

DANIEL FERNANDO KOLLING

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MITIGAR OS PREJUÍZOS
OCACIONADOS AO MILHO PELA VARIAÇÃO ESPACIAL E
TEMPORAL NA DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS NA LINHA DE
SEMEADURA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências
Agroveterinárias da Universidade do Estado
de Santa Catarina – UDESC para obtenção
do título de Doutor em Produção Vegetal

Orientador: Prof. Ph.D. Luis Sangoi

**LAGES-SC
2015**

Kolling, Daniel Fernando

Estratégias de manejo para mitigar os prejuízos ocasionados ao milho pela variação espacial e temporal na distribuição de plantas na linha de semeadura. / Daniel Fernando Kolling. - Lages, 2015.

142 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Luis Sangoi

Inclui bibliografia

Tese (doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2015.

1. *Zea mays* L. 2. Emergência desuniforme. 3. Nitrogênio. 4. Bioestimulante. 5. Rendimento de grãos. I. Kolling, Daniel Fernando. II. Sangoi, Luis. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

DANIEL FERNANDO KOLLING

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MITIGAR OS PREJUÍZOS
OCASIONADOS AO MILHO PELA VARIAÇÃO ESPACIAL E
TEMPORAL NA DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS NA LINHA DE
SEMEADURA**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de doutor no Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Ph.D. Luis Sangoi

Orientador – UDESC/Lages-SC

Dr. Clóvis Arruda de Souza

Membro – UDESC/Lages-SC

Dr. Ricardo Trezzi Casa

Membro – UDESC/Lages-SC

Dr. Carla Maria Pandolfo

Membro externo – Epagri/Campos Novos-SC

Ph.D. Paulo Regis Ferreira da Silva

Membro externo – UFRGS/ Porto Alegre-RS

Lages, Santa Catarina, 30 de julho de 2015.

*Aos meus adoráveis pais,
Ladir e José Kolling, pelo
amor, educação e apoio
incondicional em todas as
fases de minha vida! Foram
com bases nesses
ensinamentos e valores que
consegui ultrapassar as
dificuldades e alcançar meus
objetivos!
A minha irmã Deise, fonte de
inspiração para o início do
doutorado!
A minha afilhada Júlia, fonte
de inspiração para o término
do doutorado!
A vocês minha eterna
gratidão.
Ofereço e dedico!*

AGRADECIMENTOS

Mais do que uma formalidade, os agradecimentos representam um resgate do caminho percorrido neste curso de doutorado, daqueles que de alguma forma estenderam a mão, iluminaram os trechos mais escuros ou, com paciência e sabedoria, tornaram a tarefa menos solitária e mais humana.

Durante o período em que desenvolvi o doutorado, precisei me ausentar de pessoas que me são queridas. Quero deixar aqui registrado, que não foi sem dor essa ausência.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela vida e saúde que sempre me concedeu. Agradeço a meus pais, Ladir e Jose Kolling, que sempre me incentivaram, educaram e orientaram! Sem dúvida a formação que recebi e recebo de vocês é decisiva nas escolhas da minha vida! A minha irmã Deise que me presenteou com uma afilhada linda e que me inspira todos os dias para vencer cada desafio!

A minha namorada Nathalia, que me motiva, alegra e inspira para ir em frente e sempre soube compreender minha ausência! Amo-te!

A toda a equipe *Zea mays*, composta pelo Cristian, Diego, Eduardo, Fernando, Leonardo, Matheus, Murilo Renan, Murilo Miguel, Roger, Tiales e Willian, que sempre estiveram prontamente dispostos e alegres a colaborar com o trabalho, Muito Obrigado! Que nossa amizade perdure por longos anos! Sucesso a todos!

Ao “coach” Amauri, pelas horas de ensinamento científicos, profissionais e pessoais! Tu és uma grande pessoa! Muito Obrigado!

Ao professor e orientador Luis Sangoi, obrigado pela orientação e confiança depositada!

Aos meus colegas de república, Fábio e Sebastian! Foi muito bom morar com vocês!

A todos que participaram do “grupo de estudos avançados em leveduras”, foi ótimo conhecer-los e conviver com vocês!

Aos motoristas e funcionários do CAV!

A UDESC, pelo ensino gratuito e de qualidade.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Por fim, agradeço a todos os amigos da época do mestrado em Porto Alegre, da minha cidade natal Chapecó, e os mais recentes de Lages, que incentivaram e apoiaram cada um a sua maneira, Muito Obrigado!

“É que eu adoro o que eu digo. É impressionante como eu me encanto com o que o eu mesmo falo, é impressionante o quanto eu entendo quando eu mesmo explico. Porque tem gente que condena, as pessoas consideram isso arrogância. Mas pare para pensar: Se você vai ter que conviver com você mesmo até o fim, se você vai ter que se aguentar até o fim, se você vai ser espectador de você mesmo até o fim, é melhor que se encante com o que faz.”

Clóvis de Barros Filho

RESUMO

KOLLING, Daniel Fernando. **Estratégias de manejo para mitigar os prejuízos ocasionados ao milho pela variação espacial e temporal na distribuição das plantas na linha de semeadura.** 2015, 142p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Áreas: Ciências Agrárias, Fitotecnia, Agronomia) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2015.

O milho é uma espécie altamente sensível à competição intra-específica. A irregularidade na distribuição espacial e temporal das plântulas na linha de semeadura aumenta a competição intra-específica e prejudica o desempenho agrônomico da cultura. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de identificar estratégias de manejo que reduzam a competição entre as plantas e evitem as perdas de rendimento decorrentes de estandes desuniformes. Foram conduzidos quatro experimentos nas safras 2012/2013 e 2013/2014. Os ensaios foram implantados no município de Lages, SC, num Nitossolo vermelho distrófico típico. No primeiro experimento avaliou-se o efeito da utilização de doses crescentes de nitrogênio em cobertura (0, 125, 250 e 375 kg ha⁻¹) sobre características agrônomicas do milho submetido a três níveis de desuniformidade espacial na distribuição das plantas na linha, equivalentes a 0, 50% e 100% do coeficiente de variação. No segundo experimento avaliou-se o impacto da utilização de doses crescentes de nitrogênio (0, 125, 250 e 375 kg ha⁻¹) sobre o desempenho do milho em quatro níveis de desuniformidade temporal, equivalentes a 0, 5, 10 e 15 dias. No nível 0, todas as sementes foram semeadas no dia 19 de outubro de 2012 e 2013. Nos demais níveis,

metade das sementes foi semeada no dia 19/10 e a outra metade em covas adjacentes 5, 10 e 15 dias após. No terceiro e quarto experimentos foram mantidos os modelos de desuniformidade espacial e temporal utilizados nos experimentos um e dois, substituindo-se as doses crescentes de nitrogênio pela presença ou ausência do tratamento de sementes com bioestimulante. Utilizou-se nestes dois ensaios o produto comercial Stimulate®, na dose de 15 mL kg⁻¹ de semente. Nos quatro ensaios foi utilizado o híbrido comercial P30R50YH, com densidade de 80.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. Os dados foram avaliados estatisticamente através de análise de variância pelo teste F. Quando os valores de F foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e análise de regressão polinomial. Todas as análises foram feitas ao nível de significância de 5 %. Nos quatro experimentos observou-se redução no rendimento de grãos com o aumento da variação na distribuição espacial e temporal das plantas na linha de semeadura, independentemente da quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura e da presença ou ausência do tratamento de sementes com bioestimulante. O aumento no coeficiente de variação na distribuição espacial e o atraso na semeadura de metade das sementes fomentou a hierarquização das plântulas na lavoura, gerando plantas dominantes e dominadas. As plantas dominantes apresentaram maiores valores de área foliar, diâmetro de colmo, estatura de planta, teor relativo de clorofila e rendimento. Entretanto, isto não foi suficiente para compensar as perdas de produtividade provocadas nas plantas dominadas, mesmo quando se aplicou doses altas de N em cobertura e se tratou as sementes com Stimulate®. Portanto, o incremento na dose de N de 0 a 375 kg ha⁻¹ e o tratamento de

sementes com bioestimulante não foram estratégias eficientes para mitigar os prejuízos ao rendimento de grãos do milho ocasionados pelo aumento da variação espacial e temporal na distribuição das plantas na linha de semeadura.

Palavras-chave: *Zea mays*. Emergência desuniforme. Nitrogênio. Bioestimulante. Rendimento de grãos.

ABSTRACT

KOLLING, Daniel Fernando. **Management strategies to mitigate damages to maize caused by spatial and temporal variation of plant distribution at the sowing row.** 2015, 142p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Áreas: Ciências Agrárias, Fitotecnia, Agronomia) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2015.

Maize is very sensitive to the intra-specific competition. The unevenness of spatial and temporal plant distribution at the sowing row increases intra-specific competition, hampering the crop agronomic performance. This work was carried out aiming to identify management strategies that reduce plant competition and avoid yield losses caused by irregular stands. Four experiments were set during the 2012/2013 and 2013/2014 growing seasons. The trials were conducted in Lages, SC, in an Oxisol. The first experiment evaluated the effect of side-dressing different nitrogen rates (0, 125, 250 and 375 kg ha⁻¹) on the agronomic traits of maize submitted to three levels of plant spatial unevenness at the sowing row: equivalent to 0, 50 and 100% of the variation coefficient. The second experiment assessed the impact of side-dressing increasing N rates (0, 125, 250 and 375 kg ha⁻¹) on maize agronomic performance at four levels of temporal unevenness, equivalent to 0, 5, 10 and 15 days. At the level 0, all seeds were sown on October 19th of 2012 and 2013. At the other levels, half seeds were sown on 19/10 and the other half 5, 10 and 15 days later. The third and fourth experiments kept the same model of spatial and temporal unevenness at the sowing row used in the first two trials, replacing the nitrogen rates for the presence or absence of seed treatment with biostimulant. Seeds were

treated on the sowing day with a commercial product named Stimulate® in a rate of 15 ml kg⁻¹. All the experiments were set with a plant density of 80,000 pl ha⁻¹ and a row spacing of 0.7m, using P30R50YH as the tested hybrid. Data were statistically evaluated by the variance analysis using the F test. When F values were significant, averages were compared using the Tukey's test and polynomial regression analysis, both at the 5% significance level. All experiments showed a decrease on grain yield with the increase in spatial and temporal variation of plant distribution at the sowing row, regardless of nitrogen rate or seed treatment with biostimulant. The increase in the variation coefficient of plant spacial distribution and the delay on the sowing time of half seeds favor the development of dominant and dominated plants. The dominant plants presented higher values of leaf area, stem diameter, plant height, leaf chlorophyll content and grain yield. However, such behavior was not enough to compensate the productivity losses of the dominated plants, even when high rates of N were side-dressed or seeds were treated with Stimulate®. Therefore, the enhancement in the amount of nitrogen side-dressed to the crop from 0 to 375 kg ha⁻¹ and seed treatment with biostimulant were not efficient strategies to mitigate damages to maize grain yield caused uneven spatial and temporal distribution of plants at the sowing row.

Key words: *Zea mays*. Uneven emergence. Nitrogen. Biostimulant. Grain yield.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Rendimento de grãos de milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.....58
- Figura 2. Número de grãos por espiga de milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.....61
- Figura 3. Massa de 1.000 grãos de milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.....62
- Figura 4. Área foliar do milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC..64
- Figura 5. Leitura SPAD do teor relativo de clorofila e coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura na folha índice do milho, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura Lages, SC. Lages, SC..65
- Figura 6. Rendimento de grãos de milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.....78

| | |
|--|-----|
| Figura 7. Número e grãos por espiga do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC..... | 81 |
| Figura 8. Massa de 1.000 grãos do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC..... | 83 |
| Figura 9. Área foliar das plantas dominantes do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.. | 84 |
| Figura 10. Área foliar das plantas dominadas do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.. | 85 |
| Figura 11. Rendimento de grãos do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC..... | 104 |
| Figura 12. Número de grãos por espiga do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. | 105 |
| Figura 13. Massa de 1.000 grãos do milho em função dos dias de atraso na semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC..... | 106 |
| Figura 14. Área foliar das plantas dominantes do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC.... | 107 |

- Figura 15. Área foliar das plantas dominadas do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC....108
- Figura 16. Diâmetro de colmo das plantas dominantes do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC.....109
- Figura 17. Diâmetro de colmo das plantas dominadas do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC.....110
- Figura 18. Rendimento de grãos em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC,.....120
- Figura 19. Número de grãos por espiga em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC.....121
- Figura 20. Massa de 1.000 grãos em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC.....122
- Figura 21. Área foliar em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC....123

Figura 22. Teor relativo de clorofila na folha índice no espigamento em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC....123

Figura 23. Diâmetro do colmo na colheita em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC124

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características avaliadas no experimento. Lages, SC.56
- Tabela 2. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características avaliadas no experimento. Lages, SC.. Lages, SC.....77
- Tabela 3. Altura da planta do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.....87
- Tabela 4. Altura da inserção da espiga do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura Lages, SC.88
- Tabela 5. Diâmetro de colmo do milho em função da variação na data de semeadura das plantas sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura Lages, SC.....89
- Tabela 6. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características avaliadas no experimento. Lages, SC. Lages, SC.....101

Tabela 7. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características agrônômicas avaliadas no experimento119

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 38 |
| 2 ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ESTRATÉGIA MITIGADORA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DESUNIFORME DAS PLANTAS DE MILHO NA SEMEADURA | 48 |
| RESUMO | 48 |
| ABSTRACT | 49 |
| 2.1 INTRODUÇÃO | 49 |
| 2.2 MATERIAL E MÉTODOS | 52 |
| 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 55 |
| 2.4 CONCLUSÕES | 66 |
| 3 ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAR OS PREJUÍZOS DA EMERGÊNCIA DESUNIFORME EM LAVOURAS DE MILHO | 67 |
| RESUMO | 67 |
| ABSTRACT | 68 |
| 3.1 INTRODUÇÃO | 69 |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS | 71 |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 75 |
| 3.4 CONCLUSÕES | 90 |
| 4 TRATAMENTO DE SEMENTES COM BIOESTIMULANTE COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAR A EMERGÊNCIA DESUNIFORME DO MILHO | 91 |

| | |
|---|------------|
| RESUMO | 91 |
| ABSTRACT | 92 |
| 4.1 INTRODUÇÃO | 93 |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS | 95 |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 99 |
| 4.4. CONCLUSÕES..... | 110 |
| 5 TRATAMENTO DE SEMENTES COM BIOESTIMULANTE PARA MITIGAR OS PREJUÍZOS DA VARIABILIDADE ESPACIAL NA DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS DE MILHO NA LINHA DE SEMEADURA | 111 |
| RESUMO | 111 |
| ABSTRACT | 112 |
| 5.1 INTRODUÇÃO | 113 |
| 5.2 MATERIAL E MÉTODOS | 115 |
| 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 118 |
| 5.4 CONCLUSÕES | 126 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 128 |
| 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 132 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho é o principal cereal cultivado no mundo. Estima-se que a produção mundial da safra 2014/2015 seja recorde, com aproximadamente 991,9 milhões de toneladas, uma quantidade de 3,2 milhões de toneladas maior do que a registrada na safra 2013/2014 (USDA, 2015).

Entre os principais países produtores mundiais deste cereal figuram os Estados Unidos, a China e o Brasil, os quais juntos representam aproximadamente 65% do total produzido no mundo. Para a safra 2014/2015 estima-se que serão colhidas 353 milhões de toneladas de milho nos Estados Unidos, 222 milhões de toneladas na China e 78 milhões de toneladas no Brasil (USDA, 2015; CONAB, 2015).

Embora o Brasil seja o terceiro maior produtor mundial de milho, o rendimento de grãos médio registrada no país na safra de 2013/2014 foi de apenas $5,1 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2014). Este valor é muito baixo quando comparado com os rendimentos de 18 t ha^{-1} , obtidos em condições experimentais brasileiras por Schmitt (2014), e com as produtividades médias de 10 t ha^{-1} obtidas nos Estados Unidos (USDA, 2013).

As diferenças existentes entre a produtividade média de milho brasileira e os rendimentos registrados em condições experimentais e nos Estados Unidos podem ser atribuídas a vários motivos. Entre eles podem ser citados: o uso de genótipos com baixo potencial de rendimento de grãos ou não adaptados à região de cultivo, épocas de semeadura impróprias, escolha inadequada de arranjos de plantas, a variabilidade na distribuição espacial das plantas, a desuniformidade na emergência e a aplicação de baixas doses de

fertilizantes (ANDRADE e ABBATE, 2005; SANGOI et al. 2010; SANGOI et al., 2012). Todos estes fatores favorecem o estabelecimento de hierarquias de plantas dentro do dossel, incrementando a competição intra-específica e contribuindo para a redução do rendimento de grãos.

A cultura do milho é altamente exigente em quantidade e qualidade de estande na lavoura. Do ponto de vista quantitativo, variações na população de plantas interferem mais sobre o rendimento de grãos do milho do que de outras espécies produtoras de grãos da família *Poaceae*. Do ponto de vista qualitativo, o estabelecimento de um estande uniforme, com emergência simultânea e eqüidistante das plantas na linha é importante para alcançar altos tetos produtivos.

Vários trabalhos realizados no Brasil e no exterior comprovam que o milho possui baixa capacidade de compensação de espaços vazios. Estes podem ser decorrentes do processo de semeadura da cultura ou de problemas fisiológicos da semente, os quais comprometem a qualidade do estande de plantas.

Os problemas de semeadura são comuns nas lavouras do Brasil. Eles podem decorrer dos seguintes fatores: classificação inadequada das sementes na unidade de beneficiamento, umidade excessiva do solo no momento da semeadura, baixa temperatura do solo no sub-período semeadura-emergência, velocidade excessiva do trator durante a semeadura, má regulagem da semeadora (folgas, rebarbas no tubo condutor, alinhamento entre os carrinhos que depositam a semente e os fertilizantes, peças desgastadas). Estas falhas no estande de plantas podem ocasionar um sub-aproveitamento de radiação solar, água e nutrientes, limitando o rendimento de grãos.

A maioria dos estudos sobre a competição intra-específica no milho foram conduzidos utilizando diferentes espaçamentos e densidades de plantas. Estes estudos demonstraram que a variabilidade na produção de grãos de planta para planta é resultado da concorrência intra-específica, a qual se acentua conforme o aumento da densidade e varia entre genótipos, levando a uma redução de produtividade tanto a nível individual quanto de cultura (ANDRADE e ABBATE, 2005, PAGANO e MADDONNI 2007, BOOMSMA et al., 2009 e SCHENATTO, et al. 2012).

Os efeitos da emergência irregular (variabilidade temporal) e da variabilidade espacial sobre o rendimento de grãos do milho foram reportados por Liu et al. (2004), Andrade e Abbate (2005) e Martin et al. (2005), em diferentes regiões produtoras do mundo. No entanto, os resultados têm sido contraditórios.

Numa revisão sobre as irregularidades de semeadura, Tollenaar et al. (2006) concluíram que variabilidades espaciais moderadas não afetam o rendimento de grãos do milho por área porque a redução da produtividade em plantas dominadas é compensada pelo incremento no rendimento dos indivíduos que não sofreram o estresse da aglomeração. Em contrapartida, os mesmos autores relataram uma redução no rendimento de grãos da cultura quando a variabilidade planta-a-planta aumenta devido ao atraso de emergência (variabilidade temporal), o que está associado a um índice de colheita menor. Já em trabalho conduzido por Sangoi et al. (2012), simulando diferentes variações espaciais entre as plantas na linha, observou-se que o rendimento de grãos decresceu conforme aumentou a variação, chegando a reduzir 735 kg ha⁻¹ quando houve 100% de coeficiente de variação na distribuição espacial de plantas na linha.

Por outro lado, em trabalhos realizados nos Estados Unidos por Lauer e Rankin (2004) e no Canadá por Liu et al. (2004), não se observaram reduções no rendimento de grãos ocasionados pela irregularidade na distribuição espacial de plantas. Ciampitti e Vyn (2011), corroborando com o exposto, salientam que a redução no número de plantas produtivas por unidade de área é parcialmente compensada pelo aumento nos componentes de rendimento das plantas dominantes, aumentando o peso de grãos e o número de grãos por espiga.

Contudo, apesar dos consideráveis progressos que têm sido feitos no conhecimento dos mecanismos envolvidos na competição intra-específica no milho, as respostas à adubação nitrogenada em plantas hierarquizadas tem sido pouco exploradas (BOOMSMA e VYN, 2009). Elevadas adubações nitrogenadas podem aliviar o efeito da concorrência entre plantas, reduzindo a variabilidade de rendimento entre as mesmas quando comparado a condições de baixa disponibilidade de N (BOOMSMA et al., 2009).

Sabe-se que o suprimento de nutrientes de forma equilibrada é fundamental para a obtenção de elevado rendimento de grãos. No metabolismo das plantas, o nitrogênio participa como constituinte de ácidos nucléicos, citocromo, clorofila, coenzimas, proteínas, pigmentos e produtos secundários (FERREIRA, et al. 2007; TAIZ e ZEIGER, 2009).

Para o milho, o nitrogênio desempenha papel importante no acúmulo de proteínas e no rendimento de grãos com alta qualidade (MALAVOLTA et al., 1997). De acordo com Cobucci (1991), o nitrogênio é o nutriente que proporciona os maiores efeitos nos componentes de rendimento e na produtividade, afetando diversas características do crescimento e desenvolvimento. Ele

auxilia no desenvolvimento da área foliar, na taxa de fotossíntese, no crescimento radicular, no rendimento biológico, no tamanho de espigas, no número e na massa de grãos e no índice de espiga (VARGAS, 2010).

O desenvolvimento inicial da cultura do milho com restrição no fornecimento de N pode comprometer o número de grãos nos primórdios da espiga, e, conseqüentemente, a produção final de grãos (BULL e CANTARELLA, 1993). Para cada tonelada de grãos produzidos a planta necessita extrair aproximadamente 27 kg de N do solo (MUDSTOCK e SILVA, 2005)

Conforme aumenta a disponibilidade de N, tem-se observado uma direta correlação com o aumento do índice de colheita (Ciampitti e Vyn, 2011), devido à forte associação entre a biomassa vegetal e o índice de colheita (ECHARTE e ANDRADE, 2003). Embora se tenha observado que a competição intra-específica pode afetar a biomassa e o índice de colheita (TOLLENAAR et al., 2006, PAGANO e MADDONNI 2007 e BOOMSMA et al., 2009), ainda não está claro como ocorre a resposta à adubação nitrogenada no rendimento de plantas hierarquizadas (dominantes e/ou dominadas).

A disponibilidade de nitrogênio no solo para as plantas é controlada basicamente pela mineralização da matéria orgânica e por adubações nitrogenadas. Quando são utilizadas no sistema de rotação culturas com baixa relação carbono/nitrogênio na matéria seca, a decomposição e a mineralização são mais rápidas e a ciclagem do N ocorre em curto espaço de tempo, como ocorre com as leguminosas. Também se deve considerar que as perdas de N no solo são altas, principalmente por lixiviação, na forma de nitrato, pois este nutriente não forma ligações fortes com as cargas permanentes do solo suficientes para reter o nitrato nas camadas de exploração radicular (PAVINATO et al., 2008).

Assim, após a ocorrência de variação espacial e temporal em lavouras de milho uma possível estratégia para compensar a redução na rendimento de grãos, é a utilização de maiores doses de N, a fim de minimizar a competição intra-específica.

Outra estratégia investigada como forma de compensação da hierarquização das plantas é através do uso de bioestimulantes. Estes são definidos como substâncias naturais ou sintéticas, oriundos da mistura de dois ou mais biorreguladores vegetais ou destes com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas), que podem ser aplicados diretamente nas plantas, no solo ou em tratamento de sementes (KLAHOLD et al., 2006).

Com a utilização destas substâncias pode-se interferir em diversos processos vitais e estruturais, tais como a germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência (CASTRO E MELOTTO, 1989).

Segundo Castro e Vieira (2001), na atualidade são considerados clássicos cinco grupos de reguladores vegetais: as auxinas, as giberelinas, as citocininas, os retardadores e inibidores, e o etileno, os quais são sintetizados em diferentes lugares da planta. Estes reguladores quando presentes em baixas concentrações, promovem, inibem ou modificam processos fisiológicos e morfológicos do vegetal.

As auxinas estão relacionadas com o aumento da plasticidade da parede celular, conferindo o alongamento irreversível. As citocininas participam do processo de alongamento e diferenciação celular, principalmente quando interagem com as auxinas. As giberelinas atuam no processo de germinação de sementes, ativando enzimas hidrolíticas que agem ativamente no desdobramento das substâncias de reserva. As

giberelinas também estimulam o alongamento e divisão celular (ARTECA, 1995).

A utilização de reguladores de crescimento torna as plantas mais tolerantes a fatores de estresse, fazendo com que se desenvolvam mais vigorosamente em condições sub-ótimas, permitindo melhores chances de atingir seu potencial genético de produtividade (CASTRO et al., 2008). Como benefícios ocasionados pela utilização dos reguladores de crescimento podem-se citar o incremento do crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células. (CASTRO et al., 1998). Além disso, os bioestimulantes aumentam a absorção de água e de nutrientes pelas plantas, bem como sua resistência aos estresses hídricos e aos efeitos residuais de herbicidas no solo, fazendo com que seu uso na agricultura seja crescente (VASCONCELOS, 2006).

No Brasil, o produto comercial Stimulate® é o único registrados como bioestimulante (regulador de crescimento) para as culturas de alface, arroz, café, cana-de-açúcar, cevada, citros feijão, milho, soja e trigo, e tem em sua composição, ácido indolbutírico (auxina) $0,05 \text{ g L}^{-1}$, cinetina (citocinina) $0,09 \text{ g L}^{-1}$ e ácido giberélico (giberelina) $0,05 \text{ g L}^{-1}$ com demais ingredientes inertes.

Apesar destas vantagens apontadas por diferentes autores, os resultados de pesquisas com o tratamento de sementes com bioestimulantes são contraditórios. A utilização de Stimulate® em sementes de algodão não afetou a germinação e emergência de plântulas (Belmonte et al., 2003), fato também observado por Dário e Baltiere (1998) e Ferreira et al. (2007) em sementes de milho.

Tweddell et al. (2000), testando o bioestimulante em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de

adubação nitrogenada, não verificaram diferenças significativas na produção de grãos, biomassa seca e concentração de nutrientes no tecido foliar.

Entretanto, Vieira e Castro (2001) relataram que a utilização de reguladores de crescimento na cultura da soja promoveu incrementos no rendimento de grãos e Klahold et al. (2006), Ávila et al. (2008) e Campos et al. (2008) observaram aumento na germinação, biomassa da matéria seca das sementes e aumento na estatura das plantas. Efeitos similares foram observados por Vieira (2001) e Alleoni (2000) nas culturas do feijão e arroz. Já na cultura do algodão, trabalhos conduzidos por Vieira e Santos (2005) e Albrecht et al. (2009) constataram apenas o aumento do vigor, porcentagem de emergência das plântulas e aumento da velocidade de crescimento radicular, não tendo efeitos diretos sobre o rendimento de grãos.

Com tamanhas divergências entre os resultados observados por vários autores, Ferreira et al. (2007) sugerem que as respostas às suas aplicações dependem de outros fatores, tais como a espécie a planta e a composição das substâncias húmicas presentes nos produtos usados, sendo necessárias mais informações sobre o verdadeiro efeito desses produtos no desenvolvimento das plantas.

Este trabalho foi conduzido com base nas hipóteses de que o incremento na quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura e o tratamento de sementes com bioestimulante são estratégias de manejo que podem mitigar os prejuízos ao rendimento de grãos do milho ocasionados pela distribuição espacial e temporal irregular das plantas.

Com base nesta hipótese, foram conduzidos quatro experimentos com o objetivo geral de identificar estratégias de manejo que sejam efetivas para atenuar

os problemas ocasionados por má qualidade de estande. Especificamente, estes quatro ensaios objetivaram avaliar o efeito de doses crescentes de nitrogênio e do tratamento de sementes com Stimulate® sobre características agronômicas do milho submetido a diferentes níveis de variabilidade espacial e temporal na distribuição das plantas nos sulcos de semeadura. O trabalho foi dividido em quatro capítulos, correspondentes aos experimentos conduzidos a campo durante dois anos agrícolas. Cada capítulo compõem um artigo já enviado a revistas científicas da área.

2 ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ESTRATÉGIA MITIGADORA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DESUNIFORME DAS PLANTAS DE MILHO NA SEMEADURA

RESUMO

A irregularidade na distribuição das plantas de milho no sulco de semeadura aumenta a competição intra-específica, podendo reduzir o rendimento de grãos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses crescentes de nitrogênio sobre o desempenho agrônômico do milho com diferentes coeficientes de variação (C.V.) na distribuição espacial das plantas. O experimento foi implantado nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014, em Lages, SC. O híbrido utilizado foi o P30R50YH, com densidade de 80.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. Foram testados três coeficientes de variação da distribuição das sementes na linha de semeadura (0, 50 e 100 %) e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 125, 250 e 375 kg ha⁻¹). Avaliaram-se a área foliar, o teor relativo de clorofila da folha índice, o rendimento de grãos e seus componentes. O aumento no C.V. da distribuição espacial das sementes reduziu a área foliar e o teor relativo de clorofila da folha índice no espigamento. Isto contribuiu para diminuir o número de grãos por espiga e o rendimento de grãos quando houve maior irregularidade no posicionamento das plantas, tanto nas parcelas em que não se fez cobertura nitrogenada quanto naquelas em que se aplicaram 375 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Portanto, o aumento da dose de N de 0 a 375 kg ha⁻¹ não foi uma estratégia eficiente para compensar as perdas de rendimento de grãos

ocasionadas pela distribuição espacial irregular das plantas na linha de semeadura.

Palavras-chave: *Zea mays*. Variabilidade espacial. Nitrogênio. Rendimento de grãos.

ABSTRACT

The unevenness of maize plant distribution at the sowing row increases intra-specific competition for environmental resources which may decrease grain yield. This work was carried out aiming to evaluate the effect of increasing nitrogen rates on maize agronomic performance under different variation coefficients of plant spatial distribution at the sowing row. Three variation coefficient of seed spatial distribution (0, 50 and 100%) and four side-dress nitrogen rates (0, 125, 250 and 375 kg N ha⁻¹) were tested. Leaf area, leaf chlorophyll content, grain yield and yield components were determined. The enhancement in the variation coefficient of plant spatial distribution decreased leaf area and leaf chlorophyll content at silking. Such behavior contributed to decrease the number of kernels produced per ear and grain yield when the variation coefficient of seed placement was enhanced, regardless of nitrogen rate. Therefore, increasing the amount of side-dressed N was not an efficient strategy to mitigate yield losses caused by irregular spatial plant distribution at the sowing row.

Key words: *Zea mays*. Spatial variability. Nitrogen. Grain yield

2.1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é muito sensível à competição intra-específica. A uniformidade na distribuição espacial e temporal das plantas no sulco de semeadura é importante para mitigar a competição intra-específica (SANGOI et al., 2012). Alguns fatores que influenciam o estabelecimento uniforme da lavoura são a qualidade e o espaçamento entre as sementes, a uniformidade na profundidade da sua deposição no solo, a velocidade de semeadura, as condições de temperatura e umidade do solo durante o sub-período semeadura- emergência e a incidência de pragas e doenças (LAUER e RANKIN, 2004).

A variação no espaçamento entre as plantas no sulco de semeadura pode afetar o desenvolvimento e o rendimento do milho. Trabalhos realizados por Andrade e Abbate (2005), Tollenaar et al. (2006) e Sangoi et al. (2012) reportaram que quando há o agrupamento de indivíduos e a presença de grandes espaços sem plantas nas linhas de semeadura ocorre um subaproveitamento dos recursos do ambiente. Isto aumenta o número de plantas com desenvolvimento fenológico retardado, área foliar reduzida, e colmos frágeis, comprometendo o desenvolvimento da espiga e o rendimento de grãos.

Os impactos da distribuição espacial desuniforme dependem da sua intensidade, da densidade de semeadura, das características fenotípicas do híbrido, da fertilidade de solo e do nível de rendimento de grãos almejado (TOLLENAR e LEE, 2002; LUQUE et al., 2006; PAGANO e MADDONNI, 2006).

Diversos trabalhos foram conduzidos por Lauer e Rankin (2004), Liu et. al. (2004), Andrade e Abbate (2005), Martin et al. (2005), Tollenaar et al. (2006), Ciampitti e Vyn (2011) e Sangoi et al. (2012), para identificar e mensurar as consequências da emergência

irregular sobre o desempenho agronômico do milho. Estandes desuniformes são comuns nas lavouras de milho do Brasil. Entretanto, poucos estudos foram conduzidos com o intuito de identificar estratégias para mitigar estes efeitos e elevar os índices produtivos em lavouras com semeaduras mal sucedidas.

O suprimento equilibrado de nutrientes é fundamental para a obtenção de altas produtividades e para a mitigação de estresses (VARGAS et al., 2012). O nitrogênio é o nutriente absorvido em maiores quantidades pelas plantas da família *Poaceae*, interferindo diretamente na dimensão e duração da área foliar. Para o milho, ele desempenha papel importante no acúmulo de proteínas e no rendimento de grãos com alta qualidade (FERREIRA, et al., 2007).

O incremento na dose de nitrogênio aplicada em cobertura pode mitigar o efeito da concorrência entre plantas, reduzindo a variabilidade de rendimento entre as mesmas quando comparado a condições de baixa disponibilidade de N (BOOMSMA et al., 2009). Conforme aumenta a disponibilidade de N, observa-se uma direta correlação com o aumento do índice de colheita (Ciampitti e Vyn, 2011), devido à forte associação entre a biomassa vegetal e o índice de colheita (ECHARTE e ANDRADE, 2003).

Apesar dos consideráveis progressos que têm sido feitos na identificação dos mecanismos envolvidos na competição intra-específica no milho, as respostas à adubação nitrogenada em plantas hierarquizadas tem sido pouco exploradas (BOOMSMA e VYN, 2009). A competição intra-específica pode afetar a biomassa e o índice de colheita. Contudo, ainda não está claro como ocorre a resposta do rendimento de grãos à adubação nitrogenada em lavouras com estandes desuniformes.

A adubação nitrogenada em cobertura é freqüente nas lavouras de milho. Assim, esta prática de manejo pode ser usada como uma estratégia para diminuir o estresse ocasionado pela distribuição irregular das plantas. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos de doses crescentes de N aplicadas em cobertura sobre o desempenho agrônômico do milho, em diferentes níveis de variabilidade espacial na distribuição das plantas no sulco de semeadura.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante os anos agrícolas de 2012/2013 (sem irrigação) e 2013/2014 (com sistema de irrigação por aspersão). As coordenadas geográficas do local são 27°50'35" de latitude Sul e 50° 29'45" de longitude Oeste, com altitude média de 849 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). A análise de solo feita na camada de 0 a 20 cm de profundidade em setembro de 2012 apresentou as seguintes características: 560 g kg⁻¹ de argila; pH em H₂O 5,2; índice SMP 5,7; 60 g kg⁻¹ de Matéria Orgânica; 4,4 mg dm⁻³ de P; 186 mg dm⁻³ de K; 5,79 cmol_c dm⁻³ de Ca; 2,47 cmol_c dm⁻³ Mg; 0,2 cmol_c dm⁻³ Al; 8,94 cmol_c dm⁻³ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso dispostos no arranjo de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas principais foram constituídas por três níveis de desuniformidade espacial na linha de cultivo, equivalentes a 0, 50 e 100 %

do coeficiente de variação. No nível 0, as sementes foram uniformemente distribuídas nos sulcos de semeadura na distância de 17 cm entre si, e uma profundidade de 5 cm.. As distâncias entre sementes nos demais tratamentos com variabilidade espacial foram calculadas através do software Minitab, utilizando-se a função randomização de dados com distribuição normal. Nesta função foram informadas a média, o desvio padrão e o número de dados (plantas por linha) em cada tratamento. Para cada percentagem de coeficiente de variação o software gerou aleatoriamente a posição das plantas nos sulcos de plantio. Em função destas distâncias, marcaram-se barbantes para que as sementes fossem colocadas na posição desejada em cada tratamento.

Nas subparcelas foram alocadas as doses de adubação nitrogenada em cobertura equivalentes a 0, 0,5 (125 kg ha⁻¹), 1,0 (250 kg ha⁻¹) e 1,5 (375 kg ha⁻¹) vezes a dose de nitrogênio recomendada para uma expectativa de rendimento de 18.000 kg ha⁻¹. A aplicação do N foi parcelada igualmente nos estádios V4, V8 e V12 da escala proposta por Ritchie et al. (1993). A fonte de N utilizada foi ureia. Cada sub-parcela foi composta por quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 70 cm entre si. Todas as avaliações foram feitas nas duas fileiras centrais, excluindo 0,5m na extremidade de cada linha, perfazendo uma área útil de 7 m².

A semeadura dos ensaios ocorreu no dia 19 de outubro em ambos os anos agrícolas. Ela foi realizada com semeadoras manuais diretamente sobre uma cobertura morta de aveia branca. Aplicaram-se na superfície do solo durante a semeadura 30 kg ha⁻¹ de N (uréia), 295 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (super fosfato triplo) e 170 kg ha⁻¹ de K₂O, (cloreto de potássio) seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade

do Solo - RS/SC (2004) para alcançar rendimento de grãos de 18.000 kg ha⁻¹. Quando as plantas estavam no estádio V3 da escala de Ritchie et al. (1993) foi realizado o desbaste para alcançar um estande final de 80.000 plantas ha⁻¹. O híbrido utilizado foi o P30R50YH.

As sementes foram tratadas industrialmente com o inseticida tiametoxam, na dose de 140 g de i.a. por 100 kg de sementes e com os fungicidas fludioxonil + metalaxyl, nas doses de 25 + 10 g i.a. por 100 kg de sementes para o controle preventivo de pragas e doenças na fase inicial do ciclo da cultura. No dia da semeadura efetuou-se o controle preventivo de plantas daninhas com aplicação em pré-emergência dos herbicidas atrazina + simazina, nas doses de 1,5 + 1,15 kg i.a. ha⁻¹. Quando as plantas se encontravam em V4 complementou-se o controle das plantas daninhas com a aplicação do herbicida tembotriona, na dose de 100 g i.a. ha⁻¹. Além disso, foram realizadas duas aplicações dos fungicidas azixistrobina + ciproconazol, nas doses de 60 + 25 g i.a. ha⁻¹, quando o milho estava nos estádios V12 e V18 para o controle de doenças.

Numa das linhas centrais das sub-parcelas foram identificadas seis plantas em seqüência para realizar a avaliação de área foliar no momento em que as plantas atingiram o estádio R1 (espigamento) da escala de Ritchie et al. (1993). A área foliar foi obtida medindo-se o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas fotossinteticamente ativas. Considerou-se fotossinteticamente ativa a folha com mais de 50% de sua área verde, de acordo com critério proposto por Borrás et al. (2003). A área foliar por planta foi estimada utilizando-se a fórmula: $A = C \times L \times 0,75$, onde o valor 0,75 é um coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular. Utilizou-se a folha inserida no nó em que a planta produziu a espiga

superior (folha índice) para avaliação do teor relativo de clorofila. Esta avaliação também foi feita em R1, utilizando-se o clorofilômetro, modelo Spad 502.

A colheita do ensaio foi realizada nos dias 23 e 24 de abril de 2013 e 2014, quando a umidade dos grãos situava-se entre de 18 % e 24 %. As espigas foram colhidas, trilhadas e os grãos secos em estufa até a obtenção de massa constante a 65°C. Os grãos foram pesados, os valores obtidos convertidos para umidade padrão de 13 %, a qual foi utilizada para a determinação do rendimento de grãos e dos componentes do rendimento (número de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F. Os valores de F foram considerados significativos ao nível de significância de 5 % ($P < 0,05$). Quando alcançada significância estatística, as médias de cada tratamento foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey e análise de regressão polinomial, ambos ao nível de significância de 5 %.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de grãos registrado nos ensaios variou de 5.414 a 16.064 kg ha⁻¹ na safra 2012/2013 e entre 7.801 e 15.321 kg na safra 2013/2014, dependendo da dose de nitrogênio e da variabilidade espacial avaliada. As médias de rendimento de grãos do experimento foram de 11.201 e 12.326 kg ha⁻¹, em 2011/2012 e 2012/2013, respectivamente.

A análise de variância (Tabela 1) detectou efeitos semelhantes dos tratamentos sobre todas as variáveis analisadas nos dois anos agrícolas em que se conduziu o trabalho. Elas foram afetadas pelos efeitos principais do coeficiente de variação na distribuição espacial das

plantas e pelas doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, porém a interação entre esses dois fatores, em geral, não foi significativa.

Tabela 1. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características avaliadas no experimento. Lages, SC.

| Característica Avaliada | Varição na distribuição de plantas | Doses de N | V x D | CV (%) Parcela | CV (%) Sub-Parcela |
|-------------------------|------------------------------------|------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Safrá 2012/2013 | | | | | |
| Rendimento de grãos | 5,54 * | 287,8 ** | 1,28 ^{ns} | 8,18 | 5,7 |
| Grãos por espiga | 5,33 * | 19,03 ** | 0,52 ^{ns} | 10,18 | 13,79 |
| Massa de 1000 grãos | 20,02 ** | 74,17 ** | 2,14 ^{ns} | 1,35 | 2,88 |
| Área foliar | 5,69 * | 24,86 ** | 2,33 ^{ns} | 10,49 | 10,39 |
| Leitura SPAD | 1,93 ^{ns} | 75,57 ** | 2,12 ^{ns} | 8,86 | 6,54 |
| Safrá 2013/2014 | | | | | |
| Rendimento de grãos | 5,44 * | 104,7 ** | 0,33 ^{ns} | 8,02 | 6,74 |
| Grãos por espiga | 6,21 * | 10,62 ** | 0,79 ^{ns} | 12,13 | 15,23 |
| Massa de 1000 grãos | 3,23 * | 34,22 ** | 2,71 ^{ns} | 4,38 | 3,41 |
| Área foliar | 28,58 ** | 47,05 ** | 1,58 ^{ns} | 6,01 | 5,36 |
| Leitura SPAD | 7,11 * | 78,70 ** | 1,19 ^{ns} | 6,5 | 5,1 |

* e ** significativo a 1 e 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} não significativo;

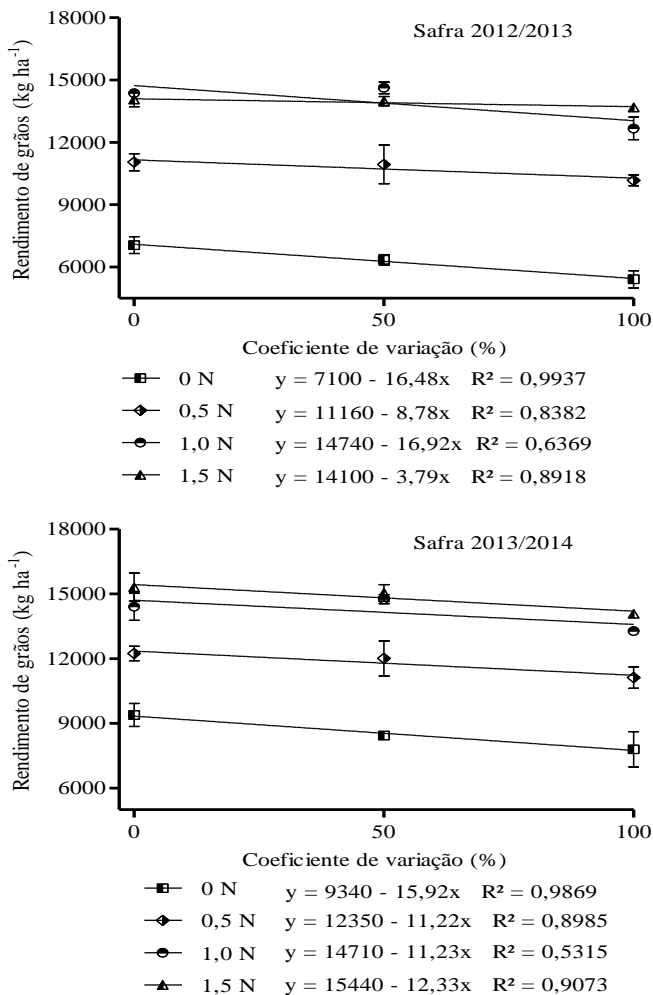
Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Os tratamentos em que as plantas estavam uniformemente distribuídas na linha de semeadura apresentaram maior rendimento de grãos do que os tratamentos com 100 % de C.V. na distribuição espacial, independentemente da quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura (Figura 1). Na média dos dois

anos e quatro doses de N, houve uma redução de 9,8 % no rendimento de grãos entre os tratamentos com as plantas uniformemente distribuídas e aqueles onde as plantas estavam com 100 % de variabilidade de distribuição espacial. O incremento na dose de N aumentou o rendimento de grãos do milho tanto nas parcelas com distribuição eqüidistante entre as plantas na linha quanto naquelas que apresentaram 100 % de C.V. na sua distribuição espacial.

Os resultados deste trabalho corroboram com os dados obtidos por Horn (2011), que obteve perdas de 128 kg ha^{-1} para cada 10% de incremento no coeficiente de variação da distribuição espacial das plantas na linha. Nielsen (2001) relatou que o rendimento de grãos de milho diminuiu 62 kg ha^{-1} para cada aumento de 1 cm no desvio padrão da distribuição espacial das plantas. Por outro lado, Lauer e Rankin (2004) e Liu et al. (2004) não detectaram decréscimos no rendimento de grãos ocasionados pela irregularidade na distribuição espacial de plantas, em trabalhos conduzidos nos Estados Unidos e Canadá, respectivamente.

Figura 1. Rendimento de grãos de milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

As divergências encontradas na literatura quanto aos efeitos da variabilidade espacial na distribuição das plantas sobre o desempenho agrônômico do milho podem ser relacionadas às características do genótipo utilizado no trabalho (ANDRADE e ABBATE, 2005). Neste sentido, Echarte e Andrade (2003) observaram que os híbridos de milho cultivados no século XXI apresentam maior plasticidade reprodutiva, estabilidade e índice de colheita, quando comparado aos híbridos cultivados no século passado. Já Nielsen (2004) relatou que as condições de solo, clima e a metodologia empregada para simulação da variação espacial também podem contribuir para explicar os efeitos contrastantes da distribuição irregular das plantas de milho.

A redução no rendimento de grãos provocada pela desuniformidade na distribuição espacial das plantas ocorre pelo aumento da competição intra-específica dos recursos do ambiente, como água, luz e nutrientes. Com o agrupamento das plantas ocorre a hierarquização da lavoura, favorecendo o surgimento de plantas dominantes e dominadas. As plantas dominadas são muito sensíveis a competição intra-específica, produzindo espigas pequenas, com menor quantidade de grãos (PAGANO e MADDONNI, 2006).

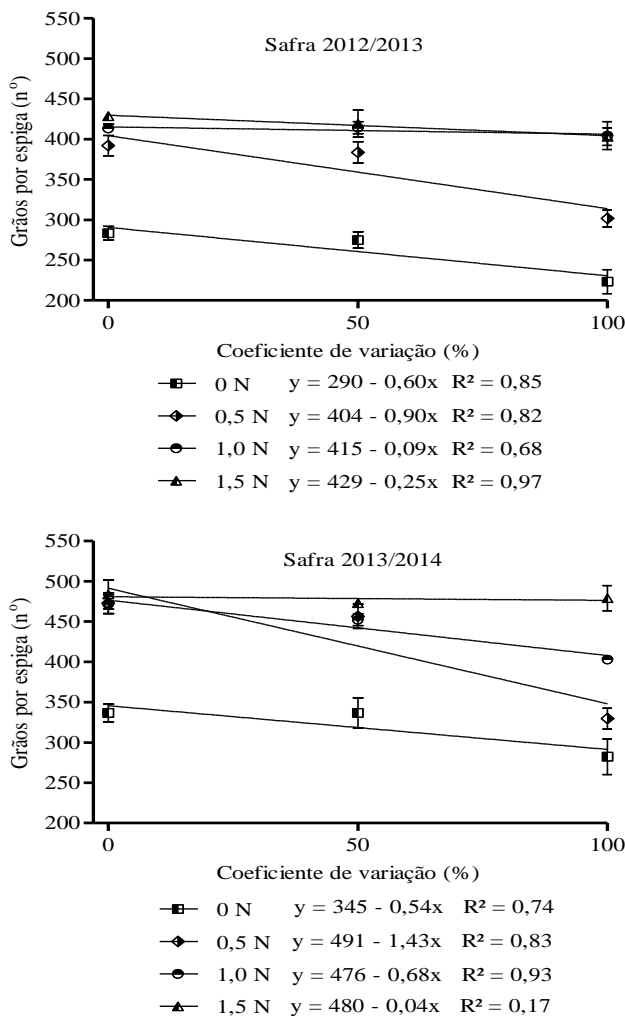
Os dados da Figura 2 comprovam esta hipótese, mostrando que conforme aumentou a irregularidade na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura houve redução no número de grãos produzidos, independente da dose de nitrogênio utilizada. Este decréscimo variou entre 1 e 143 grãos por espiga para cada 10 % de incremento no C.V., dependendo da dose de nitrogênio aplicada e do ano agrícola.

Por outro lado, os dados da Figura 3 indicam que houve um aumento na massa de 1.000 grãos com o aumento na variabilidade na distribuição espacial das

plantas. Isso mostra que o incremento na massa do grão é uma estratégia para compensar a redução do número de grãos por espiga. Corroborando com o exposto, Ciampitti e Vyn (2011) salientam que a redução no número de plantas produtivas por unidade de área é parcialmente compensada pelo aumento nos componentes de rendimento das plantas dominantes.

Houve redução significativa da área foliar apresentada pela cultura no espigamento com o incremento na variabilidade da distribuição espacial das plantas, independente da dose de nitrogênio aplicada (Figura 4). Para cada 10 % de incremento no C.V., as plantas perderam entre 63 e 170 cm² de folhas verdes na floração. Sangoi et al. (2014) relataram que os danos à área foliar diminuem a eficiência fotossintética da cultura, pois reduzem a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Esta redução diminui a concentração de carboidratos não estruturais do colmo (VIEIRA, 2012), interfere na qualidade da silagem produzida (ROTH e LAUER, 2008) e no número de óvulos que a planta consegue fertilizar (SANGOI et al., 2012). Assim, a menor área foliar externada pela cultura quando se aumentou a variabilidade na distribuição espacial das plantas provavelmente contribuiu para reduzir o número de grãos produzidos por espiga e o rendimento de grãos.

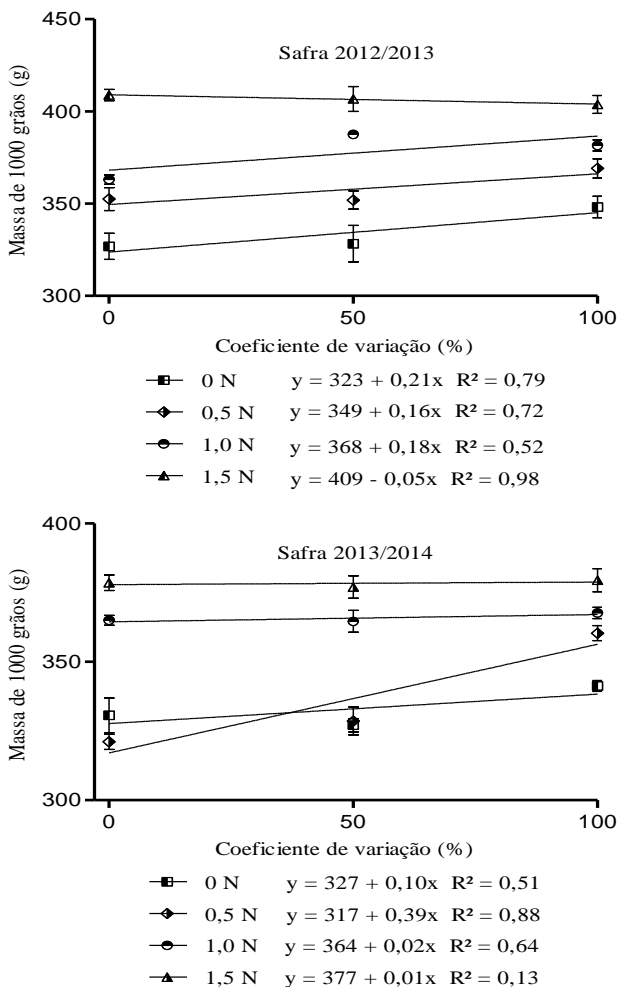
Figura 2. Número de grãos por espiga de milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 5,49%; CV B = 5,59%; Safra 2013/14: CV A = 6,42%; CV b = 5,62%.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 3. Massa de 1.000 grãos de milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 1,35%; CV B = 2,88%; Safra 2013/14: CV A = 2,02%; CV b = 1,66%



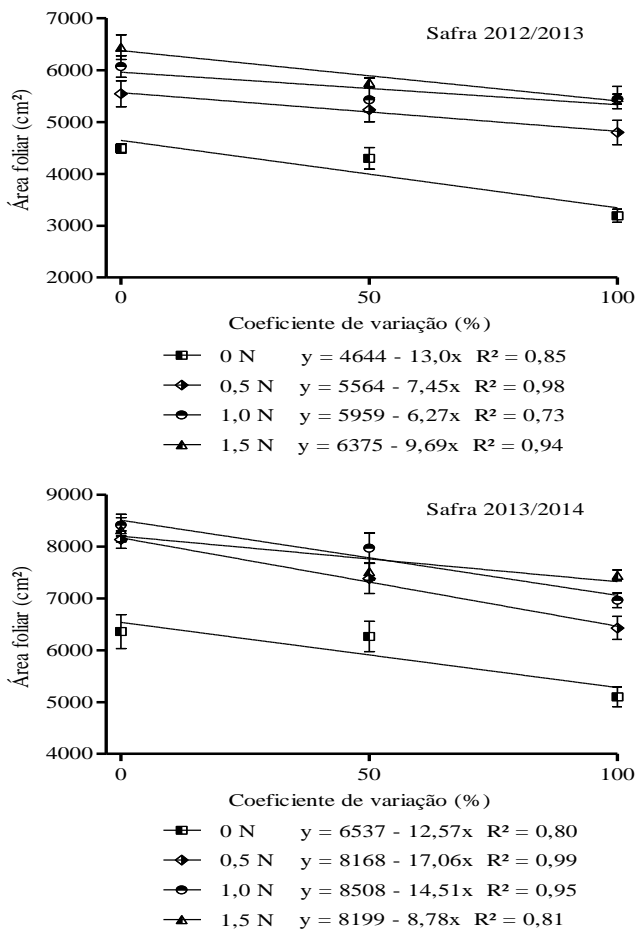
*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Os dados da leitura feita com o clorofilômetro também mostraram que houve redução no teor relativo de clorofila da folha índice com o incremento do coeficiente de variação, independentemente da dose de N aplicada em cobertura (Figura 5). Assim, o decréscimo no teor relativo de clorofila, associado à redução da área foliar da cultura no espigamento, provavelmente contribuíram para reduzir o número de grãos produzidos por espiga e o rendimento de grãos quando se aumentou a variabilidade na distribuição espacial das plantas.

Uma das hipóteses que motivou a condução deste trabalho era de que o incremento na dose de N em cobertura pode mitigar os prejuízos ao rendimento de grãos ocasionados pela distribuição espacial irregular das plantas na linha de semeadura. Conforme os resultados da análise de variância, a ausência de interação significativa entre o coeficiente de variação na distribuição das plantas e a dose de N aplicada em cobertura para todas variáveis analisadas mostra que esta hipótese não foi confirmada. Na análise de regressão da Figura 1, constatou-se que o rendimento de grãos diminuiu 37 kg ha^{-1} (2012/2013) e 123 kg ha^{-1} (2013/2014) para cada 10% de incremento no C.V nas parcelas em que aplicou 1,5 vezes a dose recomendada para atingir tetos produtivos de $18.000 \text{ kg ha}^{-1}$ ($375 \text{ kg de N ha}^{-1}$). Isto indica que a elevação da quantidade de fertilizante nitrogenado aplicada em cobertura não foi uma estratégia eficiente para compensar irregularidades na distribuição de plantas na linha de semeadura. Assim, a melhor maneira de minimizar os problemas ocasionados pela desuniformidade espacial é evitar que a mesma aconteça, tomando os devidos cuidados durante o processo de semeadura.

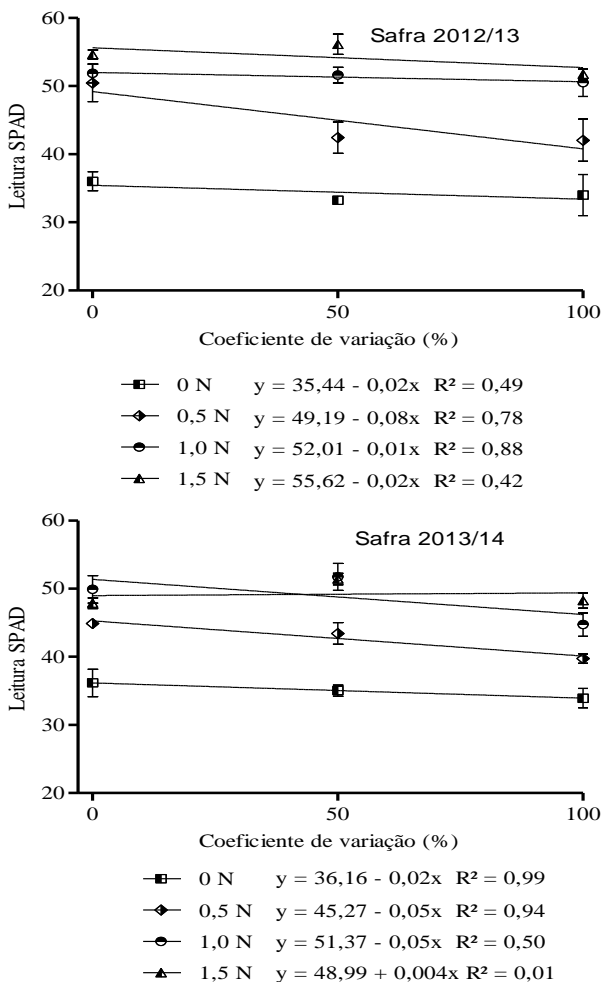
Figura 4. Área foliar do milho em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 5,05%; CV B = 6,93%; Safra 2013/14: CV A = 6,00%; CV b = 5,36%.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 5. Leitura SPAD do teor relativo de clorofila e coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura na folha índice do milho, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura Lages, SC. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 9,29 %; CV B = 6,33 %; Safra 2013/14: CV A = 6,41 %; CV b = 5,14 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

2.4 CONCLUSÕES

O aumento do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas de milho na linha de semeadura de 0 para 100% reduz o rendimento de grãos do milho, independentemente da quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura.

O aumento da dose de N aplicada em cobertura de 0 para 375 kg ha^{-1} não é uma estratégia eficiente para compensar perdas de rendimento de grãos ocasionadas pela distribuição irregular das plantas na linha de semeadura.

3 ADUBAÇÃO NITROGENADA COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAR OS PREJUÍZOS DA EMERGÊNCIA DESUNIFORME EM LAVOURAS DE MILHO

RESUMO

O aumento na quantidade de nitrogênio disponível pode auxiliar a mitigar a competição intra-específica advinda da emergência desuniforme na lavoura de milho. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de N em cobertura sobre o desempenho agrônômico do milho com diferentes níveis de desuniformidade na emergência das plantas. O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante os anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014. Foi utilizado o híbrido comercial P30R50YH, com densidade de 80.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas. Nas parcelas principais testaram-se quatro épocas de semeadura, equivalentes a 0, 5, 10 e 15 dias. Na época 0 todas as sementes foram semeadas no dia 19 de outubro (emergência uniforme). Nas demais épocas, metade das sementes foram semeadas no dia 19/10 e a outra metade em covas adjacentes 5, 10 e 15 dias após (emergência desuniforme). Nas sub-parcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura, equivalentes a 0, 0,5 (125 kg ha⁻¹), 1,0 (250 kg ha⁻¹) e 1,5 (375 kg ha⁻¹) vezes a dose de N recomendada para uma expectativa de rendimento de 18.000 kg ha⁻¹. O rendimento de grãos variou de 5.188 a 15.976 kg ha⁻¹. Houve um decréscimo no rendimento de grãos de 15,4% (1.153 kg ha⁻¹) e 13,6% (2.106 kg ha⁻¹) quando se atrasou em 15 dias a semeadura de metade das plantas, nas parcelas sem aplicação de N em cobertura e

naquelas em que foram aplicados 375 kg de N ha⁻¹, respectivamente. O atraso na semeadura reduziu a área foliar, a estatura e o diâmetro do colmo das plantas com emergência tardia. Isto contribuiu para reduzir o número de grãos produzidos por espiga, independentemente da dose de N. Portanto, o aumento na disponibilidade de nitrogênio de 0 a 375 kg ha⁻¹ não foi uma estratégia efetiva para compensar os efeitos negativos da emergência desuniforme no sulco de semeadura.

Palavras-chave: *Zea mays*. Variabilidade fenológica. Nitrogênio. Rendimento.

ABSTRACT

Increasing the amount of nitrogen may help to mitigate the intra-specific competition caused by maize uneven emergence. This work was carried out aiming to evaluate the effect of N side-dress rates on maize agronomic performance at different levels of plant emergence unevenness. The experiment was set in Lages, SC, during the 2012/2013 and 2013/2014 growing seasons. A randomized block design disposed in split plots was used. Four sowing times were tested in the main plots: 0, 5, 10 and 15 days. All seeds were sowed on October 19th in the sowing time 0 (even emergence). In the other sowing times, half seeds were sowed on 19/10 and the other half 5, 10 and 15 days later (uneven emergence). Four nitrogen side-dress rates were assessed in the split plots: 0, 0.5 (125 kg ha⁻¹), 1.0 (250 kg ha⁻¹) e 1.5 (375 kg ha⁻¹) times the recommended N rate to reach a grain productivity of 18,000 kg ha⁻¹. Grain yield ranged from 5,188 to 15,976 kg ha⁻¹. There was a decrease of 15.4% (1,153 kg ha⁻¹) e 13.6% (2,106 kg ha⁻¹) on maize grain yield when the sowing time was

delayed 15 days, for treatments with 0 and 375 kg of N ha⁻¹, respectively. The delay in sowing time decreased leaf area, height and stem diameter of plants with late emergence. Such behavior contributed to decrease the number of kernels produced per ear, regardless of N rate. Therefore, enhancing nitrogen availability was not an efficient management strategy to compensate the negative effects of uneven emergence at the sowing row.

Key words: *Zea mays*. Phenological variability. Nitrogen. Yield.

3.1 INTRODUÇÃO

Apesar do elevado potencial produtivo, o milho é altamente sensível à competição intra-específica (SANGOI et al., 2010). Por isto, é importante que exista uniformidade no desenvolvimento fenológico da lavoura, possibilitando aumentar o aproveitamento dos recursos do ambiente. Em lavouras com emergência uniforme, as plantas são mais homogêneas na sua arquitetura, minimizando a competição intra-específica (SCHMITT, 2014).

No Brasil é comum encontrar lavouras de milho com variabilidade temporal na emergência. Nestes casos, o desenvolvimento das plântulas com emergência tardia é menor, em relação àquelas que emergiram antes. As plantas que emergem tardiamente ficam dominadas dentro do dossel, apresentando reduzida capacidade de recuperação (SILVA et al., 2006). Pequenas diferenças fenológicas durante o crescimento inicial são amplificadas durante o progresso do desenvolvimento da cultura, aumentando a competição por recursos e a hierarquização dos indivíduos no dossel

(MADDONNI e OTEGUI, 2004). Isto aumenta a assincronia entre o desenvolvimento do pendão e da espiga, resultando num maior intervalo entre antese-espigamento que compromete a fertilização dos grãos (CÁRCOVA et al., 2000; URIBELARREA et al., 2002).

Estandes desuniformes são resultantes da variação no tempo que as plântulas levam para emergir. Variações na profundidade de semeadura, distribuição desuniforme da cobertura do solo e baixo vigor das sementes são fatores que causam alterações no tempo de germinação e emergência das plântulas no campo (ANDRADE e ABBATE, 2005). Solos com baixa temperatura, umidade deficiente no subperíodo semeadura-emergência e compactação da camada superficial também favorecem a desuniformidade de emergência, assim como a utilização de sementes com variabilidade no tamanho, no formato e velocidades excessivas do trator no momento da semeadura (SANGOI et al., 2012).

Trabalhos conduzidos por Liu et al. (2004), Andrade e Abbate (2005), Tollenaar et al. (2006), Sangoi et al. (2012) e Schmitt (2014) relataram os prejuízos ocasionados pela emergência irregular de plântulas sobre o desempenho agrônômico do milho. Coletivamente, os resultados destes trabalhos demonstram que a variabilidade na emergência causa um sub-aproveitamento dos recursos do ambiente, como água, radiação solar e nutrientes, reduzindo a biomassa das plantas, a área foliar e o rendimento de grãos.

Apesar dos consideráveis progressos que têm sido feitos no conhecimento dos mecanismos envolvidos na competição intra-específica no milho, poucos trabalhos foram conduzidos com o intuito de identificar estratégias de manejo que possam mitigar os efeitos negativos da emergência desuniforme. Neste contexto,

destaca-se a adubação nitrogenada de cobertura, cujas respostas em plantas hierarquizadas têm sido pouco exploradas (BOOMSMA e VYN, 2009).

O milho é muito responsivo a adubação, sendo o nitrogênio o nutriente que apresenta maior impacto no incremento do rendimento de grãos (SILVA et al., 2006). O incremento na quantidade de nitrogênio fornecida às plantas auxilia na expansão da área foliar, aumenta a taxa de fotossíntese, o crescimento radicular, rendimento biológico, tamanho de espigas, número e massa de grãos (VARGAS, 2012). Portanto, elevadas adubações nitrogenadas podem aliviar o efeito da concorrência entre plantas, reduzindo a variabilidade de rendimento entre as mesmas quando comparado a condições de baixa disponibilidade de N (BOOMSMA et al., 2009).

Embora Tollenaar et al. (2006), Pagano e Maddonni (2007) e Boomsma et al. (2009) tenham observado que a competição intra-específica afeta a biomassa e o índice de colheita do milho, ainda não está claro como ocorre a resposta à adubação nitrogenada de plantas hierarquizadas (dominantes e/ou dominadas). Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de doses crescentes de N em cobertura sobre o desempenho agrônômico do milho com diferentes níveis de desuniformidade na emergência das plantas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante os anos agrícolas de 2012/2013 (sem irrigação) e 2013/2014 (com sistema de irrigação por aspersão). As coordenadas geográficas do local são 27° 50' 35" de latitude Sul e 50° 29' 45" de longitude Oeste, com altitude média de 849 m. O clima da região, de acordo com a

classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006). A análise de solo feita na camada de 0 a 20 cm de profundidade em setembro de 2012 apresentou as seguintes características: 560 g kg⁻¹ de argila; pH(H₂O) 5,2; índice SMP 5,7; 60 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 4,4 mg dm⁻³ de P; 186 mg dm⁻³ de K; 5,79 cmol_c dm⁻³ de Ca; 2,47 cmol_c dm⁻³ Mg; 0,2 cmol_c dm⁻³ Al; 8,94 cmol_c dm⁻³ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso dispostos no arranjo de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas principais foram constituídas por quatro épocas de semeadura, equivalentes a 0, 5, 10 e 15 dias. Na época 0, todas as sementes foram semeadas no dia 19 de outubro de 2012 e 2013 (emergência uniforme). Nas demais épocas, metade das sementes foram semeadas nas covas ímpares no dia 0 (19/10) e a outra metade, correspondente as covas pares, 5, 10 e 15 dias após. Utilizaram-se barbantes marcados com duas cores para delimitar a posição das sementes implantadas no dia 0 (plantas ímpares - dominantes) das sementes semeadas alguns dias após (plantas pares – dominadas). Utilizou-se um limitador de profundidade padronizando a deposição das sementes à 5 cm.

Nas subparcelas foram alocadas as doses de adubação nitrogenada em cobertura equivalentes a 0, 0,5 (125 kg ha⁻¹), 1,0 (250 kg ha⁻¹) e 1,5 (375 kg ha⁻¹) vezes a dose de nitrogênio recomendada pela CQFS-RS/SC (2004) para uma expectativa de rendimento de 18.000 kg ha⁻¹. A aplicação do N foi parcelada igualmente nos estádios V4, V8 e V12 da escala proposta por Ritchie et al. (1993). A fonte de N utilizada

foi ureia. Cada sub-parcela foi composta por quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 70 cm entre si. Todas as avaliações foram feitas nas duas fileiras centrais, excluindo 0,5 m na extremidade de cada linha, perfazendo uma área útil de 7 m².

O experimento foi implantado com semeadoras manuais diretamente sobre uma cobertura morta de aveia branca. Aplicaram-se na superfície do solo durante a semeadura 30 kg ha⁻¹ de N (uréia), 295 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (super fosfato triplo) e 170 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), seguindo as recomendações da CQFS-RS/SC (2004) para alcançar rendimento de grãos de 18.000 kg ha⁻¹. Quando as plantas estavam no estágio V3 da escala de Ritchie et al. (1993) foi realizado o desbaste para alcançar um estande final de 80.000 plantas ha⁻¹. O híbrido utilizado foi o P30R50YH.

As sementes foram tratadas industrialmente com o inseticida tiametoxam, na dose de 140 g de i.a. por 100 kg de sementes e com os fungicidas fludioxonil + metalaxyl, nas doses de 25 + 10 g i.a. por 100 kg de sementes, para o controle preventivo de pragas e doenças na fase inicial do ciclo da cultura. No dia da semeadura efetuou-se o controle preventivo de plantas daninhas com aplicação em pré-emergência dos herbicidas atrazina + simazina, nas doses de 1,5 + 1,15 kg ha⁻¹ i.a.. Quando as plantas se encontravam em V4 complementou-se o controle das plantas daninhas com a aplicação do herbicida tembotriona, na dose de 100 g ha⁻¹ i.a.. Além disso, foram realizadas duas aplicações dos fungicidas azixistrobina + ciproconazol, nas doses de 60 + 25 g ha⁻¹ i.a., quando o milho estava nos estádios V12 e V18 da escala de Ritchie et al. (1993) para o controle de doenças.

Numa das linhas centrais das sub-parcelas foram identificadas seis plantas em seqüência (três dominantes

e três dominadas), nas quais se realizou a avaliação de área foliar no momento em que as plantas atingiram o estágio R1 (espigamento) da escala de Ritchie et al. (1993). A área foliar foi obtida medindo-se o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas fotossinteticamente ativas. Considerou-se fotossinteticamente ativa a folha com mais de 50 % de sua área verde, de acordo com critério proposto por Borrás et al. (2003). A área foliar por planta foi estimada utilizando-se a fórmula: $A = C \times L \times 0,75$, onde o valor 0,75 é um coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular.

As plantas identificadas também foram utilizadas para avaliar a estatura final e a altura de inserção de espiga. Estas variáveis foram estimadas com o auxílio de uma trena metálica graduada, medindo-se a distância do solo até o ápice do pendão e ao nó onde estava inserida a espiga superior da planta, respectivamente. Ambas as avaliações foram realizadas no momento do pleno florescimento da planta. O diâmetro de colmo foi avaliado com um paquímetro digital realizando-se duas medidas no segundo entre-nó expandido do colmo acima da superfície do solo de cada uma das seis plantas no momento da colheita.

A colheita do ensaio foi realizada nos dias 23 e 24 de abril de 2013 e 2014, quando a umidade dos grãos situava-se entre de 18 % e 24 %. As espigas foram colhidas, trilhadas e os grãos secos em estufa até a obtenção de massa constante a 65 °C. Os grãos foram pesados, os valores obtidos convertidos para umidade padrão de 13 %, a qual foi utilizada para a determinação do rendimento de grãos e dos componentes do rendimento (número de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F. No caso das seis plantas marcadas, utilizou-se o delineamento de parcelas sub-subdivididas para proceder a análise, alocando-se as plantas dominantes e dominadas nas sub-subparcelas. Os valores de F foram considerados significativos ao nível de significância de 5 % ($P < 0,05$). Quando alcançada significância estatística, as médias de cada tratamento foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey e análise de regressão polinomial, ambos ao nível de significância de 5 %.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos médios de grãos registradas no ensaio foram de 10.589 e 11.919 kg ha⁻¹, no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. O rendimento de grãos oscilou entre 5188 e 14984 kg ha⁻¹ em 2012/2013 e entre 7.755 e 15.976 kg ha⁻¹ em 2013/2014.

A análise de variância (Tabela 2) identificou efeitos semelhantes dos tratamentos sobre as variáveis analisadas. Nos dois anos agrícolas em que se conduziu o trabalho houve efeito significativo da época de semeadura e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Nos dois anos agrícolas, o rendimento de grãos decresceu linearmente com o atraso no número de dias da semeadura, independentemente da dose de N aplicada em cobertura (Figura 6). As taxas de decréscimo na produtividade variaram de 68 a 161 kg ha⁻¹ por dia de atraso. Considerando a média das quatro doses de N, a redução no rendimento de grãos no tratamento com 15 dias de desuniformidade na semeadura foi de 16,3% no primeiro ano e de 13,2% no segundo ano, em relação ao tratamento com emergência uniforme. O aumento da dose de nitrogênio aplicada em

cobertura de 0 até 0 até 375 kg ha⁻¹ promoveu incrementos no rendimento de grãos nos dois anos agrícolas. Os incrementos no rendimento de grãos foram de 22,6 kg de grãos por kg de N aplicado em 2012/2013 e de 17,1 kg de grãos por kg de N aplicado em 2013/2014, na média das quatro datas de semeadura.

Uma das hipóteses que originou o trabalho era de que o incremento da dose de nitrogênio aplicada em cobertura pode mitigar os prejuízos ao rendimento de grãos ocasionados pela emergência irregular das plantas na linha de semeadura. Esta hipótese não foi confirmada pela análise de variância, pois não houve interação significativa entre as datas de semeadura e doses de N. Comparando-se numericamente e percentualmente os valores médios de rendimento das duas safras nas parcelas em que não se aplicou nitrogênio em cobertura (testemunha), houve um decréscimo de 15,4 % (1.153 kg ha⁻¹) no rendimento de grãos do tratamento com 15 dias de atraso na semeadura, em relação aquele em que as mesmas foram todas semeadas no mesmo dia. Quando se aplicou 1,5 vezes a dose de nitrogênio (375 kg ha⁻¹) necessária para obter uma produção de 18.000 kg ha⁻¹, a média da redução do rendimento de grãos nas duas safras das parcelas com 15 dias de diferença na data de semeadura foi de 13,6 % (2.106 kg ha⁻¹), em relação aquelas semeadas no mesmo dia.

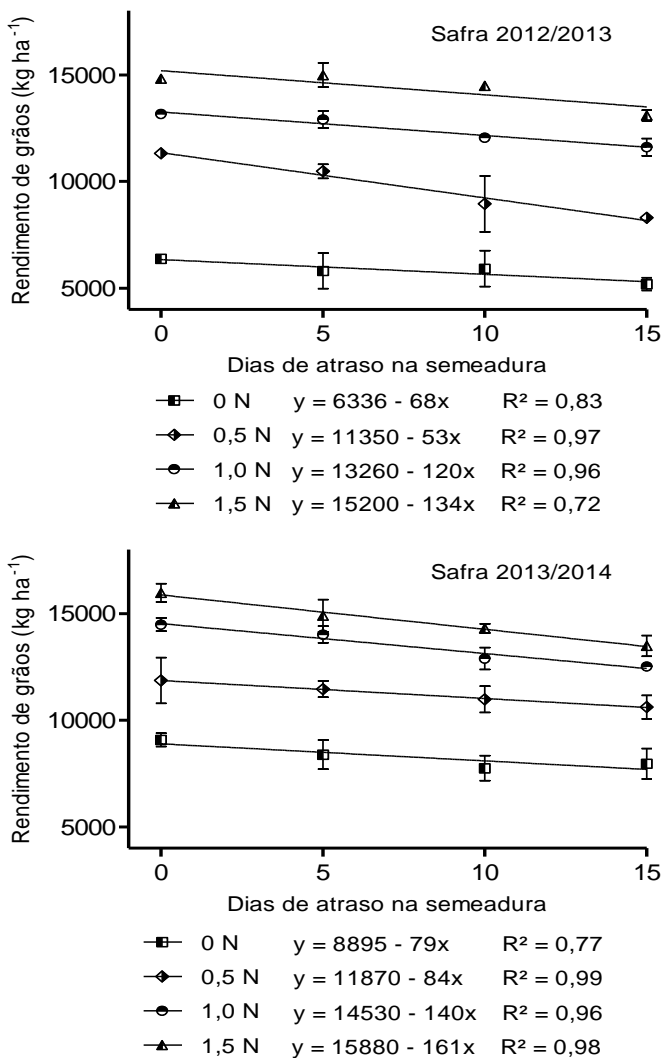
Tabela 2. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características avaliadas no experimento. Lages, SC.. Lages, SC.

| Fator Avaliado | Varição na data de Semeadura (V) | Doses de N (N) | V x N | CV (%) Parcela | CV (%) Sub-Parcela |
|------------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Safr a 2012/2013 | | | | | |
| Rendimento de grãos | 6,66 * | 264,62 ** | 1,13 ^{ns} | 10,44 | 7,43 |
| Grãos por espiga | 3,22 * | 52,76 ** | 0,59 ^{ns} | 14,25 | 11,94 |
| Massa de 1000 grãos | 4,39 * | 83,49 ** | 1,84 ^{ns} | 4,63 | 3,17 |
| ÁF* plantas dominantes | 9,02 ** | 16,18 ** | 0,71 ^{ns} | 7,55 | 13,28 |
| ÁF plantas dominadas | 0,66 ^{ns} | 17,27 ** | 1,57 ^{ns} | 26,96 | 15,79 |
| Safr a 2013/2014 | | | | | |
| Rendimento de grãos | 8,12 ** | 98,40 ** | 0,29 ^{ns} | 7,75 | 8,22 |
| Grãos por espiga | 5,44 * | 13,62 ** | 0,43 ^{ns} | 17,28 | 17,89 |
| Massa de 1000 grãos | 16,38 ** | 31,50 ** | 1,43 ^{ns} | 4,72 | 5,21 |
| ÁF plantas dominantes | 11,57 ** | 19,56 ** | 1,66 ^{ns} | 8,46 | 9,51 |
| ÁF plantas dominadas | 73,93 ** | 11,32 ** | 0,98 ^{ns} | 9,96 | 18,71 |

AF – Área foliar; ^{ns} não significativo; * significativo a 5 % de probabilidade de erro; ** significativo a 1 % de probabilidade de erro.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 6. Rendimento de grãos de milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

A falta de uniformidade na emergência aumenta a hierarquização das plantas na lavoura, sendo que aquelas que emergem tardiamente ficam dominadas dentro do dossel, apresentando reduzida capacidade de recuperação e contribuindo pouco para o rendimento da cultura (SILVA et al., 2006). Em lavouras com emergência uniforme, as plantas são mais homogêneas quanto à sua arquitetura, minimizando a competição intra-específica (SANGOI et al., 2012). O aumento na disponibilidade de nitrogênio a partir de V4 não foi capaz de compensar o atraso fenológico das plantas que emergiram tardiamente e de restabelecer sua capacidade produtiva.

Os prejuízos da desuniformidade na emergência são maiores quando se trabalha com altas densidades e espaçamentos amplos entre linhas (MEROTTO JUNIOR et al., 1999). Estes dois fatores fazem com que as plantas fiquem mais próximas entre si no sulco de semeadura, acentuando a competição intra-específica (SCHMITT et al., 2014). Os ensaios foram conduzidos com densidades de 80.000 plantas ha⁻¹ e espaçamento de 0,7 m entrelinhas. Este arranjo de plantas pode ter contribuído para o aumento da competição intra-específica e da hierarquização das plantas na lavoura, independentemente da dose de N aplicada em cobertura.

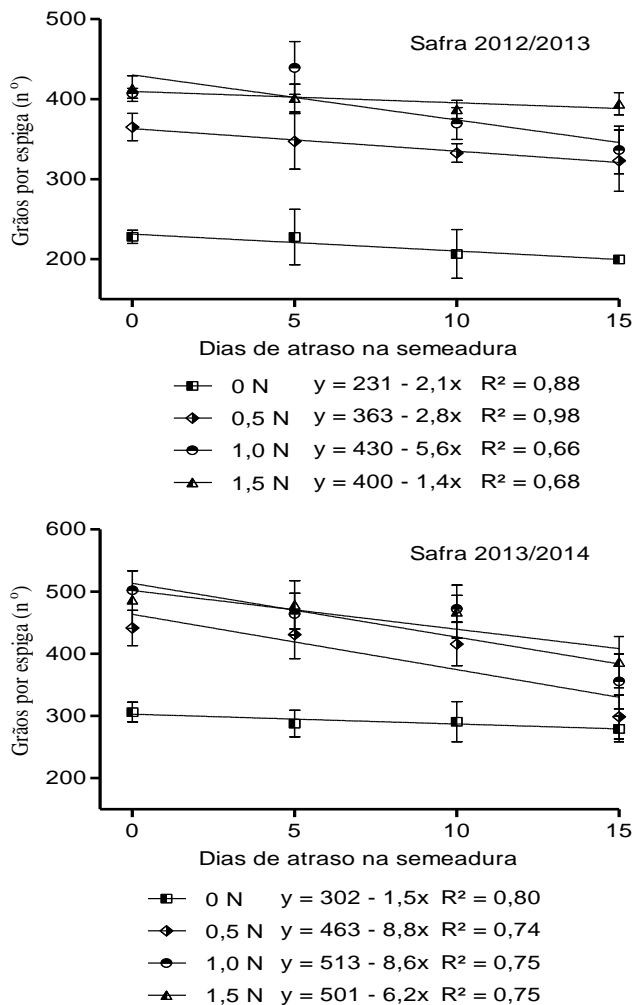
O componente do rendimento da cultura que foi mais afetado pela variabilidade temporal na semeadura das plantas foi o número de grãos por espiga (Figura 7). Assim como ocorreu com o rendimento de grãos, houve uma redução linear dos grãos produzidos por espiga, independente da dose de N aplicada. Em 2012/2013 a redução variou de 2,1 a 5,6 grãos/espiga para cada dia de atraso na semeadura de metade das plantas. No segundo ano agrícola, os decréscimos oscilaram entre

1,6 e 8,0 grãos/espiga por dia de atraso na semeadura. As plantas que emergiram antes exerceram dominância sobre aquelas com emergência tardia. Esta dominância provavelmente acentuou a natureza protândrica da planta de milho, aumentando o intervalo entre antese e espigamento das plantas dominadas. Isto possivelmente dificultou a fertilização e contribuiu para a redução do número de grãos produzidos por espiga nos tratamentos com emergência desuniforme.

Por outro lado, os dados da Figura 8 indicam que houve uma tendência de aumento na massa de 1.000 grãos conforme aumentou o atraso na emergência das plantas. Este aumento na massa de grãos é uma estratégia de compensação do rendimento da planta, pois há uma menor quantidade de grãos na espiga, fazendo com que aqueles remanescentes recebam maior quantidade de fotoassimilados e fiquem mais pesados (CIAMPITTI e VYN, 2011). Entretanto, o aumento na massa dos grãos não foi suficiente para a planta compensar as perdas de rendimento provocadas pela emergência irregular. Isto corrobora as observações feitas por Tollenaar e Lee (2002), Luque et al. (2006) e Sangoi et al. (2012) de que o número de grãos por espiga é o componente do rendimento que mais interfere no rendimento de grãos da cultura do milho.

Analisando o comportamento da área foliar (Figuras 9 e 10), evidenciou-se que quanto menor foi a dose de N aplicada em cobertura, menor foi o valor de área foliar mensurado no espigamento, fato este também observado por ROSSINI et al. (2011). Isto ocorre porque o nitrogênio atua diretamente nos meristemas da planta, sendo de fundamental importância para o estabelecimento do seu aparato fotossintético (SANGOI et al. 2011, SANGOI et al. 2014, VARGAS et al. 2015).

Figura 7. Número e grãos por espiga do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 14,25 %; CV B = 11,94 %; Safra 2013/14: CV A = 17,28 %; CV b = 17,89 %.

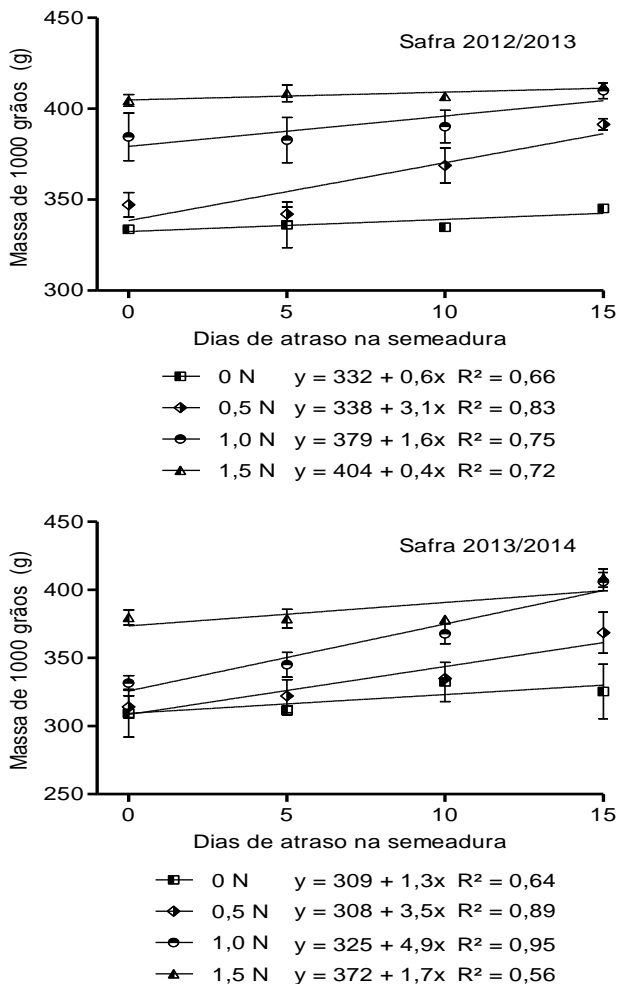


*As barras representam o desvio padrão das médias.
 Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

O atraso na semeadura promoveu efeitos contrastantes na área foliar das plantas dominantes e dominadas. No caso das plantas dominantes houve um incremento na área foliar que variou de 42 a 205 cm² por dia de atraso na semeadura, dependendo da dose de N aplicada e do ano agrícola (Figura 9). Isto ocorreu porque estas plantas tiveram melhores condições para aproveitar água, luz e nutrientes e investir estes recursos na formação e desenvolvimento das folhas. Por outro lado, as plantas dominadas reduziram linearmente a área foliar no espigamento com o aumento do número de dias de atraso na semeadura (Figura 10). As taxas de decréscimo da superfície fotossinteticamente ativa oscilaram entre 44 e 287 cm² para cada dia em que se postergou a semeadura.

Os dados das Figuras 9 e 10 indicam que as plantas dominantes possuem um desenvolvimento superior em relação às dominadas. Quanto maior é o atraso na semeadura e emergência das plantas, maior é a redução da área fotossinteticamente ativa das plantas dominadas, independente da dose de N utilizada. Resultados semelhantes foram encontrados por LIU et al. (2004), em trabalho conduzido no Canadá. Avaliando o efeito da variabilidade de emergência em milho, Nielsen (2001) relatou que um atraso de emergência maior do que duas folhas entre plantas vizinhas resultou numa planta jovem estéril no final do ciclo. Plantas com emergência tardia dentro da linha possuem limitada capacidade de competição por radiação solar, umidade e nutrientes com as plantas que emergiram anteriormente. Em casos de competição severa, estas plantas podem não produzir grãos e funcionar com ervas daninhas dentro do dossel (LIU et al. 2004). O aumento na quantidade de nitrogênio fornecida as plantas entre V4 e V12 não foi suficiente por reverter esta tendência.

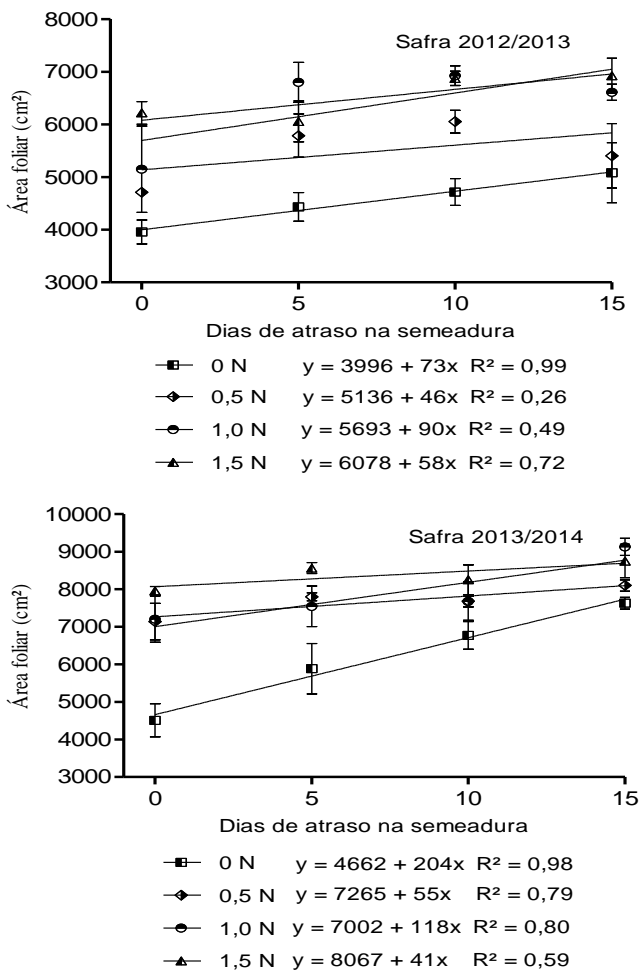
Figura 8. Massa de 1.000 grãos do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 4,63 %; CV B = 3,17 %; Safra 2013/14: CV A = 4,72 %; CV b = 5,21 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

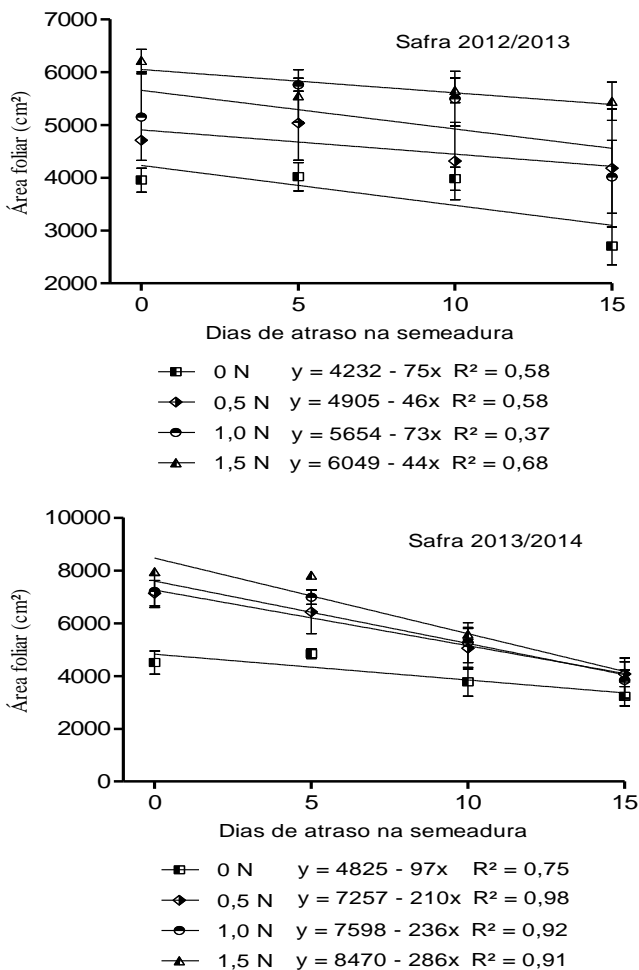
Figura 9. Área foliar das plantas dominantes do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 7,55 %; CV B = 13,28 %; Safra 2013/14: CV A = 8,46 %; CV b = 9,51 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 10. Área foliar das plantas dominadas do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC. Safra 2012/13: CV A = 26,96 %; CV B = 15,79 %; Safra 2013/14: CV A = 9,96 %; CV b = 18,71 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Aliado a redução da área foliar, outras características observadas foram à redução da altura das plantas, da altura de inserção de espigas e do diâmetro do colmo nas plantas dominadas (Tabelas 3, 4 e 5), em ambos os anos, sendo mais intensa com 15 dias de atraso na semeadura. A altura de inserção das espigas foi mais sensível ao atraso na semeadura na safra 2013/2014, em que a posição da espiga no colmo da planta foi até 15 cm menor nas plantas com 15 dias de atraso na semeadura, considerando a média das doses de N.

Em estudos avaliando a competição entre plantas com variabilidade de emergência, Liu et al. (2004) encontraram alta correlação entre a altura de planta e a sua capacidade de interceptar radiação solar. Assim, a redução na altura das plantas e do diâmetro do colmo das plantas dominadas limitou a sua capacidade armazenar massa seca, afetando negativamente o rendimento de grãos.

Tabela 3. Altura da planta do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC.

| DAS ¹ | Dose de N (kg ha ⁻¹) | Safrá 2012/2013 | | Safrá 2013/2014 | |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------|------------|-----------------|------------|
| | | Dominante | Dominada | Dominante | Dominada |
| 0 | 0 | 218 aA ² | - | 254 aA | - |
| | 125 | 229 aA | - | 274 aA | - |
| | 250 | 239 aA | - | 274 aA | - |
| | 375 | 250 aA | - | 273 aA | - |
| | Média | 234 | 0 | 269 | 0 |
| 5 | 0 | 240 aA | 221 aA | 272 aA | 265 aA |
| | 125 | 247 aA | 247 aA | 270 aA | 269 aA |
| | 250 | 251 aA | 249 aA | 270 aA | 272 aA |
| | 375 | 256 aA | 247 aA | 274 aA | 275 aA |
| | Média | 249 | 241 | 271 | 270 |
| 10 | 0 | 227 aA | 191 aB | 269 aA | 238 abB |
| | 125 | 250 aA | 223 aB | 281 aA | 263 abB |
| | 250 | 256 aA | 245 aB | 273 aA | 259 abB |
| | 375 | 259 aA | 242 aB | 273 aA | 260 abB |
| | Média | 248 | 225 | 274 | 255 |
| 15 | 0 | 222 aA | 158 bB | 286 aA | 216 bB |
| | 125 | 246 aA | 198 bB | 293 aA | 245 bB |
| | 250 | 247 aA | 202 bB | 294 aA | 208 bB |
| | 375 | 257 aA | 218 bB | 287 aA | 244 bB |
| | Média | 243 | 194 | 290 | 228 |
| CV (%) A (Dias) | | 10,13 | | 12,36 | |
| CV (%) B (Dose) | | 7,07 | | 7,55 | |
| CV (%) C (Dominância) | | 6,87 | | 5,76 | |

^{1/} Dias após a semeadura: 0 – todas as sementes semeadas no mesmo dia (19/10); 5, 10, 15 – metade das sementes foram semeadas em 19/10 e a outra metade 5, 10 e 15 dias após. ^{2/} Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Tabela 4. Altura da inserção da espiga do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha, sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura Lages, SC.

| DAS ¹ | Dose de N (kg ha ⁻¹) | Safrá 2012/2013 | | Safrá 2013/2014 | |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|------------|-----------------|------------|
| | | Dominante | Dominada | Dominante | Dominada |
| 0 | 0 | 89 b ² | - | 132 b | - |
| | 125 | 103 a | - | 145 a | - |
| | 250 | 105 a | - | 150 a | - |
| | 375 | 103 a | - | 149 a | - |
| | Média | 100 | 0 | 144 | 0 |
| 5 | 0 | 100 b | 94 b | 142 b | 138 b |
| | 125 | 107 a | 106 a | 144 a | 144 a |
| | 250 | 115 a | 111 a | 144 a | 148 a |
| | 375 | 114 a | 111 a | 146 a | 151 a |
| | Média | 109 | 106 | 144 | 145 |
| 10 | 0 | 96 b | 95 b | 127 b | 127 b |
| | 125 | 107 a | 103 a | 146 a | 144 a |
| | 250 | 108 a | 108 a | 139 a | 135 a |
| | 375 | 107 a | 114 a | 142 a | 134 a |
| | Média | 105 | 105 | 139 | 135 |
| 15 | 0 | 95 b | 76 b | 142 b | 127 b |
| | 125 | 105 a | 112 a | 153 a | 139 a |
| | 250 | 109 a | 112 a | 152 a | 131 a |
| | 375 | 108 a | 112 a | 151 a | 141 a |
| | Média | 104 | 103 | 149 | 134 |
| CV (%) A (Dias) | | 14,38 | | 13,12 | |
| CV (%) B (Dose) | | 6,54 | | 6,97 | |
| CV (%) C (Dominância) | | 5,96 | | 5,75 | |

^{1/} Dias após a semeadura: 0 – todas as sementes semeadas no mesmo dia (19/10); 5, 10, 15 – metade das sementes foram semeadas em 19/10 e a outra metade 5, 10 e 15 dias após. ^{2/} Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Tabela 5. Diâmetro de colmo do milho em função da variação na data de semeadura das plantas sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura Lages, SC.

| DAS ¹ | Dose de N (kg ha ⁻¹) | Safrá 2012/2013 | | Safrá 2013/2014 | |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | | Dominante | Dominada | Dominante | Dominada |
| 0 | 0 | 17 bA ² | - | 20 cA | - |
| | 125 | 18 bA | - | 22 cA | - |
| | 250 | 19 bA | - | 23 cA | - |
| | 375 | 19 bA | - | 24 cA | - |
| | Média | 18 | 0 | 22 | 0 |
| 5 | 0 | 19 bA | 15 aB | 22 bcA | 19 aA |
| | 125 | 20 bA | 17 aB | 24 bcA | 20 aA |
| | 250 | 21 bA | 18 aB | 24 bcA | 21 aA |
| | 375 | 20 bA | 16 aB | 25 bcA | 22 aA |
| | Média | 20 | 17 | 24 | 21 |
| 10 | 0 | 20 aA | 14 bB | 25 abA | 16 bB |
| | 125 | 22 aA | 14 bB | 25 abA | 18 bB |
| | 250 | 22 aA | 16 bB | 26 abA | 19 bB |
| | 375 | 22 aA | 15 bB | 26 abA | 19 bB |
| | Média | 22 | 15 | 25 | 18 |
| 15 | 0 | 21 aA | 11 cB | 26 aA | 14 cB |
| | 125 | 22 aA | 13 cB | 25 aA | 15 cB |
| | 250 | 23 aA | 13 cB | 27 aA | 15 cB |
| | 375 | 24 aA | 13 cB | 27 aA | 15 cB |
| | Média | 23 | 13 | 26 | 15 |
| CV (%) A (Dias) | | 8,40 | | 9,94 | |
| CV (%) B (Dose) | | 9,29 | | 8,21 | |
| CV (%) C (Dominância) | | 6,38 | | 6,61 | |

^{1/} Dias após a semeadura: 0 – todas as sementes semeadas no mesmo dia (19/10); 5, 10, 15 – metade das sementes foram semeadas em 19/10 e a outra metade 5, 10 e 15 dias após. ²Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Os resultados obtidos no trabalho ressaltam a importância de um estande de plantas uniforme. A presença de irregularidade na emergência, decorrente de condições desfavoráveis de solo, má qualidade da semente, velocidade excessiva do trator na semeadura ou regulação inadequada da semeadora, reduz a área foliar (Figura 8), a altura da planta (Tabela 3) e o diâmetro do colmo (Tabela 5) dos indivíduos com emergência tardia. Estas alterações morfológicas impactam negativamente o número de grãos produzidos por espiga (Figura 7) e o rendimento de grãos (Figura 6). O incremento na quantidade de nitrogênio fornecida ao dossel a partir de V4 não foi capaz de aumentar a capacidade competitiva das plantas dominadas pelos recursos do ambiente e de mitigar os prejuízos ocasionados pela variabilidade temporal na emergência.

3.4 CONCLUSÕES

A variabilidade de 0 a 15 dias no desenvolvimento das plântulas na linha de semeadura reduz o rendimento de grãos do milho, independentemente da dose de N aplicada em cobertura.

O incremento da dose de nitrogênio aplicada em cobertura aumenta o rendimento de grãos do milho, independentemente da variabilidade temporal das plantas na linha de semeadura.

O aumento da quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura de 0 para 375 kg ha⁻¹ não é uma estratégia de manejo efetiva para mitigar os prejuízos causados pela emergência desuniforme.

4 TRATAMENTO DE SEMENTES COM BIOESTIMULANTE COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAR A EMERGÊNCIA DESUNIFORME DO MILHO

RESUMO

A irregularidade na época de emergência aumenta a competição intra-específica. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito do tratamento de sementes com bioestimulante sobre o desempenho agrônômico do milho submetido a diferentes níveis de variabilidade temporal na emergência das plantas. O experimento foi implantado em Lages, SC. Foi utilizado o híbrido comercial P30R50YH, com densidade de 80.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. Foram testadas quatro épocas de semeadura: 0, 5, 10 e 15 dias, com e sem o tratamento de sementes com Stimulate[®]. Na época 0 todas as sementes foram semeadas em 19/10/2012 e 19/10/2013 (emergência uniforme). Nas demais épocas, metade das sementes foi semeada no dia 0 (19/10) e a outra metade em covas adjacentes 5, 10 e 15 dias após. O rendimento de grãos decresceu linearmente com o atraso na época de semeadura, independentemente do tratamento de sementes. As taxas de decréscimo no rendimento de grãos variaram de 78 a 182 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de atraso na semeadura. O aumento da variabilidade temporal na emergência gerou a presença de plantas dominadas com menor área foliar e menor produção de grãos por espiga, tanto na presença quanto na ausência do bioestimulante. Portanto, o tratamento de sementes de milho com bioestimulante não foi uma estratégia efetiva de manejo para mitigar os prejuízos ocasionados pela emergência desuniforme.

Palavras-chave: *Zea mays*. Variabilidade fenológica. Regulador de crescimento. Produtividade.

ABSTRACT

The unevenness in plant emergence time increases intra-specific competition. This work was carried out aiming to evaluate the effect of seed treatment with biostimulant on the agronomic performance of maize submitted to different levels of variability in the time of plant emergence. The experiment was set in Lages, SC. Four sowing times were tested: 0, 5, 10 and 15 days, with and without seed treatment with biostimulant. In the sowing time 0, all seeds were sowed on 10/19/2012 and 10/19/2013 (even emergence). At the other sowing times, half seeds were sowed on day 0 (10/19) and the other half 5, 10 and 15 days later (uneven emergence). Grain yield decreased linearly with the increase in time of sowing delay, regardless of seed treatment with biostimulant. The rates of crop productivity decrease ranged from 78 to 182 kg ha⁻¹ day⁻¹ of sowing delay. The enhancement in temporal variability of emergence originated dominated plants with small leaf area and low kernel production per ear, with and without biostimulant presence. Therefore, maize seed treatment with biostimulant was not an effective management strategy to mitigate damages caused by uneven plant emergence.

Key words: *Zea mays*. Phenological variability. Growth regulator. Productivity.

4.1 INTRODUÇÃO

Apesar do elevado potencial produtivo, o milho é altamente sensível à competição intra-específica (SANGOI et al., 2010). A competição entre plantas reduz o aproveitamento de água, luz e nutrientes, trazendo conseqüências negativas ao rendimento de grãos (SILVA et al., 2006). Um dos fatores que interferem na magnitude da competição intra-específica é a uniformidade no desenvolvimento fenológico. Em lavouras com emergência uniforme, as plantas são mais homogêneas na sua arquitetura, minimizando este tipo de competição (SCHMITT, 2014). Por outro lado, pequenas diferenças fenológicas durante o crescimento inicial são amplificadas durante o progresso no desenvolvimento da cultura, aumentando a competição por recursos e a hierarquização dos indivíduos no dossel (MADDONNI e OTEGUI, 2004).

Trabalhos conduzidos por Liu et al. (2004), Andrade e Abbate (2005), Tollenaar et al. (2006), Sangoi et al. (2012a) e Schmitt (2014) demonstraram que a emergência irregular de plântulas provoca prejuízos no desempenho agrônômico do milho. Isso se deve à sua baixa prolificidade, fazendo com que a variabilidade na emergência proporcione sub-aproveitamento dos recursos do ambiente. As plantas com emergência tardia ficam dominadas pelas que emergiram antes, reduzindo a biomassa, a área foliar e o rendimento de grãos.

Apesar dos consideráveis progressos feitos no conhecimento dos mecanismos envolvidos na competição intra-específica no milho, poucos trabalhos foram conduzidos com o intuito de identificar estratégias de manejo que possam mitigar os efeitos negativos da emergência desuniforme.

A utilização de bioestimulantes é uma alternativa que pode favorecer o desenvolvimento das plântulas e minimizar o impacto da competição intra-específica. Castro e Vieira (2001) definiram bioestimulante como uma mistura de reguladores de crescimento vegetal, ou de um ou mais reguladores vegetais com outros compostos de natureza bioquímica diferente (aminoácidos, nutrientes e vitaminas). Esses produtos favorecem a expressão do potencial genético das plantas mediante alterações dos processos vitais e estruturais, promovendo um equilíbrio hormonal e estimulando o desenvolvimento do sistema radicular (CASTRO e VIEIRA, 2001; SILVA et al., 2008).

Os reguladores de crescimento potencializam a capacidade de absorção de água e de nutrientes, aumentam a resistência das plantas a estresses hídricos, permitindo um desempenho superior em condições sub-ótimas (VASCONCELOS, 2006; CASTRO et al., 2008). Estes produtos têm sido utilizados no tratamento de sementes e em estádios iniciais de desenvolvimento das culturas como estratégia para estimular a germinação e melhorar o estabelecimento do estande a campo (SILVA et al., 2008).

Apesar das vantagens apontadas por diferentes autores, os resultados de pesquisas com o tratamento de sementes com reguladores de crescimento são contraditórios. A utilização do regulador de crescimento Stimulate® em sementes de algodão não afetou a germinação e emergência de plântulas (BELMONTE et al., 2003). Este comportamento também foi observado por Ferreira et al. (2007) em sementes de milho. Tweddell et al. (2000), aplicando reguladores de crescimento em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada, não verificaram diferenças significativas na produção de

grãos, biomassa seca e concentração de nutrientes no tecido foliar.

Entretanto, Vieira e Castro (2001) e Klahold et al. (2006) relataram que a utilização de reguladores de crescimento na cultura da soja promoveu incrementos no rendimento de grãos. O mesmo aconteceu com a utilização destes produtos por Vieira e Castro (2001) nas culturas do feijão e arroz.

Os resultados contrastantes reportados na literatura quanto à utilização de bioestimulantes indicam que as repostas à aplicação destes produtos dependem da espécie da planta, da composição das substâncias húmicas presentes nos produtos e das condições do ambiente.

Lavouras com emergência desuniforme são frequentemente observadas em diferentes regiões produtoras de milho do Brasil devido a fatores como velocidade excessiva de deslocamento do trator no momento da semeadura e condições desfavoráveis de temperatura e umidade do solo durante esta operação (SANGOI et al., 2012). Entretanto, trabalhos que busquem estratégias para minimizar as perdas de rendimento de grãos devido à emergência irregular são escassos na literatura. Diante deste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do tratamento de sementes com bioestimulante sobre o desempenho agrônômico do milho submetido a diferentes níveis de variabilidade temporal na emergência das plantas no sulco de semeadura.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante os anos agrícolas de 2012/2013 (sem irrigação)

e 2013/2014 (com sistema de irrigação por aspersão). As coordenadas geográficas do local são 27° 50' 35" de latitude Sul e 50° 29' 45" de longitude Oeste, com altitude média de 849 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006). De acordo com a análise de solo feita na camada de 0 a 20 cm de profundidade em setembro de 2012, ele apresentava as seguintes características: 560 g kg⁻¹ de argila; pH(H₂O) 5,2; índice SMP 5,7; 60 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 4,4 mg dm⁻³ de P; 186 mg dm⁻³ de K; 5,79 cmol_c dm⁻³ de Ca; 2,47 cmol_c dm⁻³ Mg; 0,2 cmol_c dm⁻³ Al; 8,94 cmol_c dm⁻³ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas, com três repetições por tratamento. As parcelas principais foram constituídas por quatro épocas de semeadura, equivalentes a 0, 5, 10 e 15 dias. Na época 0, todas as sementes foram semeadas no dia 19 de outubro de 2012 e 2013 (emergência uniforme). Nas demais épocas, metade das sementes foram semeadas nas covas ímpares no dia 0 (19/10) e a outra metade, correspondente as covas pares, 5, 10 e 15 dias após (emergência desuniforme). Utilizaram-se barbantes marcados com duas cores para delimitar a posição das sementes implantadas no dia 0 (plantas ímpares - dominantes) das sementes semeadas alguns dias após (plantas pares – dominadas). Utilizou-se um limitador de profundidade depositando as sementes à 5 cm.

Nas subparcelas foram alocados os tratamentos com presença e ausência de bioestimulante. Utilizou-se o produto comercial Stimulate®, que é composto por 0,09 g/L de cinetina (citocinina), 0,05 g/L de ácido

giberélico (giberelina) e 0,05 g/L de ácido indolbutírico (auxina). O produto foi misturado homogeneamente às sementes no dia da semeadura, na dose de 15 ml kg⁻¹ de semente.

Aplicaram-se superficialmente no dia da semeadura 30 kg ha⁻¹ de N (uréia), 295 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (super fosfato triplo) e 170 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto), seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) para alcançar rendimentos de grãos de 18.000 kg ha⁻¹. Na adubação de cobertura foram aplicados 250 kg ha⁻¹ de N parcelados igualmente nos estádios V4, V8 e V12 da escala proposta por Ritchie et al. (1993). A fonte de N utilizada foi ureia.

A semeadura foi realizada com implementos manuais, depositando-se três sementes por cova. Quando as plantas estavam no estádio V3 da escala de Ritchie et al. (1993) foi realizado o desbaste para alcançar um estande final de 80.000 plantas ha⁻¹. O híbrido utilizado foi o P30R50YH.

As sementes foram tratadas na indústria com o inseticida tiametoxam, na dose de 140 g de i.a. por 100 kg de sementes e com os fungicidas fludioxonil + metalaxyl, nas doses de 25 + 10 g i.a. por 100 kg de sementes, para o controle preventivo de pragas e doenças na fase inicial do ciclo da cultura. No dia da semeadura efetuou-se o controle preventivo de plantas daninhas com aplicação em pré-emergência dos herbicidas atrazina + simazina, nas doses de 1,5 + 1,15 kg ha⁻¹ i.a.. Quando as plantas se encontravam em V4 complementou-se o controle das plantas daninhas com a aplicação do herbicida Tembotriona, na dose de 100 g ha⁻¹ i.a. Além disso, foram realizadas duas aplicações dos fungicidas azixistrobina + ciproconazol, nas doses de 60 + 25 g ha⁻¹ i.a., quando o milho estava nos estádios

V12 e V18 da escala de Ritchie et al. (1993) para o controle de doenças.

Cada sub-parcela foi composta por quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 70 cm entre si. Todas as avaliações foram feitas nas duas fileiras centrais, excluindo 0,5 m na extremidade de cada linha, perfazendo uma área útil de 7 m².

Numa das linhas centrais das sub-parcelas foram identificadas seis plantas em seqüência (três dominantes e três dominadas) nas quais se realizou as avaliações de área foliar e diâmetro de colmo. A estatura de planta e a área foliar foram determinadas quando as plantas atingiram o estágio R1 (espigamento) da escala de Ritchie et al. (1993). A área foliar foi obtida medindo-se o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas fotossinteticamente ativas. Considerou-se fotossinteticamente ativa a folha com mais de 50 % de sua área verde, de acordo com critério proposto por Borrás et al. (2003). A área foliar por planta foi estimada utilizando-se a fórmula: $A = C \times L \times 0,75$, onde o valor 0,75 é um coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular. O diâmetro de colmo foi avaliado no dia da colheita com um paquímetro digital, realizando-se duas medidas no segundo entre-nó expandido do colmo acima da superfície do solo de cada uma das seis plantas.

A colheita do ensaio foi realizada nos dias 23 e 24 de abril de 2013 e 2014, quando a umidade dos grãos situava-se entre de 18 % e 24 %. As espigas foram colhidas, trilhadas e os grãos secos em estufa até a obtenção de massa constante a 65 °C. Os grãos foram pesados, os valores obtidos convertidos para umidade padrão de 13 %, a qual foi utilizada para a determinação do rendimento de grãos e dos componentes do

rendimento (número de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F. Os valores de F foram considerados significativos ao nível de significância de 5 % ($P < 0,05$). Quando alcançada significância estatística, as médias de cada tratamento foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey e análise de regressão polinomial, ambos ao nível de significância de 5 %.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos de grãos médios registradas no ensaio foram de 12.757 e 12.261 kg ha⁻¹, no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. Os rendimentos de grãos oscilaram entre 10.651 e 13.474 kg ha⁻¹ na safra 2012/2013 e entre 11.529 e 13.922 kg ha⁻¹ na safra 2013/2014.

A análise de variância (Tabela 6) detectou efeitos semelhantes dos tratamentos sobre o comportamento das variáveis analisadas. Nos dois anos em que foram conduzidos os ensaios, o rendimento de grãos e demais variáveis foram afetados significativamente apenas pelo efeito principal da variabilidade temporal da emergência das plantas na linha de semeadura. Em 2012/2013, os rendimentos de grãos decresceram 119 kg ha⁻¹ para cada dia de atraso na semeadura, na média dos tratamentos com e sem bioestimulante (Figura 11). No segundo ano agrícola, o decréscimo de rendimento de grãos por dia de atraso na semeadura foram 169 kg ha⁻¹. Percentualmente, as reduções no rendimento de grãos das parcelas com 15 dias de atraso na semeadura, em relação à testemunha com emergência uniforme, foram de 13 % no primeiro ano e de 18 % no segundo ano, na

média dos tratamentos com e sem bioestimulante. A utilização do bioestimulante no tratamento de sementes não interferiu sobre o rendimento de grãos.

O componente de rendimento mais sensível a desuniformidade na emergência foi o número de grãos por espiga. Na primeira safra, houve decréscimos de 5,3 grãos espiga⁻¹ por dia de atraso na semeadura, e na segunda safra, as reduções foram de 6,2 grãos espiga⁻¹ por dia de incremento na variabilidade de emergência, na média dos tratamentos com e sem a utilização de bioestimulante (Figura 12).

Por outro lado, conforme aumentou a variabilidade temporal na emergência das plantas houve um incremento linear na massa de mil grãos, que variou de 1,3g por dia de atraso no primeiro ano e de 1,7g por dia de atraso no segundo ano agrícola. (Figura 13). O incremento na massa de grãos foi provavelmente um mecanismo de compensação da planta à redução do número de grãos produzidos por espiga com o aumento da desuniformidade na emergência.

Tabela 6. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características avaliadas no experimento. Lages, SC. Lages, SC.

| Característica Avaliada | Varição na data de Semeadura | Bioestimulante | V x B | CV (%) Parcela | CV (%) Sub-Parcela |
|-------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Safrá 2012/2013 | | | | | |
| Rendimento de grãos | 5,61 * | 1,11 ^{ns} | 0,89 ^{ns} | 6,41 | 5,38 |
| NG por espiga | 5,23 * | 1,37 ^{ns} | 0,90 ^{ns} | 22,29 | 5,83 |
| Massa de 1.000 grãos | 5,19 * | 0,08 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 2,37 | 2,35 |
| ÁF plantas dominantes | 4,52 * | 0,88 ^{ns} | 0,94 ^{ns} | 12,14 | 7,78 |
| ÁF plantas dominadas | 4,46* | 0,17 ^{ns} | 0,48 ^{ns} | 13,93 | 7,03 |
| DC plantas dominantes | 8,16 ** | 0,33 ^{ns} | 0,21 ^{ns} | 5,94 | 4,82 |
| DC plantas dominadas | 5,23 * | 0,89 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | 13,1 | 5,82 |
| Safrá 2013/2014 | | | | | |
| Rendimento de grãos | 8,38 ** | 4,45 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | 7,98 | 3,94 |
| NG por espiga | 8,61 * | 0,04 ^{ns} | 1,12 ^{ns} | 7,39 | 13,6 |
| Massa de 1.000 grãos | 2,81 ^{ns} | 3,68 ^{ns} | 1,24 ^{ns} | 4,82 | 2,52 |
| ÁF plantas dominantes | 9,07 ** | 0,01 ^{ns} | 0,93 ^{ns} | 5,07 | 6,14 |
| ÁF plantas dominadas | 74,82 ** | 1,04 ^{ns} | 0,76 ^{ns} | 7,02 | 11,42 |
| DC plantas dominantes | 23,81 ** | 0,19 ^{ns} | 1,06 ^{ns} | 2,19 | 3,98 |
| DC plantas dominadas | 90,22 ** | 3,25 ^{ns} | 3,16 ^{ns} | 4,01 | 6,49 |

AF – Área Foliar; DC – Diâmetro de Colomo; NG – Número de grãos; * e ** significativo a 1 e 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} não significativo;

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

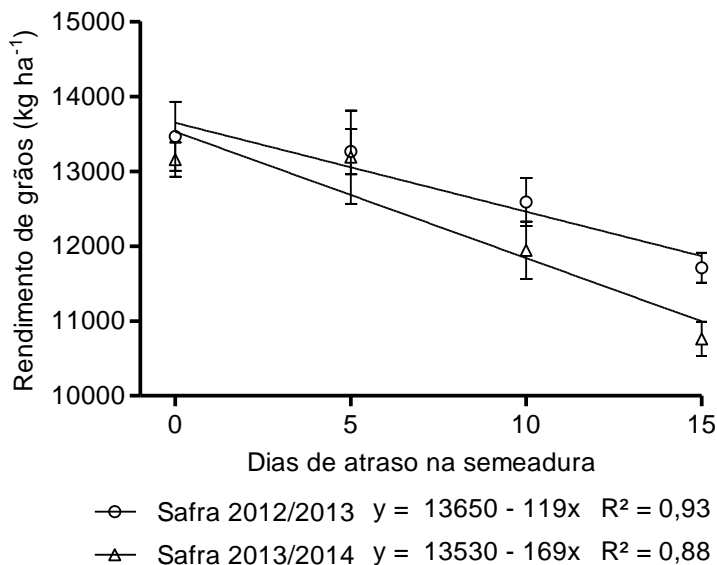
O atraso na semeadura promoveu efeitos contrastantes na área foliar das plantas dominantes e dominadas (Figuras 14 e 15). No caso das plantas dominantes, houve em 2012/2013 um incremento na área foliar de 44 cm² por dia de atraso na semeadura e na safra 2013/2014 houve um incremento na área foliar de 81 cm² na média dos tratamentos, independente da utilização de bioestimulante. Este aumento na área foliar é decorrente das melhores condições de aproveitamento de água, luz e nutrientes que as plantas que emergiram antes tiveram para investir na formação e desenvolvimento das folhas. Por outro lado, as plantas dominadas reduziram linearmente a área foliar no espigamento conforme aumentou a variabilidade na emergência. As taxas de decréscimo da superfície fotossinteticamente ativa oscilaram entre 96 cm² na primeira safra, e de 243 cm² na segunda safra, para cada dia em que se postergou a semeadura, nos tratamentos avaliados.

O diâmetro do colmo apresentou comportamento semelhante ao denotado pela área foliar. As plantas dominantes aumentaram a espessura do colmo de forma linear conforme atrasou o desenvolvimento das plantas dominadas semeadas nas covas adjacentes (Figura 16). Já as plantas dominadas reduziram linearmente o diâmetro de colmo, conforme atrasou-se a semeadura e retardou-se a sua emergência (Figura 17).

Os resultados obtidos no presente trabalho confirmaram as informações reportadas por Liu et al. (2004), Andrade e Abbate (2005), Tollenaar et al. (2006), Sangoi et al. (2012) e Schmitt (2014), mostrando que atraso na emergência das plântulas prejudica o desenvolvimento fenológico, morfológico e fisiológico do dossel, pois aumenta a competição intra-específica e a hierarquização das plantas na lavoura.

As plantas com emergência tardia dentro da linha possuem limitada capacidade de competição por radiação solar, umidade e nutrientes com as plantas que emergiram precocemente (MADONI e OTEGUI, 2004). Isto acaba comprometendo a formação do seu aparato fotossintético. O comportamento observado na área foliar indica que as plantas dominantes possuem um desenvolvimento superior em relação às dominadas. Quanto maior é o atraso na semeadura e emergência das plantas, maior é a redução da área fotossinteticamente ativa das plantas dominadas (Figura 15). Este decréscimo de área foliar acaba interferindo negativamente no diâmetro de colmo (Figura 17), no número de grãos produzidos por espiga (Figura 12) e no rendimento de grãos (Figura 11).

Figura 11. Rendimento de grãos do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. Safra 2012/2013 CV-a = 6,41 %; CV-b = 5,38 %; Safra 2013/2014 CV-a = 7,98 %; CV-b = 3,94 %



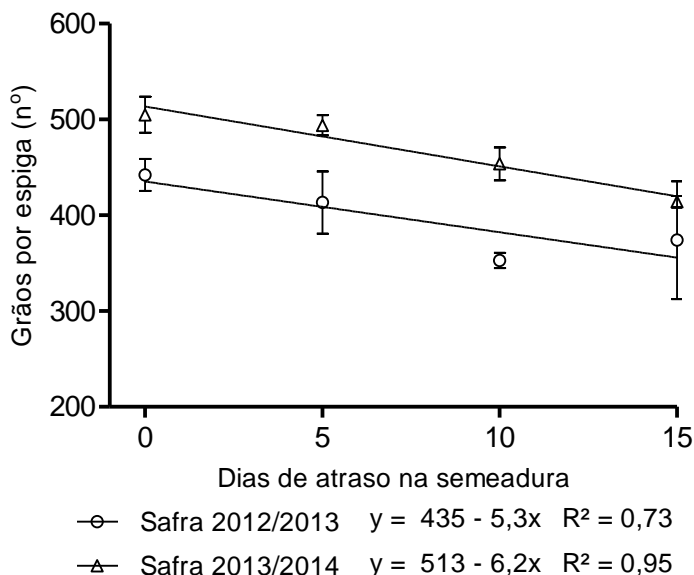
*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Este trabalho foi conduzido com base na hipótese de que o tratamento de sementes com bioestimulante é uma estratégia de manejo que pode mitigar os efeitos negativos da variabilidade temporal na emergência das plantas na linha de semeadura. Esta hipótese não foi confirmada pelos resultados obtidos, pois a utilização do produto Stimulate® não compensou as perdas de rendimento de grãos provocadas pela emergência desuniforme. Assim, nas condições em que o experimento foi conduzido, o bioestimulante não promoveu a aceleração da divisão e multiplicação celular a ponto de compensar a redução do rendimento de

grãos provocado pela desuniformidade da sementeira da lavoura. Este comportamento diferiu do reportado por Vieira e Castro (2001) e Klahold et al. (2006), demonstrando que a resposta das plantas a utilização de bioestimulantes ainda é um desafio. As interações entre o produto, a cultura, o genótipo e ambiente devem ser observadas a fim de encontrar recomendações pontuais que sejam efetivas para mitigar estresses na sementeira e desenvolvimento inicial da cultura do milho.

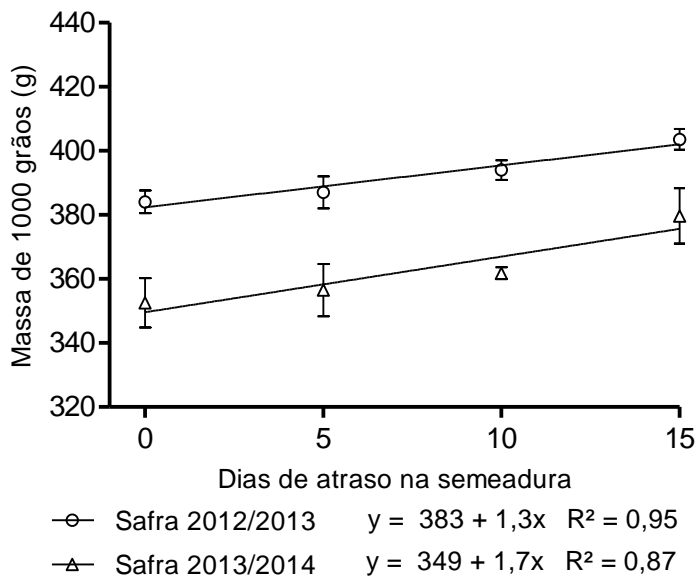
Figura 12. Número de grãos por espiga do milho em função da variação na data de sementeira das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. Safra 2012/2013 CV-a = 22,29 %; CV-b = 5,83 %; Safra 2013/2014 CV-a = 7,39 %; CV-b = 13,6 %



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

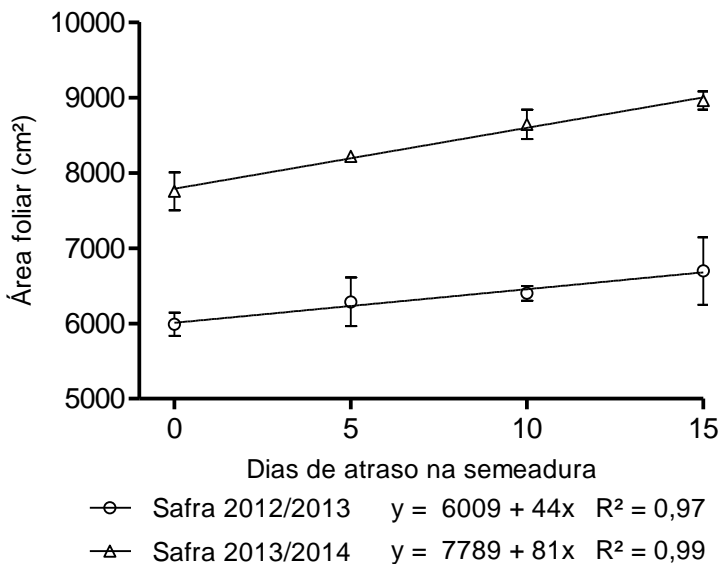
Figura 13. Massa de 1.000 grãos do milho em função dos dias de atraso na semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. Safra 2012/2013 CV-a = 2,37 %; CV-b = 2,35 %; Safra 2013/2014 CV-a = 4,82 %; CV-b = 2,52 %



*As barras representam o desvio padrão das médias.

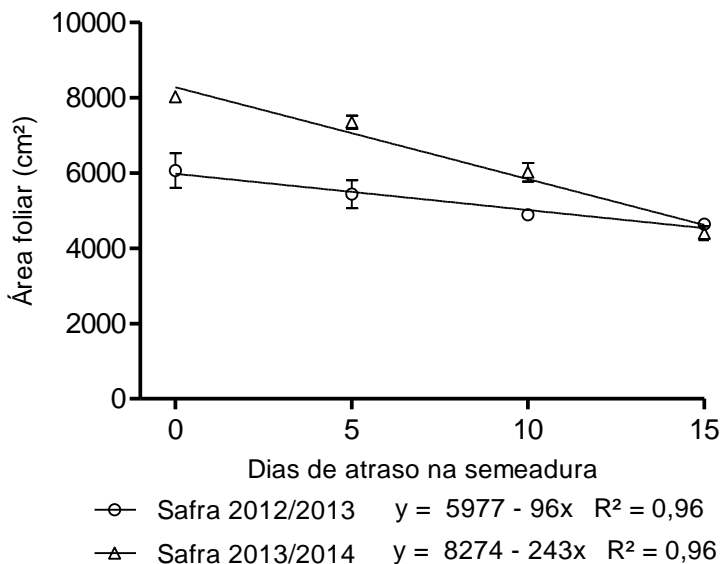
Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 14. Área foliar das plantas dominantes do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. Safra 2012/2013 CV-a = 12,14 %; CV-b = 7,78 %;; Safra 2013/2014 CV-a = 5,07 %; CV-b =6,14 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.
 Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

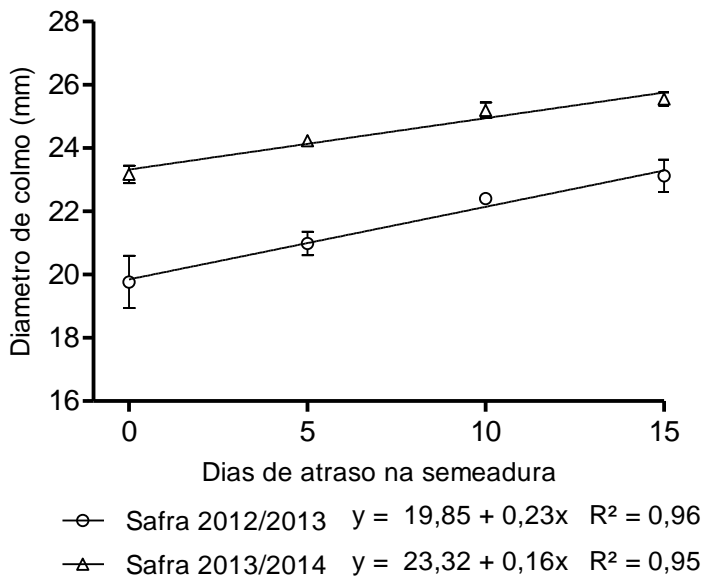
Figura 15. Área foliar das plantas dominadas do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. Safra 2012/2013 CV-a = 13,93 %; CV-b = 7,03 %; Safra 2013/2014 CV-a = 7,02 %; CV-b = 11,42 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

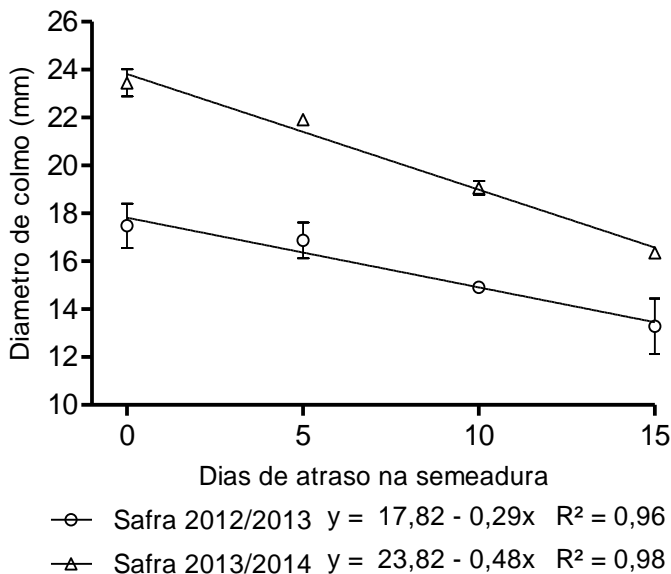
Figura 16. Diâmetro de colmo das plantas dominantes do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. Safra 2012/2013 CV-a = 5,94 %; CV-b = 4,82 %; Safra 2013/2014 CV-a = 2,19 %; CV-b = 3,82 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 17. Diâmetro de colmo das plantas dominadas do milho em função da variação na data de semeadura das plantas na linha e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC. Safra 2012/2013 CV-a = 13,1 %; CV-b = 5,82 %; Safra 2013/2014 CV-a = 4,01 %; CV-b = 6,49 %.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

4.4. CONCLUSÕES

O aumento na desuniformidade na emergência das plantas na linha de semeadura reduz o rendimento de grãos do milho.

O tratamento de sementes com bioestimulante não atenua os prejuízos ao rendimento de grãos do milho ocasionados pela emergência desuniforme.

5 TRATAMENTO DE SEMENTES COM BIOESTIMULANTE PARA MITIGAR OS PREJUÍZOS DA VARIABILIDADE ESPACIAL NA DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS DE MILHO NA LINHA DE SEMEADURA

RESUMO

A utilização de bioestimulantes pode auxiliar a mitigar os prejuízos ao milho ocasionados pela má qualidade de estande. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito do tratamento de sementes com bioestimulante sobre o desempenho agrônômico do milho submetido a diferentes níveis de variabilidade na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura. O experimento foi implantado em Lages, SC, durante o ano agrícola de 2013/2014. Foi utilizado o híbrido comercial P30R50, com densidade de 80.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, dispostos em parcelas sub-divididas. Nas parcelas principais testaram-se três níveis de desuniformidade espacial na linha: 0, 50 e 100 % do Coeficiente de Variação (C.V.). No nível 0 % de C.V. todas as sementes foram uniformemente distribuídas no sulco de semeadura, a uma distância de 17cm entre si. Nos demais níveis de C.V. as distâncias entre sementes variaram conforme o tratamento. Nas sub-parcelas testou-se a presença ou ausência do tratamento de sementes com bioestimulante. O aumento da variabilidade na distribuição espacial das plantas reduziu a área foliar e o teor relativo de clorofila da folha índice no espigamento, bem como o diâmetro do colmo na colheita, independentemente do tratamento de sementes com bioestimulante. Isto contribuiu para reduzir o número de grãos por espiga e o rendimento de grãos

dos tratamentos com 50 e 100% de C.V. na variabilidade espacial, tanto na presença quanto na ausência do bioestimulante. Portanto, o tratamento de sementes com bioestimulante não mitigou os prejuízos ao rendimento de grãos do milho ocasionados pela distribuição espacial irregular das plantas na linha de semeadura.

Palavras-chave: *Zea mays*. Regulador de crescimento, Competição intra-específica. Rendimento de grãos.

ABSTRACT

The use of biostimulants may help to mitigate damages to maize caused by poor stand quality. This work was carried out aiming to evaluate the effect of seed treatment with biostimulant on the agronomic performance of maize submitted to different levels of plant spatial distribution at the sowing row. The experiment was set in Lages, SC, during the 2013/2014 growing season. A randomized block design disposed in split plots was used. Three levels of plant spatial unevenness at the sowing row were tested in the main plots: 0, 50 and 100% of the variation coefficient (C.V.). At the level 0 % of C.V. all seeds were evenly distributed with a distance of 17 cm from each other. At the other levels of C.V., the distance between seeds varied according to the treatment. The presence or absence of seed treatment with biostimulant was assessed in the split plots. The increase in plant spatial distribution variability at the sowing row decreased leaf area and leaf chlorophyll content at silking, as well as stem diameter at harvest, regardless of seed treatment with biostimulant. Such behavior contributed to decrease the number of kernels per ear and grain yield of treatments with 50 and

100% C.V. of spatial variability, with and without biostimulant seed treatment. Therefore, seed treatment with biostimulant did not mitigate damages to maize grain yield caused by irregular spatial plant distribution at the sowing row.

Key words: *Zea mays*. Growth regulator. Intra-specific competition. Grain yield.

5.1 INTRODUÇÃO

O milho é uma das espécies mais sensíveis a competição intra-específica (SANGOI et al., 2012). A intensidade desta competição depende de algumas práticas culturais importantes durante a semeadura, tais como a velocidade de deslocamento do trator e a profundidade de deposição das sementes, as quais interferem na homogeneidade da distribuição espacial e temporal das plantas na lavoura (LAUER e RANKIN, 2004).

A distribuição espacial irregular das sementes no sulco de semeadura promove o desenvolvimento de plantas com diferentes capacidades de captar recursos do ambiente, gerando o aparecimento de plantas dominantes e dominadas e aumentando a variabilidade na produção de grãos de cada indivíduo (MADDONNI e OTEGUI, 2006).

Trabalhos conduzidos por Nielsen (2001), Andrade e Abbate (2005), Tollenaar et al. (2006) e Sangoi et al. (2012) avaliaram os efeitos decorrentes da variação espacial na distribuição das plantas. Coletivamente, as observações realizadas nestes estudos demonstraram que houve menor aproveitamento da radiação solar, redução de área foliar, menor acúmulo de massa seca e produção de grãos por planta à medida

que aumentou a variabilidade na distribuição espacial das plantas na linha. Os prejuízos oriundos da irregularidade na distribuição espacial dependem da sua intensidade, do nível de fertilidade do solo, das características fenotípicas do híbrido e do rendimento de grãos almejado (LUQUE et al. 2006; PAGANO e MADDONNI, 2006).

Uma estratégia para minimizar os efeitos decorrentes de sementeiras desuniformes é a utilização de bioestimulantes. Castro e Vieira (2001) definiram bioestimulante como uma mistura de reguladores de crescimento vegetal, ou de um ou mais reguladores vegetais com outros compostos de natureza bioquímica diferente (aminoácidos, nutrientes, vitaminas etc). Esses produtos favorecem a expressão do potencial genético das plantas mediante alterações dos processos vitais e estruturais, promovendo um equilíbrio hormonal e estimulando o desenvolvimento do sistema radicular (CASTRO e VIEIRA, 2001; SILVA et al., 2008).

Os reguladores de crescimento têm sido associados aos micronutrientes no tratamento de sementes, buscando-se estimular a germinação e melhorar estabelecimento das plantas a campo (SILVA et al., 2008). Esses produtos aumentam a capacidade de absorção de água e de nutrientes, bem como a resistência a estresses hídricos, permitindo o melhor desenvolvimento das plantas em condições sub-ótimas (VASCONCELOS, 2006; CASTRO et al., 2008).

Apesar destas vantagens, os resultados dos trabalhos de pesquisa com o tratamento de sementes com bioestimulantes são contraditórios. Entre os produtos mais usados no país com esta finalidade está o Stimulate[®]. De acordo com Dário e Baltiere (1998) e Ferreira et al. (2007), a utilização de Stimulate não afetou a germinação e emergência de plântulas em

sementes de milho. Tweddell et al. (2000), utilizando o mesmo produto em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada, também não verificaram diferenças significativas na produção de grãos, biomassa seca e concentração de nutrientes no tecido foliar. Por outro lado, Klahold et al. (2006) relataram que a utilização deste regulador de crescimento promoveu incrementos no rendimento de grãos da soja.

Os resultados contrastantes reportados na literatura quanto à utilização de bioestimulantes indicam que as repostas à aplicação destes produtos dependem da espécie da planta, da composição das substâncias húmicas presentes nos produtos e das condições do ambiente. Diante deste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do tratamento de sementes com bioestimulante sobre o desempenho agrônômico do milho submetido a diferentes níveis de variabilidade espacial na distribuição das plantas no sulco de semeadura.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante o ano agrícola de 2013/2014 com sistema de irrigação por aspersão. As coordenadas geográficas do local são 27°50'35" de latitude Sul e 50° 29'45" de longitude Oeste, com altitude média de 849 m. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico. A análise de solo feita na camada de 0 a 20 cm de profundidade, em setembro de 2013, apresentou as seguintes características: 560 g kg⁻¹ de argila; pH em H₂O 5,2; índice SMP 5,7; 60 g kg⁻¹ de Matéria Orgânica; 4,5 mg dm⁻³ de P; 183 mg dm⁻³ de K;

5,69 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca; 2,38 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Mg; 0,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ Al; 8,82 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas principais foram constituídas por três níveis de desuniformidade espacial na linha de cultivo, equivalentes a 0, 50 e 100 % do coeficiente de variação (C.V.). No nível 0 % de C.V. as sementes foram uniformemente distribuídas nos sulcos de semeadura na distância de 17 cm entre si. As distâncias entre sementes nos demais tratamentos com variabilidade espacial foram calculadas através do software Minitab, utilizando-se a função randomização de dados com distribuição normal. Nesta função foram informadas a média, o desvio padrão e o número de dados (plantas por linha) em cada tratamento. Para cada percentagem de coeficiente de variação, o software gerou aleatoriamente a posição das plantas nos sulcos de plantio. Em função destas distâncias, marcaram-se barbantes para que as sementes fossem colocadas na posição desejada em cada tratamento.

Nas subparcelas foram alocados os tratamentos com presença e ausência de bioestimulante. Utilizou-se o produto comercial Stimulate®, que é composto por 0,09 g/L de cinetina (citocinina), 0,05 g/L de ácido giberélico (giberelina) e 0,05 g/L de ácido indolbutírico (auxina). O produto foi misturado homogeneamente às sementes no dia da semeadura, na dose de 15 ml kg^{-1} de semente.

A semeadura do ensaio ocorreu no dia 19 de outubro de 2013 com semeadoras manuais diretamente sobre uma cobertura morta de aveia branca a 5 cm de profundidade. Aplicaram-se na superfície no dia da semeadura 30 kg ha^{-1} de N (uréia), 295 kg ha^{-1} de P_2O_5 (super fosfato triplo) e 170 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto),

seguinto as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004) para alcançar rendimento de grãos de 18.000 kg ha⁻¹. Para a adubação de cobertura foram utilizados 250 kg ha⁻¹ de N parcelados igualmente nos estádios V4, V8 e V12 da escala proposta por Ritchie et al. (1993). Quando as plantas estavam no estádio V3 foi realizado o desbaste para alcançar um estande final de 80.000 plantas ha⁻¹. O híbrido utilizado foi o P30R50YH e o espaçamento entre linhas de 0,7 m.

No dia da sementeira efetuou-se o controle preventivo de plantas daninhas com aplicação em pré-emergência dos herbicidas atrazina + simazina, nas doses de 1,5 + 1,15 kg i.a. ha⁻¹. Quando as plantas se encontravam em V4 complementou-se o controle das plantas daninhas com a aplicação do herbicida tembotriona, na dose de 100 g i.a. ha⁻¹. Além disso, foram realizadas duas aplicações dos fungicidas azixistrobina + ciproconazol, nas doses de 60 + 25 g i.a. ha⁻¹, quando o milho estava nos estádios V12 e V18 para o controle de doenças.

Cada sub-parcela foi composta por quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas de 70 cm entre si. Todas as avaliações foram feitas nas duas fileiras centrais, excluindo 0,5 m na extremidade de cada linha, perfazendo uma área útil de 7 m².

Numa das linhas centrais das sub-parcelas foram identificadas seis plantas em seqüência para realizar a avaliação de área foliar no momento em que as plantas atingiram o estádio R1 (espigamento). A área foliar foi obtida medindo-se o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas verdes. A área foliar por planta foi estimada utilizando-se a fórmula: $A = C \times L \times 0,75$, onde o valor 0,75 é um coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular. Utilizou-se a

folha inserida no nó em que a planta produziu a espiga superior (folha índice) para avaliação do teor relativo de clorofila. Esta avaliação também foi feita em R1, utilizando-se o clorofilômetro, modelo Spad 502. As plantas marcadas também foram utilizadas para avaliar o diâmetro de colmo na colheita.

A colheita do ensaio foi realizada no dia 23 de abril de 2014, quando a umidade dos grãos situava-se entre de 18 % e 24 %. As espigas foram colhidas, trilhadas e os grãos secos em estufa até a obtenção de massa constante a 65°C. Os grãos foram pesados, os valores obtidos convertidos para umidade padrão de 13 %, a qual foi utilizada para a determinação do rendimento de grãos e dos componentes do rendimento (número de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F. Os valores de F foram considerados significativos ao nível de significância de 5 % ($P < 0,05$). Quando alcançada significância estatística, as médias de cada tratamento foram comparadas utilizando-se análise de regressão polinomial ao nível de significância de 5 %.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de grãos registrado no ensaio variou de 13.132 kg ha⁻¹ a 15.055 kg ha⁻¹. Ele foi afetado pelo efeito principal da variabilidade espacial da distribuição de plantas (Tabela 7). Conforme aumentou o coeficiente de variação da distribuição de plantas na linha de semeadura houve redução do rendimento de grãos, independente da presença ou ausência do bioestimulante (Figura 18). Para cada 10 % de incremento no C.V. houve um decréscimo na produção

de 187 e 65 kg ha⁻¹, com e sem o tratamento de sementes com bioestimulante, respectivamente.

A diminuição no rendimento de grãos esteve associada à redução no número de grãos por espiga (Figura 19). Conforme aumentou a irregularidade da distribuição das plantas no sulco de semeadura as espigas produziram menos grãos. Isto comprometeu o potencial produtivo da cultura, pois se acentuou a competição intra-específica devido ao sub-aproveitamento dos recursos do ambiente, conforme já reportado por Andrade e Abbate (2005), Tollenaar et al. (2006) e Sangoi et al. (2012). Tanto nas parcelas tratadas quanto nas não tratadas com Stimulate[®], houve um decréscimo de aproximadamente 32 grãos por espiga no tratamento com 100 % de C.V., em relação às parcelas onde as sementes foram uniformemente distribuídas.

Tabela 7. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação das parcelas e sub-parcelas para as características agrônômicas avaliadas no experimento

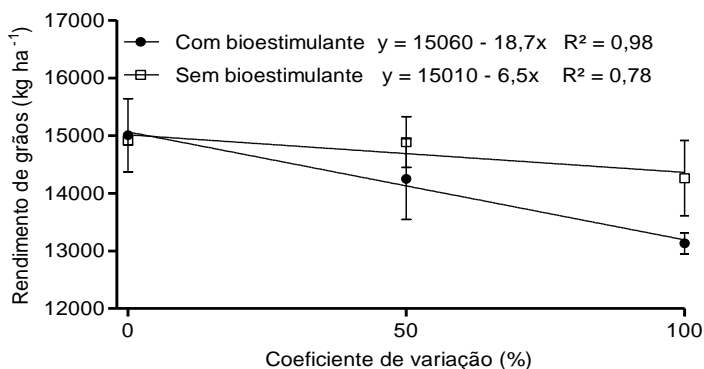
| Característica Avaliada | Distribuição de Plantas | Bioestimulante | D x B | CV (%) Parcela | CV (%) Sub-Parcela |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|
| Rendimento de grãos | 3,81 * | 2,11 ^{ns} | 0,85 ^{ns} | 6,55 | 5,66 |
| Grãos por espiga | 3,02 * | 0,09 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | 6,29 | 5,31 |
| Massa de 1.000 grãos | 0,53 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | 1,57 ^{ns} | 1,95 | 1,38 |
| Área foliar | 9,05 * | 2,28 ^{ns} | 0,72 ^{ns} | 6,75 | 7,74 |
| Teor relativo de Clorofila | 10,90 * | 0,21 ^{ns} | 1,58 ^{ns} | 3,05 | 2,07 |
| Diâmetro de colmo | 22,85 ** | 2,40 ^{ns} | 1,38 ^{ns} | 3,40 | 2,38 |

^{ns} não significativo; * significativo a 5 % de probabilidade de erro; ** significativo a 1 % de probabilidade de erro.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

O componente de rendimento massa de mil grãos apresentou redução de aproximadamente 1 grama para cada 25 % de aumento no coeficiente de variação, tanto na presença quanto na ausência do bioestimulante (Figura 20).

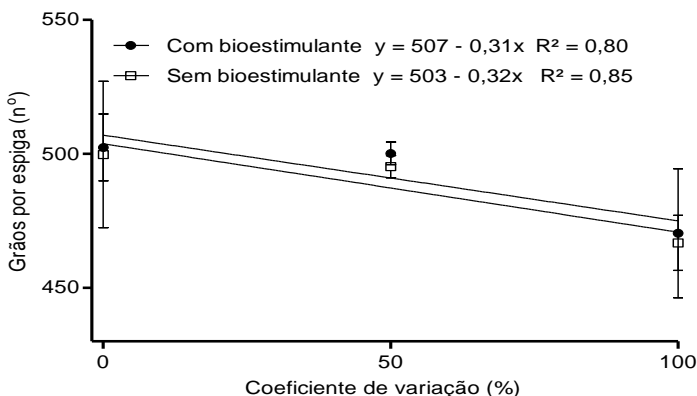
Figura 18. Rendimento de grãos em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC, 2013/2014.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

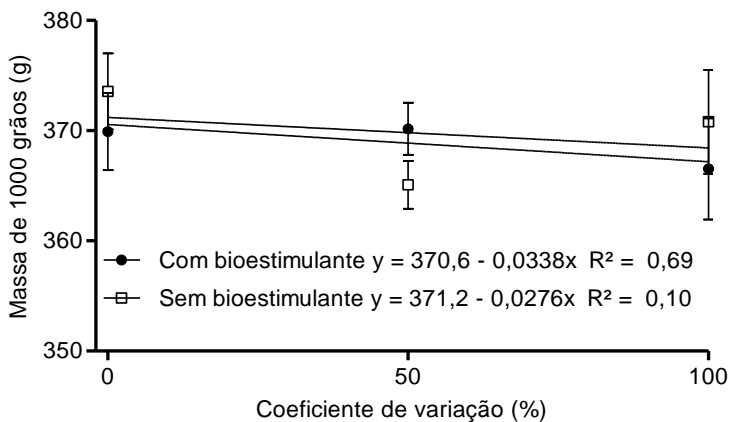
Figura 19. Número de grãos por espiga em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC, 2013/2014.



*As barras representam o desvio padrão das médias.
Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

A medida que aumentou a variabilidade na distribuição espacial das plantas, houve redução da área foliar no espigamento (Figura 19), do teor relativo de clorofila da folha índice (Figura 22) e do diâmetro do colmo na colheita (Figura 23), independentemente do tratamento das sementes com bioestimulante. Os maiores valores de área foliar e teor relativo de clorofila da folha índice registrados quando as plantas estavam uniformemente distribuídas na linha possivelmente contribuíram para fomentar a sua atividade fotossintética durante a floração e início do enchimento de grãos. Isto possibilitou a fixação de um maior número de grãos por espiga (Figura 19), o que se traduziu em maior rendimento de grãos (Figura 18).

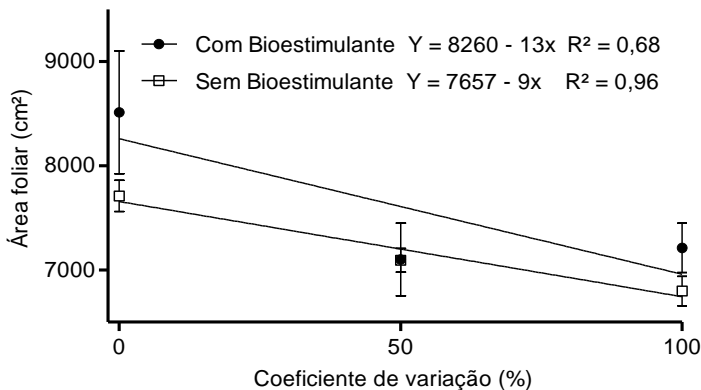
Figura 20. Massa de 1.000 grãos em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC, 2013/2014.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

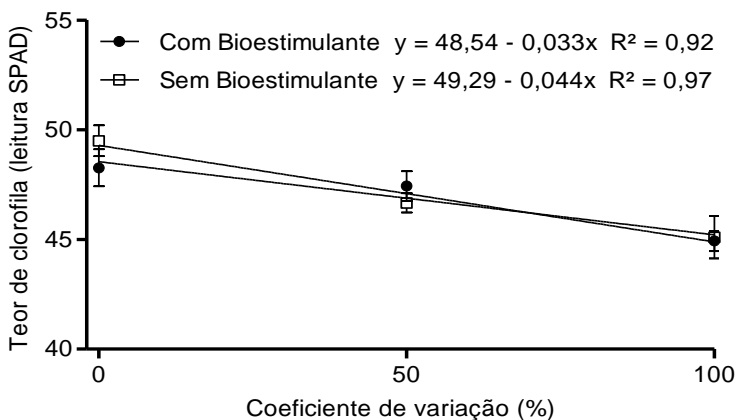
Figura 21. Área foliar em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC, 2013/2014



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

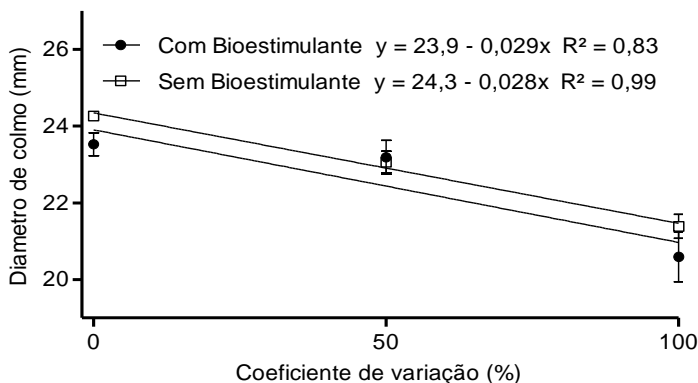
Figura 22. Teor relativo de clorofila na folha índice no espigamento em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC, 2013/2014.



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 23. Diâmetro do colmo na colheita em função do coeficiente de variação na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura e do tratamento de sementes com bioestimulante. Lages, SC, 2013/2014



*As barras representam o desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Este trabalho foi conduzido com base na hipótese de que o tratamento de sementes de milho com bioestimulante poderia mitigar os efeitos negativos da irregularidade na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura sobre o rendimento de grãos. Os resultados obtidos não confirmaram esta hipótese, pois não houve efeito significativo do produto testado sobre nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 6) e o rendimento decresceu com o aumento na variabilidade espacial tanto na presença quanto na ausência do tratamento de sementes com bioestimulante (Figura 16). Ferreira et al. (2007) também não detectaram diferenças significativas no rendimento de grãos do milho em função da aplicação de bioestimulante na semente de milho.

A ausência de efeito mitigador do Stimulate sobre o estresse ocasionado ao milho pela variabilidade espacial na distribuição das plantas pode estar relacionada à composição do bioestimulante usado no trabalho. As citocininas atuam estimulando a divisão celular em tecidos supridos com um nível adequado de auxinas. Tanto a auxina como a citocinina participam na regulação do ciclo celular, controlando a atividade de quinases dependentes de ciclina. Todavia, apesar de a auxina atuar em sinergismo com a citocinina para estimular a divisão celular, essas classes hormonais atuam antagonicamente no controle da iniciação de ramos (promovido por citocininas) e de raízes (promovido por auxinas), bem como no estabelecimento da dominância apical (SALISBURY & ROSS, 2012). Também há um efeito antagônico de citocinina sobre giberelina em células que estão em ativo processo de alongação celular por ação de giberelina ativa. Nestes casos, a aplicação exógena de citocinina promove a queda acentuada nos níveis de giberelina ativa. Por este motivo, agronomicamente são utilizadas citocininas como substâncias “reductoras” ou “retardantes” de crescimento vegetal, sendo efetivas na redução da altura de plantas de algodão e trigo (RADEMACHER, 2000). A concentração de giberelina é igual à de citocinina no produto Stimulate®. Portanto, é possível que um fitohormônio tenha inibido a ação do outro.

Este comportamento diferiu do registrado em trabalhos conduzidos por Castro e Vieira (2001) com a cultura do feijão e Almeida et al. (2004) com a soja, que observaram um desempenho superior das plantas submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulante em relação à produção final.

Os dados obtidos no presente estudo corroboram as ponderações expostas por Karnok (2000), salientando

que quando as plantas são cultivadas num ambiente favorável ao desenvolvimento, é mais difícil identificar os efeitos favoráveis dos bioestimulantes. Contudo, quando submetidas a condições de estresse, as plantas tratadas com estes produtos mostram um desempenho superior, pois desenvolvem um sistema de defesa devido ao incremento do nível de antioxidantes. Deve-se destacar que a área experimental em que se desenvolveu o trabalho possui elevados índices de fertilidade e de matéria orgânica, decorrentes da adoção de um sistema de plantio direto consolidado há 15 anos. Além disto, foram utilizadas no ensaio práticas de manejo favoráveis a obtenção de altas produtividades, as quais redundaram em rendimentos de grãos superiores a 13.000 kg ha⁻¹ em todos os tratamentos (Figura 16). Esta combinação de fatores pode ter mitigado o efeito positivo do bioestimulante sobre o desempenho agrônômico do milho.

A adoção de alto nível tecnológico de manejo na cultura atenua os efeitos do bioestimulante sobre o desenvolvimento do milho, mas não elimina a competição intra-específica advinda da distribuição irregular das plantas na linha de semeadura. Portanto, mais importante do que tratar as sementes com reguladores de crescimento como o Stimulate[®] é realizar a operação de semeadura com esmero para que as sementes sejam uniformemente distribuídas e a produtividade da lavoura não seja comprometida.

5.4 CONCLUSÕES

A irregularidade de 0 a 100% na distribuição espacial das plantas na linha de semeadura reduz o rendimento de grãos do milho.

O tratamento de sementes com bioestimulante não mitiga os prejuízos ao rendimento de grãos do milho ocasionados pela distribuição espacial irregular das plantas na linha de semeadura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O milho é cultivado nos mais diversos ambientes e condições de manejo. A irregularidade na emergência e distribuição espacial das plantas é um problema recorrente nas lavouras conduzidas no Brasil. Entretanto, estes fatores passaram a ter maior impacto sobre a cultura na medida em que ocorreram mudanças de ordem genética, fisiológica e morfológica advindas dos programas de melhoramento. Essas alterações permitiram o cultivo do milho com maiores populações no campo, fator que provoca o adensamento das plantas na linha de semeadura e, como consequência, uma maior competição pelos recursos do ambiente.

Para que se reduza a competição entre as plantas, é fundamental que cada semente seja disposta de forma eqüidistante na linha de semeadura e com a mesma profundidade. O atraso no processo de embebição, germinação e emergência das sementes fomenta a competição entre as plantas durante o crescimento e desenvolvimento. Como consequência, isto pode provocar a redução do rendimento de grãos.

O objetivo do trabalho foi simular situações de irregularidade espacial e temporal na distribuição das plantas na linha de semeadura e verificar se o incremento na quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura e o tratamento de sementes com bioestimulante são estratégias eficientes para compensar os prejuízos decorrentes desta variabilidade, sob condições edafoclimáticas similares. Dessa forma, buscou-se identificar algumas estratégias de manejo para melhorar o rendimento da cultura quando da ocorrência de problemas na semeadura. Para tanto, foram conduzidos quatro experimentos.

O primeiro experimento simulou a irregularidade na distribuição espacial de plantas na linha de semeadura com três coeficientes de variação (0, 50 e 100 %). Como estratégia de compensação às perdas provocadas ao rendimento, quatro doses de nitrogênio (0, 125, 250 e 375 kg ha⁻¹) foram aplicadas em cobertura. Os resultados do experimento demonstraram que o aumento da dose de N não foi uma estratégia eficiente de compensar os prejuízos ocasionados pela variabilidade espacial. Conforme se aumentou a variabilidade na distribuição das plantas, observou-se uma redução linear na área foliar, do número de grãos por espiga e do rendimento de grãos. A estratégia adotada pelas plantas para compensar a redução da produção foi um pequeno incremento da massa de grãos, insuficiente para compensar as perdas no rendimento de grãos decorrentes da desuniformidade. O comportamento observado é um indicativo de que a distribuição espacial irregular das plantas na linha pode comprometer o rendimento de grãos do milho, mesmo que a cultura não externar sintomas que evidenciem claramente a presença de plantas dominadas dentro do dossel.

Quando foi simulada a variabilidade temporal associada a doses de nitrogênio (experimento 2), esperava-se que o nitrogênio fosse capaz de mitigar os efeitos decorrentes do atraso na emergência. Entretanto, a hipótese não foi confirmada. Conforme aumentou o atraso na semeadura, maior foi a perda registrada para o rendimento de grãos. As características mais sensíveis a esta variação foram o número de grãos por espiga e a área foliar. As plantas que emergiram antes aumentaram a área foliar de forma linear, comportamento inverso ao observado nas plantas dominadas, as quais reduziram a área foliar de forma linear. Nas plantas dominadas

também se observou redução na espessura do colmo, estatura de planta, e altura da inserção da espiga. Assim, pode-se afirmar que independente da dose de N utilizada, a emergência desuniforme das plantas prejudicou o desenvolvimento e o rendimento da cultura do milho.

No terceiro experimento conduzido com a utilização de bioestimulante para mitigar os prejuízos decorrentes da variabilidade temporal, obtiveram-se resultados semelhantes aos do segundo ensaio. Conforme se aumentou o atraso na semeadura, reduziu o rendimento de grãos, o número de grãos por espiga, e o diâmetro de colmo e a área foliar das plantas dominadas. Já nas plantas dominantes, observou-se aumento na área foliar e diâmetro de colmo. Não foi possível constatar a eficiência do produto em nenhuma das características observadas. Desta forma, o bioestimulante não foi eficiente para minimizar as perdas provocadas pela variação temporal.

Já no quarto experimento, avaliando a resposta da utilização de bioestimulante em função de diferentes níveis de variabilidade espacial, observou-se a redução significativa do rendimento de grãos, número de grãos por espiga, área foliar, teor relativo de clorofila e diâmetro de colmo, conforme aumentou o coeficiente de variação entre as plantas. Assim como no terceiro experimento, a utilização de bioestimulante não foi uma estratégia eficiente na compensação dos rendimentos provocados pela irregularidade espacial na distribuição das plantas ao longo do sulco de semeadura.

Coletivamente, os resultados dos quatro experimentos deixaram evidentes as perdas produtivas decorrentes da semeadura irregular das lavouras. Tanto o acotovelamento das plantas como o atraso na emergência aumentaram a competição intra-específica

pelos recursos do ambiente. Estes prejuízos não foram mitigados pelo incremento na dose de N em cobertura e pelo tratamento de sementes com bioestimulante. Assim, a estratégia mais eficiente para evitar estas reduções continua sendo ajustar as regulagens da máquina utilizada para realizar a semeadura e estar atento às condições climáticas no momento em que ela deverá ocorrer.

O surgimento recente de máquinas semeadoras com sistemas de distribuição de sementes do tipo pneumático, em substituição as semeadoras do tipo mecânico, pode ser uma alternativa para mitigar a distribuição irregular das plantas.

Contudo, isto somente será efetivo se houver conscientização dos agricultores quanto às perdas produtivas que estão ocorrendo devido a procedimentos básicos de regulagens de máquina que deveriam ser feitos antes da semeadura, bem como atenção redobrada a velocidade de deslocamento do trator durante esta operação.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, p. 191-198, 2009.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, v. 6, p. 23-35, 2000.

ALMEIDA, J. C. V. Stimulate® como regulador de crescimento na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO D SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.34.

ANDRADE, F.H.; ABBATE, P.E. Response of maize and soybean to variability in stand uniformity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p.1263–1269, 2005.

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1995. 332p

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, p. 567- 691, 2008.

BELMONT, K. P. de. C. Ação de fitorregulador de crescimento na germinação de sementes de algodoeiro.

Areia: Centro de Ciências Agrárias/ UFPB, 2003. 48p. **(Relatório de Pesquisa).**

BOOMSMA, C. R.; SANTINI, J. B.; TOLLENAAR, M.; VYN, T. J. Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: na analysis and review. **Agronomy Journal**, Madison, v.101, p.1426-1452, 2009.

BOOMSMA, C. R.; VYN, T. J. Per-plant eco physiological responses of maize to varied nitrogen availability at low and high plant densities. In: The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI. 2009, Davis. **Paper**. University of California, Department of Plant Sciences, 2009. p. 1-6.

BORRAS, L.; MADDONI, G.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, p.13-26, 2003.

BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho:** fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993, 301 p.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, p. 53-63, 2008.

CÁRCOVA, J.; URIBELARREA, M.; BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E.; WESTGATE, M. E. Synchronous pollination within and between ears improves kernel set in maize. **Crop Science**, Madison, 40: 1056–1061, 2000.

CASTRO, G. S. A.; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C. A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43: p.1311-1318, 2008.

CASTRO, P.R.C., PACHECO, A.C., MEDINA, C.L. Efeitos de Stimulate e de micro-citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranjeira pêra (*Citrus sinensis* L. osbeck). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, vol. 55, n. 2, p. 338-341, 1998.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.

CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. **Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar**. In: BOARETO, A.E. ; ROSOLEM, C.A. Adubação foliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v.1, cap.8, p.191-235.

CIAMPITTI, I. A.; VYN, T. J. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 121, p. 2-18, 2011.

COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão**. 1991. 94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de**

adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed., Editora: Núcleo regional sul/SBCS. Porto Alegre, 2004. 400p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.
CONAB. **Perspectivas para a agropecuária.** Safra 2014/2014, Vol 2. Brasília: Conab, jan. 2014.

DARIO, G. J. A.; BALTIERI, E. M. **Avaliação da eficiência do regulador vegetal Stimulate (citocinina + ácido indolbutírico + ácido giberélico) na cultura do milho (*Zea mays* L.).** Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 12p (Boletim Técnico).

ECHARTE. L.; ANDRADE. F.H.; Harvest index stability of Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, p. 1-12, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília, 2006. 306p.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.

HORN, D. Qualidade de plantio: uma nova abordagem. **Boletim Informativo da Pioneer**, v. 3, p.17-19, 2011.

KARNOK, K. J. Promises, promises: can biostimulants deliver? *Golf Course Management*. Blacksburg, v. 68, p. 67-71, 2000. Acessado em 14 mar. 2015. Online.

Disponível em:

[http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/94cfd5a0ed0843028525781c0065437e/\\$FILE/03%20NA.Karnock.Golf%20Course%20Management%20promises%20promises%20biostimulants%202000.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/94cfd5a0ed0843028525781c0065437e/$FILE/03%20NA.Karnock.Golf%20Course%20Management%20promises%20promises%20biostimulants%202000.pdf).

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. de M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 28, n. 02, p. 179-185, 2006.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, p. 259-263, 2006.

LAUER, J.; RANKIN, M. Corn response to within row plant spacing variation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 6, p. 1464-1468, 2004.

LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 847–854, 2004.

LUQUE, S. F.; CIRILO, A. G.; OTEGUI, M. E. Genetic gains in grain yield and related physiological attributes in Argentine maize hybrids. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 93, p.383–397, 2006.

MADDONI, G. A.; OTEGUI, M. E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. **Field Crops Reserach**, Amsterdam, v.85, p.1-13, 2004.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E. Intra-specific competition in maize: Contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. **Field Crops Research**, Amsterdam, n. 97 p. 155–166, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARTIN, K. L.; HODGEN, P. J.; FREEMAN, K. W.; MELCHIORI, R.; ARNALL, D. B.; TEAL, R. K.; MULLEN, R. W.; DESTA, K.; PHILLIPS, S. B.; SOLIE, J. B.; STONE, M. L.; CAVIGLIA, O.; SOLARI, F.; BIANCHINI, A.; FRANCIS, D. D.; SCHEPERS, J. S.; HATFIELD, J. L.; RAUN, W. R. Plant to plant variability in corn production. **Agronomy Journal**. Madison, N. 97. P.1603-1611. 2005.

MUNDSTOCK, C.M; da SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 51 p

NIELSEN, B. **Effect of plant spacing variability on corn grain yield**. 2004. Disponível em: <
<http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/research/psv/update2004.html>> Acesso em: 18 nov. 2014.

NIELSEN, R.L. 2001. **Stand establishment variability in corn**. Disponível em:
http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01_v5.pdf Publ. AGRY-91–1. Dep. of Agronomy, Purdue Univ., West Lafayette, IN. Acesso em 21 jan. 2015.

PAGANO, E.; MADDONNI, G.A. Intra-specific competition in maize: early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 101, p.306–320, 2007.

PAVINATO, P.S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.358-364, 2008.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Davis, v.51, p.501-531, 2000.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p.

ROSSINI, M.A.; MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E. Inter-plant competition for resources in maize crops grown under contrasting nitrogen supply and density: Variability in plant and ear growth. **Field Crops Research**., Amsterdam, 121: 373 – 380, 2011.

ROTH, G. W.; LAUER, G. Impact of defoliation on corn forage quality. **Agronomy Journal**, Madison, v. 100, p. 651-657, 2008.

SALISBYRI, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das plantas**. 4ª ed. (tradução de SANTAROSA, P.L.), São Paulo: Cengage Learning, 2012, 774p.

SANGOI, L., SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI JUNIOR, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.11, p. 268-277, 2012.

SANGOI, L.; VARGAS, V. P.; SCHIMITT, A.; PLETSCH, A. J.; VIEIRA, J.; SALDANHA, A.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; MENGARDA, R. T.; PICOLI JUNIOR, G. J. Disponibilidade de nitrogênio, sobrevivência e contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 35: 183-191, 2011.

SANGOI, L.; PICOLI JUNIOR, G. J.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SCHMITT, A.; ZOLDAN, S. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 671-682, 2014

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; FERREIRA DA SILVA, P. R.; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; VIERA, J.; SOUZA, C. A. de; PICOLI JUNIOR, G. J.; BIANCHET, P. Perfilhamento como característica mitigadora dos prejuízos ocasionados ao milho pela desfolha do colmo principal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 1605-1612, 2012.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010. 67p.

SCHENATTO, D. E. et al. Desuniformidade Temporal na Distribuição de Plantas na Linha de Semeadura e Rendimento de Grãos do Milho. XXIX Congresso nacional de milho e sorgo - Águas de Lindóia – SP. **Resumos expandidos...** Agosto de 2012

SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônômico do milho em ambientes de alto manejo.** 2014. 124p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho.** Porto Alegre: Evangraf; 2006. 63 p.

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n.3 p. 840-846, 2008.

TAIZ, L. and ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4 ed. Tradução Eliane Romanato Santarém, et al. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TOLLENAAR, M.; DEE, W.; ECHARTE, L.; LIU, W. Effect of crowding stress on dry matter accumulation and harvest index. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 930–937, 2006.

TOLLENAAR, M.; LEE, E.A. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crop Research.** Amsterdam, v. 75, p.161–169, 2002.

TWEDDELL, R. J.; PELERIM, S.; CHABOT, R. A two-year Field study of a commercial biostimulant applied on maize as seed coating. **Canadian Journal of Plant Science**. Ottawa, v. 80, n.4, p. 805-87, 2000.

URIBELARREA, M.; CARCOVA, J.; OTEGUI, M. E.; WESTGATE, M.E. Pollen production, pollination dynamics, and kernel set in maize. **Crop Science**. Madison, n. 42: 1910–1918, 2002.

USDA (United States Department of Agriculture). **Notícias agrícolas**. 2015. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/usda/>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

USDA (United States Department of Agriculture). **National statistics for corn**. Disponível em: <http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/result.php?EF8A6EF3-6EA6-3114-9243-C17357D02354§or=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=CORN>. Acesso em: 20 maio. 2013

VARGAS, V. P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho**. Dissertação. (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2010. 145 p.

VARGAS, V.P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; PICOLI JUNIOR, G. J.; CANTARELLA, H. Maize leaf phytotoxicity and grain yield are affected by nitrogen side-dress source and application method. **Agronomy Journal**, Madison, 107, p.1-9, 2015.

VARGAS, V.P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. FERREIRA, M. A. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade deste nutriente para o milho.

Bragantia, 71: 21-31, 2012.

VASCONCELOS, A. C. F. **Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e soja**. 2006. 112f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-graduação em agronomia. Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 122p. Tese (Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, p. 1-8, 2005.

VIEIRA, J. **Tolerância à desfolha em diferentes estádios fenológicos de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.