultivares, não foram observados efeitos da aplicação de reguladores de crescimento sobre a altura de plantas de soja.

Figura 16 – Altura de plantas (AP) de três cultivares de soja tratadas com reguladores de crescimento em estádios fenológicos distintos, Lages – SC.



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os reguladores de crescimento para determinada cultivar, médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre cultivares para determinado regulador de crescimento pelo teste Duncan ($P < 0,1$).

Fonte: produção do próprio autor.

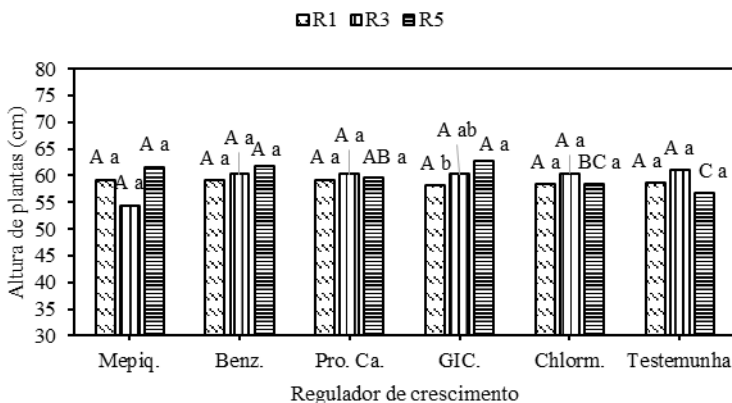
A altura de plantas foi influenciada pela interação entre regulador de crescimento e estágio de aplicação. Os produtos não exibiram diferença entre si (Figura 17), quando aplicados em R1 ou em R3, porém a aplicação no estágio R5 incrementou o desenvolvimento em altura das plantas das parcelas aplicadas com Mepiq, Benz, e GIC (em 8%, 9% e 10% respectivamente) e em menor grau, a parcela tratada com Pro.Ca (5%). O efeitos na altura (AP) sob aplicação de Pro.Ca foi inesperado, visto que a aplicação de Pro.Ca na cultura da lentilha provocou redução no desenvolvimento em altura de 34% (GIANNAKOULA et al., 2012).

Assim como observado por Kin et al (2009) que altas concentrações de Pro.Ca retardaram o crescimento de plantas de crisântemo, devido a um decréscimo da forma bioativa de

GA1, o imediato precursor de GA20. No entanto, aplicação de Pro.Ca em plantas de fava, levou a redução dos níveis de ácido indol-acético (AIA) e elevou as concentrações do ácido abscísico (ABA) e de citocininas na parte aérea de plântula (BEKHETA, 2009).

Quando compara-se o efeito dos reguladores de crescimento entre os três estádios de aplicação (Figura 17), há diferença de desenvolvimento apenas para a aplicação de GIC, onde houve incremento de 7% pela sua aplicação em plantas que estavam em R5 com relação a aplicação realizada mais precocemente, em R1.

Figura 17 - Altura de plantas (AP) de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento em três estádios fenológicos. Altura de plantas (AP) de três cultivares de soja tratadas com reguladores de crescimento em estádios fenológicos distintos, Lages – SC.



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre os produtos para determinado estádio de aplicação, médias seguidas da mesma letra minúsculas não diferem entre os estádios de aplicação para determinado produto pelo teste Duncan (P<0,05).

Fonte: produção do próprio autor.

As plantas de soja expressaram interação tripa (Tabela 7) entre as fontes de variação testadas (Cultivar x Estádio x Produto). Na cv. NA 5909 RG os tratamentos aplicados mostram uniformidade de efeito quando aplicados no estádio R1, desenvolvendo estatura intermediária entre as cultivares testadas, enquanto as aplicações de Mepiq, Benz, Pro.Ca e GIC desenvolveram altura similar exibidas pela cultivar NS 5959 IPRO para a combinação dos estádios e produtos, porém para a cultivar NS 5106 IPRO não reflete diferença interna pela combinação dos produtos e da época de aplicação, mantendo assim o padrão de ser a cultivar com menor altura em relação as outras duas em questão.

Tabela 7 - Altura de plantas (AP) de três cultivares de soja submetidas a aplicações de cinco reguladores individualmente em três estádios fenológico diferentes, Lages-SC, 2014/2015.

Produtos	Altura de plantas (cm)								
	NA 5909 RG			NS 5959 IPRO			NS 5106 IPRO		
	-----Estádios-----								
	R1	R3	R5	R1	R3	R5	R1	R3	R5
Mepiq	59 b	64 b	73 a	75 a	72 a	71 a	44 c	43 c	41 c
Benz	61 b	64 b	71 a	74 a	71 a	70 a	42 c	45 c	44 c
Pro.Ca	60 b	65 b	68 a	75 a	71 a	69 a	43 c	40 c	42 c
GIC	62 b	65 b	71 a	70 a	72 a	73 a	43 c	43 c	44 c
Chlorm	59 b	65 b	62 b	73 a	72 a	69 a	44 c	44 c	43 c
Testemunha	60 b	69 a	63 b	75 a	70 a	67 a	40 c	44 c	40 c
CV%	6,90								

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Fontes: produção do próprio autor.

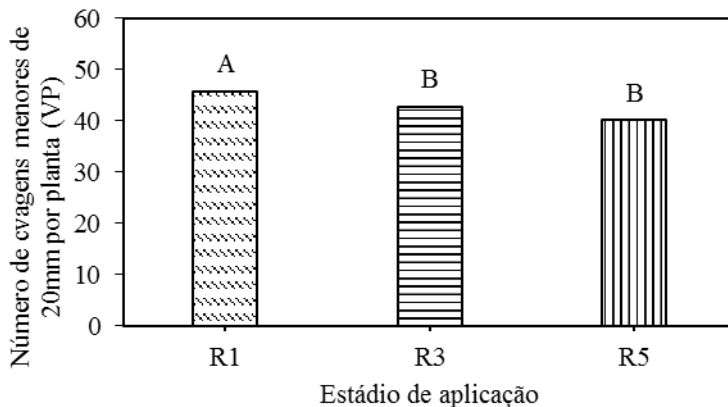
3.5.3 Número de vagens menores que 20 mm por plantas (VP)

O número de vagens pequenas por planta (VP- vagens menores de 20mm de comprimento) diferiu entre as cultivares. A cultivar NA 5909 RG apresentou em média 45 canivetinhos por plantas, enquanto a cultivar NS 5959 IPRO possuía 42 e a cv. NS 5106 IPRO 41 canivetinhos por plantas (Tabela 5).

O estágio de aplicação foi significativo para influenciar no VP (Figura 18). Os dados revelam que as aplicações dos reguladores de crescimento em plantas no estágio R1 aumentaram em 10% o VP em relação às aplicações em R3 ou R5, quando estas estruturas naturalmente apresentam-se em processo de senescência ou praticamente ausentes (R5).

O aumento da fixação de flores em VP, que são as estruturas reprodutivas (menores que 10 mm) as que mais deixam de se desenvolver até o final do ciclo da soja, impactando a produtividade (EGLI; BRUENING, 2006), pois é justamente quando ocorre a consolidação de parte do potencial produtivo da soja, quando, já se passaram mais de um terço do desenvolvimento reprodutivo (de R1 a R3), o número total de nós da planta de soja já está definido (ALBRECHT et al., 2012). Fenômeno que é atribuído à atividade da citocinina, que parece aprimorar o desenvolvimento dos embriões fertilizados (NONOKAWA et al., 2007). Ao passo que as aplicações em R3 e R5, não demonstram incremento no número de VP. Pois, as concentrações sintetizadas naturalmente de citocininas e pela planta atingem seus níveis máximos no 9º dia após o florescimento; já a auxinas este pico ocorre no 12º dia (NONOKAWA et al., 2012) além do fato de que quando as plantas estão nestes estádios, resta pouco tempo hábil para que a planta desenvolva as vagens pequenas até que se convertam em vagens efetivas (EGLI; BRUENING, 2006).

Figura 18 – Número de vagens menores que 20 mm por planta (vagens pequenas, VP) de soja submetidas a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios fenológicos distintos.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

3.5.4 Número de vagens por plantas (NVP)

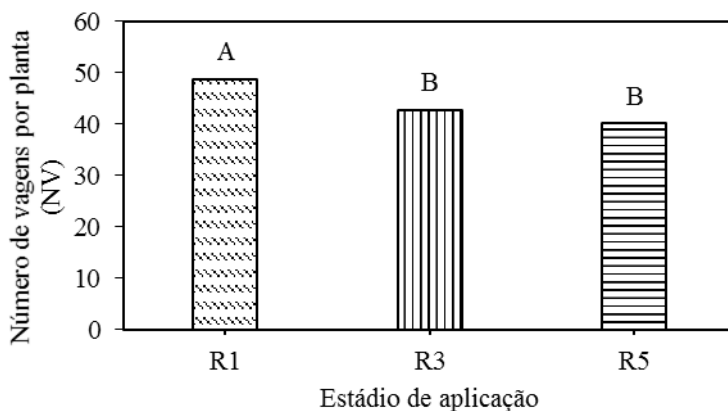
O número de vagens por plantas (NVP) foi diferente entre as cultivares. A cv. NA 5909 RG apresentou 48 vagens por plantas, por sua vez a cv. NS 5959 IPRO e a cv. NS 5106 IPRO apresentarem 42 e 41 vagens por planta, respectivamente.

O NVP foi diferente entre os estádios de aplicação (Figura 19), onde as aplicações em R1 foram mais efetivas no aumento no número de vagens (48 vagens por planta), enquanto as aplicações em R3 e R5 não diferiram entre si (42 e 40 vagens planta). Assim como, obtido por Quijano e Morandi (2011) que a soja apresenta dois picos de surgimento de vagens, onde o primeiro pico representa 85% e o segundo 15% do total de canivetinhos. Desta forma, neste estudo revela que as plantas de soja estão mais suscetível a expressar respostas

positivas em relação ao NVP em função da aplicação dos reguladores, quando esta é realizada no início do período reprodutivo (R1), uma vez que as plantas pulverizadas posteriormente a este estágio, não possuem a capacidade de acelerar maturação dos canivetinhos e das vagens em desenvolvimento, abortando exatamente a quantidade correspondente ao segundo pico de surgimento de vagens, apesar de que na forma que foi conduzida não pode-se afirmar que existiu um segundo picou, e que foi resultado da manutenção do pegamento destas estruturas reprodutivas que representaram os 14% de ganho nesta estrutura após a aplicação em R1. Possivelmente gerado por competição nutricional entre os canivetinhos e as vagens (OHNISHI; MIYOSHI; SHIRAI, 2010).

Os valores de vagens por planta em decorrência das aplicações dos reguladores de crescimento sobre plantas em estágio R1 foram maiores que o número de canivetinhos por planta, isto significa dizer que, pelo menos três flores a mais foram efetivadas em vagens (45 NCP x 48 NVP), já as aplicações dos mesmos produtos, seja no estágio R3 ou R5, não afetaram estes parâmetros sendo exatamente iguais os respectivos valores em R3 (42 NCP x 42 NVP) e em R5 (40 NCP e 40 NVP).

Figura 19 - Número de vagens por planta (NVP) em três estádios fenológicos distintos.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

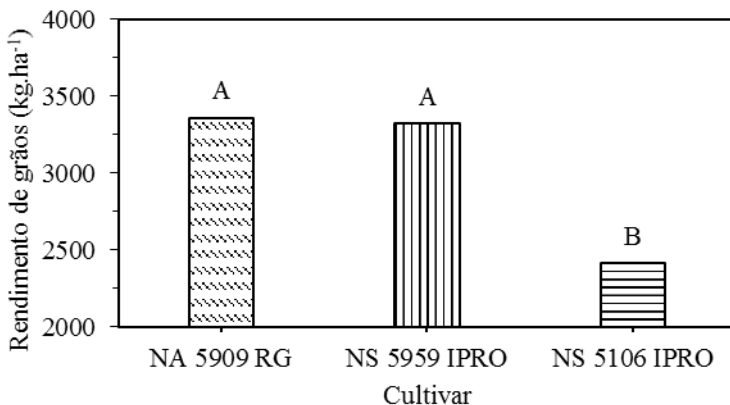
3.5.5 Massa de mil grãos (MMG)

Em relação a massa de mil grãos, não se observaram efeitos simples de cultivares nem de aplicações dos reguladores de crescimento aplicados em plantas nos estádios R1, R3 ou R5 resultando em um valor médio, para as três cultivares, na MMG de 156g (Tabela 6). Conforme consta na literatura e informações dos obtentores a cultivar NS 5909 RG apresenta massa de mil grãos entre 143 a 180g (COPACOL, 2012; NIDEIRA, 2015) enquanto a massa de mil sementes da cultivar NS 5106 IPRO apresenta grande variabilidade de massa em função do diâmetro das sementes, com variação de 148 a 220g assim como a NS 5959 IPRO (ROS, 2013). As aplicações de cinetina em diferentes doses no estágio R3, na cultura da soja, também não alteraram este caráter (PASSOS et al., 2011).

3.5.6 Rendimento de grãos (RG)

O rendimento de grãos (RG) foi significativamente diferente entre as cultivares, onde as cv. NA 5909 RG e NS 5959 IPRO produziram 3300 kg.ha⁻¹ e cv. NS 5106 IPRO produziu 2400 kg.ha⁻¹ (Figura 20), a diferença de RG entre as cultivares, pode ser atribuída a diferença entre os grupos de maturação e visto que o RG desta cultura está intimamente ligado a taxa de crescimento.

Figura 20 – Rendimento de grãos de três cultivares de soja.

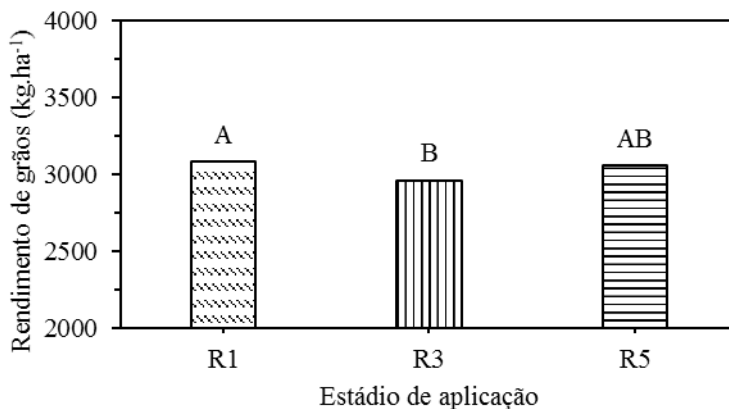


Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

O RG diferiu em função da aplicação dos produtos em diferentes estádio fenológicos (Figura 21). A aplicação em R1 mostrou potencial de contribuir para o rendimento de grão em 3,8% em relação as aplicações em R3. Fato que era esperado, visto que as aplicações em R1 auxiliaram na fixação das estruturas reprodutivas (flores, canivetinhos e vagens).

Figura 21 - Rendimento de grãos (RG) de cultivares de soja submetidas a aplicação de reguladores de crescimento em três estádios fenológicos diferentes.

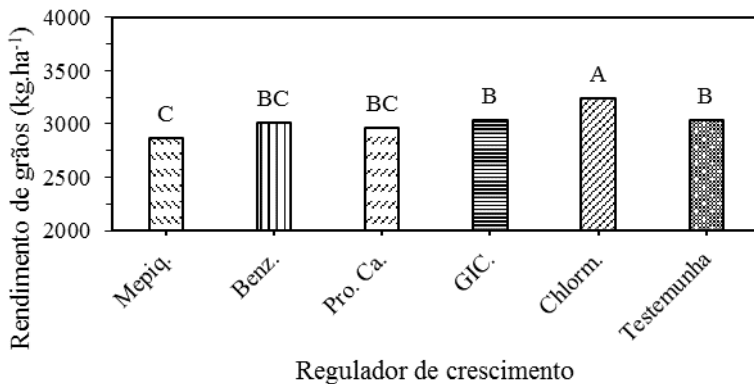


Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

O rendimento de grãos das cultivares de soja testadas, foi influenciado pela aplicação dos reguladores de crescimento no estágio reprodutivo, gerando maior rendimento (5,7%) quando submetidos a aplicação de Chlorm no estágio reprodutivo e reduzindo (4,7%) para a aplicação de Benz (Figura 22).

Figura 22 - Rendimento de grãos (RG) de cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.



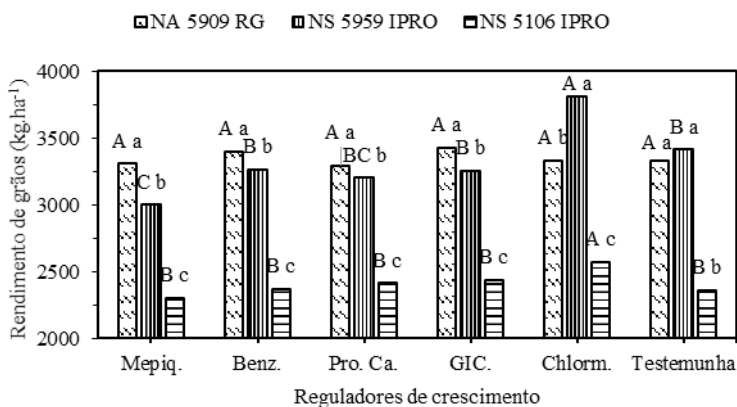
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

As cultivares tiveram o RG afetados decorrente da aplicação dos reguladores de crescimento (Figura 22). Diferentemente das cvs. portadoras da tecnologia INTACTA, a cv. NA 5909 RG não diferiu no RG para estes reguladores de crescimento. Assim como, em trabalho conduzido com macadâmia (*Macadamea integrifolia*), observou respostas diferentes quanto ao pegamento de flores e frutos entre as cultivares testadas sob aplicação de benziladenina (TRUEMAN, 2010). Por sua vez, a cv. NS 5959 IPRO apresentou redução de 12,1% quando submetido a aplicação de Mepiq e incremento de 11,7% para as parcelas aplicadas com Chlorm. Este mesmo regulador de crescimento promoveu incremento de 9% para a cv. NS 5106 IPRO, enquanto os demais não demonstraram efeito no RG. A aplicação de cinetina na soja, apresentou incremento de 22 a 32% nas doses de 25mg.L⁻¹ e 1000mg.L⁻¹, respectivamente, porém este acréscimo

de produtividade é decorrente da maior fixação das vagens, principalmente do terço médio e baixo da planta (PASSOS et al, 2011). Porém, mesmo os dois reguladores de crescimento, cloreto de chlormequate e cloreto de mepiqate, sendo inibidores iniciais dos estágios iniciais do metabolismo da giberelina (RADEMACHER, 2015) e devido a baixa compreensão sobre os mecanismos de interação, hierarquias das classes hormonais proveniente destes reguladores de crescimentos (HARE; STADEM, 1997) eles exibem resultados diferente.

Figura 23 - Rendimento de grãos (RG) de três cultivares de soja submetida a aplicação de cinco reguladores de crescimento no estágio reprodutivo.



Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre a fonte de regulador de crescimento para determinada cultivar, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre as cultivares para determinado produto pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Fonte: produção do próprio autor.

3.6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos com este estudo, com relação as características morfológicas avaliadas, como a AP de soja, todos os produtos aplicado em R5 (com exceção ao cloreto de chlormequate) demonstraram aumento para esta variável. Enquanto a variação de respostas entre as cultivares demonstra que a cv NS 5106 IPRO sob a aplicação de cloreto de chlormequate gerou aumento de 10% no DHP, contrariamente da resposta redutora (14%) deste mesmo regulador de crescimento para as cultivares NA 5909 RG e NS 5959 IPRO.

A aplicação dos reguladores de crescimento no estágio R1, geram incremento de 10% no número de vagens menores que 20mm em relação a aplicação em R3 ou R5, da mesma forma para a contribuição de 15% no número de vagens por plantas.

A massa de mil grãos de cada cultivar não demonstraram ser influenciado pela aplicação dos reguladores de crescimento independente do estágio de aplicação (R1, R3 e R5) testado.

A aplicação dos reguladores de crescimento em R1 gera incremento de 3.8% no rendimento de grãos comparadamente as aplicações no estágio R3. O cloreto de chlormequate gerou aumento de rendimento de grãos em 9% na cultivar NS 5106 IPRO e de 10% na cultivar NS 5909 IRPO, enquanto a aplicação de cloreto de mepiquate na mesma cultivar gerou redução média de 12%.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos neste experimento, é possível afirmar que a planta de soja responde diferentemente de acordo com sua base genética as aplicações dos fitoreguladores e aos estádios de aplicação, de forma que as aplicações em R1 tem seus efeitos mais acentuados que as aplicações posteriores, principalmente no que se refere a

capacidade de desenvolver raízes mais volumosas (28%) e maior fixação de estruturas reprodutivas (10% para número de vagens menores que 20mm por planta e 13,5% para número de vagens por plantas).

Constata-se também que as aplicações destes fitorreguladores (em estudo), independente do estágio testado (R1, R3 e R5) não são capazes de mitigar a redução no rendimento de grãos provocado pela restrição hídrica de 15 dias a partir de R5. Apesar de que em situação de campo, além de observar diferenças de rendimento de grãos entre os grupos de maturação, especialmente, devido ao cloreto de chlormequate, com acréscimo médio de 5,7% entre os três estádios de aplicação testados e pela aplicação de benziladenina com redução de 4,7%.

Contudo, faz-se necessário o aprofundamento dos estudos quanto a respostas da planta de soja a exposição a cloreto de chlomequate em diferentes doses ou estádios de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. D. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.4, p.774-782, 2012.

ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M de. Cultura da soja nos cerrados. **POTAFOS**, p.535, 1993.

Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE. **Estatísticas**. 2014. Disponível em : <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>>. Com acesso em: 6 dez 2014.

Associação Brasileira de Sementes e Mudas – ABRASEM. **Estatísticas 2013**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/estatisticas/>>>. Com acesso em: 11 fev 2015.

Associação dos Produtores de Soja e Milho do Mato Grosso – APROSOJA. **A história da soja**. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-da-soja>>>. Com acesso em: 15 dez 2014.

ATAIDE, R. C. N.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; STEFEN, D. L. V.; NUNES, F. R.; TORMEN, M. E.; SANGOI, L. Effect of plant senescence inducers on landraces and commercial cultivars of common beans. **World Journal of Agricultural Sciences**, Cairo, v.11, n.3, p.112-120, 2015.

BEKHETA, M. A.; ABDELHAMID, M. T.; EL-MORSI, A. A. Physiological response of *Vicia faba* to prohexadione-calcium under saline conditions. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.4, p.769-779, 2009.

BERTOLIN, D. C. et al. Aumento da produção de soja com aplicação de bioestimulantes, **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.339-347, 2010.

CAMPOS, M. F. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2005. 131p. Tese (doutorado), UNESP. Botucatu, 2005.

CAMPOS, M. F. et al. Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **VII Workshop Agroenergia Matérias Primas**, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS-RS/SC) **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10^a ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, **Acompanhamento da safra Brasileira: Grãos safra 2012/2013**, Sexto levantamento. 2013.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, **Acompanhamento da safra Brasileira: Grãos safra 2015/2016**. Décimo levantamento. 2016.

DOGAN, E.; KIRNAK, H.; COPUR, O.; Deficit irrigations during soybean reproductive stage and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. **Field Crops Research**, v.103, n.2, p.154-159. 2007.

EGLI, D. B; BRUENIING, W. P. Temporal profiles of pod production and pod set in soybean. **European Journal of Agronomy**, v.24, n.1, p.11-18. 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **História da soja**. Londrina, PR 2000. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Com acesso em: 11 out 2015.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja**. Londrina. n.1, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Com acesso: em 08 set 2014.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BUR-MOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteiras agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, p.1-12, 2011.

GIANNAKOULA, E. A. et al. The effects of plant growth regulators on growth, yield, and phenolic profile of lentil plants. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.28, p.46-53, 2012.

GIMÉNEZ, L. Efecto de las deficiências hídricas en diferentes etapas de desarrollo sobre el rendimiento de soja. **Agrociencia Uruguay**, v.18, n.1, p.53-64, 2014.

GOUVEIA, E. J. et al. Aumento de produção de grãos de pinhão-manso pela aplicação de benziladenina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1541-1545, out 2012.

HARE, P. D; STADEN, J. V. The molecular basis of cytokinin action. **Plant Growth Regulation**, v.23, n.1, p.41-78, 1997.

HOSSAIN, M. M.; LAM, H.; ZHANG, J.; Responses in gas Exchange and water status between drought-tolerant and – susceptible soybean genotypes with ABA application. **The Crop Journal**, Hong Kong, v.3 n.6, p.500-506, 2015.

HOSSAIN, M. M.; LIU, X.; QI, X.; LAM, H.-M.; ZHANG, J. Differences between soybean genotypes in physiological response to sequential soil drying and rewetting. **The Crop Journal**, Hong Kong, v2, n.6, p.366-380, 2014.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Mapas de Condições Registradas: Estações e Dados- estações convencionais - Lages/SC: Dezembro de 2014 a maio de 2015**. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php> acesso em: 09 jul 2016, 2016.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª edição. Editora Guanabara Koogan SA. Rio de Janeiro. 2012.

KIM, Y. et al. Comparative analysis of endogenous hormones level in two soybean (*Glycine max* L.) lines differing in waterlogging tolerance. **Frontiers in Plant Science**, v.6, n.1, p.1-13. 2015.

KIM, Y. et al. Effects of Prohexadione Calcium on growth and gibberellins contents of *Chrysanthemum morifolium* R. cv

Monalisa White Original Research Article. **Scientia Horticulturae**. v.123, n.1, p.423-427, 2012.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequate aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.36, n.2, p.265-272, 2001.

LIU, F. A.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Pod set related to photosynthetic rate and endogenous ABA in soybeans subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. **Annals of Botany**, v.94, n.3, p. 405-411, 2004

MANAVALAN, L. P. et al. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. **Plant and Cell Physiology**. v.50, n.7, p.1260-1276. 2009.

MARUR, C. J. Fotossíntese e translocação de carboidratos em algodoeiros submetidos à déficit hídrico após a aplicação de cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v.10, n.1, p.59-64, 1998.

MICHELS, A. F. et al Qualidade fisiológica de sementes de feijão crioulo produzidas no oeste e planalto catarinense. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.45, n.3, p.620-632, 2014.

MONSANTO. **Uma biotecnologia criada para manter sua lavoura intacta**. Disponível em:

<<http://www.monsanto.com/products/pages/intacta-rr2-pro-soybeans.aspx>>. Com acesso em: 21 set 2014.

MUTAVA, R. N. et al. Understanding stress tolerance mechanisms in soybean: A comparative evaluation of soybean

response to drought and flooding stress. **Plant Physiology and Biochemistry**. v.86, n.1, p.109-120, 2014.

NAGEL, L. et al. Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans (*Glycine max* (L.)). **Annals of Botany**. v.88, n.1, p.27-31, 2001.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. R. Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.3, p.573-579, jul-set. 2004.

NASCIMENTO, R; MOSQUIM, P. R. Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**. v.27, n.3, p.573-579, 2004.

NICO, M.; MIRALLES, D. J.; KANTOLIC, A. G. Post-flowering photoperiod and radiation interaction in soybean yield determination: Direct and indirect photoperiodic effects. **Field Crops Research**, v.176, n.1, p.45-55, 2015.

NIDEIRA SEMENTES. **Cultivares de soja licenciadas**.

Disponível em:

<http://www2.niderasementes.com.br/produto_visualizar_arquivo_pdf.aspx?id=191#page/3>. Com acesso em: 30 ago 2016.

NONOKAWA, K.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; KOKUBUN, M. Effect of synthetic cytokinin application on pod setting of individual florets within raceme in soybean. **Plant Production Science**, Tokyo, v.15, n.2, p.79-81, 2012.

NONOKAWA, K. et al. Roles of auxin and cytokinin in soybean pod setting. **Plant Production Science**, Tokyo, v.10, n.1, p.199-206, 2007.

OHNISHI, S; MIYOSHI, T; SHIRAI, S. Low temperatures stress at different flower developmental stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean.

Environmental and Experimental Botany. v.69, n.1, p.56-62. 2010.

OYA, T. et al. Drought tolerance characteristics of Brazilian soybean cultivars – Evaluation and characterization of drought tolerance of various Brazilian soybean cultivars in the field.

Plant Production Science. Tokyo, v.7, p.129-137.2004.

PASSOS, A. M.A.; REZENDE, P.M., ALVARENGA, A.A.; BALIZA, D.P.; CARVALHO, E.R.; ALCÂNTARA, H.P.

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.

<https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000500014>

PASSOS, A. M.A; REZENDE, P.M.; CARVALHO, E.A.; SAVELLI, R.A.M. Cinetina e nitrato de potássio em

características agrônômicas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.925-928, jul. 2008.

QUIJANO, A; MORANDI, E.N. Post-flowering removals increase pod initiation in soybean canopies. **Field Crops Research**, v.120, n.1, p.151-160. 2010.

RADEMACHER, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulators**. v.34, n.4, p.845-872. 2015.

REN, B.; ZHU, Y.; ZHANG, J.; DONG, S.; LIU, P.; ZHAO, B. Effects of spraying exogenous hormone 6-benzyladenine (6-BA) after waterlogging on grain yield and growth of summer maize. **Field Crops Research**, v.188, n.1, p.96-104, 2016.

RICHARDSON, A. J; GAUSMAN, H.W. Reflectance differences between untreated and mepiquat chloride – treated, field-grown cotton through a growing season. **Remote Sensing of Environment**. v.12, n.1, p.501-507. 1982.

ROS. **Recomendação para semeadura se soja, 13/14**. Disponível em: <[wttp://ros.com.br/eramantino-recomendaaafopara-semeadura-de-soja-safra-1314.pdf](http://ros.com.br/eramantino-recomendaaafopara-semeadura-de-soja-safra-1314.pdf)> com acesso em: 30 ago 2016.

SENTELHAS, P. C. et al. The soybean yield gab in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production, **Journal of Agricultural Science**, v.153, n.8, p.1394-1411, 2015.

SIEBEN, A; MACHADO, C. A. Histórico e contextualização sócio-econômica e ambiental da soja (*Glycine max*) no Brasil. **Geoambiente**. v.7, n.1, p.71-88, 2006.

SOLH, M; GINKEL, M. Drought preparedness and drought mitigation in the developing world's drylands. **Weather and Climate Extremes**. v.3, n.1, p.62-66, 2014.

SOUZA, C. A. et al. Proposta para modificar a arquitetura de plantas de feijão pelo uso de ácido giberélico. **InterScience Place**. v.1, n.9, p.1-14, 2009.

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

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Editora Artmed. Porto Alegre. ed.5, p.918, 2013.

TRAUTMANN, R. R. et al. Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v.38, n.1, p.240-251. 2014.

TRUEMAN, S. J. Endogenous cytokinin levels during early fruit development of macadamia. **African Journal of Agricultural Research**, v.5, n.24, p.3402-3407, 2010.

WANG, Y. et al. Genome-wide analysis and expression. Profiling of the PIN auxin transporter gene Family in soybean (*Glycine max*). **BioMed Central Genomics**. v.16, n.951, p.1-13, 2015.

ZILIO, M. **Crescimento e partição de biomassa de cultivares de soja submetida à restrição hídrica em diferentes estádios fenológicos**. 2014. 193 f. Tese (Doutorado). Orientador: Clovis Arruda de Souza. Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Lages.