

**CLEBER SCHWEITZER**

**PERFILHAMENTO E PROLIFICIDADE COMO CARACTERÍSTICAS  
ESTABILIZADORAS DO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO EM  
FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS**

**LAGES – SC**

**2010**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL – MPV**

**CLEBER SCHWEITZER**

**PERFILHAMENTO E PROLIFICIDADE COMO CARACTERÍSTICAS**  
**ESTABILIZADORAS DO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO EM**  
**FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS**

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

**Orientador:** Prof. Ph.D. Luis Sangoi

**LAGES, SC**

**2010**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Schweitzer, Cleber

Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho em função do arranjo de plantas. / Cleber Schweitzer. – Lages, 2010.

80 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências  
Agroveterinárias / UDESC.

1. Milho. 2. Perfilhamento. 3. Prolificidade.

**CLEBER SCHWEITZER**

**PERFILHAMENTO E PROLIFICIDADE COMO CARACTERÍSTICAS  
ESTABILIZADORAS DO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO EM  
FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS**

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

**Banca Examinadora:**

---

**PhD. Luis Sangoi**

Orientador – UDESC/ Lages-SC

---

**Dr. Leo Rufato**

Coordenador do Curso de Mestrado em  
Produção Vegetal – UDESC/ Lages-SC

---

**Dr. Ricardo Trezzi Casa**

Membro – UDESC/Lages-SC

---

**Dr. Luciano Colpo Gatiboni**

Coordenador do Curso de Mestrado em  
Ciências do Solo, Coordenador Geral  
PPGCA - UDESC/ Lages-SC

---

**Dr. Clovis Arruda de Souza**

Membro – UDESC/ Lages-SC

---

**Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias**

Diretor Geral do Centro de Ciências  
Agroveterinárias – UDESC/ Lages-SC

---

**PhD. Paulo Régis Ferreira da Silva**

Membro – UFRGS/ Porto Alegre-RS

**Lages, 24/08/2010**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Odair Carlos Schweitzer e Dalzenha Inês Schweitzer pelo confiança que depositaram em mim durante todo o período do mestrado, apoiando e incentivando em todos os momentos.

Ao Professor Luís Sangoi que além de orientador, foi um grande amigo, que motivou e alegrou a equipe de trabalho a todo momento, coordenando os trabalhos, orientando nos momentos difíceis e confraternizando a cada nova conquista.

Aos alunos de iniciação científica e colaboradores que ajudaram nos trabalhos de campo, independente das dificuldades encontradas

Aos irmãos do mestrado e doutorado que ajudaram na organização dos trabalhos de campo, Amauri Schmitt, Paula Bianchet, Vitor Paulo Vargas e Sergio Roberto Zoldan.

A UDESC, pelo excelente curso de mestrado.

## RESUMO

No seu processo de melhoramento a partir do teosinto, o milho foi selecionado para produção de uma única espiga no colmo principal e para tolerância a estresses ocasionados pelo adensamento. Contudo, altas produtividades de híbridos modernos só podem ser alcançadas numa estreita faixa de densidade de plantas. Isto reduz a estabilidade produtiva quando a densidade de plantas está abaixo ou acima da ideal. A principal causa da baixa estabilidade produtiva está ligada a pouca plasticidade da planta de milho para compensar espaços vazios. A identificação de características que incrementem a estabilidade produtiva do milho é importante para minimizar os prejuízos ao rendimento de grãos ocasionados por baixas densidades de plantas. Com este objetivo, foram conduzidos dois experimentos a campo, em Lages, Santa Catarina. O primeiro ensaio analisou a resposta do rendimento de grãos e a contribuição dos perfilhos a variações no arranjo de plantas do híbrido P30F53. Foram testadas quatro densidades: 3,0, 5,0, 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup> e três espaçamentos entre linhas: 0,4, 0,7 e 1,0 m. O segundo ensaio avaliou se o perfilhamento e a prolificidade são características eficientes para estabilizar o rendimento de grãos de milho em diferentes densidades de plantas. Foram avaliadas as densidades de 2,5, 5,0, 7,5 e 10 pl m<sup>-2</sup> e os híbridos P30F53 (perfilhador), AG9020 (prolífico) e AS1570 (baixo perfilhamento e prolificidade). No primeiro experimento, a contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos variou entre os anos agrícolas. Em 2007/2008 não houve restrição hídrica ao desenvolvimento da cultura e o rendimento de grãos não foi afetado por variações no arranjo de plantas. Neste ano, o rendimento de grãos dos perfilhos contribuiu com mais de 40% da produtividade total na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>. A medida que a densidade aumentou, houve decréscimo na contribuição dos perfilhos ao rendimento que foi de apenas 3,3% quando se utilizou 9,0 pl m<sup>-2</sup>. Em 2008/2009 houve deficiência hídrica nas fases de florescimento e enchimento de grãos. Isto diminuiu a contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos nas densidades de 3,0 e 5,0 pl m<sup>-2</sup> e aumentou a resposta da produtividade ao incremento na densidade. No segundo experimento, o rendimento de grãos dos três híbridos aumentou de forma quadrática com o incremento na densidade de plantas. Não houve diferenças significativas na produtividade dos híbridos na densidade de 2,5 pl m<sup>-2</sup>. Isto demonstrou que a maior capacidade de perfilhamento do P30F53 e de emissão da segunda espiga do AG 9020 não trouxeram vantagens produtivas a estes híbridos, em relação ao AS1570, quando se trabalhou com estandes menores que o 5 pl m<sup>-2</sup>.

**Palavras-chave:** *Zea mays*. Perfilho. Densidade de plantas. Arranjo de plantas.

## ABSTRACT

During its evolution process from teosinte, maize was selected to produce a single ear in the main stem and to tolerate stresses caused by crowding. However, high yields of modern hybrids can only be achieved in a narrow range of plant population. This behavior reduces yield stability when plant density is above or below the ideal value. The main cause of maize low yield stability is linked to the plant small plasticity to compensate empty spaces. The identification of mechanisms that increase maize yield stability is important to mitigate damages to grain yield caused by low plant densities. With this objective, two field experiments were set in Lages, Santa Catarina, Brazil. The first experiment examined the response of grain yield and the contribution of tillers to variations in plant arrangement. Four plant densities were tested: 3.0, 5.0, 7.0 and 9.0 pl m<sup>-2</sup>. Each plant density was tested at three row spacing: 0.4, 0.7 and 1.0 m. The second trial evaluated whether the tillering and prolificacy are effective characteristics to stabilize maize grain yield in different plant densities. Four plant densities were used: 2.5, 5.0, 7.5 and 10 pl m<sup>-2</sup>. Three hybrids were tested at each plant density: P30F53 (tillering), AG9020 (prolific) and AS1570 (low tillering and poor prolificacy). In the first experiment, tiller contribution to grain yield differed between growing seasons. In 2007/2008, there was no water restriction to crop development and grain yield was not affected by plant arrangement. At this year, tiller grain yield contributed with more than 40% of total productivity at the density of 3.0 pl m<sup>-2</sup>. With the increase in plant population, tiller contribution to grain yield decreased. It reached only 3.3% when maize was sown with 9 pl m<sup>-2</sup>. In 2008/2009, there was water deficit during maize flowering and grain filling. Such weather pattern decreased tiller contribution to grain yield at the lower densities and enhanced maize yield response to the increment in plant population. In the second trial, grain yield of the three hybrids increased in a quadratic way when plant population increased from 2.5 to 10 pl m<sup>-2</sup>. Grain yield of the three hybrids did not differ when they were grown at 2.5 pl m<sup>-2</sup>. Therefore, the higher tillering ability of P30F53 and the greater capacity of AG 9020 to produce more than one ear per plant did not benefit these hybrids, when compared to AS1570, when maize was grown with smaller plant population than recommended.

**Keywords:** *Zea mays*. Tiller. Plant Density. Plant arrangement.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Efeito da densidade de plantas sobre os componentes do rendimento do colmo principal, perfilhos e total, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages – SC, 2007/08. ....49
- Tabela 2.** Efeito da densidade de plantas nos componentes do rendimento do colmo principal, perfilhos e total, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages – SC, 2008/09. ....51
- Tabela 3.** Índice de área foliar de três híbridos de milho, na média de quatro densidades, em três estádios da cultura. Lages – SC, 2007/08. ....61
- Tabela 5.** Efeito da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos de perfilho e segunda espiga para três híbridos de milho. Lages, SC, 2007/08..... 69



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Balanço hídrico decendial do ano agrícola 2007/08, segundo metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955), considerando a capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC. .... 24
- Figura 2.** Balanço hídrico decêndial do ano agrícola 2008/09, segundo metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955), considerando a capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC. .... 25
- Figura 3.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com perfilhos no estágio de pendoamento (VT), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas sobre a percentagem de plantas com perfilhos, no estágio de florescimento, em quatro densidades de plantas (B). Lages SC, 2007/08. .... 27
- Figura 4.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com perfilhos no estágio de grão leitoso (R3), em três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08. .... 28
- Figura 5.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com espigas nos perfilhos no estágio de R6, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08. .... 29
- Figura 6.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com perfilhos no estágio de sete folhas expandidas (V7), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas sobre a percentagem de plantas com perfilhos em quatro densidades de plantas em V7 (B). Lages, SC, 2008/09. .... 30
- Figura 7.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com perfilhos no estágio de quinze folhas expandidas (V15), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas sobre a percentagem de plantas com perfilhos, em quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2008/09. .... 32
- Figura 8.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com espigas nos perfilhos, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2008/09. .... 33
- Figura 9.** Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta no estágio de sete folhas expandidas (V7), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do

espaçamento entre linhas sobre o número de perfilhos por planta, em quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2007/08. ....	34
<b>Figura 10.</b> Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta no estágio de pendoamento (VT), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas em VT sobre o número de perfilhos por planta, em quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2007/08. ....	36
<b>Figura 11.</b> Efeito da densidade de plantas sobre o número de espigas de perfilhos por planta, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08. ....	37
<b>Figura 12.</b> Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta, no estágio de sete folhas expandidas (V7), na média de três espaçamentos entre linhas (A) e do espaçamento entre linhas sobre o número de perfilhos por planta em V7, na média de quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2008/09. ....	38
<b>Figura 13.</b> Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta no estágio de pendoamento (VT), na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC 2008/09. ....	39
<b>Figura 14.</b> Efeito da densidade de plantas sobre número de espigas de perfilhos por planta na maturação fisiológica (R6), na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC 2008/09. ....	40
<b>Figura 15.</b> Efeito da densidade de plantas sobre o índice de área foliar no espigamento do colmo principal (CP), dos perfilhos (Perf) e total, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08. ....	42
<b>Figura 16.</b> Efeito do espaçamento entre linhas sobre índice de área foliar total, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2007/08. ....	43
<b>Figura 17.</b> Efeito da densidade de plantas sobre o índice de área foliar no espigamento do colmo principal, perfilhos e total, na média de três espaçamentos entre linhas . Lages, SC, 2008/09. ....	44
<b>Figura 18.</b> Efeito do espaçamento entre linhas sobre a radiação solar interceptada (%) pela cultura do milho, com seis folhas expandidas (V6), na média de quatro densidades de plantas, no ano agrícola 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Lages, SC. ....	45
<b>Figura 19.</b> Efeito do espaçamento entre linhas sobre a radiação solar interceptada (%) pela cultura do milho com onze folhas expandidas (V11), na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2008/09. ....	46

<b>Figura 20.</b> Efeito do espaçamento entre linhas sobre a radiação solar interceptada (%) pela cultura do milho com dezessete folhas expandidas (V17), na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2008/09. ....	47
<b>Figura 21.</b> Efeito da densidade de plantas no rendimento de grãos do colmo principal (CP), dos perfilhos (Perf) e total do híbrido P30F53, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08. ....	48
<b>Figura 22.</b> Efeito da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos do colmo principal (CP), dos perfilhos (Perf) e total do híbrido P30F53, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC. 2008/09. ....	51
<b>Figura 23.</b> Índice de área foliar (IAF) em três estádios da cultura do milho, em função da densidade de plantas, na média de três híbridos. Lages, SC, 2007/08.....	61
<b>Figura 24.</b> Duração do sub-período emergência-antese de três híbridos de milho, em função da elevação da densidade de plantas. Lages, SC, 2007/08. ....	62
<b>Figura 25.</b> Duração do sub-período emergência-espigamento em função da elevação da densidade de plantas. Lages, SC, 2007/08. ....	63
<b>Figura 26.</b> Duração do sub-período antese-espigamento em função da elevação da densidade de plantas, na média de três híbridos. Lages, SC, 2007/08.....	64
<b>Figura 27.</b> Duração do sub-período espigamento-maturação fisiológica em função da elevação da densidade de plantas, na média de três híbridos. Lages, SC, 2007/08. ....	65
<b>Figura 28.</b> Altura de inserção da primeira espiga em função da densidade de plantas, na média de três híbridos de milho. Lages – SC, 2007/08. ....	66
<b>Figura 29.</b> Percentagem de plantas quebradas em função de densidade de plantas em três cultivares de milho. Lages – SC,2007/08. ....	67
<b>Figura 30.</b> Rendimento de grãos de três híbridos de milho em quatro densidade de plantas. Lages, SC, 2007/08. ....	68

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>2. PERFILHAMENTO COMO MECANISMO DE INCREMENTO DA ESTABILIDADE PRODUTIVA DO MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS</b> .....	16
2.1 RESUMO .....	16
2.1.1 Summary .....	17
2.2 INTRODUÇÃO .....	18
2.3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	20
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
2.4.1 Balanço hídrico .....	24
2.4.2 Percentagem de plantas com perfilhos.....	26
2.4.3 Número de perfilhos por planta.....	33
2.4.4 Número de espigas de perfilhos por planta.....	37
2.4.5 Número de espigas de perfilhos .....	39
2.4.6 Fenologia da cultura.....	40
2.4.7 Índice de área foliar.....	42
2.4.8 Radiação solar interceptada.....	44
2.4.9 Rendimento de grãos.....	47
2.5 CONCLUSÕES .....	53
<b>3. PERFILHAMENTO E PROLIFICIDADE COMO CARACTERÍSTICAS ESTABILIZADORAS DO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS</b> .....	54
3.1 RESUMO .....	54
3.1.1 Summary .....	55
3.2 INTRODUÇÃO .....	56
3.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	57
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
3.4.1 Índice de área foliar.....	61
3.4.2 Fenologia.....	62
3.4.3 Estatura de planta .....	65
3.4.4 Inserção da primeira espiga.....	65
3.4.5 Plantas acamadas e quebradas.....	67
3.4.6 Rendimento de grãos.....	68
3.5 CONCLUSÕES .....	71
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	72
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	74

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Segundo relatório da FAO (2010), a produção mundial de cereais foi de 2.286 milhões de toneladas em 2010. Deste total, aproximadamente 808 milhões de toneladas são de milho, que é o cereal com maior volume de produção no mundo, perdendo apenas em área cultivada para o trigo.

A colheita americana estimada para a safra 2009/10 é de 333 milhões de toneladas. O segundo lugar é ocupado pela China, com produção de 155 milhões de toneladas. O Brasil, terceiro maior produtor do cereal no mundo, tem previsão de colher 53,4 milhões de toneladas na safra 2009/10. A Argentina, outro importante fornecedor do cereal, poderá chegar a 22 milhões de toneladas (USDA, 2010).

A safra brasileira de 2009/10, com produção de 53,4 milhões de toneladas, apresenta um aumento de 4,8%, em relação à safra anterior. O Brasil se caracteriza por ter duas safras de milho por ano, a safra normal (ou principal) e a safrinha. Na safra normal foram produzidos 34 milhões de toneladas, um aumento de 1,2 % em relação à safra passada. Para a safrinha, estima-se uma produção de 19,4 milhões de toneladas, correspondendo a uma elevação de 11,9 %, em relação à 2008/09 (CONAB, 2010).

Dentre as culturas produtoras de grãos, o milho ocupa atualmente a segunda maior área cultivada do país, estando presente em todo território nacional. Ele envolve desde a agricultura tipicamente de subsistência até lavouras que utilizam altos níveis tecnológicos, alcançando altas produtividades. A área semeada com milho reduziu de 8,7%, passando de 14,17 milhões de hectares, na safra 2008/09, para 12,94 milhões de hectares na safra 2009/10. Mesmo com uma significativa redução da área de milho, esta foi inferior apenas a área de soja, onde foram semeados 23,35 milhões de hectares (CONAB, 2010).

A diminuição de área cultivada está relacionada com o volume de produto no mercado e preços praticados abaixo do esperado pelos agricultores. Contudo, a produção ficou muito próxima da obtida na safra anterior devido à recuperação da produtividade do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul que, na safra 2008/09, tiveram redução devido à estiagem ocorrida nestes estados. A redução prevista de área do milho na safrinha não se verificou. Contrariando as previsões, ocorreu incremento de aproximadamente, 3,9%. A recuperação se deu no Mato Grosso que aumentou sua área de semeadura em 21,5% em relação à safrinha cultivada em 2008/09. A produção brasileira de milho (primeira e segunda safras) deve ter aumento de 2,45 milhões de toneladas ou 11,9% (CONAB, 2010).

O incremento na produção brasileira de milho da safra 2009/10 se deve ao aumento da produtividade nacional, que foi  $4,13 \text{ t ha}^{-1}$ . Contudo, a amplitude existente no Brasil é muito grande, variando de  $7,68 \text{ t ha}^{-1}$  obtidos no Paraná até  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  no estado de Pernambuco (CONAB, 2010). Essa disparidade entre as médias de produtividade no Brasil decorre de fatores climáticos e culturais, onde se encontram os mais diversos níveis de manejo adotados entre os agricultores das diferentes regiões do país (SCHMITT, 2008).

O milho é o principal produto vegetal do estado de Santa Catarina, por ocupar a maior área cultivada e, principalmente, pelo papel que cumpre na produção de carnes (aves e suínos). Por ser exportador de carnes, o estado é importador de milho. Para 2010, estima-se um déficit de 1,64 milhões de toneladas de milho. Atualmente, Santa Catarina é o sétimo maior produtor no Brasil. Na safra 2009/10 foram cultivados 593.000 hectares, com produção de, aproximadamente, 3,79 milhões de toneladas, um aumento de 16,3 % na produção em relação à safra passada. Já a produtividade de Santa Catarina teve aumento de 30,8%, em relação à safra 2008/09. O estado se destaca com produtividade média de  $6,40 \text{ t ha}^{-1}$ , o que corresponde ao quinto colocado no ranking nacional de produtividade, considerando apenas a primeira safra (CONAB, 2009).

Segundo Silva et al. (2006), existe um sub-aproveitamento do potencial genético das cultivares disponíveis no mercado, pois enquanto em condições experimentais foram obtidas produtividades de  $17,2 \text{ t ha}^{-1}$  em Eldorado do Sul, RS, a produtividade nacional é de  $4,1 \text{ t ha}^{-1}$ . As causas que contribuem para obtenção de baixos rendimentos de grãos de milho no Brasil são: uso de variedade com potencial produtivo limitado, deficiência de água e nutrientes, época e densidade de semeadura não indicadas e controle inadequado de pragas, moléstias e plantas daninhas.

A densidade de semeadura é uma das práticas culturais que mais interfere na definição da produtividade do milho. Essa resposta está associada ao fato de que, diferentemente de outras espécies da família das poáceas, como o sorgo, o milho não possui mecanismos de compensação de espaços tão eficientes quanto as espécies que perfilham (SILVA et al., 2006). Além disso, apresenta limitada capacidade de expansão foliar, baixa prolificidade e estrutura floral monóica.

Uma das causas das baixas produtividades das lavouras de milho no Brasil é a sua implantação em populações de plantas abaixo do valor recomendado. É comum encontrar lavouras com densidades inferiores a  $50.000 \text{ pl ha}^{-1}$  na colheita. Como o milho apresenta limitada capacidade de expansão foliar, mesmo em densidades sub-ótimas, estandes reduzidos limitam a interceptação de radiação solar e diminuem a produtividade.

A densidade de plantas interfere na quantidade e na qualidade da radiação interceptada pelo dossel (ANDRADE et al., 2000; MADDONI et al., 2001). O aumento da densidade reduz a quantidade de radiação na faixa do vermelho (V) que chega aos extratos inferiores do cultivo e aumenta na faixa do vermelho extremo (Ve). A redução da relação V/Ve promovida pelo adensamento limita o perfilhamento das poáceas (TAIZ e ZIEGER, 2002).

Altas produtividade de grãos do milho só podem ser obtidas com o perfeito ajuste do número de plantas por unidade de área. O número ideal de plantas por área é determinado de acordo com a cultivar utilizada, a forma de uso do milho, os níveis de fertilidade do solo e de adubação prevista e a disponibilidade hídrica durante o ciclo (MUNDSTOCK e SILVA, 2005; SANGOI et al., 2009).

Encontrar características morfológicas nas cultivares de milho que reduzam perdas de rendimento em lavouras implantadas com baixas densidades de plantas pode ser uma estratégia importante para mitigar perdas de produtividade e aumentar a estabilidade produtiva da cultura. Duas características que podem contribuir neste sentido são o perfilhamento e a prolificidade.

Os perfilhos são estruturas utilizadas pelas plantas da família das poáceas como estratégia para compensação de espaços vazios dentro da comunidade. Nas espécies onde o perfilhamento é comum, tais como o trigo e o arroz, os perfilhos são considerados estruturas benéficas, aumentando o número de inflorescências por área e contribuindo para o incremento do rendimento de grãos (ALMEIDA, 1998).

O lançamento do híbrido P30F53 que é o híbrido mais cultivado no Brasil, apresenta alto potencial produtivo e elevada capacidade de produção de perfilhos, sugere que os perfilhos podem contribuir para o rendimento de grãos, principalmente em lavouras implantadas com baixa densidade de plantas (SANGOI et al., 2009). Esta contribuição pode ser acentuada com a redução do espaçamento entre linhas, a qual, mantendo-se a densidade constante, promove a distribuição mais equidistante das plantas na lavoura.

As plantas prolíficas são, em geral, mais tolerantes às condições adversas devido a sua capacidade de desenvolver ao menos uma espiga sob tais condições, e mais de uma quando as condições ambientais são propícias, podendo incrementar o rendimento quando a densidade está abaixo da ideal. Assim, os híbridos prolíficos apresentam ampla faixa de densidade ótima para maximizar o rendimento de grãos, enquanto os não prolíficos apresentam uma estreita faixa de densidade ótima. Os híbridos prolíficos respondem positivamente a altas populações de plantas ou a estresses ambientais devido a resistência a esterilidade (PRIOR e RUSSEL, 1975; SVECNJAK et al., 2006).

Cox (1996) observou que híbridos prolíficos possuem ganho linear de massa seca e rendimento de grãos em resposta à densidade de plantas, enquanto híbridos com espiga única apresentam resposta quadrática. Desta maneira, genótipos prolíficos apresentam possibilidade de compensação (POMMEL e BONHOMME, 1998).

Este trabalho teve como objetivo avaliar se o perfilhamento e a prolificidade são características que permitem maior estabilidade produtiva do milho em diferentes arranjos de plantas. A dissertação foi dividida em dois capítulos. No primeiro, foi descrita a resposta de um híbrido perfilhador a variações no arranjo de plantas, promovidas pelo incremento na densidade e pela redução do espaçamento entre linhas. No segundo capítulo, foram reportados os efeitos do perfilhamento e da prolificidade como características para estabilizar o rendimento de grãos de milho, em diferentes densidades de plantas.



## 2. PERFILHAMENTO COMO MECANISMO DE INCREMENTO DA ESTABILIDADE PRODUTIVA DO MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS DE PLANTAS

### 2.1 RESUMO

O milho é o cereal de importância econômica que apresenta maior dependência da densidade ideal para maximizar o rendimento de grãos. Esta resposta está associada à pequena plasticidade em compensar espaços vazios. Em plantas da família das poáceas, o perfilhamento é uma estratégia de compensação destes espaços. Este trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar a resposta do rendimento de grãos e a contribuição dos perfilhos a variações no arranjo de plantas, promovidas pelo incremento da densidade e pela redução do espaçamento entre linhas. O ensaio foi conduzido a campo, nos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09, no município de Lages, Planalto Sul de Santa Catarina. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas. Nas parcelas principais foram testadas quatro densidade de plantas: 3,0, 5,0, 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup>. Nas subparcelas foram testados três espaçamentos entre linhas: 0,4, 0,7 e 1,0 m. O ensaio foi implantado em 19/10/2007 e 15/11/2008. O híbrido utilizado foi o P30F53, que possui a característica de perfilhamento. Determinaram-se o rendimento de grãos do colmo principal, dos perfilhos e o total. Em 2007/08, o rendimento médio de grãos de milho foi de 13,77 t ha<sup>-1</sup> e não foi alterado pela densidade de plantas e espaçamento entre linhas. Neste ano agrícola, a precipitação pluviométrica foi bem distribuída em todo o ciclo da cultura. Isto fomentou a contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos, que foi superior a 40% na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>. A medida em que a densidade aumentou, houve decréscimo na contribuição dos perfilhos ao rendimento que foi de apenas 3,3% quando se utilizou 9,0 pl m<sup>-2</sup>. Em 2008/09, o rendimento de grãos variou de 9,71 t ha<sup>-1</sup>, na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>, a 11,71 t ha<sup>-1</sup>, na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup> e aumentou de forma quadrática com incremento na densidade de plantas. Neste ano, houve restrição hídrica à cultura nas fases de florescimento e enchimento de grãos. Isto limitou a contribuição dos perfilhos à produtividade e aumentou a resposta do rendimento de grãos ao aumento na densidade. A redução do espaçamento entre linhas de 1,0 para 0,4 m aumentou a emissão de perfilhos no início do ciclo, mas não interferiu na sua contribuição ao rendimento de grãos.

**Palavras – chave:** *Zea mays*. Perfilho. Densidade de plantas. Espaçamento entre linhas.

### 2.1.1 Summary

Maize is the cereal of economic importance that has the highest dependence of plant population to maximize grain yield. This response is associated to its small plasticity to compensate empty spaces. Tillering is a strategy used by members of the Poaceae's family to deal with low stands. This study was conducted to evaluate maize grain yield response and tiller contribution to variations in plant arrangement, promoted by the increase in plant density and the reduction in row spacing. Two field experiments were set during the growing seasons of 2007/08 and 2008/09. The trials were conducted in Lages, Santa Catarina State, Brazil. The experimental design was a randomized block with split plots. Four plant densities were tested in the main plots: 3.0, 5.0, 7.0 e 9.0 pl m<sup>-2</sup>. Three row spacing were tested in the split plots: 0.4, 0.7 e 1.0 m. The experiments were sown on 10/17/2007 and 11/15/2008. The tillering hybrid P30F53 was used. The main stem, tillers and total grain yield were determined after harvest. In 2007/2008, grain yield averaged 13.77 t ha<sup>-1</sup> and was not affected by plant population and row spacing. Pluvial precipitation was well distributed during the entire growing season. Such weather pattern enhanced tiller contribution to grain yield, which was higher than 40% at the density of 3.0 pl m<sup>-2</sup>. With the increase in plant population, tiller contribution to grain yield decreased. It reached only 3.3% when maize was sown with 9 pl m<sup>-2</sup>. In 2008/2009, grain yield ranged from 9.71 t ha<sup>-1</sup>, at 3.0 pl m<sup>-2</sup>, to 11.71 t ha<sup>-1</sup>, at 9.0 pl m<sup>-2</sup>, and increased quadratically with the increment in plant population. At this year, maize faced water deficiency during flowering and grain filling. These dry periods decreased tiller contribution to maize productivity and enhanced grain yield response to the increment in plant population. The reduction of row spacing from 1.0 to 0.4 m enhanced tiller emission before maize flowering but did not interfere on tiller contribution to grain yield.

**Keywords:** *Zea mays*. Tiller. Plant density. Row spacing.

## 2.2 INTRODUÇÃO

Entre os cereais de importância econômica, o milho é o de menor capacidade de perfilhamento (SILVA et al., 2003). Esta característica decorreu da intensa seleção a qual foi submetido durante o seu processo evolutivo do teosinto. Ela priorizou a dominância apical, reduzindo o número de ramificações laterais e concentrando toda a energia da planta no colmo principal (SANGOI e SALVADOR, 1996; DOEBLEY et al., 1997).

Os perfilhos são estruturas utilizadas pelas plantas da família das poáceas como estratégia para compensação de espaços vazios dentro da comunidade. Nas espécies onde o perfilhamento é comum, tais como o trigo e o arroz, os perfilhos são considerados estruturas benéficas, aumentam o número de inflorescência por área e contribuem para incrementar o rendimento de grãos (ALMEIDA, 1998). No entanto, o perfilhamento no milho apresenta um atraso de emergência em relação ao colmo principal. Esta defasagem de aproximadamente cinco folhas expandidas é bem maior do que em outras espécies da família das poáceas (MOULIA et al., 1999). Esta defasagem leva a assincronia de desenvolvimento entre os perfilhos e o colmo principal, tornando os perfilhos dominados pelo colmo principal.

A remoção de perfilhos reduz o rendimento de espigas comercializáveis de milho doce, principalmente em baixas densidades de plantas, onde os perfilhos tendem a produzir espigas férteis, não se recomendando sua retirada (ZEKERIYA, 2002). Trabalhando com o híbrido P30F53, Sangoi et al. (2009) observaram que a remoção de perfilhos não interferiu significativamente sobre o rendimento de grãos, sendo o perfilhamento um aspecto normal da fisiologia da planta de milho.

A densidade de plantas é uma das práticas culturais que mais interfere na definição da produtividade do milho. Essa resposta está associada ao fato de que, diferentemente de outras espécies da família das poáceas, o milho não possui um mecanismo eficiente de compensação de espaços, pois ele perfilha pouco, sua capacidade de expansão foliar é pequena e possui baixa prolificidade (SILVA et al., 2006). Porém, algumas cultivares de milho em ambientes favoráveis e na ausência de plantas vizinhas, apresentam um grande incremento de brotações, incluindo tanto o perfilhamento basal quanto a prolificidade (MOULIA et al., 1999). Isto sugere que essa cultura não perdeu completamente sua capacidade de emissão de brotações laterais.

O surgimento de alguns híbridos com alto potencial produtivo e elevada capacidade de produção de perfilhos sugere que essas estruturas podem contribuir para o rendimento de grãos de milho, principalmente em lavouras implantadas com baixas densidades de plantas.

Esta contribuição pode ser acentuada com redução do espaçamento entre linhas, a qual, mantendo-se a densidade constante, promove a distribuição mais equidistante de plantas na lavoura.

O arranjo mais favorável de plantas propiciado pela aproximação de linhas de semeadura pode estimular as taxas de crescimento da cultura no início do ciclo, reduzindo a dominância apical e favorecendo a emissão, a sobrevivência e a contribuição dos perfilhos na produtividade de milho.

O rendimento de grãos de uma comunidade pode ser incrementado maximizando sua eficiência fotossintética. Esta pode ser conseguida pela melhoria da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel (MARCHÃO et. al., 2006).

Do total de radiação que chega à superfície do dossel de uma cultura, parte é refletida, parte é absorvida e parte é transmitida, atingindo o solo com diferentes níveis energéticos, que variam conforme a estrutura do dossel (NORMAN e CAMPBELL, 1980). A atenuação da radiação numa comunidade de plantas de milho depende da densidade de folhas, do arranjo de folhas no dossel e de sua arquitetura.

A escolha da densidade e arranjo de plantas adequado é uma das práticas de manejo que otimizam a interceptação da radiação solar, que é um dos principais fatores que determinam a produtividade.

Inúmeros motivos podem reduzir o estande de plantas na lavoura, sendo a principal causa a perda de plântula na emergência. Sempre que o agricultor semeia o número de sementes requeridas para obter a densidade de plantas ótima, uma percentagem destas podem não emergir devido ao baixo teor de umidade no solo, ao selamento superficial provocado por precipitações pluviais, impedindo a emergência do coleóptilo, danos ocasionados por insetos, patógenos, pássaros, roedores e resíduos de herbicidas (POMMEL e BONHOMME, 1998). No Brasil, ainda é comum encontrar agricultores que utilizam populações abaixo de 50.000 pl ha<sup>-1</sup> como forma de reduzir os riscos por adversidades climáticas, principalmente por deficiência hídrica. Estandes reduzidos também são frequentes em lavouras implantadas sob condições adversas de fertilidade do solo, capacidade de investimento em adubação e em semeaduras realizadas com velocidade excessiva do trator.

Estandes reduzidos não permitem que as plantas explorem adequadamente os recursos ambientais disponíveis como a luz, água e nutrientes, diminuindo o potencial produtivo do híbrido. Os perfilhos podem ser uma estratégia de compensação de espaços vazios por incrementar o número de colmos na área, e em conseqüência o índice de área foliar.

Este trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar a resposta do rendimento de grãos a variações no arranjo de plantas, promovidas pelo incremento da densidade e pela redução do espaçamento entre linhas, de um híbrido perfilhador de milho.

### 2.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, nos anos agrícolas de 2007/08 e 2008/09. Ele foi implantado na localidade de Santa Terezinha do Salto, localizada a 20 km da cidade de Lages, no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas do local são 27°50'35'' de latitude sul e 50°29'45'' de longitude oeste e altitude de 849 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). No primeiro ano, a análise de solo realizada em agosto de 2007 apresentava as seguintes características: 460 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH em H<sub>2</sub>O 6,7; 3,3 mg L<sup>-1</sup> de P; 0,43 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 39 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 6,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al e 20,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC. A área experimental estava em rotação com soja (*Glycine max*) e sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.).

No segundo ano, o solo apresentava 370 g kg<sup>-1</sup> de argila, pH em H<sub>2</sub>O 5,6; 1,1 mg L<sup>-1</sup> de P; 0,52 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 45 g kg<sup>-1</sup> matéria orgânica; 5,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 2,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al; e 14,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC. A área experimental estava em rotação com feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) e sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.).

Dessecou-se a cultura de inverno com o herbicida glifosato (1.080 g de i.a. ha<sup>-1</sup>), no final do mês de setembro, com objetivo de implantar o experimento sobre a cobertura morta de aveia.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal foram testadas quatro densidades de plantas: 3,0, 5,0, 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup>. Nas subparcelas foram avaliados três espaçamentos entre linhas: 0,4, 0,7 e 1,0 m. As subparcelas foram constituídas de quatro linhas com seis metros de comprimento. As duas linhas centrais de cada subparcela foram utilizadas para fazer as avaliações dos tratamentos como, perfilhamento, estágio fenológico, área foliar, rendimento e seus componentes.

Em 2007/2008, as sementes foram previamente tratadas com o inseticida tiodicarbe (6 g de i.a.  $\text{kg}^{-1}$  de sementes). Em 2008/2009, utilizou-se uma mistura de Imidacloprido + tiodicarbe (6,3g +19,1 g i.a.  $\text{kg}^{-1}$  de semente), objetivando prevenir danos por pragas de solo na fase de emergência da cultura.

O experimento foi implantando nos dias 19 de outubro de 2007 e 15 de novembro de 2008, no sistema de semeadura direta. Utilizou-se semeadoras manuais, que dispuseram três sementes por cova do híbrido simples P30F53 da Pioneer sementes. A distribuição das sementes nas linhas de semeadura foi feita utilizando-se barbantes com marcação das distâncias entre plantas de acordo com o tratamento. Quando as plantas estavam no estágio fenológico de três folhas expandidas (V3) da escala proposta por Ritchie et al., (1993), efetuou-se o desbaste, deixando-se o número de plantas necessário para atingir as densidades esperadas.

No dia da semeadura efetuou-se o controle preventivo de plantas daninhas com aplicação de herbicida em pré-emergência com uma mistura de atrazina e s-metolaclor (1.480 + 1.160 g de i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ). No segundo ano, foi necessário efetuar o controle em pós-emergência quando o milho se encontrava no estágio V3 com o herbicida Tembotriona (100,8 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ), devido a área experimental apresentar alta incidência de plantas daninhas.

A adubação utilizada foi determinada seguindo recomendações da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo para a cultura do milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004), objetivando produtividades de 12.000  $\text{kg ha}^{-1}$ . A adubação de manutenção com fósforo, potássio e nitrogênio foi realizada no dia da semeadura, utilizando a mistura de uréia (44% de N), superfosfato triplo (41%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e cloreto de potássio (58%  $\text{K}_2\text{O}$ ), nas doses de 30  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, 205  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 110  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . No segundo ano foram utilizados 30  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, 245  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 110  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A aplicação de N em cobertura para os dois anos foi dividida em duas frações, sendo metade (100  $\text{kg ha}^{-1}$ ) em V4 e metade (100  $\text{kg ha}^{-1}$ ) em V8, totalizando 230  $\text{kg ha}^{-1}$  de N por safra.

Entre os estádios V3 e V9 foram feitas cinco aplicações de inseticida lufenuron (15 g de i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ) com jato dirigido, para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), sempre que se observavam raspagens nas folhas.

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada nos tratamentos foi calculada pela fórmula  $(1 - I_t/I_0) \times 100$ , onde  $I_t$  é a radiação fotossinteticamente ativa incidente (PAR) abaixo da camada de folhas fotossinteticamente ativa e  $I_0$  é a PAR incidente no topo do dossel. Os valores de  $I_t$  e  $I_0$  foram obtidos com um radiômetro de sensor quântico plano marca Li-Cor,

modelo LI-190 que determina a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativo (DFFFA,  $\lambda = 400-700$ ), conectado a um datalogger modelo Li-1400. As determinações foram feitas em V9, V15, VT (pendoamento) e R3 (grão leitoso), segundo escala de Ritchie et al., 1993. Foram amostrados cinco pontos por unidade experimental. As medições foram feitas entre 11:00 e 13:00 horas de dias ensolarados, sem presença de nuvens, de acordo com a técnica descrita por Gallo e Daughtry (1986).

Nas plantas das linhas dois e três de cada subparcela foi avaliada a capacidade de produção de perfilhos. O número de perfilhos produzidos foi obtido diretamente, contando-os nos estádios V7, V15, VT e R3 de desenvolvimento da cultura. A percentagem de plantas perfilhadas foi obtida dividindo-se o número de plantas perfilhadas pelo número total de plantas da subparcela, multiplicando o resultado por 100.

Nas duas linhas centrais avaliou-se ainda a fenologia da cultura. Determinou-se a duração do subperíodo emergência-pendoamento, computando-se o número de dias decorridos entre a exteriorização do coleóptilo e a emissão do pendão floral acima da folha bandeira com deiscência dos grãos de pólen em mais de 50% das plantas. Também determinou-se a duração do subperíodo emergência-espigamento, computando-se o número de dias entre a exteriorização do coleóptilo e a emissão dos estigmas em 75% das plantas. Subtraindo a duração dos dois sub-períodos, estimou-se o intervalo entre pendoamento e espigamento. O subperíodo espigamento-maturação fisiológica foi determinado estimando-se o intervalo entre 75% das plantas com estigma visível e 50% das plantas com a formação da camada negra do grão de quatro plantas por subparcela.

A estatura de plantas e altura de inserção da espiga foram avaliadas 15 dias após o florescimento em seis plantas representativas, escolhidas aleatoriamente nas duas linhas centrais de cada subparcela.

A área foliar por planta foi obtida medindo-se o comprimento e largura de todas as folhas de quatro plantas por subparcela. Multiplicando-se comprimento x largura x 0,75, obteve-se a área foliar por planta. Foram medidas apenas as folhas que apresentavam mais de 50% de área verde. Para se estimar o índice de área foliar considerou-se a relação entre a área foliar e o espaço ocupado pela planta em cada tratamento. A área foliar dos perfilhos foi estimada medindo-se o comprimento e a largura de todas as folhas de um perfilho médio e representativo das plantas na qual foi medida a área foliar. O índice de área foliar dos perfilhos foi obtido dividindo-se a área foliar média dos perfilhos pelo espaço por eles ocupado em cada subparcela. A senescência foliar do colmo principal após o florescimento

foi obtida pela contagem do número de folhas verdes remanescentes em R3 e R6 e deduzindo a área foliar perdida após o florescimento.

A colheita das espigas foi realizada manualmente nos dias 25 de abril de 2008 e 05 de maio de 2009, quando a umidade de grãos estavam entre de 18 a 22%. As espigas produzidas nos colmos principais e nos perfilhos foram colhidas separadamente, para se determinar a contribuição dos perfilhos à produtividade da cultura. As espigas foram trilhadas e os grãos secos em estufa a 60 °C até atingirem peso constante. Após a secagem, os grãos foram limpos em máquina de ar e peneira para padronização da sua qualidade.

O rendimento de grãos e os componentes do colmo principal, dos perfilhos e totais (colmo principal + perfilhos) foram convertidos para 1,0 ha e expressos na umidade padrão de 130 g kg<sup>-1</sup>.

Uma sub-amostra de 400 grãos foi separada e pesada para cada subparcela. O valor obtido foi multiplicado por 2,5 convertido para a umidade padrão de 130 g kg<sup>-1</sup> e utilizado para expressar a massa de 1.000 grãos.

O número de grãos por espiga foi estimado indiretamente, pela relação da massa de 400 grãos, da massa total de grãos e do número de espigas colhidas em cada subparcela. O número de grãos produzidos por área (m<sup>2</sup>) foi estimado com base nos números de espigas por planta e de grãos por espiga e na densidade de plantas de cada tratamento.

O balanço hídrico da cultura foi realizado segundo metodologia de Thorntwaite e Mather (1955), com adaptação do cálculo da evapotranspiração potencial (ETP), pela evaporação do tanque classe A, multiplicando-se pelo coeficiente do tanque (Kp), que foi obtido experimentalmente na estação meteorológica do CAV. Os dados de registros meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica do CAV-UDESC, que fica situada a 20 km de distância da área experimental.

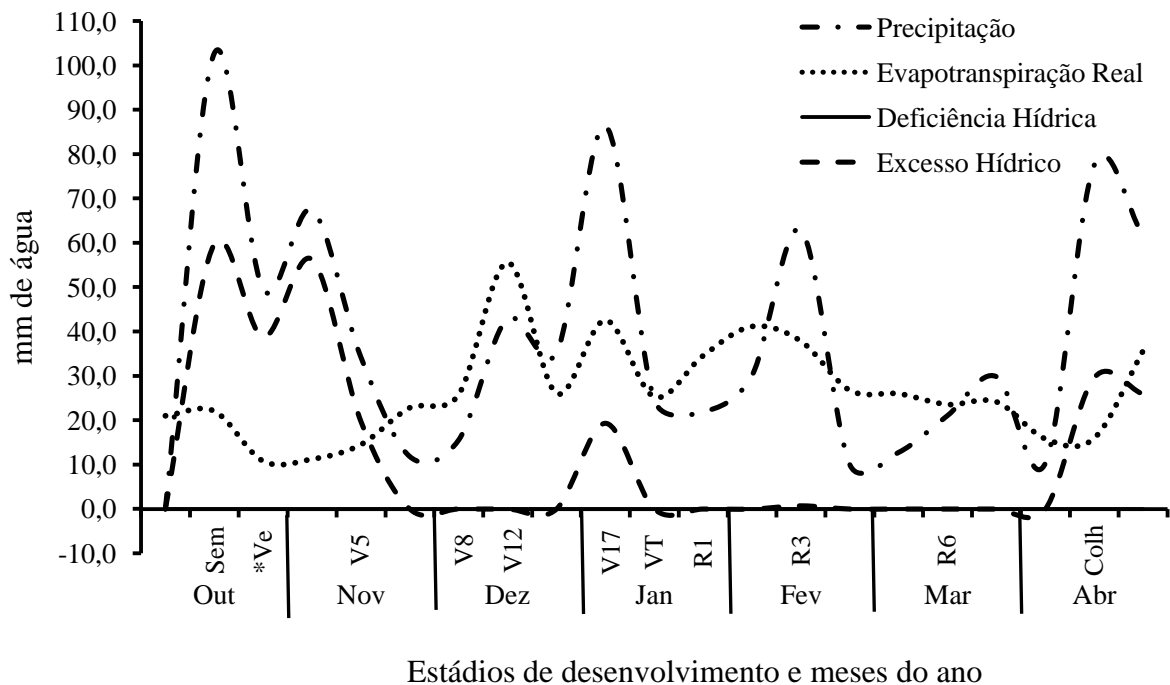
Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância pelo programa estatístico WinStat (MACHADO & CONCEIÇÃO, 2002). Os valores de F para os efeitos principais e as interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% (P<0,05). Quando alcançada significância, foram ajustadas regressões que descrevessem o comportamento das variáveis.



## 2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.4.1 Balanço hídrico

A safra 2007/08 se caracterizou pela adequada distribuição da precipitação pluvial, pela baixa demanda evaporativa da atmosfera e por não apresentar deficiência hídrica para a cultura do milho. A Figura 1 demonstra o balanço hídrico decendial do ano agrícola 2007/08, realizado segundo metodologia de Thorntwaite e Mather (1955). Em nenhum momento do ciclo da cultura foi possível observar deficiência hídrica. A precipitação acumulada durante o ciclo da cultura foi de 526 mm, enquanto a demanda de água pela cultura foi de 450 mm.

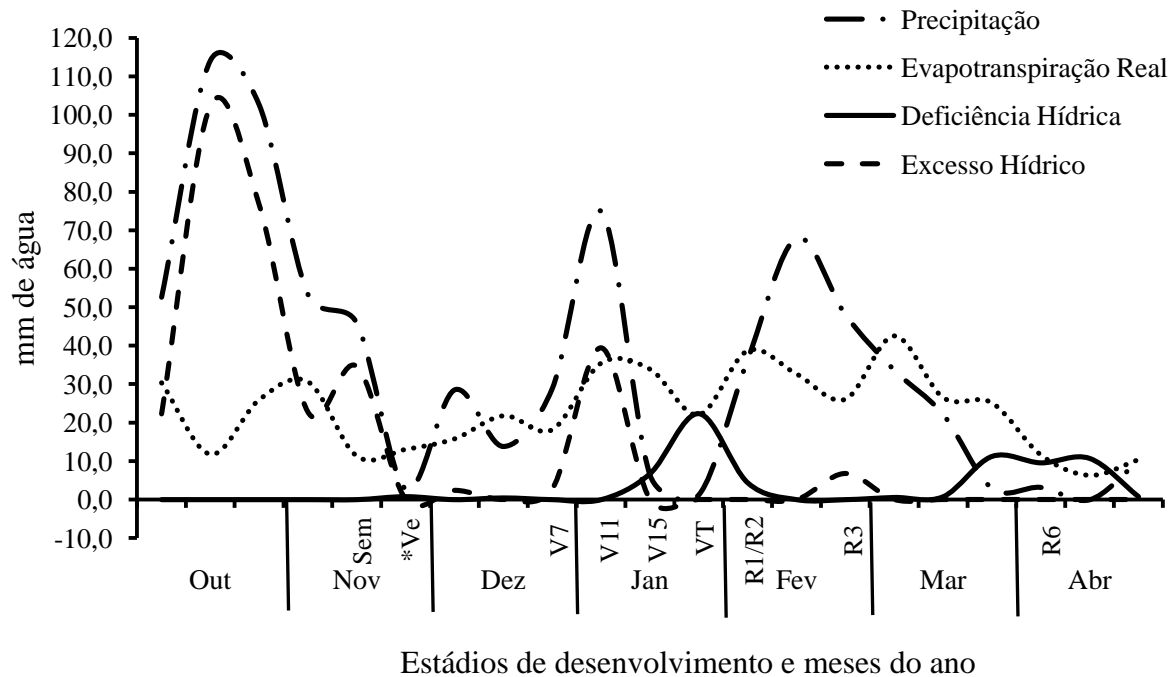


**Figura 1.** Balanço hídrico decendial do ano agrícola 2007/08, segundo metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955), considerando a capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC.

\* Conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1993).

Na safra 2008/09, a precipitação apresentou distribuição irregular durante o ciclo da cultura, com momentos de excesso hídrico e também de deficiência hídrica em períodos críticos do milho (Figura 2). O primeiro momento de deficiência hídrica ocorreu entre o estágio de quinze folhas expandidas (V15) e o espigamento (R1). Outro momento em que ocorreu deficiência hídrica, foi no final do enchimento de grãos, a partir de R4. A precipitação

acumulada durante o ciclo da cultura foi de 417 mm, porém a demanda da cultura durante o ciclo foi de 431 mm, superior à precipitação.



**Figura 2.** Balanço hídrico decênial do ano agrícola 2008/09, segundo metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), considerando a capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC.

\*Conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1993).

Devido ao experimento ter sido implantado mais tarde no segundo ano, a necessidade hídrica da cultura não foi suprida, pois houve aumento na demanda no seu momento crítico, associado a menor precipitação. Estes fatores fizeram com que o ano agrícola de 2008/09 fosse menos favorável ao cultivo do que o ano de 2007/08.

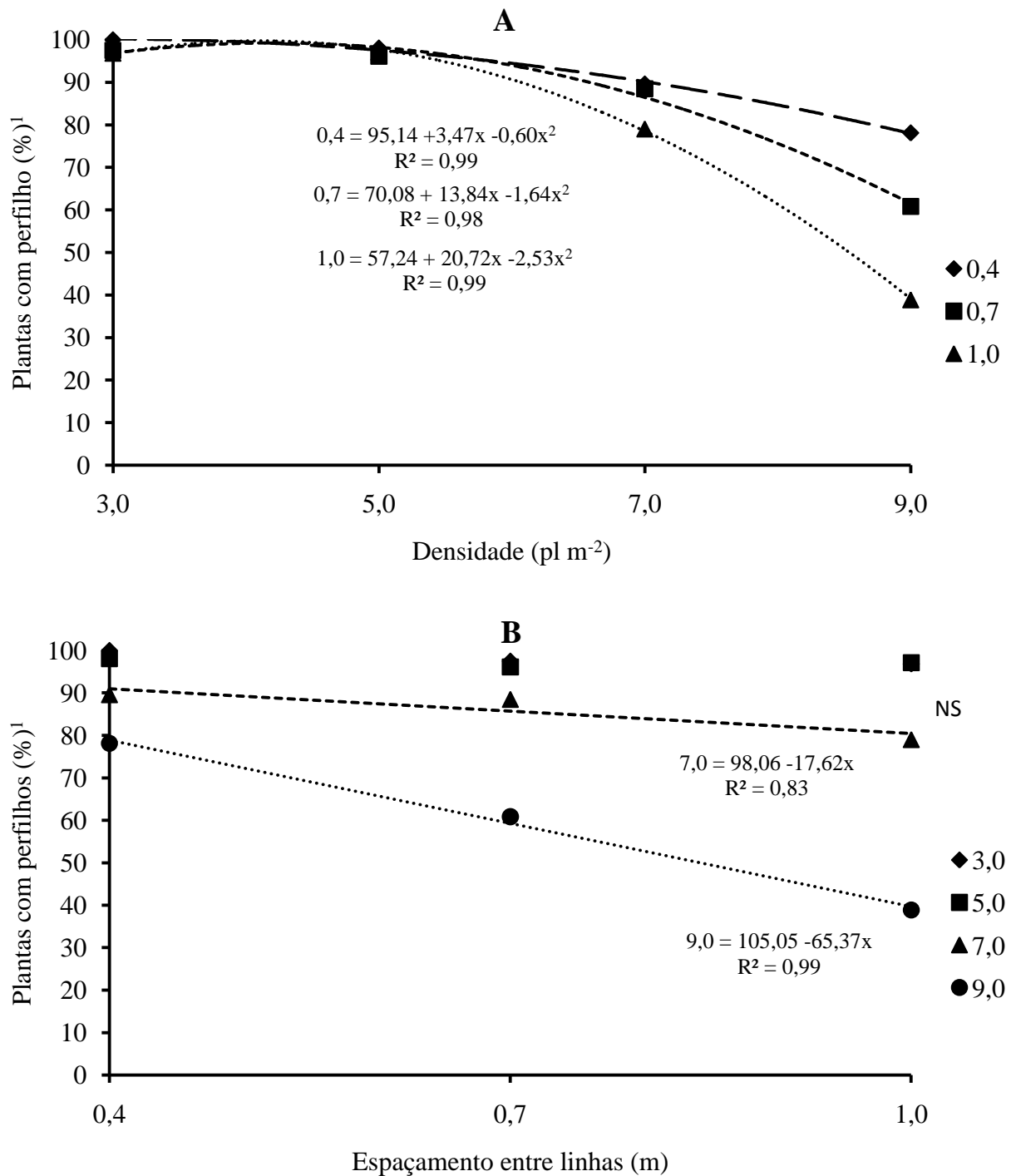
A redução da disponibilidade de água no solo durante o período de pré-florescimento afeta o desenvolvimento das estruturas vegetativas das plantas, reduzindo a capacidade de produção de fitomassa. Denmead e Shaw (1960) revelaram que a ocorrência do déficit hídrico reduziu o rendimento de grãos do milho em 25% antes da emissão dos estigmas e em 50% na fase de florescimento. A ocorrência do estresse durante a antese e logo após a fertilização causa abortamento de flores de milho (SCHUSLER et al., 1991). Em condições de déficit hídrico, o milho prioriza a emissão da inflorescência masculina, pelo seu acentuado caráter protândrico (SANGOI et al., 1998). Schussler et al., (1994) verificaram que a inibição da fotossíntese por seis dias durante a polinização reduziu a formação de grãos em plantas

submetidas ao déficit hídrico. Estudos demonstraram que o estresse hídrico na pré-antese afeta tanto o número quanto o peso de grãos (CLAASSEM et al, 1970). O enchimento de grãos também é afetado pelo estresse hídrico (KOBATA et al., 1992; BASSETI et al, 1993), já que este período é dependente do suprimento de fotoassimilados à espiga (WESTGATE et al, 1988; SCHUSSLER et al., 1991).

#### 2.4.2 Percentagem de plantas com perfilhos

A percentagem de plantas com perfilhos variou entre os dois anos agrícolas. Em 2007/08, a percentagem de plantas perfilhadas em V7 não apresentou diferença entre tratamentos, sendo que a média de plantas com perfilhos foi de 94,9%, com coeficiente de variação (C.V.) de 6,79%. Na segunda avaliação realizada em VT (pendoamento) para avaliar a sobrevivência dos perfilhos, houve interação de densidades e espaçamentos. Nas densidades de 3,0 e 5,0 pl m<sup>-2</sup> não ocorreram diferenças na percentagem de plantas perfilhadas (Figura 3A). Portanto, com densidades abaixo de 5,0 pl m<sup>-2</sup>, o espaçamento entre linhas não interferiu na percentagem de plantas com perfilhos. A elevação da densidade de plantas para 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup> reduziu a percentagem de plantas perfilhadas, sendo a redução maior na densidade mais elevada. Nestas densidades foi possível observar que o espaçamento entre linhas alterou a percentagem de plantas com perfilhos. O menor espaçamento entre linhas contribuiu para maior sobrevivência dos perfilhos. Nos espaçamentos de 0,7 e 1,0 m entre linhas, a percentagem de plantas com perfilhos reduziu quando comparada com a primeira avaliação realizada em V7.

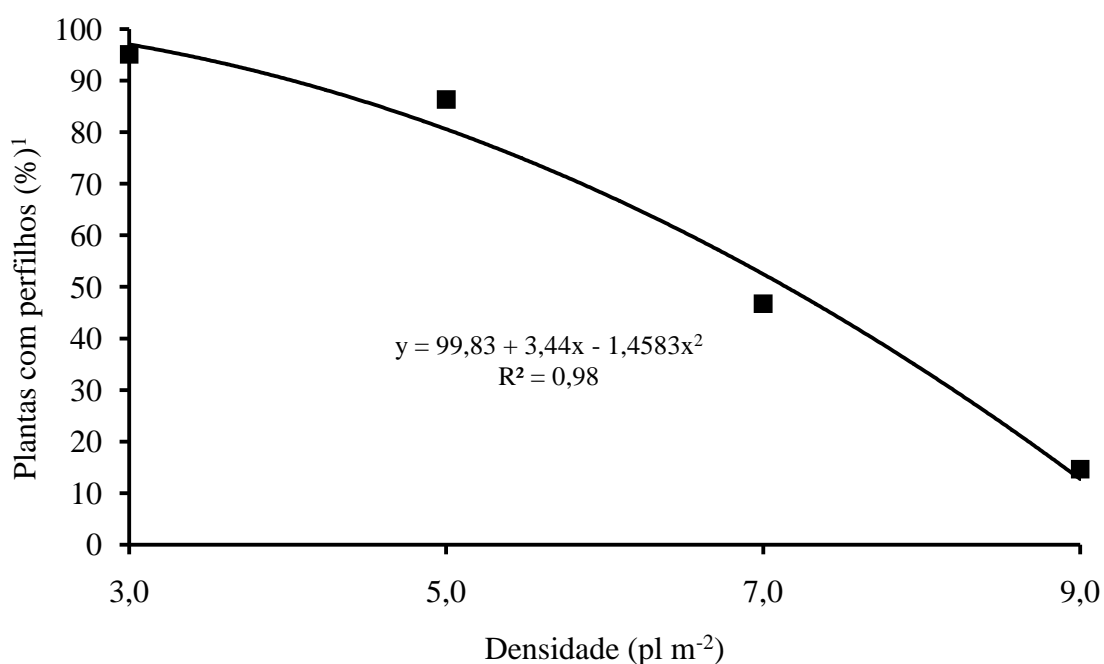
A Figura 3B mostra que o aumento na distância entre linhas de 0,4 para 1,0 m reduziu a percentagem de plantas perfilhadas em VT nas duas maiores densidades. Por outro lado, nas densidades de 3,0 e 5,0 pl m<sup>-2</sup> esta variável não foi afetada pelo espaçamento entre linhas.



**Figura 3.** Efeito da densidade de plantas sobre a porcentagem de plantas com perfilhos no estágio de pendoamento (VT), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas sobre a porcentagem de plantas com perfilhos, no estágio de florescimento, em quatro densidades de plantas (B). Lages SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de Variação de 8,21%. NS - Não significativo, ao nível de 5%.

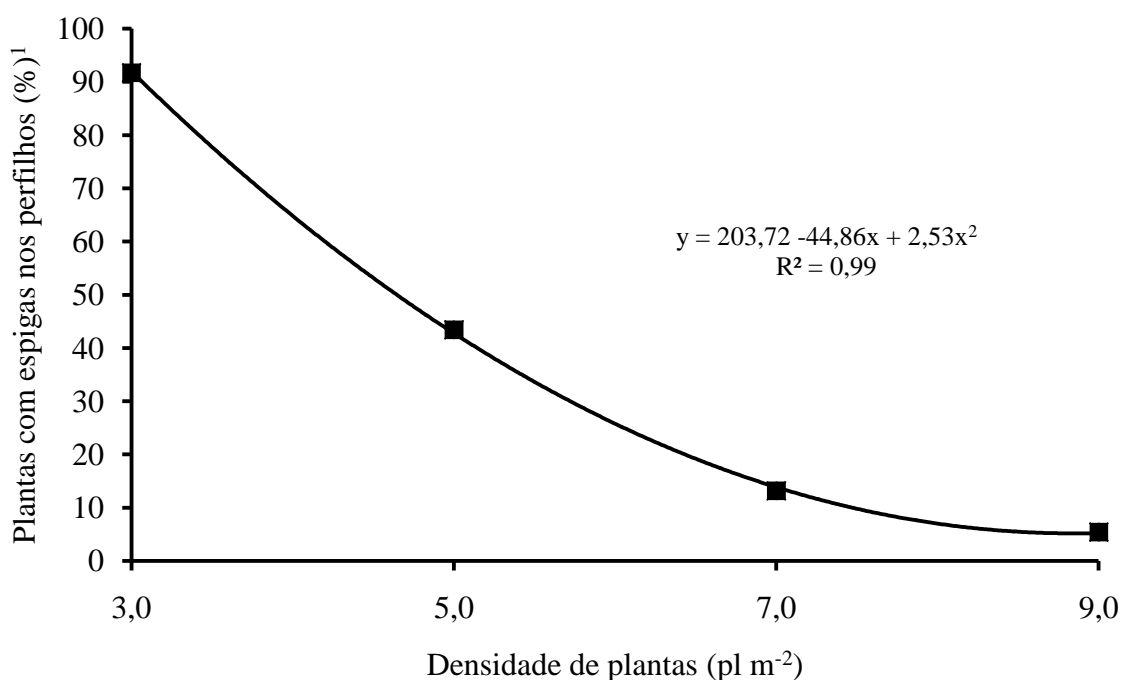
No estágio de grão leitoso (R3), a percentagem de plantas perfilhadas decresceu de forma quadrática com o aumento da densidade de plantas, nos três espaçamentos entre linhas (Figura 4). Em R3, a redução do espaçamento entre linhas não foi efetiva para aumentar a percentagem de plantas perfilhadas nas maiores densidades, ao contrário do que aconteceu em VT. Na média dos três espaçamentos entre linhas, a percentagem de plantas com perfilhos foi de 95% para 3,0 pl m<sup>-2</sup>, 86% para 5,0 pl m<sup>-2</sup>, de 46% para 7,0 pl m<sup>-2</sup> e, de apenas, 15% para 9,0 pl m<sup>-2</sup>.



**Figura 4.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com perfilhos no estágio de grão leitoso (R3), em três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 7,13%.

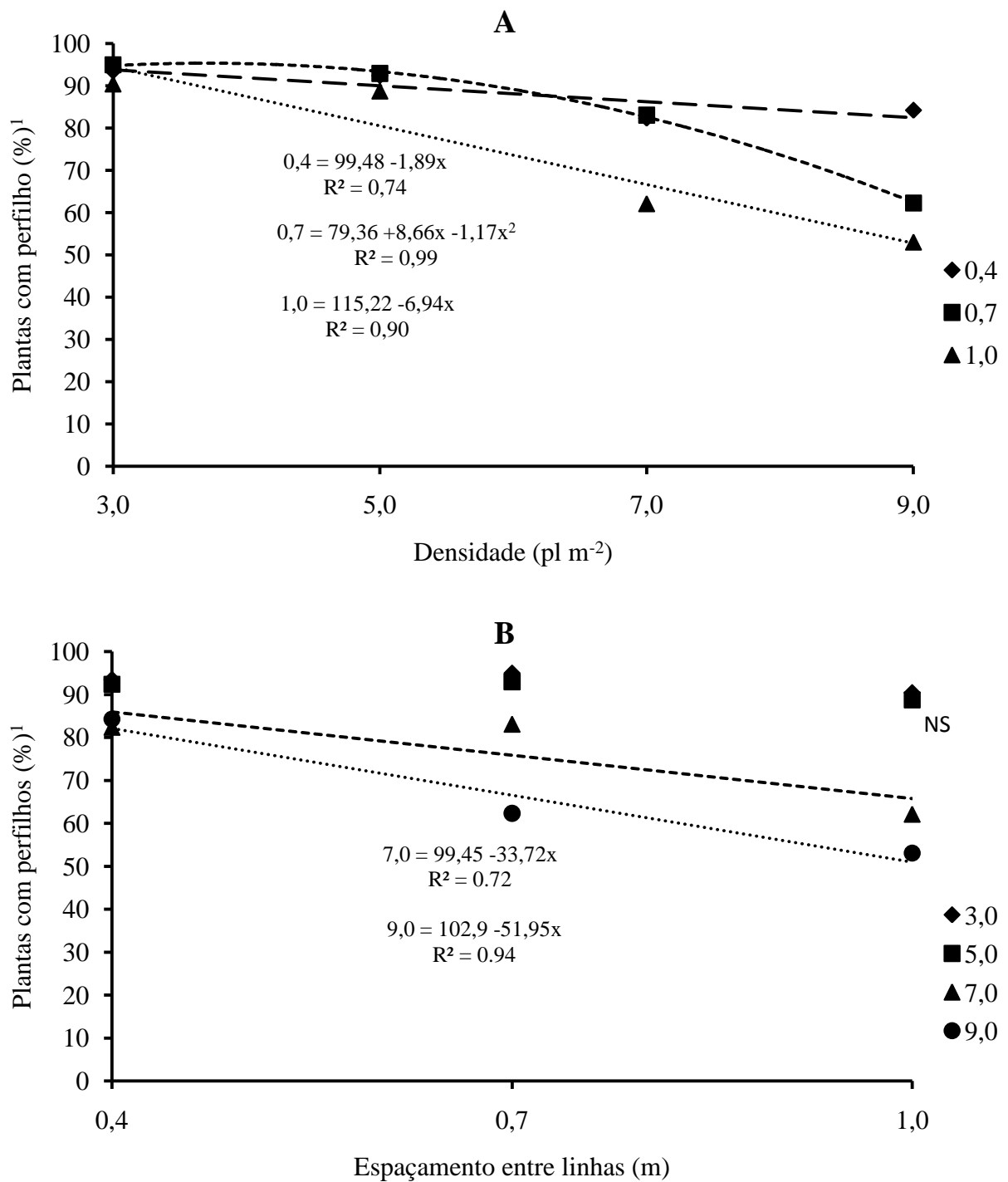
Na colheita, a percentagem de plantas com espigas nos perfilhos em 2007/08 foi influenciada somente pela densidade de plantas (Figura 5). Na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>, mais de 90% das plantas produziram espigas nos perfilhos. À medida que a densidade aumentou, houve decréscimo quadrático na percentagem de plantas com espigas, e foi inferior a 10% na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup>.



**Figura 5.** Efeito da densidade de plantas sobre a porcentagem de plantas com espigas nos perfilhos no estágio de R6, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 16,54%.

No ano de 2008/09, houve efeito significativo da interação de densidade de plantas e espaçamento entre linhas sobre a porcentagem de plantas com perfilhos em V7, diferentemente do ano anterior, onde a emissão de perfilhos foi igual para todos os tratamentos (Figura 6). Nas densidades de 3,0 e 5,0 pl m<sup>-2</sup>, a porcentagem de plantas com perfilhos foi semelhante e não foi afetada pelo espaçamento entre linhas (Figura 6A). A elevação da densidade para 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup> reduziu a emissão de perfilhos, sendo este efeito mais pronunciado no espaçamento de 1,0 m entre linhas. O aumento do espaçamento entre linhas em densidades elevadas reduziu a porcentagem de plantas perfilhadas de forma linear, sendo o coeficiente angular menor à medida que aumentou a densidade de plantas (Figura 6B).

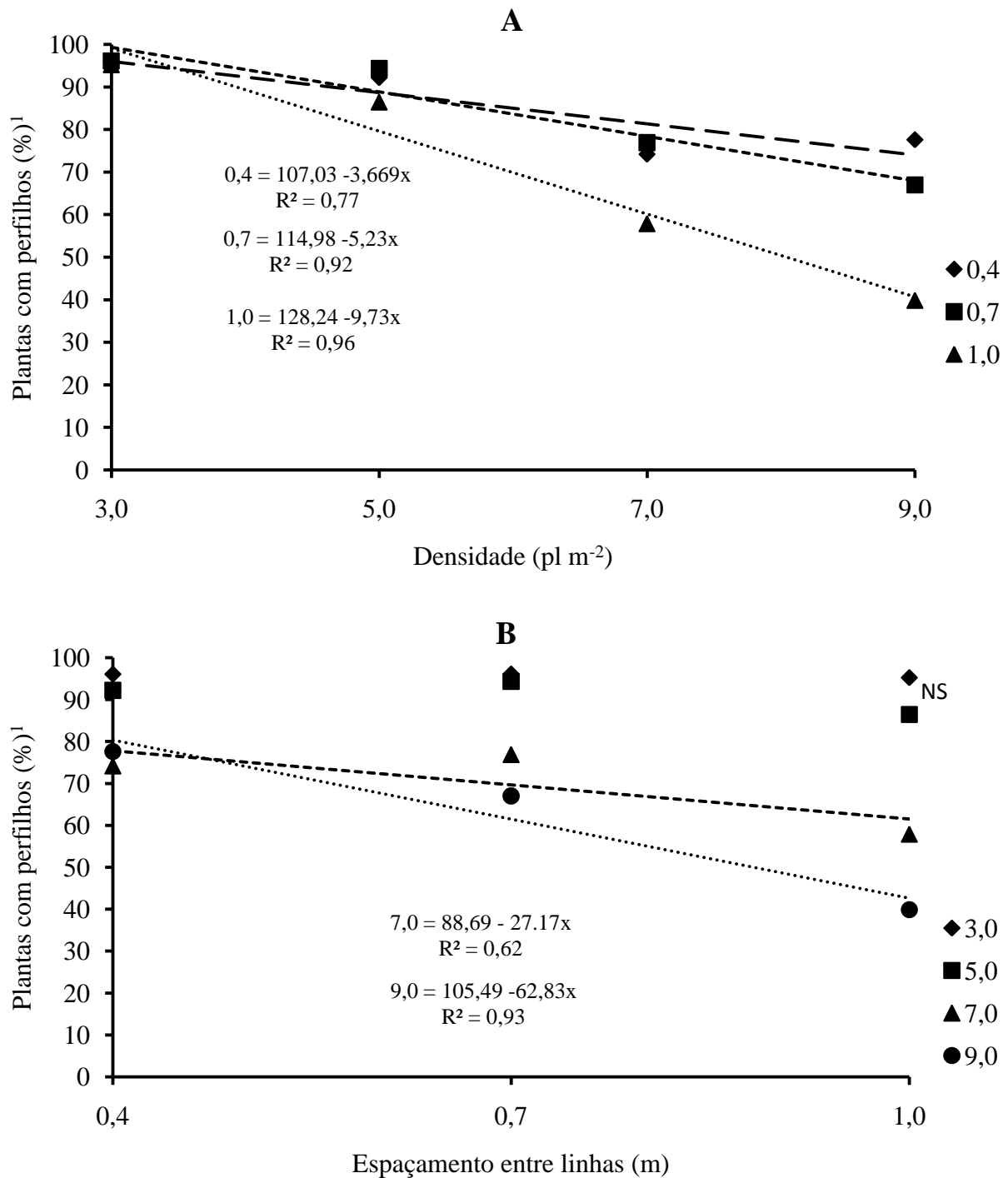


**Figura 6.** Efeito da densidade de plantas sobre a porcentagem de plantas com perfilhos no estágio de sete folhas expandidas (V7), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas sobre a porcentagem de plantas com perfilhos em quatro densidades de plantas em V7 (B). Lages, SC, 2008/09.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 10,08%. NS - Não significativo ao nível de 5%.

Em V15, a porcentagem de plantas com perfilhos também foi afetada pela interação de densidade e espaçamento entre linhas, no segundo ano agrícola. Nesta fase do ciclo da cultura, o espaçamento entre linhas não afetou a porcentagem de plantas com perfilhos até a densidade de 5,0 pl m<sup>-2</sup> (Figura 7B). Isto demonstra que em baixas populações a aproximação dos sulcos de semeadura não interferiu sobre a emissão e a sobrevivência de perfilhos até V15. O aumento da densidade para 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup>, no espaçamento reduzido de 0,4 m reduziu a mortalidade de perfilhos, em relação aos espaçamentos de 0,7 e 1,0 m. Contudo, esta característica não foi observada no florescimento e na maturação fisiológica. Nestes estádios, a sobrevivência dos perfilhos ficou condicionada apenas às variações na densidade de plantas. O aumento na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup> para 9,0 pl m<sup>-2</sup> reduziu a porcentagem de plantas com perfilhos de 91% para 14% na maturação fisiológica da cultura. Schmitt (2008), em ensaios conduzidos na mesma área, observou que a partir do final da floração as plantas de milho priorizam o armazenamento de fotoassimilados nos grãos do colmo principal. Isto contribui para aumentar a mortalidade de perfilhos. Esta afirmação é condizente com as observações ocorridas no ano 2007/08. Porém no ano de 2008/09, onde houve deficiência hídrica na floração e enchimento de grãos, a mortalidade de perfilhos começou a partir de V15, sendo maior nas densidades mais elevadas. Estes dados sugerem que a mortalidade de perfilhos está condicionada ao nível de estresse imposto a planta de milho. Os fotoassimilados dos perfilhos são transferidos ao colmo principal se sua demanda por fotoassimilados for maior que a produção em função de estresses hídricos e edáficos.



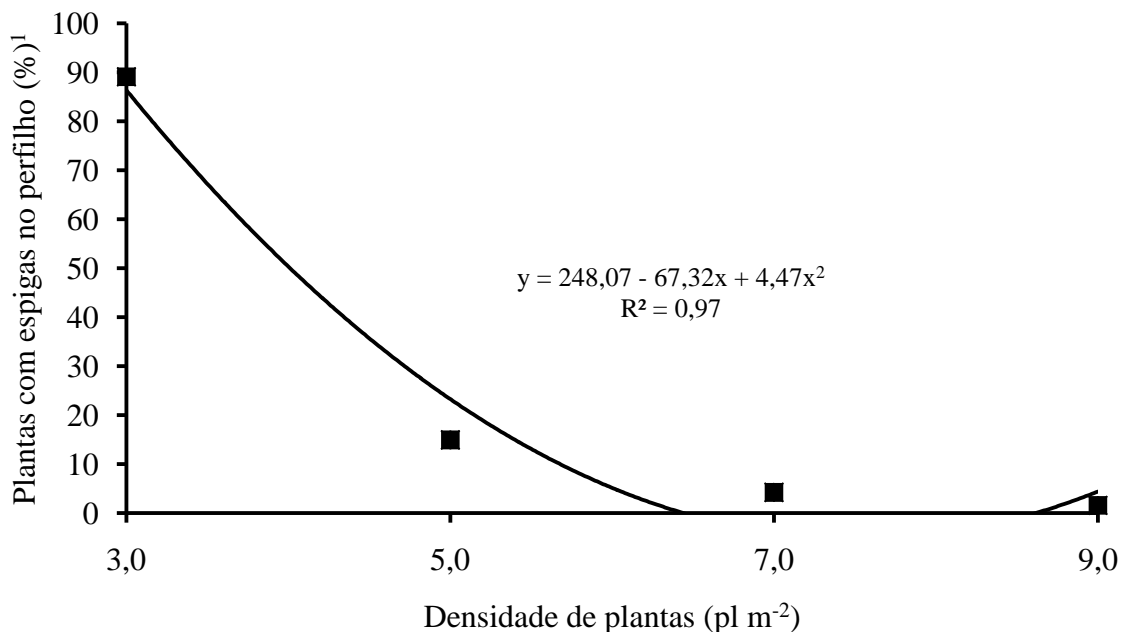


**Figura 7.** Efeito da densidade de plantas sobre a porcentagem de plantas com perfilhos no estágio de quinze folhas expandidas (V15), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas sobre a porcentagem de plantas com perfilhos, em quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2008/09.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 9,67%. NS - Não significativo ao nível de 5%.

A percentagem de plantas com espigas nos perfilhos no momento da colheita foi afetada pela densidade de plantas (Figura 8). Na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>, 89% das plantas apresentavam perfilhos férteis. A fertilidade de perfilhos foi reduzida drasticamente com a elevação da densidade, sendo de 14,9, 4,2 e 1,7 para as densidade de 5,0, 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup> respectivamente, corroborando com dados apresentados por Schmitt (2007), onde a menor percentagem de plantas com perfilhos na densidade de 7,0 pl m<sup>-2</sup> na colheita se deu no ano que ocorreu maior deficiência hídrica entre R2 e R5.

Na safra 2008/09, a deficiência hídrica ocorreu entre V15 e R1 e a partir de R3. Isto provavelmente reduziu a sobrevivência de perfilhos diminuindo sua capacidade de produzir espigas na colheita nas densidade mais altas.



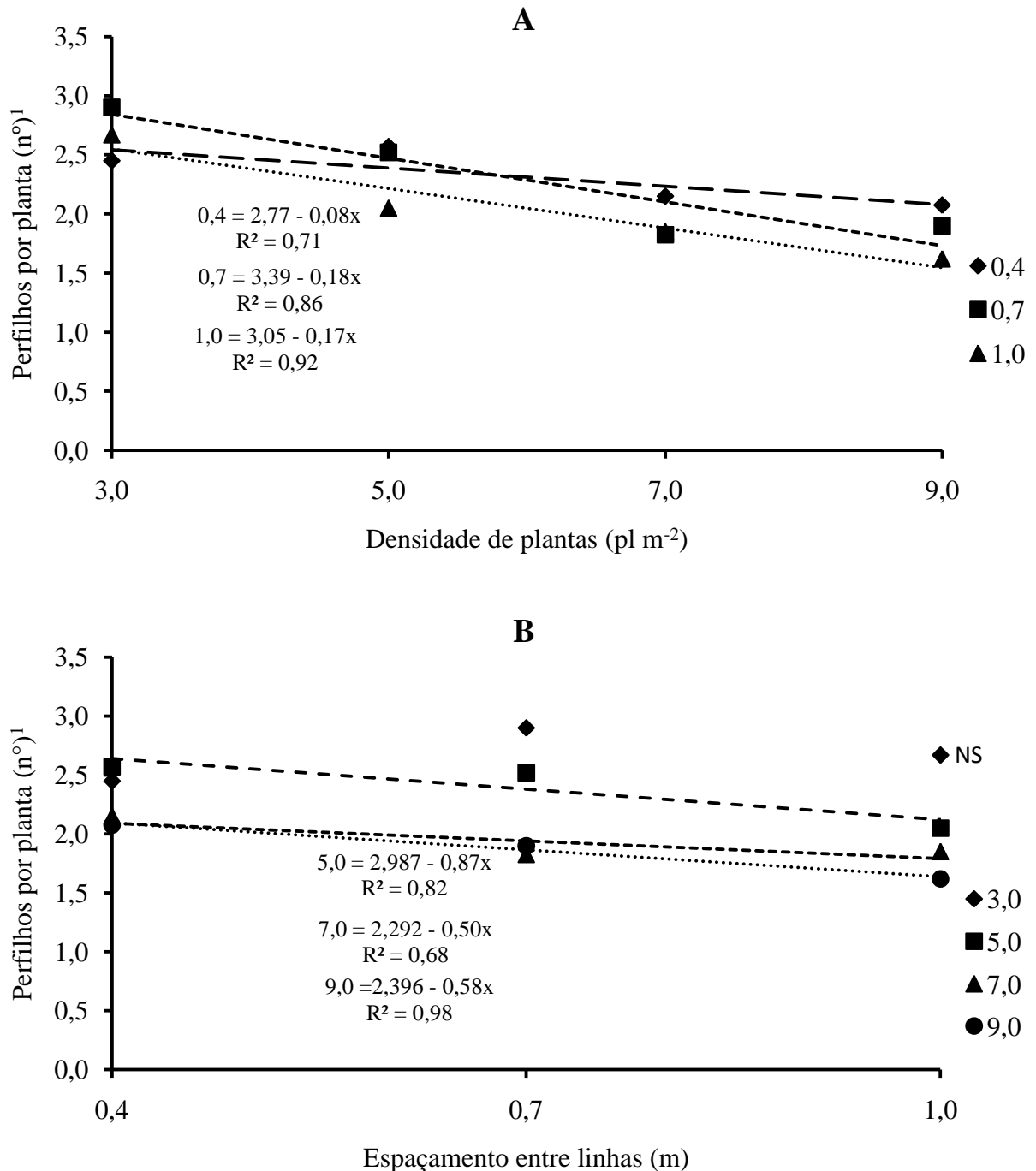
**Figura 8.** Efeito da densidade de plantas sobre a percentagem de plantas com espigas nos perfilhos, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2008/09.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 43,18%.

#### 2.4.3 Número de perfilhos por planta

O número de perfilhos por planta foi diferente nos dois anos de estudo. No primeiro ano, o número de perfilhos por planta em V7 foi de 2,2, na média dos tratamentos. Houve interação de densidade de plantas e espaçamento entre linhas. O número de perfilhos emitidos por planta reduziu à medida que aumentou a densidade de plantas (Figura 9A). Esta redução foi menos pronunciada no espaçamento de 0,4 m entre linhas. Na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>, o

espaçamento entre linhas não afetou significativamente o número de perfilhos (Figura 9B). Nas densidades de 5,0, 7,0 e 9,0 houve redução do número de perfilhos com aumento do espaçamento entre linhas.

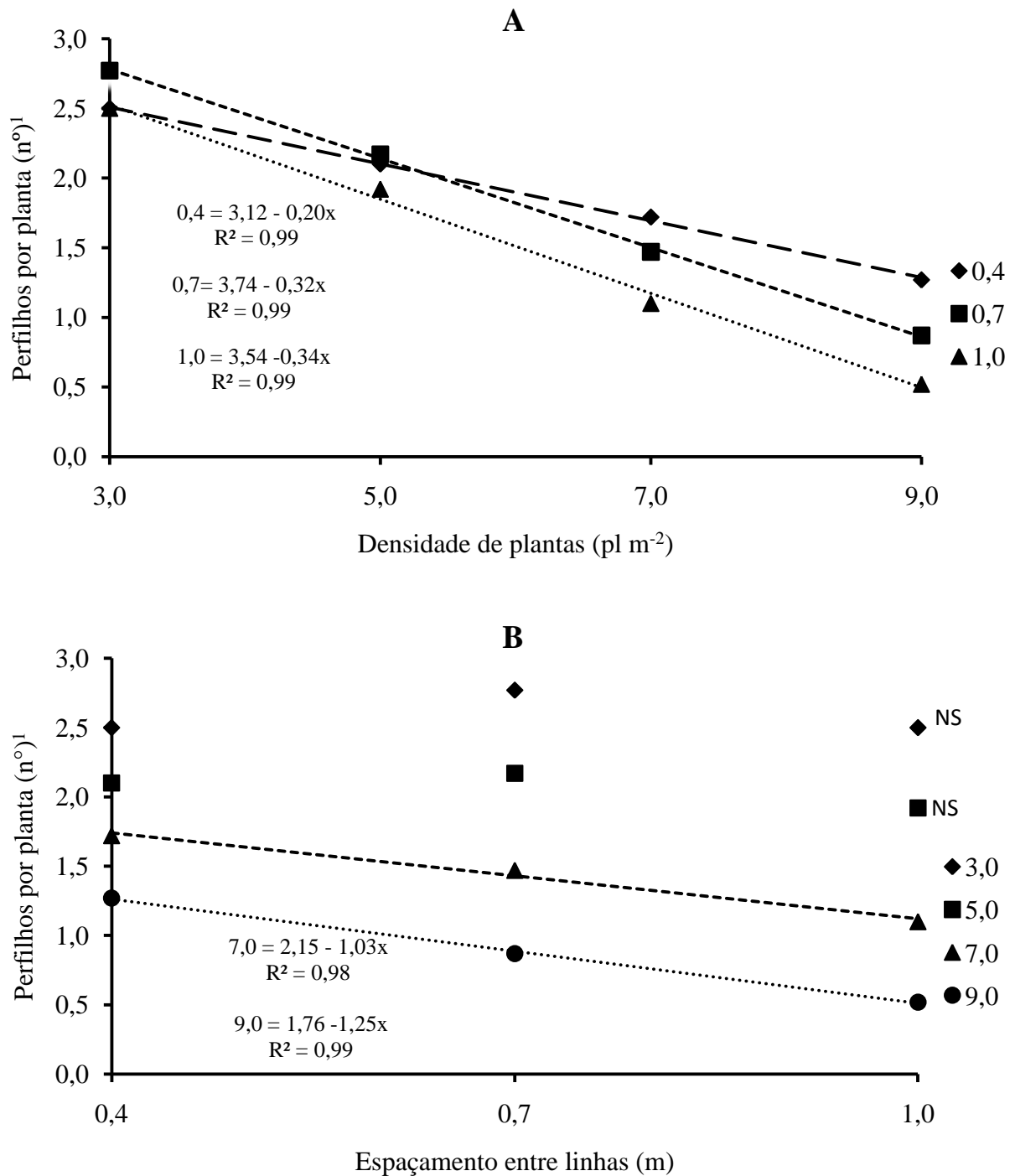


**Figura 9.** Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta no estágio de sete folhas expandidas (V7), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas sobre o número de perfilhos por planta, em quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 9,82%. NS - Não Significativo ao nível de 5%.

No pendoamento, houve redução linear do número de perfilhos por planta à medida que aumentou a densidade de plantas nos três espaçamentos entre linhas (Figura 10A). Contudo, as taxas de decréscimo foram menores para o espaçamento de 0,4 m, demonstrando que o espaçamento reduzido e a distribuição mais equidistante de plantas favoreceu a sobrevivência de perfilhos, mantendo o número de perfilhos mais constante a medida que aumentou a densidade de plantas.

Nas duas menores densidades de plantas (3,0 e 5,0 pl m<sup>-2</sup>), o número de perfilhos por planta foi maior e não foi afetado pelo espaçamento entre linhas (Figura 10B). A medida que aumentou a densidade de plantas, houve redução do número de perfilhos por planta no florescimento, que foi mais pronunciado quando se aumentou o espaçamento entre linhas.

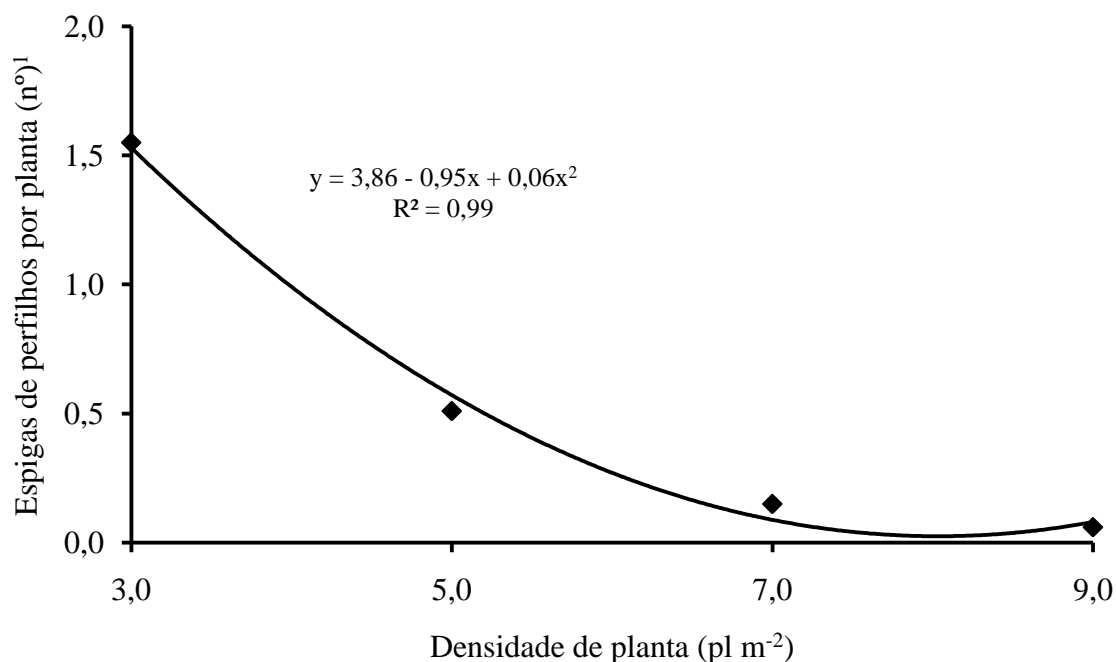


**Figura 10.** Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta no estágio de pendramento (VT), em três espaçamentos entre linhas (A) e efeito do espaçamento entre linhas em VT sobre o número de perfilhos por planta, em quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 13,17%. NS - Não significativo ao nível de 5%.

#### 2.4.4 Número de espigas de perfilhos por planta

Na colheita das espigas do primeiro ano agrícola, o número de espigas de perfilhos por planta foi afetado pelo efeito simples de densidade de plantas. Essa variável apresentou resposta quadrática à elevação da densidade. Foram produzidas 1,6, 0,6, 0,2 e 0,1 espigas de perfilhos por planta nas densidades de 3,0, 5,0, 7,0, e 9,0 pl m<sup>-2</sup>, respectivamente (Figura 11).



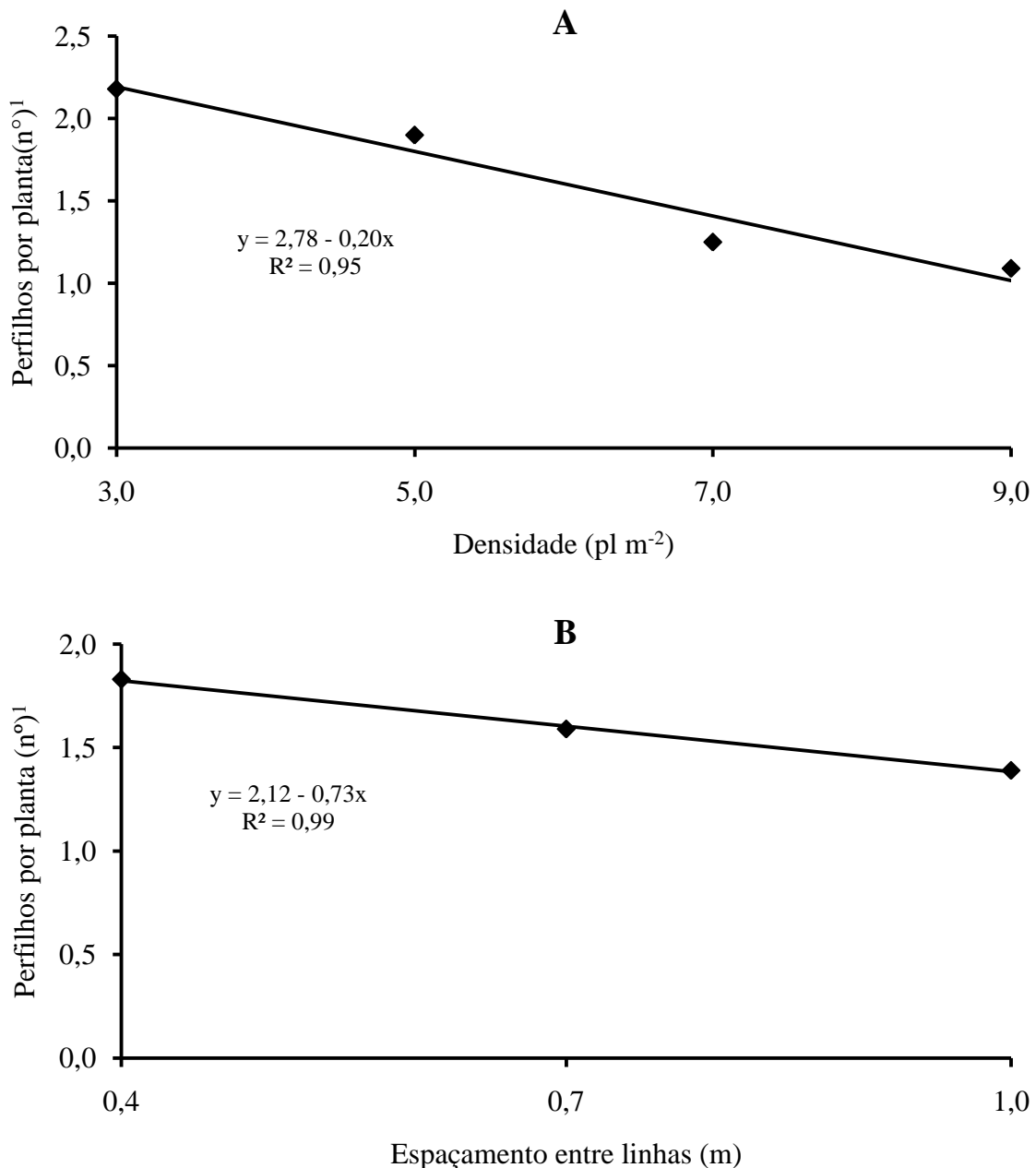
**Figura 11.** Efeito da densidade de plantas sobre o número de espigas de perfilhos por planta, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 22,85%.

O número de perfilhos produzidos por planta foi menor em 2008/09 do que em 2007/08 desde sua emissão. Em V7, estágio em que a emissão dos perfilhos está praticamente definida, o número de perfilhos por planta na média dos tratamentos foi de 1,6 em 2008/09, enquanto que em 2007/08 este valor foi de 2,2. Dois fatores podem ter contribuído para a menor emissão de perfilhos em 2008/09: época de semeadura e altura da palhada de aveia preta. A semeadura em novembro, época em que as temperaturas são mais elevadas, aumenta a dominância apical e reduz a emissão de perfilhos. A semeadura realizada sobre palhada de aveia, sem rolagem prévia para a semeadura, manteve as plântulas de milho sombreadas por mais tempo, estiolando a plântula e favorecendo a dominância apical.

O número de perfilhos por planta foi afetado pelo efeito simples dos fatores de densidade de plantas e espaçamento entre linhas em V7. Houve redução linear no número de

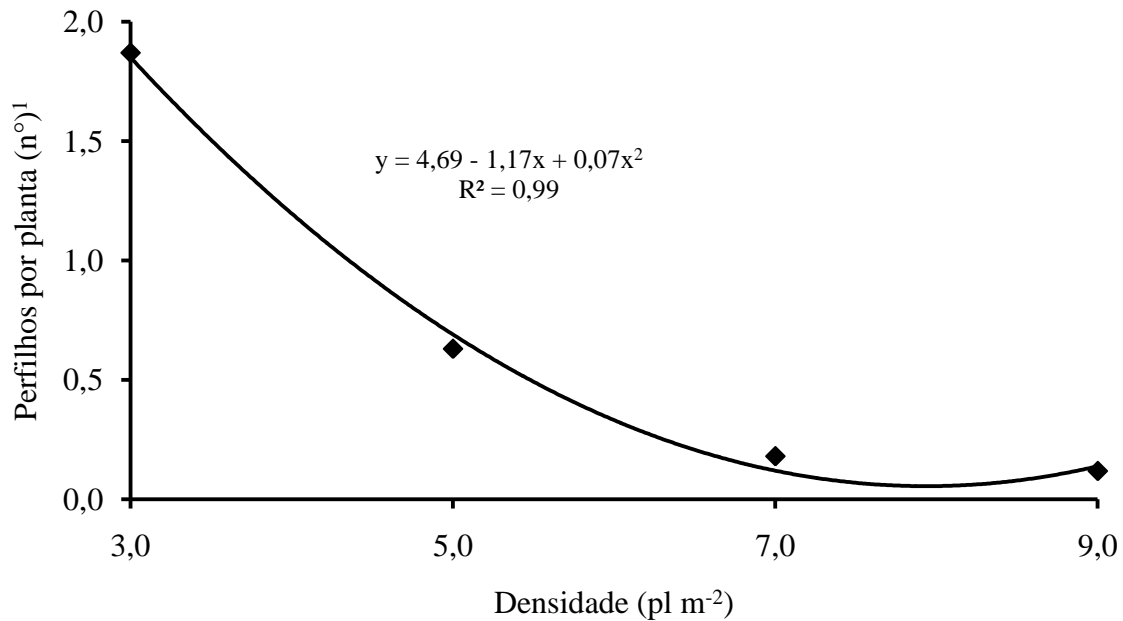
perfilhos por planta com a elevação da densidade, variando de 2,2 perfilhos por planta na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup> para 1,1 na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup> (Figura 12A). Também houve redução linear do número de perfilhos por planta com o aumento do espaçamento entre linhas, variando de 1,8 perfilhos por planta no espaçamento de 0,4 m para 1,4 perfilhos por planta no espaçamento de 1,0 m (Figura 12B).



**Figura 12.** Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta, no estádio de sete folhas expandidas (V7), na média de três espaçamentos entre linhas (A) e do espaçamento entre linhas sobre o número de perfilhos por planta em V7, na média de quatro densidades de plantas (B). Lages, SC, 2008/09.

<sup>1</sup>Coefficiente de variação 16,63%.

Na avaliação realizada no pendoamento, o número de perfilhos por planta reduziu com a elevação da densidade de maneira quadrática no ano de 2008/09. Ele decresceu de 1,9 perfilhos por planta na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>, para 0,6 perfilhos por planta na densidade de 5,0 pl m<sup>-2</sup>, e foi quase inexpressivo nas duas densidades maiores (7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup>), na média de três espaçamentos entre linhas.



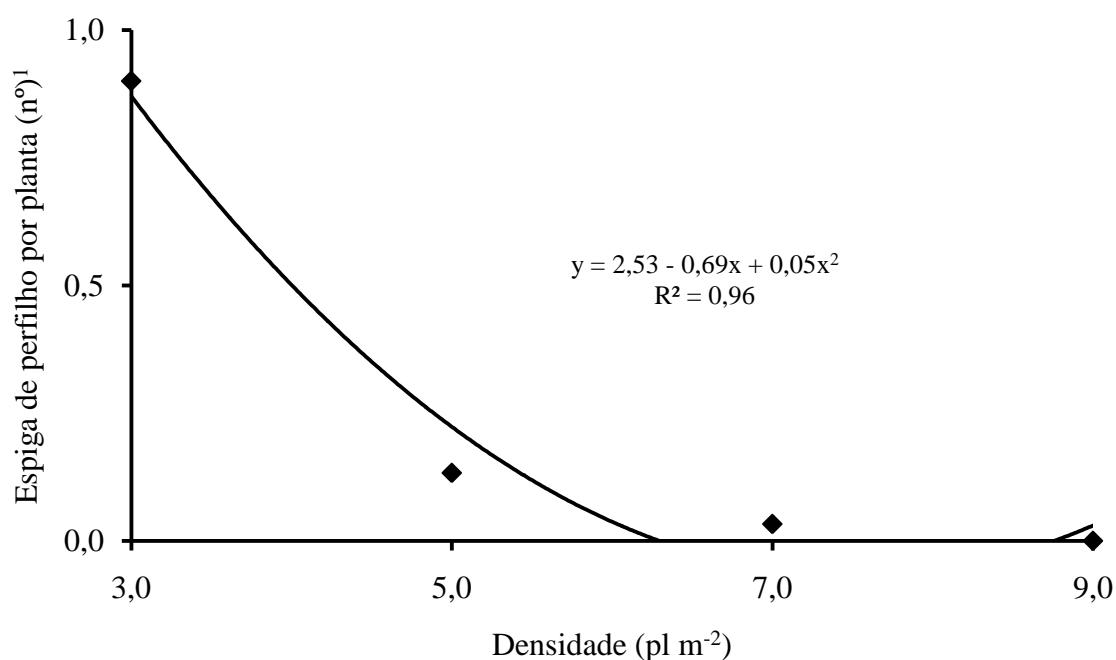
**Figura 13.** Efeito da densidade de plantas sobre o número de perfilhos por planta no estágio de pendoamento (VT), na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC 2008/09.

\*Coeficiente de variação 21,14%.

#### 2.4.5 Número de espigas de perfilhos

O número de espigas de perfilhos apresentou resposta quadrática ao aumento da densidade de plantas na colheita do ano 2008/09 (Figura 14). Foram produzidas 0,9 espiga de perfilhos na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>. Por outro lado, nas duas densidades mais altas não foram produzidas espigas nos perfilhos. No segundo ano, a produção de espigas nos perfilhos foi numericamente menor do que no primeiro dentro de cada densidade de semeadura (Figuras 11 e 14).





**Figura 14.** Efeito da densidade de plantas sobre número de espigas de perfilhos por planta na maturação fisiológica (R6), na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC 2008/09.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 49,01%.

#### 2.4.6 Fenologia da cultura

As durações dos subperíodos emergência-pendoamento, emergência-espigamento e pendoamento-espigamento não foram afetados pela variação na densidade de plantas e do espaçamento entre linhas no primeiro ano de estudo. A duração média destes subperíodos foi de 71,8, 73,6 e 1,85 dias, respectivamente. Em 2007/08 houve adequada sincronia entre o florescimento masculino e o feminino, pois o intervalo médio entre pendoamento e o espigamento foi inferior a 2 dias, mesmo na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup>.

O intervalo entre o espigamento e a maturação fisiológica dos grãos foi afetado pelo efeito simples de densidade de plantas em 2007/08. Ele decresceu linearmente com o aumento da densidade de plantas, sendo de 77,2 dias na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup> e de 72,8 dias na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup>. Isto corroborou com as observações feitas por Zanin (2007), de que a maior competição entre plantas devido ao adensamento acelera o ciclo da cultura após o florescimento, reduzindo o período de enchimento de grãos.

No segundo ano agrícola, a duração do subperíodo da emergência-pendoamento foi de 71,7 dias na média dos tratamentos. Já a duração do subperíodo emergência-espigamento foi

influenciada pela densidade de plantas. Nas densidades de 3,0 a 7,0 pl m<sup>-2</sup> o intervalo médio foi de 74,9 dias, enquanto que na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup> o intervalo foi de 76,7 dias, demorando dois dias a mais para exteriorizar os estigmas do que as demais densidades. Assim, enquanto que a duração do sub-período pendramento-espigamento foi de 3,3 dias para as densidades de 3,0 a 7,0 pl m<sup>-2</sup>, o intervalo foi de 5 dias para a densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup>.

Comparando-se numericamente os valores do subperíodo pendramento-espigamento nos dois anos agrícolas, percebe-se que eles foram maiores em 2008/09, principalmente na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup>. Isto provavelmente ocorreu em função da menor disponibilidade hídrica ocorrida durante o florescimento da cultura em 2008/09 (Figura 2). A restrição hídrica acentua o caráter protândrico da planta de milho, aumentando a defasagem entre antese e espigamento (SANGOI, 2002). Este efeito é mais pronunciado quando se eleva a densidade de plantas, em função do maior índice de área foliar da cultura (EDMEADES et al., 2000; VEGA et al., 2001).

Altas densidades de plantas aumentam a competição intra-específica por assimilados, principalmente durante o período pendramento-espigamento, favorecendo a dominância apical e reduzindo a relação de crescimento espiga para pendão (SANGOI et al., 2002). Quando associada à restrição hídrica, densidades elevadas restringem o crescimento dos estigmas, pois estes dependem de pressão de turgor (SANGOI et al., 2007). Isto aumenta a defasagem entre a antese e o espigamento.

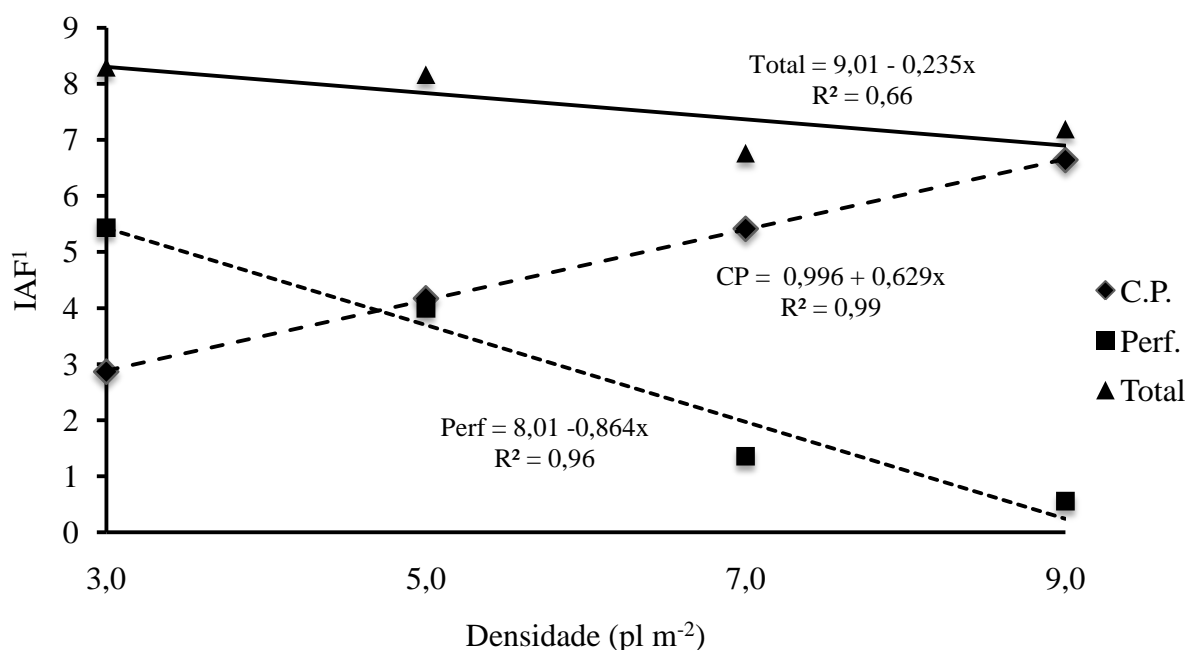
A duração do subperíodo espigamento-maturação fisiológica foi influenciada pela densidade de plantas em 2008/09. Na maior densidade, os grãos alcançaram a maturação fisiológica com 72,9 dias enquanto que nas demais densidades com 74,6 dias. A menor diferença encontrada entre densidades quanto à duração do subperíodo espigamento-maturação fisiológica no segundo ano se deve ao déficit hídrico observado a partir de R3 que acelerou a senescência foliar em todas as densidades, fazendo com que o cultura encurtasse o período de enchimento de grãos.

### 2.4.7 Índice de área foliar

O índice de área foliar do colmo principal apresentou efeito simples para densidade de plantas. No florescimento o índice de área foliar aumentou linearmente com o aumento da densidade de plantas em 2007/08, elevando de 2,86 na densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup> para 6,64 na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup> (Figura 15).

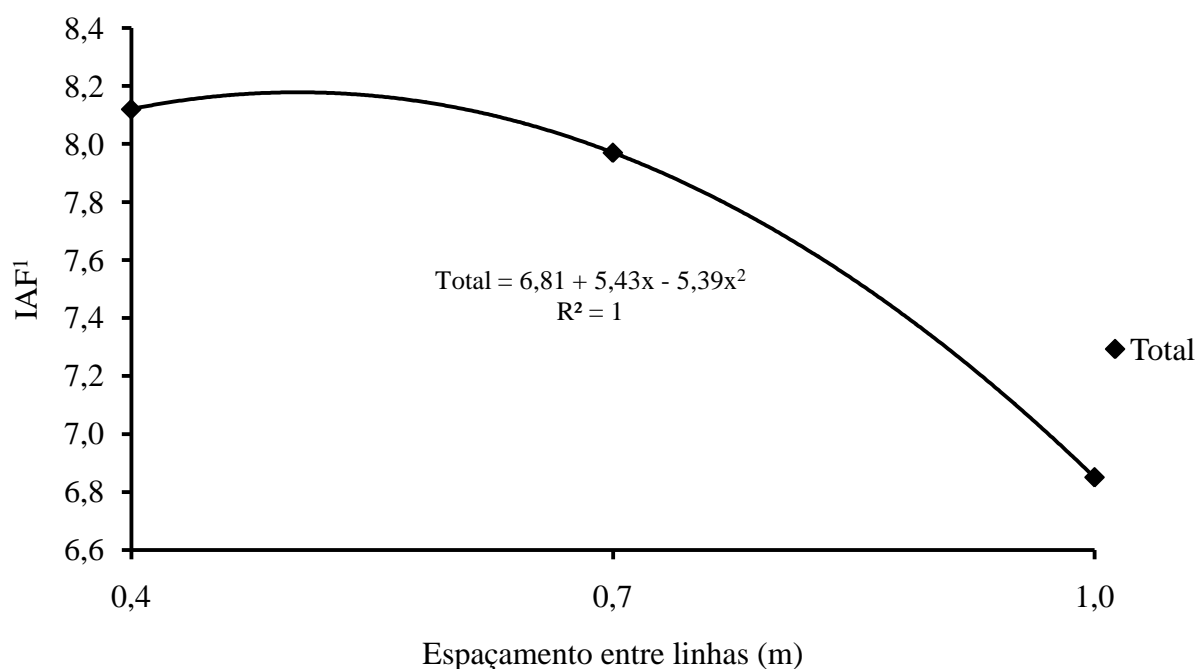
Já o índice de área foliar do colmo principal mais perfilhos medido no espigamento foi afetado pelos efeitos simples de densidade de plantas e espaçamento entre linhas. Os valores de IAF total registrados nas densidades mais baixas (3,0 e 5,0 pl m<sup>-2</sup>) foram de 8,29 e 8,16, superando os valores registrados nas densidades de 7,0 e 9,0 pl m<sup>-2</sup>, que foram de 6,76 e 7,19, respectivamente, na média dos três espaçamentos entre linhas. Isto demonstra que o perfilhamento em baixas densidades aumentou o IAF total a valores maiores do que os registrados em altas densidades.

Em 2007/08 houve uma redução quadrática do IAF total a medida que aumentou o espaçamento entre linhas de 0,4 para 1,0 m (Figura 16).



**Figura 15.** Efeito da densidade de plantas sobre o índice de área foliar no espigamento do colmo principal (CP), dos perfilhos (Perf) e total, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação C.P. = 22,85%, Perf = 25,55%, Total = 12,83%.

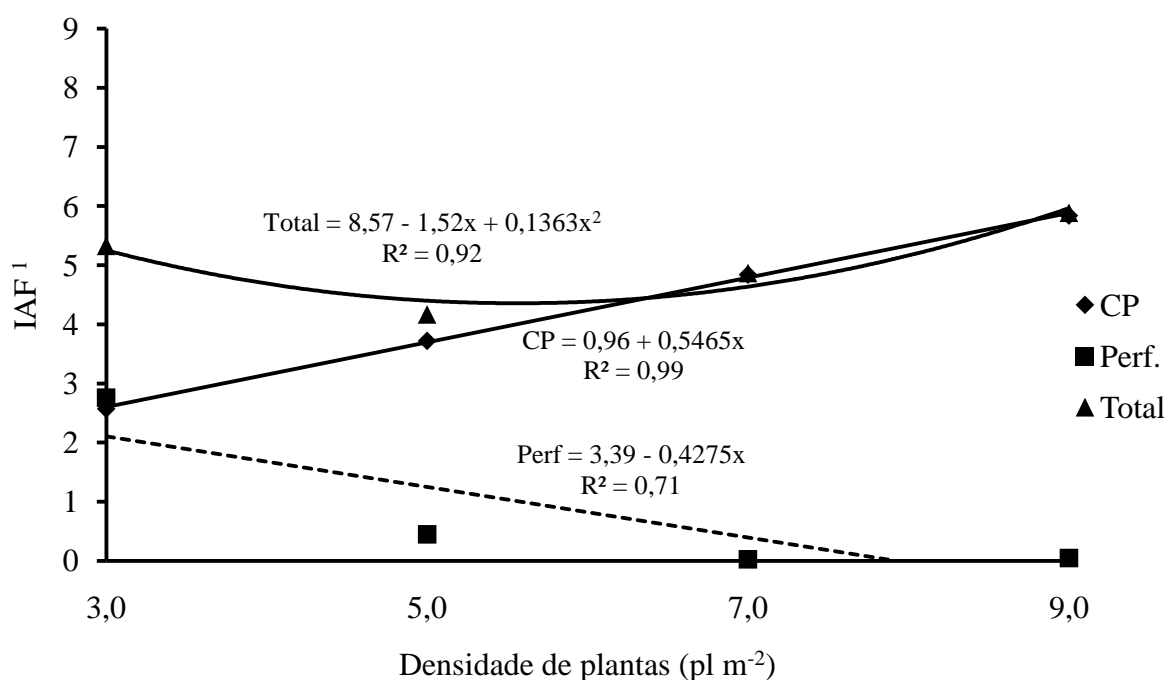


**Figura 16.** Efeito do espaçamento entre linhas sobre índice de área foliar total, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 12,83%.

No segundo ano, o índice de área foliar no espigamento do colmo principal aumentou linearmente com a elevação da densidade de plantas. Ele foi de 2,57 na menor densidade e de 5,84 na densidade de 9,0 pl m<sup>-2</sup>. Os menores valores de IAF em 2008/09 se devem a deficiência hídrica ocorrida entre V15 e R1 (Figura 2). Restrição hídrica na fase de pré-florescimento limita a expansão das folhas mais jovens da planta e acelera a senescência das folhas mais velhas (SANGOI et. al., 2007). Para as condições do sudeste bonaerense, Argentina, os materiais habitualmente cultivados na região têm IAF crítico entre 4 e 5 (Andrade et al., 1996).

Em 2008/09, o IAF total somente foi afetado significativamente pelo efeito simples de densidade de plantas. Os valores de IAF total foram menores do que os registrados no primeiro ano (Figura 17). Isto ocorreu em função da menor contribuição dos perfilhos na definição do IAF total, pois estes somente contribuiram com o aumento da área foliar até a densidade de 5,0 pl m<sup>-2</sup>.



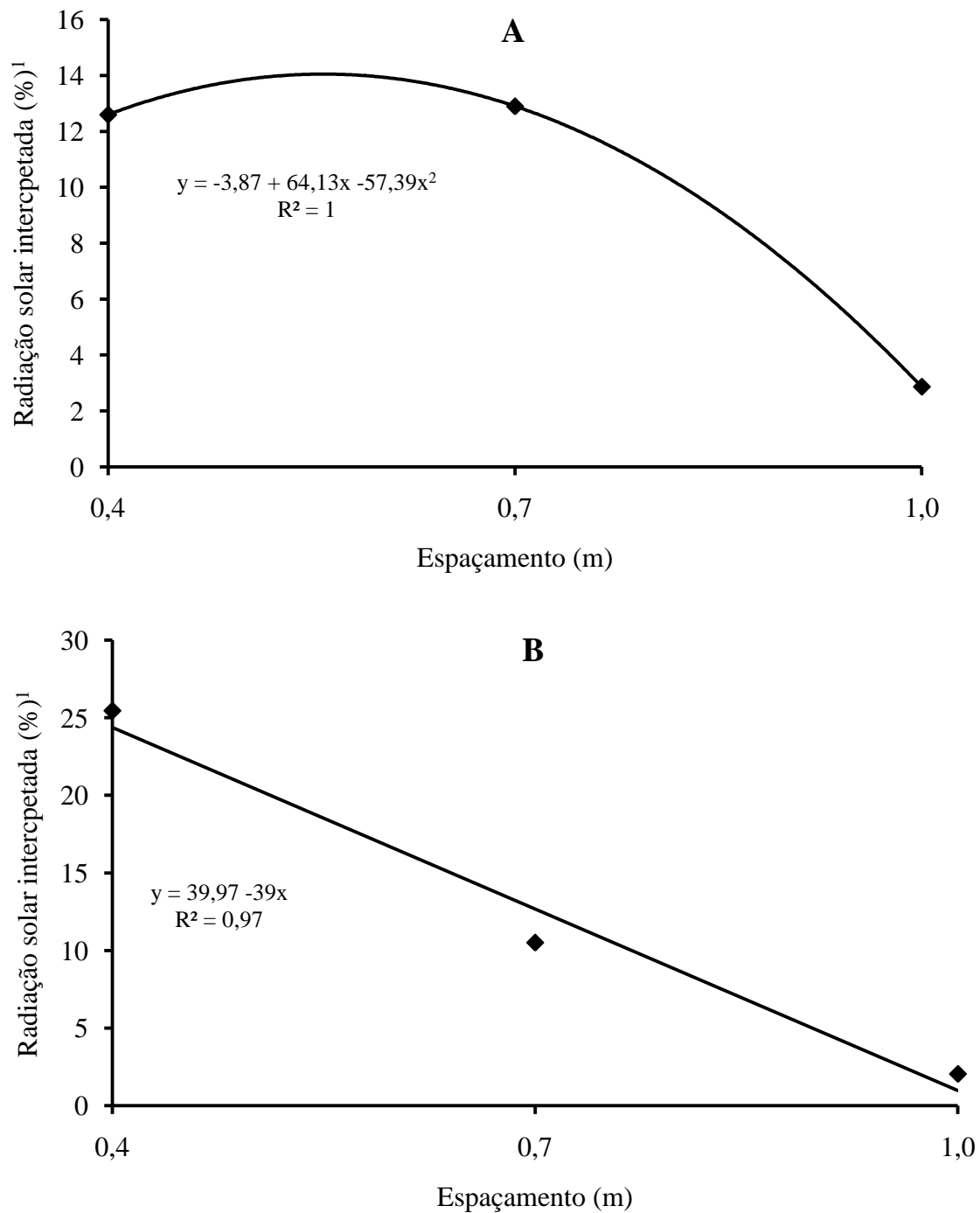
**Figura 17.** Efeito da densidade de plantas sobre o índice de área foliar no espigamento do colmo principal, perfílhos e total, na média de três espaçamentos entre linhas . Lages, SC, 2008/09.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação C.P. = 10,22%, Perf = 47,73%, Total = 12,39%.

#### 2.4.8 Radiação solar interceptada

A radiação solar interceptada pelo dossel do milho apresentou comportamento distinto nos dois anos agrícolas. No primeiro ano, foram observadas diferenças significativas somente no estágio de seis folhas expandidas (V6) para o efeito simples de espaçamento entre linhas. Nesta fase inicial do ciclo da cultura, a radiação interceptada foi de 12,6% e 12,9%, para os espaçamentos de 0,4 e 0,7 m respectivamente. Já no espaçamento de 1,0 m, a interceptação caiu para 2,9% (Figura 18A). Por ser aferida no meio da entre linha, a densidade de planta não alterou a interceptação da radiação solar. As leituras efetuadas em V12 e R3 não apresentaram diferenças significativas, sendo que a radiação interceptada média foi de 88,1% no estágio de 12 folhas expandidas e de 96,6% no estágio de grão leitoso (R3), na média de todas densidades e espaçamentos.

No segundo ano, a radiação interceptada também foi afetada pelo espaçamento entre linhas em V6. Houve redução linear com aumento do espaçamento (Figura 18B). A radiação interceptada foi de 25,4% no espaçamento de 0,4 m, de 10,5% no espaçamento de 0,7 m e de 2,1% no espaçamento de 1,0 m, na média das quatro densidades de plantas.

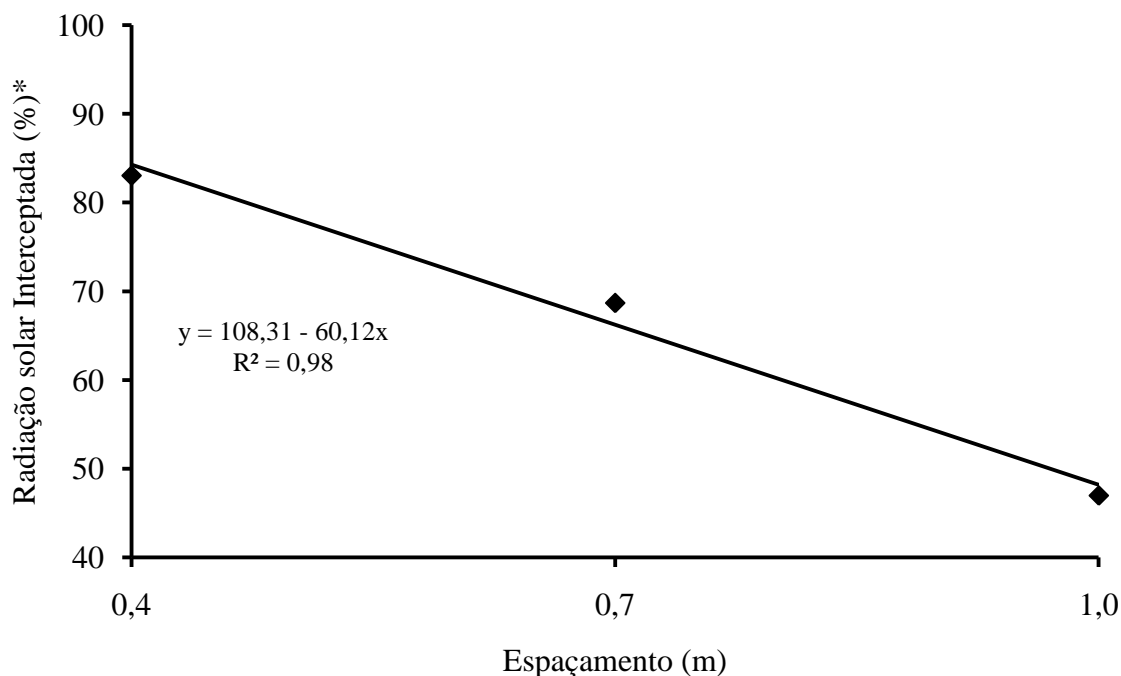


**Figura 18.** Efeito do espaçamento entre linhas sobre a radiação solar interceptada (%) pela cultura do milho, com seis folhas expandidas (V6), na média de quatro densidades de plantas, no ano agrícola 2007/08 (A) e 2008/09 (B). Lages, SC.

<sup>1</sup>Coefficiente de variação A = 64,3% e B = 84,5%.

No estágio de onze folhas expandidas (V11), a radiação interceptada também apresentou redução linear ao aumento do espaçamento entre linhas, sendo de 83,1% no

espaçamento de 0,4m, de 68,7% no espaçamento de 0,7m e de 47,0% no espaçamento de 1,0m entre linhas (Figura 19).



**Figura 19.** Efeito do espaçamento entre linhas sobre a radiação solar interceptada (%) pela cultura do milho com onze folhas expandidas (V11), na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2008/09.

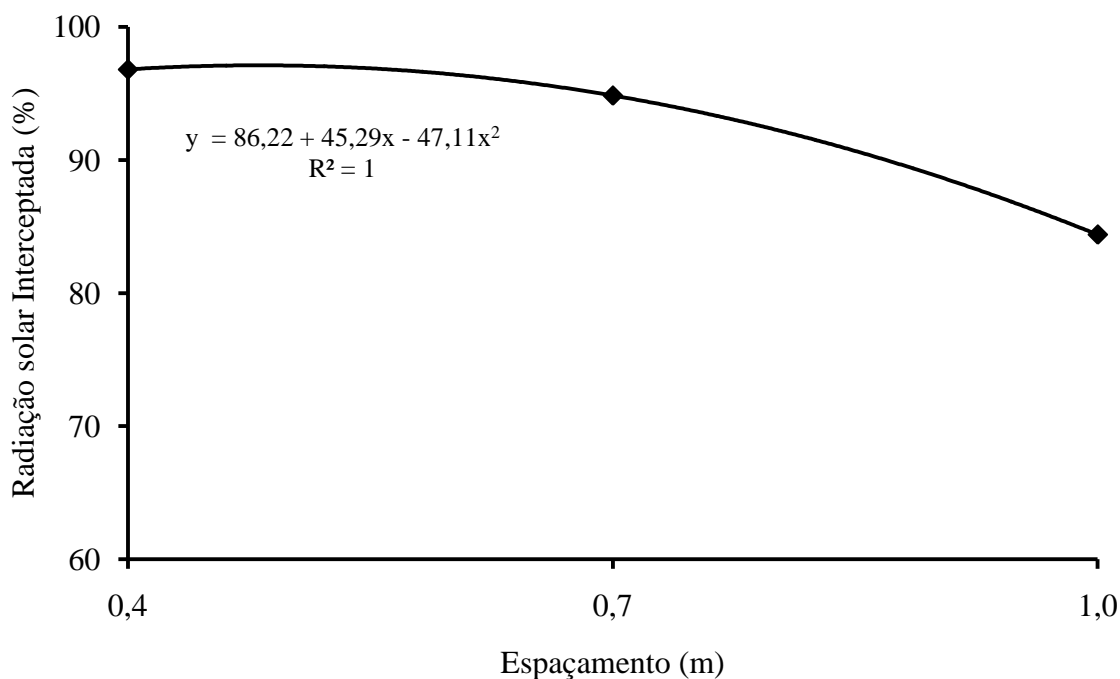
\*Coeficiente de variação 22,33%.

No estágio de dezessete folhas expandidas (V17), a redução da interceptação solar com o aumento do espaçamento foi menor e apresentou comportamento quadrático (Figura 20). A interceptação da radiação solar foi de 96,8% para o espaçamento de 0,4 m, de 94,8% no espaçamento de 0,7 m e de 84,4% no espaçamento de 1,0 m entre linhas. Na última avaliação, realizada no estágio de grão leitoso (R3), a interceptação da radiação solar não foi afetada pelos tratamentos, sendo de 94,8% na média dos tratamentos.

O efeito da densidade de plantas sobre a radiação solar interceptada após o florescimento não foi significativo em nenhum dos anos agrícolas, corroborando com os dados de Marchão et al., (2006), que não encontrou efeito significativo com o aumento da densidade de planta quando se mediu a radiação absorvida pela parte inferior do dossel, possivelmente pelo fato das leituras serem efetuadas ao nível do solo, no meio das entre linhas de semeadura. Marchão et. al., (2006) somente observou incremento da interceptação da

radiação solar com o aumento da densidade de plantas efetuando as avaliações na altura da espiga.

De maneira geral, verificou-se maior efeito da redução do espaçamento no aumento da radiação interceptada antes do florescimento da cultura no segundo ano agrícola. Possivelmente isto se deveu a menor percentagem de plantas perfilhadas e ao menor número de perfilhos externados por planta em 2008/09.



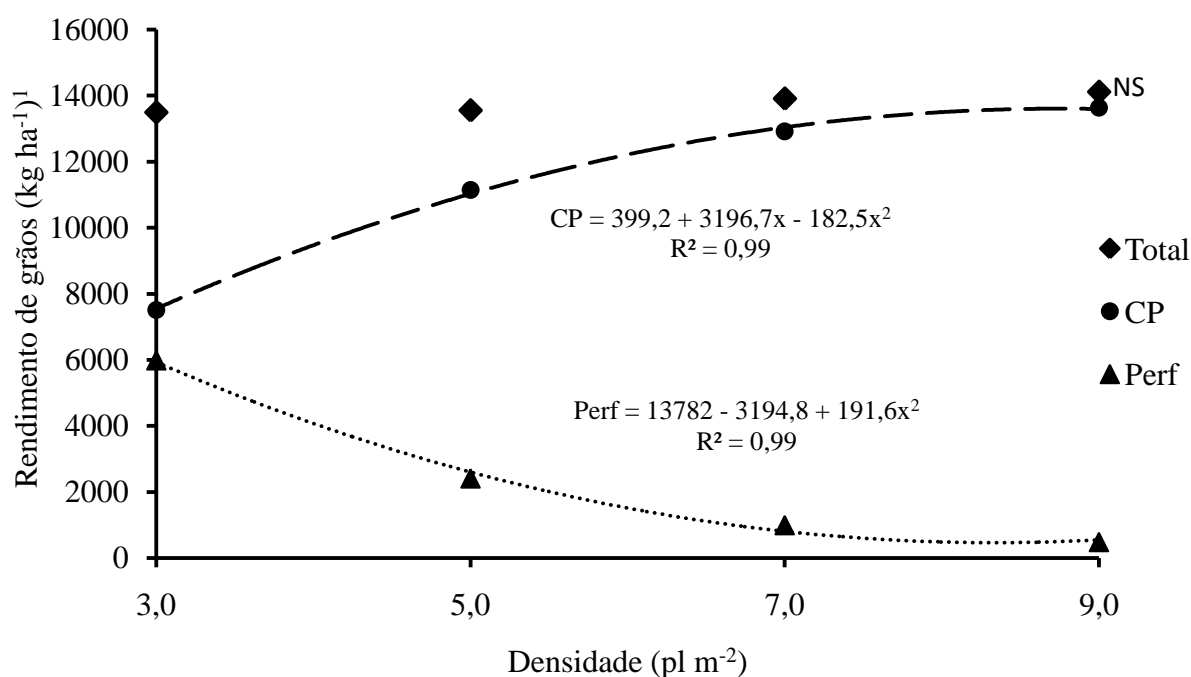
**Figura 20.** Efeito do espaçamento entre linhas sobre a radiação solar interceptada (%) pela cultura do milho com dezessete folhas expandidas (V17), na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2008/09.

\*Coeficiente de variação 11,90%.

#### 2.4.9 Rendimento de grãos

Na safra 2007/08, o rendimento total de grãos do milho foi de  $13,77 \text{ t ha}^{-1}$ , na média dos tratamentos, e não foi afetado pela densidade de plantas e pelo espaçamento entre linhas, apresentando um coeficiente de variação de 5,62% (Figura 21). O rendimento de grãos do colmo principal aumentou com o acréscimo da densidade de plantas, produzindo  $7,51 \text{ t ha}^{-1}$  na menor densidade e chegando a produtividade máxima de  $13,62 \text{ t ha}^{-1}$  na densidade de  $8,9 \text{ pl m}^{-2}$ . Já o rendimento de grãos dos perfilhos reduziu com o acréscimo da densidade de plantas na proporção inversa do colmo principal, iniciando com  $5,98 \text{ t ha}^{-1}$  com  $3,0 \text{ pl m}^{-2}$  e chegando ao ponto de mínimo de  $0,46 \text{ t ha}^{-1}$  na densidade de  $8,3 \text{ pl m}^{-2}$ .





**Figura 21.** Efeito da densidade de plantas no rendimento de grãos do colmo principal (CP), dos perfilhos (Perf) e total do híbrido P30F53, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação Total = 5,61%, CP = 4,90% e Perf = 17,80%. NS - Não Significativo ao nível de 5%.

As populações de plantas recomendadas para a maioria dos híbridos de milho cultivados no Brasil oscilam entre 5,5 e 7,0 pl m<sup>-2</sup>, sob condições favoráveis de clima e solo (SILVA et al., 2006). O uso de populações de planta abaixo da faixa recomendada reduz a interceptação da radiação incidente, devido à limitada capacidade de expansão foliar da cultura (SANGOI et al., 2002; ANDRADE et al., 1996; MADDONI et al., 2001). No presente trabalho, mesmo utilizando-se uma densidade de 3,0 pl m<sup>-2</sup>, equivalente a 50% do valor recomendado para o híbrido P30F53, não houve decréscimos significativos no rendimento de grãos em 2007/08. O rendimento de grãos obtido na menor densidade equivaleu a 97% da produtividade total registrada na densidade de 7,0 pl m<sup>-2</sup>.

Esperava-se que a redução do espaçamento entre linhas e a distribuição mais equidistante das plantas por ela promovida, dentro de cada densidade, estimulasse o perfilhamento e aumentasse a contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos. Esta hipótese não foi confirmada. Por outro lado, os dados obtidos no primeiro ano demonstraram que o perfilhamento foi uma característica desejável para a estabilidade produtiva do híbrido P30F53, tornando-o menos sensível às variações no arranjo de plantas. Um dos principais

problemas da maior parte das cultivares de milhos disponíveis no mercado, quando cultivadas em baixas densidades, é a limitada capacidade de expansão foliar. Ela faz com que a planta aumente pouco sua área foliar em estandes sub-ótimos, o que leva a obtenção de baixos valores de IAF, reduzindo a interceptação da radiação solar. Isto não ocorreu no primeiro ano do presente estudo, pois a característica de perfilhamento propiciou a obtenção de valores de IAF superiores ao das maiores densidades (Figura 16). Segundo Fancelli e Dourado Netto, (2000), o rendimento de grãos e o número de grãos aumentam com os incrementos no IAF até valores variando entre 3 e 5. O IAF depende da fertilidade do solo, das condições climáticas, do espaçamento e do genótipo utilizado (FANCELLI e DOURADO NETTO, 2000). Assim, em 2007/08, mesmo com estande abaixo do recomendado para o híbrido P30F53, os valores de IAF foram superiores ao IAF crítico da cultura. Além disso, a produção de grãos nas espigas dos perfilhos foi expressiva nas menores densidades, o que fez com que o número total de grãos produzidos por metro quadrado não diferisse muito entre as densidades (Tabela 1).

Assim, pode-se dizer que nas menores densidades, a planta perfilhou mais, o que aumentou sua área foliar, incrementando a interceptação da radiação solar e impedindo reduções significativas na produtividade.

**Tabela 1.** Efeito da densidade de plantas sobre os componentes do rendimento do colmo principal, perfilhos e total, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages – SC, 2007/08.

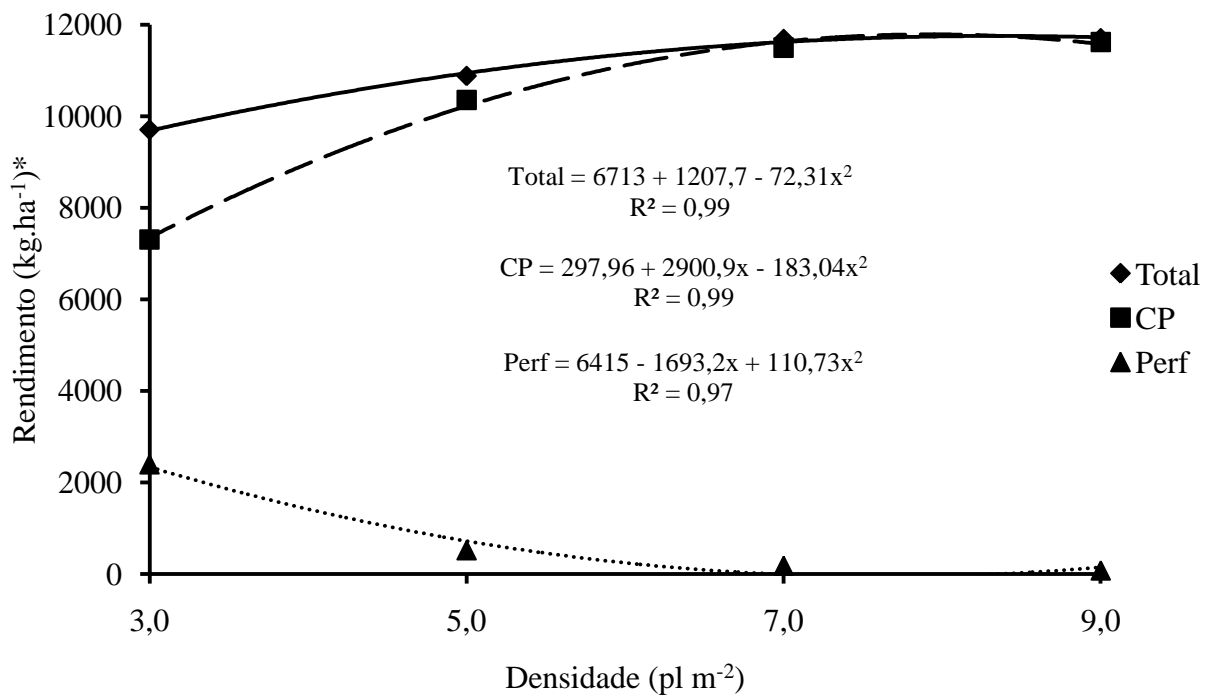
	Colmo principal				
	3,0	5,0	7,0	9,0	Média ± Desvio padrão
Grãos espiga	629	620	563	506	580 ± 26
Massa 1000 grãos (g)	362	344	323	299	332 ± 12
Grãos m <sup>-2</sup>	2.363	3.690	4.142	4.393	3.647 ± 279
	Perfilhos				
Grãos espiga	381	285	289	284	309 ± 60
Massa 1000 grãos (g)	313	302	310	312	309 ± 21
Grãos m <sup>-2</sup>	1904	792	320	152	776 ± 732
	Total				
Grãos m <sup>-2</sup>	4.267	4.482	4.462	4.545	4.437

No segundo ano, o rendimento de grãos foi menor. A média dos tratamentos foi de  $10,99 \text{ t ha}^{-1}$ , com coeficiente de variação de 6,9%. O híbrido P30F53 respondeu de forma quadrática ao efeito simples da densidade de plantas (Figura 22). Os rendimentos variaram de  $9,71 \text{ t ha}^{-1}$  na menor densidade ( $3,0 \text{ pl m}^{-2}$ ) à  $11,70 \text{ t ha}^{-1}$  na maior densidade ( $9,0 \text{ pl m}^{-2}$ ), o que corresponde a um incremento de 20,6% no rendimento quando se triplicou a densidade de plantas. O espaçamento entre linhas, mantendo a densidade constante, não alterou a produção de grãos em nenhuma das densidades estudadas. A densidade que maximizou o rendimento de grãos do híbrido P30F53 foi de  $8,3 \text{ pl m}^{-2}$ , com rendimento de  $11,75 \text{ t ha}^{-1}$ .

O rendimento de grãos do colmo principal respondeu a elevação da densidade de plantas até  $7,9 \text{ pl m}^{-2}$ , com rendimento estimado de  $11,79 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 22). Na densidade de  $3,0 \text{ pl m}^{-2}$ , o colmo principal produziu  $7,31 \text{ t ha}^{-1}$ . Este rendimento é muito próximo dos  $7,51 \text{ t ha}^{-1}$  alcançados no ano anterior com a mesma densidade de plantas, sendo este o provável rendimento máximo do híbrido que o colmo principal consegue produzir. Na densidade de  $5,0 \text{ pl m}^{-2}$ , o rendimento elevou-se para  $10,36 \text{ t ha}^{-1}$ . Com  $7,0 \text{ pl m}^{-2}$ , o rendimento foi de  $11,50 \text{ t ha}^{-1}$  chegando a  $11,62 \text{ t ha}^{-1}$  na densidade de  $9,0 \text{ pl m}^{-2}$ .

Mesmo utilizando aproximadamente metade da população recomendada para o híbrido, o rendimento de grãos na menor densidade ( $3,0 \text{ pl m}^{-2}$ ) foi 92% superior ao rendimento médio do estado de Santa Catarina que foi de  $5,05 \text{ t ha}^{-1}$ , segundo dados da Conab (2009).

O perfilhamento foi uma característica que também auxiliou na estabilidade produtiva do híbrido P30F53 sob baixa densidade, pois os perfilhos produziram  $2,39 \text{ t ha}^{-1}$  na densidade de  $3,0 \text{ pl m}^{-2}$ , o que correspondeu a 24,7% do rendimento total. Os números de grãos produzidos por espiga e por  $\text{m}^{-2}$  nos perfilhos reduziram drasticamente com o aumento na densidade de plantas (Tabela 2). Com isto, a contribuição percentual dos perfilhos ao rendimento de grãos foi de 4,8%, 1,6% e 0,7% nas densidades de 5,0, 7,0 e  $9,0 \text{ pl m}^{-2}$ , respectivamente.



**Figura 22.** Efeito da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos do colmo principal (CP), dos perfilhos (Perf) e total do híbrido P30F53, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages, SC. 2008/09.

\*Coeficiente de variação Total = 5,61%, CP = 5,44% e Perf = 44,63%.

**Tabela 2.** Efeito da densidade de plantas nos componentes do rendimento do colmo principal, perfilhos e total, na média de três espaçamentos entre linhas. Lages – SC, 2008/09.

	Colmo principal				Média ± Desvio padrão
	3,0	5,0	7,0	9,0	
Grãos espiga	603	565	511	424	525 ± 33
Massa 1000 grãos (g)	365	356	328	311	340 ± 12
Grãos m <sup>-2</sup>	1.997	2.906	3.508	3.735	3.036 ± 198
	Perfilhos				
Grãos espiga	248	217	70	43	144 ± 103
Massa 1000 grãos (g)	331	279	103	66	194 ± 95
Grãos m <sup>-2</sup>	721	158	39	11	232 ± 107
	Total				
Grãos m <sup>-2</sup>	2.718	3.064	3.547	3.746	3.269

A menor participação dos perfilhos na definição do rendimento de grãos foi a principal responsável pela maior resposta ao rendimento de grãos do milho à elevação da densidade de plantas em 2008/09. Isto ocorreu em função de três fatores: semeadura mais tardia, maior altura de cobertura de inverno no momento da semeadura e restrição hídrica no período de pré-floração e enchimento de grãos. Os dois primeiros estimularam a dominância apical e diminuíram a emissão dos perfilhos no início do ciclo. O terceiro aumentou a morte de perfilhos, transferindo os fotoassimilados dos perfilhos para o enchimento de grãos do colmo principal. Para Maas et al., (1994), estresses ambientais em períodos posteriores à emergência dos perfilhos podem causar o aborto destas estruturas. Segundo Petr et al. (1988), os fatores que mais contribuem para abortamento de perfilhos são as disponibilidades hídrica e de nitrogênio.

## 2.5 CONCLUSÕES

O perfilhamento é uma característica que aumenta a estabilidade produtiva do híbrido P30F53 sob baixas populações de planta, evitando redução no número de grãos produzidos por área, principalmente quando a cultura não sofre restrição hídrica ao longo do seu ciclo.

A redução do espaçamento entre linhas aumenta a interceptação da radiação solar e a emissão de perfilhos no início do ciclo, mas não incrementa a sobrevivência de perfilhos na colheita, nem tão pouco o rendimento de grãos de milho.

O perfilhamento reduz a resposta do rendimento de grãos do híbrido P30F53 ao aumento da densidade de plantas e a redução do espaçamento entre linhas.

### **3. PERFILHAMENTO E PROLIFICIDADE COMO CARACTERÍSTICAS ESTABILIZADORAS DO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO EM DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS**

#### **3.1 RESUMO**

A perda de plântulas é freqüente na emergência e constitui um problema comum no campo. A identificação de mecanismos que incrementem a estabilidade produtiva do milho é importante para minimizar a redução do rendimento de grãos ocasionadas por baixas populações de plantas. Este trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar se o perfilhamento e a prolificidade são características eficientes para estabilizar o rendimento de grãos do milho em diferentes populações de plantas. O ensaio foi conduzido a campo, no município de Lages, Planalto Sul de Santa Catarina, durante o ano agrícola de 2007/08. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas. Nas parcelas principais foram testadas quatro densidades de plantas: 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 pl m<sup>-2</sup>. Nas subparcelas foram testados três híbridos de milho: P30F53, que apresenta característica de perfilhamento, AG9020, que apresenta prolificidade e o AS1570, que perfilha pouco e possui baixa prolificidade. Os rendimentos de grãos dos três híbridos oscilaram entre 10,75 e 13,74 t ha<sup>-1</sup> e aumentaram de forma quadrática com o aumento da densidade. O híbrido P30F53 foi mais produtivo do que os demais na densidade de 5,0 pl m<sup>-2</sup>. Não houve diferenças de produtividade entre os híbridos nas demais densidades. A maior capacidade de emissão de perfilhos do P30F53 e de produção da segunda espiga do AG 9020 não proporcionaram vantagens produtivas a estes híbridos, na comparação com o AS 1570, quando se trabalhou com o estande sub-ótimo de 2,5 pl m<sup>-2</sup>. As condições favoráveis de clima, solo e manejo atenuaram as perdas no rendimento de grãos ocasionadas pelo uso de densidades abaixo de 5 pl m<sup>-2</sup> e mitigaram a importância do perfilhamento e da prolificidade como características estabilizadoras da produtividade nestas condições.

**Palavras-chave:** Zea mays, Perfilhos, Segunda espiga, Produtividade.

### 3.1.1 Summary

Seedling loss is hard to prevent during maize emergence and is a common problem in the field. The identification of mechanisms that increase maize yield stability is important to minimize losses to grain yield caused by low plant populations. This study was conducted to evaluate if tillering and prolificacy are effective characteristics to stabilize maize grain yield in different plant populations. The trial was set in Lages, Southern Plateau of Santa Catarina, Brazil, during the growing season of 2007/08. The experimental design was a randomized block with split plots. Four plant densities were tested in the main plots: 2.5, 5.0, 7.5 e 10.0 pl m<sup>-2</sup>. Three maize hybrids were assessed in the split-plots: P30F53, which presents tillering ability; AG9020, which has prolificacy (ability to set a second ear); and AS1570, which has little tillering hability and low prolificacy. Grain yield of the three hybrids ranged from 10.75 to 13.74 t ha<sup>-1</sup> and increased quadratically with the increment in plant population. Hybrid P30F53 was more productive than the others at the density of 5.0 pl m<sup>-2</sup>. There was no difference on hybrids grain yield at the other plant populations. The higher tillering ability of P30F53 and prolificacy of AG9020 did not give yield advantages to these hybrids, in comparison to AS1570 when maize was grown at the sub-optimal plant population of 2.5 pl m<sup>-2</sup>. The favorable climatic, soil and management conditions attenuated yield lost caused by low plant populations, mitigating the importance of tillering and prolificacy as productivity stabilizing traits.

**Keywords:** Zea mays, Tillers, Second ear, Productivity



### 3.2 INTRODUÇÃO

No processo de domesticação e melhoramento pelo homem a partir do teosinto, a cultura do milho foi selecionada para produção de grãos numa única inflorescência no colmo principal (DOEBLEY, 1997) e para tolerância ao estresse ocasionado pelo aumento da densidade de plantas (SANGOI et al., 2002). Em função disto, os híbridos contemporâneos são mais produtivos do que os utilizados no século passado e apresentam maior estabilidade de rendimento quando submetidos a altas populações. Uma consequência do aumento da tolerância a altas populações dos híbridos modernos é a sua grande dependência da população ideal para maximizar o rendimento, a qual reduz a estabilidade de produção quando fatores adversos reduzem o estande da lavoura (TOKATLIDIS e KOUTROUBAS, 2004).

A perda de plântulas é inevitável na emergência e constitui um problema comum no campo (TOKATLIDIS e KOUTROUBAS, 2004). Sempre que o agricultor semeia o número de sementes requeridas para obter a densidade de plantas desejada, uma percentagem destas pode não emergir devido ao baixo teor de umidade no solo, compactação superficial do solo, danos ocorridos por insetos, doenças, pássaros, roedores e resíduos de herbicidas (POMMEL e BONHOMME, 1998). No Brasil, ainda é comum encontrar agricultores que utilizam populações abaixo de  $5,0 \text{ pl m}^{-2}$  como forma de reduzir os riscos por adversidades climáticas, principalmente por deficiência hídrica. Lavouras com densidade abaixo da ideal também são freqüentes quando implantadas sob condições adversas de fertilidade do solo, baixa capacidade de investimento em adubação e semeaduras realizadas com velocidade excessiva do trator.

O uso de populações sub-ótimas eleva o tempo para fechamento dos espaços pela cultura e reduz a interceptação da radiação solar incidente, devido à baixa plasticidade morfológica e fenológica da planta de milho (WESTGATE et al., 1997). Isto promove alta produção de grãos por planta, porém baixa produção por área (ANDRADE et al., 1999).

A identificação de mecanismos que incrementem a estabilidade produtiva do milho, é importante para minimizar a redução no rendimento de grãos ocasionada por baixas populações de plantas. Este trabalho tem como hipóteses que o perfilhamento e a prolificidade são estratégias eficientes para incrementar a estabilidade produtiva do milho quando a densidade está abaixo da ideal, reduzindo riscos por adversidades climáticas.

O perfilhamento tem sido considerado uma característica negativa ao milho, pois os perfilhos normalmente não produzem espigas e quando o fazem estas são pequenas e

imperfeitas (SCHMITT, 2008). Contudo, recentemente foram disponibilizados alguns híbridos com alto potencial produtivo e elevada capacidade de produção de perflhos férteis em baixas densidades.

As plantas prolíficas são, em geral, mais tolerantes a condições adversas devido a sua capacidade inerente de desenvolver ao menos uma espiga sob tais condições, e mais de uma quando as condições ambientais são propícias, podendo incrementar o rendimento quando a densidade está abaixo da ideal. Assim, os híbridos prolíficos apresentam ampla faixa de densidade para maximizar o rendimento de grãos, enquanto os não prolíficos apresentam uma estreita faixa de densidade ótima. Os híbridos prolíficos respondem positivamente a altas populações de plantas ou a estresses ambientais devido à grande resistência à esterilidade (PRIOR e RUSSEL, 1975; SVECNJAK, 2005).

Cox (1996) observou que híbridos mais prolíficos apresentam relação linear de massa seca e de rendimento de grãos em resposta à elevação da densidade de plantas, enquanto híbridos com espiga única apresentam resposta quadrática. Desta maneira, genótipos prolíficos podem apresentar grande possibilidade de compensação quando há redução de densidade (POMMEL e BONHOMME, 1998).

Este trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar se o perfilhamento e a prolificidade são características eficientes para estabilizar o rendimento de grãos de milho em diferentes populações de plantas.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, no ano agrícola de 2007/08. O ensaio foi implantado na localidade de Santa Terezinha do Salto, localizada a 20 km da cidade de Lages, no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas do local são 27°50'35'' de latitude sul, 50°29'45'' de longitude oeste e altitude de 849 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). A análise de solo, realizada em agosto de 2007, apresentava as seguintes características: 460 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH em água 6,7; 3,3 mg L<sup>-1</sup> de P; 0,43 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 39 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 6,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de

Al e  $20,78 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de CTC. A área experimental estava em rotação com soja (*Glycine max* L.) e sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.).

Dessecou-se a cultura de inverno com o herbicida glifosato ( $1.080 \text{ g de i.a. ha}^{-1}$ ), no final do mês de setembro, com objetivo efetuar a semeadura sobre a cobertura morta da aveia.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas com quatro repetições. Na parcela principal foram testadas quatro densidades de plantas: 2,5, 5,0, 7,5 e  $10,0 \text{ pl m}^{-2}$ . Nas subparcelas foram testados três híbridos de milho com características de compensação de espaços distintas: P30F53, da empresa Pioneer Sementes, que apresenta característica de perfilhamento; AG9020, da empresa Monsanto, que apresenta prolificidade (capacidade de emitir a segunda espiga); e o AS1570, da empresa Monsanto, que perfilha pouco e possui baixa prolificidade. A escolha desses híbridos foi feita mediante consulta aos técnicos das empresas, como consenso de híbrido perfilhador, prolífico e híbrido pouco perfilhador e pouco prolífico.

O experimento foi implantado no dia 24 de outubro de 2007, no sistema de semeadura direta. Utilizou-se semeadoras manuais que depositavam três sementes por cova. A distribuição das sementes nas linhas de semeadura foi através de barbantes com marcação das distâncias entre plantas de acordo com a densidade. Quando as plantas estavam no estágio fenológico de três folhas expandidas (V3) da escala proposta por Ritchie et al. (1993), efetuou-se o desbaste, deixando o número de plantas necessário para atingir a densidade almejada.

As sementes foram previamente tratadas com o inseticida tiodicarbe ( $6 \text{ g de i.a. kg}^{-1}$  de sementes), objetivando prevenir danos de pragas de solo na fase de emergência da cultura.

No dia da semeadura efetuou-se o controle preventivo das plantas invasoras pela aplicação de herbicida em pré-emergência com uma mistura de produto atrazina e s-metolaclor ( $1.480 + 1.160 \text{ g de i.a. ha}^{-1}$ ).

A adubação utilizada foi determinada seguindo recomendações da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo para a cultura do milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004), objetivando produtividades de  $12,00 \text{ t ha}^{-1}$ . A adubação de manutenção com fósforo, potássio e nitrogênio foi realizada em linha no dia da semeadura, utilizando a mistura de uréia (44% de N), superfosfato triplo (41%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e cloreto de potássio (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ), nas doses de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $205 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $110 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A aplicação de N em cobertura foi dividida em duas aplicações, sendo metade ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em V4 e metade ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em V8, totalizando  $230 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por safra.

As subparcelas foram constituídas de quatro linhas com seis metros de comprimento, com espaçamento de 0,70 m entre linha. As duas linhas centrais de cada subparcela foram utilizadas para se fazer as avaliações dos tratamentos como, perfilhamento, estágio fenológico, área foliar, rendimento e seus componentes.

O número de perfilhos produzidos foi obtido diretamente, contando-os nos estádios V7, V15, VT e R3 de desenvolvimento da cultura. A percentagem de plantas perfilhadas foi obtida dividindo-se o número de plantas perfilhadas pelo número total de plantas da subparcela, multiplicado o resultado por 100.

Nas duas linhas centrais avaliou-se ainda a fenologia da cultura. Determinou-se a duração do subperíodo emergência-pendoamento, computando-se o número de dias decorridos entre a exteriorização do coleóptilo e a emissão do pendão floral acima da folha bandeira com deiscência dos grãos de pólen em mais de 50% das plantas. Também determinou-se a duração do subperíodo emergência-espigamento, computando-se o número de dias entre a exteriorização do coleóptilo e a emissão dos estigmas em 75% das plantas. Subtraindo a duração dos dois sub-períodos, estimou-se o intervalo entre pendoamento e espigamento. A duração do subperíodo espigamento-maturação fisiológica foi estimada determinado-se o intervalo entre 75% das plantas com estigma visível e 50% das plantas com formação da camada negra do grão de quatro plantas marcadas.

A estatura de planta e a altura de inserção da espiga foram avaliadas 15 dias após o pendoamento, em seis plantas representativas, escolhidas aleatoriamente nas duas linhas centrais de cada subparcela.

A área foliar por planta foi obtida medindo-se o comprimento e largura de todas as folhas de quatro plantas por subparcela. Multiplicando-se comprimento x largura x 0,75, obteve-se a área foliar por planta. Foram medidas apenas as folhas que apresentavam mais de 50% de área verde. Para se estimar o índice de área foliar foi dividida a área foliar das plantas pelo espaço de solo por elas ocupado em cada densidade. A área foliar dos perfilhos foi estimada medindo-se o comprimento e a largura de todas as folhas de um perfilho médio e representativo das plantas na qual foi medida a área foliar. O índice de área foliar dos perfilhos foi obtido dividindo-se a área foliar média dos perfilhos pelo espaço de solo por eles ocupado em cada densidade. A senescência foliar do colmo principal após o florescimento foi obtida pela contagem do número de folhas verdes remanescentes em R3 e R6 e deduzindo a área foliar perdida do florescimento.

Entre os estádios V3 e V9 foram feitas cinco aplicações de inseticida lufenuron (15 g de i.a. ha<sup>-1</sup>) com jato dirigido, para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), sempre que se encontravam raspagens nas folhas.

A colheita das espigas foi realizada manualmente no dia 25 de abril de 2008 quando a umidade dos grãos era de 18 a 22%. As espigas principais, segunda espiga e espigas de perfilhos foram colhidas separadamente para se determinar a contribuição de cada mecanismo ao rendimento de grãos. As espigas foram trilhadas e os grãos secos em estufa a 60 °C até atingirem peso constante. Após a secagem, os grãos foram limpos em máquina de ar e peneira para padronização da qualidade dos grãos.

A percentagem de plantas acamadas foi determinada no dia da colheita através da contagem de plantas que apresentavam acamamento por raiz nas duas linhas centrais da subparcela, dividido pelo número de plantas totais. Já a percentagem de plantas quebradas foi determinada através da contagem do número de plantas que apresentavam o colmo quebrado abaixo da espiga nas duas linhas centrais de cada subparcela.

O rendimento de grãos e componentes da espiga principal, da segunda espiga, dos perfilhos e totais foram convertidos para 1,0 ha e expressos na umidade padrão de 130 g kg<sup>-1</sup>.

Uma sub-amostra de 400 grãos foi separada e pesada para cada subparcela. O valor obtido foi multiplicado por 2,5, convertido para a umidade padrão de 130 g kg<sup>-1</sup> e utilizado para expressar a massa de 1.000 grãos.

O número de grãos por espiga foi estimado indiretamente, pela relação da massa de 400 grãos, da massa total de grãos e do número de espigas colhidas em cada subparcela. O número de grãos produzidos por área (m<sup>2</sup>) foi estimado com base nos números de espigas por planta e de grãos por espiga e na densidade de plantas de cada tratamento.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância pelo programa estatístico WinStat (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2002). Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% (P<0,05). Quando alcançada significância, foram ajustadas regressões que descrevessem o comportamento das variáveis quantitativas. Utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias para as variáveis qualitativas.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4.1 Índice de área foliar

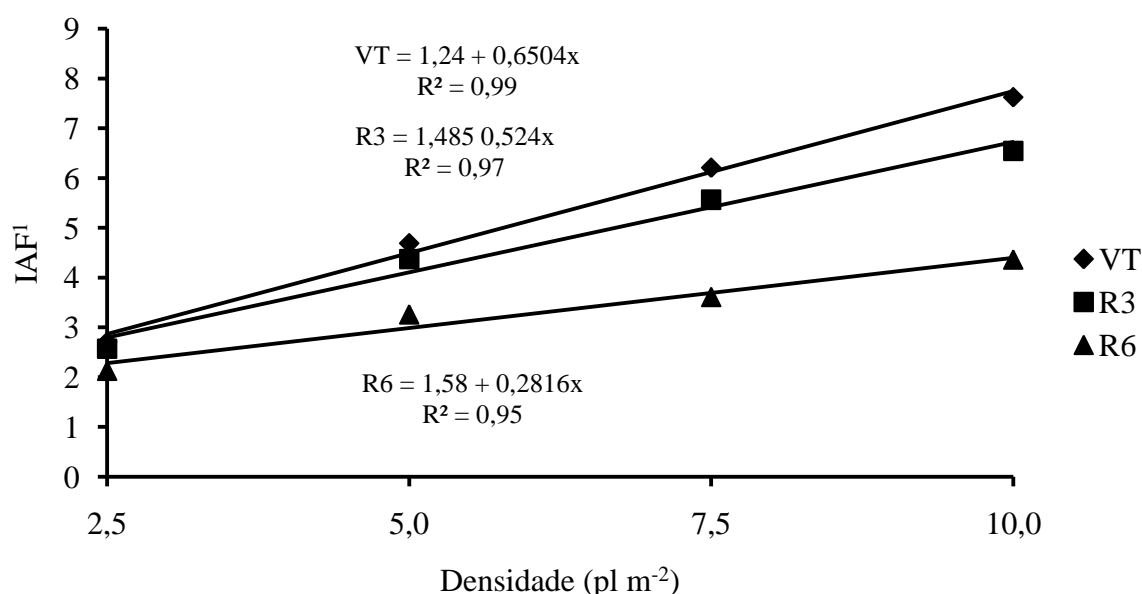
O IAF no pendoamento, foi influenciado pelos efeitos simples de densidade e de híbridos. Na média das quatro densidades os híbridos P30F53 e AG9020 não diferiram entre si e expressaram IAF de 4,94 e 4,61, respectivamente. No entanto o híbrido AS1570 foi o que apresentou maior índice de área foliar 6,35 (Tabela 3) isto representa um IAF 28,5% maior que o P30F53 e 37,7 maior que do AG9020. Nas avaliações feitas em R3 e R6, o híbrido AG9020 apresentou maior perda de área foliar e se diferenciou do híbrido P30F53.

**Tabela 3.** Índice de área foliar de três híbridos de milho, na média de quatro densidades, em três estádios da cultura. Lages – SC, 2007/08.

Híbridos	Pendoamento (VT)	Grão leitoso (R3)	Maturação fisiológica (R6)
AS1570	6,35 a*	5,79 a	4,34 a
P30F53	4,94 b	4,54 b	3,16 b
AG9020	4,61 b	3,96 c	2,52 c

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere estatisticamente ao nível de 5% de significância.

O índice de área foliar em VT aumentou linearmente com a elevação da densidade de plantas, evoluindo de 2,71 na densidade de 2,5 pl m<sup>-2</sup> para 7,62, na densidade de 10,0 pl m<sup>-2</sup>, na média dos três híbridos (Figura 23).



**Figura 23.** Índice de área foliar (IAF) em três estádios da cultura do milho, em função da densidade de plantas, na média de três híbridos. Lages, SC, 2007/08.

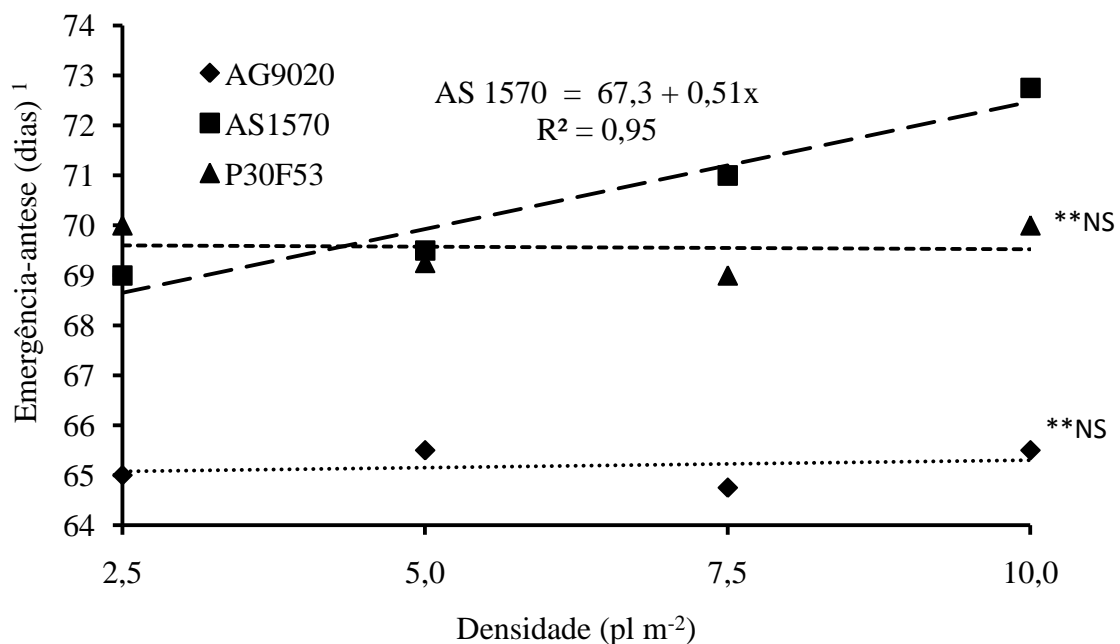
<sup>1</sup>Coeficiente de variação VT = 8,57%, R3 = 8,13% e R6 = 12,85%.

O menor índice de área foliar apresentado pelo AG 9020, nos três estádios avaliados, possivelmente está relacionado a sua menor exigência em unidades de calor para atingir o florescimento, em relação aos dois outros híbridos. Quanto mais precoce o híbrido, menor é o número de folhas produzidas e menor é sua área foliar (SANGOI et al., 2007). Por outro lado, a característica de perfilhamento do P30F53 não aumentou o seu IAF em relação ao híbrido AS1570, na média das quatro densidades.

Nos estádios de grão leitoso (R3) e maturação fisiológica (R6), o aumento da densidade de plantas elevou a senescência foliar na média dos três híbridos (Figura 23). Este comportamento ocorre devido a maior competição intraespecífica nas densidade maiores. O híbrido AG9020 foi o que apresentou maior redução do IAF no estágio de R6, reduzindo 43,3% quando comparado ao IAF no florescimento. Os híbridos P30F53 e AS1570 tiveram redução de 36,0 e 31,6% respectivamente.

### 3.4.2 Fenologia

Os híbridos AG9020 e o P30F53 mantiveram a duração do sub-período emergência-antese constante com a elevação da densidade de plantas, sendo esta de 65 e 69 dias, respectivamente, na média das quatro densidades (Figura 24).

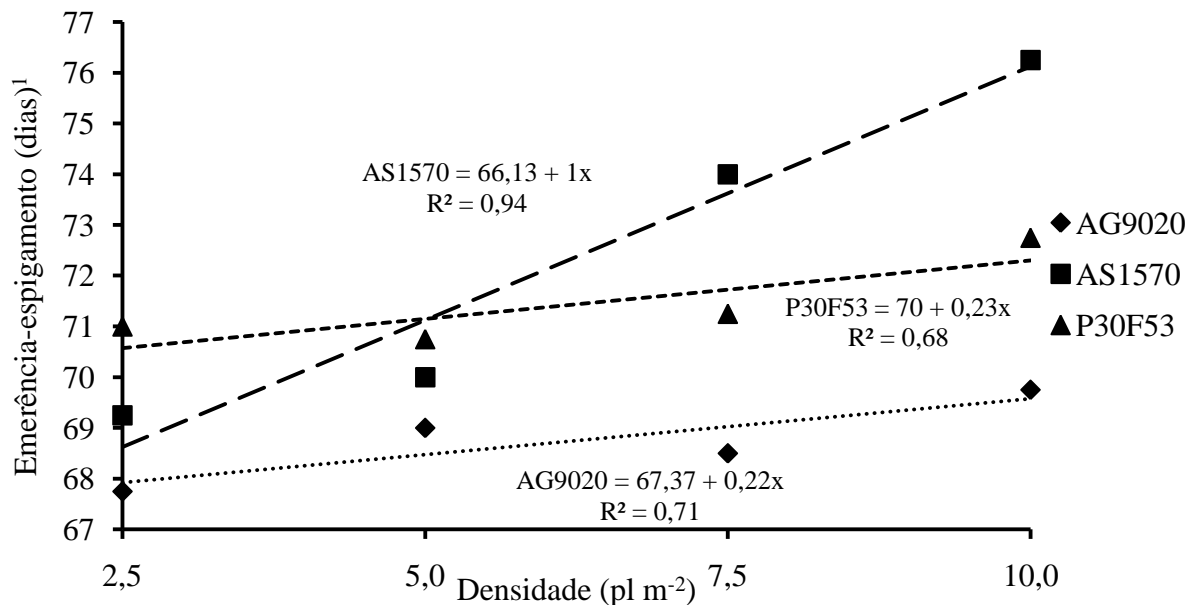


**Figura 24.** Duração do sub-período emergência-antese de três híbridos de milho, em função da elevação da densidade de plantas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coefficiente de variação 1,77%. \*\*Diferença não significativas entre médias ( $P < 0,05$ ).

Por outro lado, o AS1570 aumentou o sub-período emergência-pendoamento com a elevação da densidade de plantas, sendo de 69 dias na densidade de  $2,5 \text{ pl m}^{-2}$  e de 73 dias na densidade de  $10 \text{ pl m}^{-2}$ , um aumento médio de 12 horas para cada aumento de  $1,0 \text{ pl m}^{-2}$ .

Os híbridos apresentaram comportamentos distintos da duração da emergência-espigamento com a elevação da densidade de plantas (Figura 25). Os híbridos P30F53 e AG9020 apresentaram maior constância no intervalo quando comparado com o AS1570. Estes dois híbridos aumentaram a duração deste subperíodo em aproximadamente 5 horas para cada incremento de  $1 \text{ pl m}^{-2}$ . Já para o híbrido AS1570, o aumento foi de 1 dia para cada incremento de  $1 \text{ pl m}^{-2}$ .

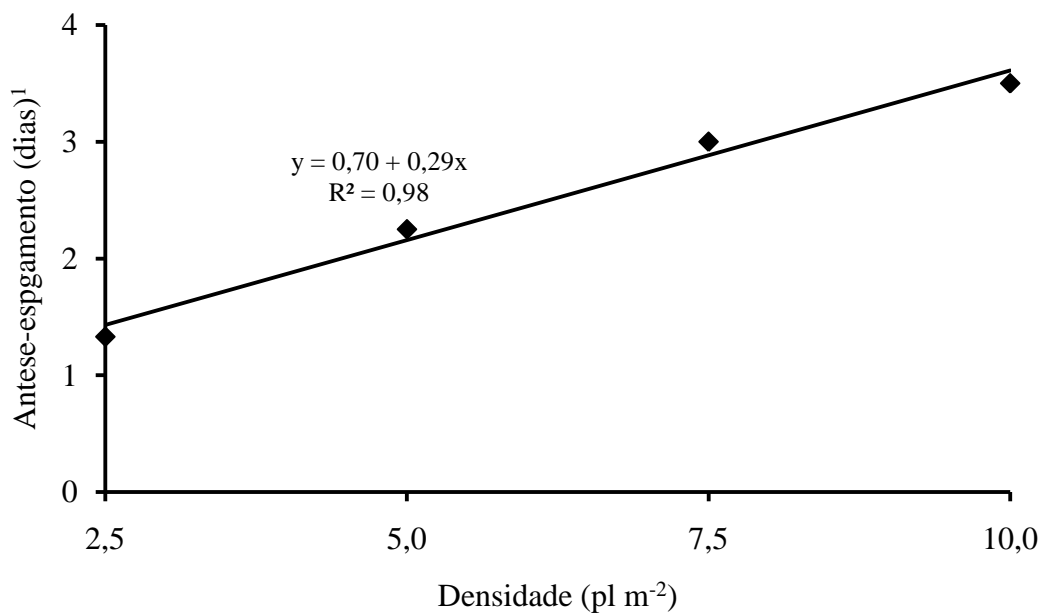


**Figura 25.** Duração do sub-período emergência-espigamento em função da elevação da densidade de plantas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 1,71%.

O intervalo pendoamento-espigamento foi influenciado pelos efeitos simples de densidade de plantas e de híbridos. A elevação da densidade de plantas aumentou o intervalo de forma linear, na média dos híbridos. Para cada aumento de  $1 \text{ pl m}^{-2}$ , o intervalo aumentou em 7 horas (Figura 26). O híbrido AG9020 apresentou o maior intervalo antese-espigamento, 4 dias na média das quatro densidades. Os híbridos AS1570 e P30F53 não diferiram entre si e apresentaram médias de 2 dias.

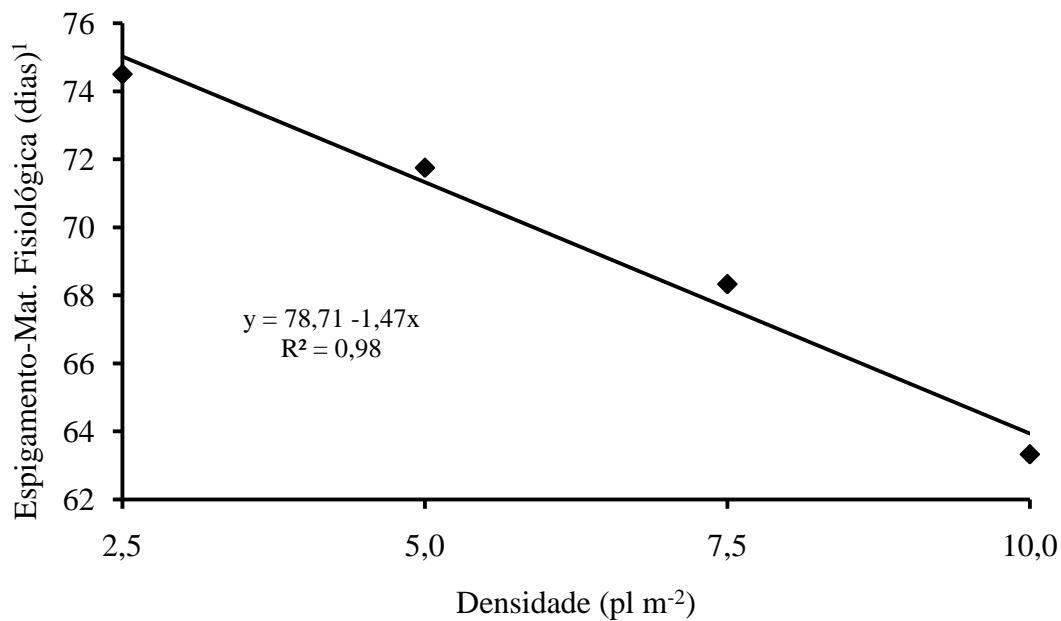




**Figura 26.** Duração do sub-período antese-espigamento em função da elevação da densidade de plantas, na média de três híbridos. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 43,61%.

O intervalo entre a emissão de estigmas (espigamento) e a maturação fisiológica reduziu com o aumento da densidade de plantas, passando de 74 dias na densidade de 2,5 pl m<sup>-2</sup> para 63,3 dias na densidade de 10,0 pl m<sup>-2</sup> (Figura 27). Isto confirmou os dados do Capítulo I de arranjo de plantas, mostrando que a maior densidade encurta o intervalo entre a emissão de estigmas e maturação fisiológica, devido a maior competição intra-específica por luz, apressando a senescência foliar. Este mesmo comportamento foi registrado por Sangoi et. al. (2007), analisando os efeitos do aumento da densidade de plantas sobre híbridos de milho.



**Figura 27.** Duração do sub-período espigamento-maturação fisiológica em função da elevação da densidade de plantas, na média de três híbridos. Lages, SC, 2007/08.

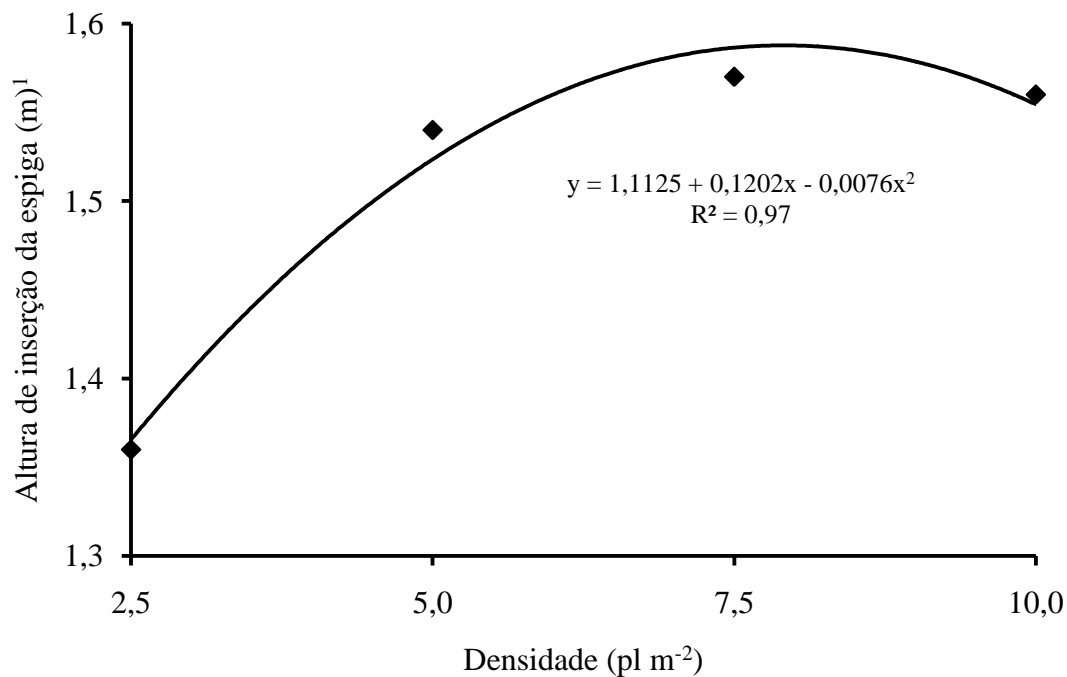
<sup>1</sup>Coeficiente de variação 11,88%.

### 3.4.3 Estatura de planta

A estatura de plantas dos híbridos foi avaliada logo após o florescimento apresentou influência do efeito simples de híbrido. Os híbridos AS1570 e AG9020 não apresentaram maior estatura de planta e não diferiram entre si, sendo de 3,1 m a estatura destes híbridos na média das quatro densidades. O híbrido P30F53 apresentou estatura de 2,9 m na média das quatro densidades.

### 3.4.4 Inserção da primeira espiga

A altura de inserção da primeira espiga foi afetada pelo efeito simples de densidade de plantas (Figura 28). Os três híbridos aumentaram a altura de inserção da espiga de forma quadrática com a elevação da densidade de plantas, chegando ao ponto de máxima com a densidade de 7,9 pl m<sup>-2</sup>, reduzindo a partir deste ponto.



**Figura 28.** Altura de inserção da primeira espiga em função da densidade de plantas, na média de três híbridos de milho. Lages – SC, 2007/08.

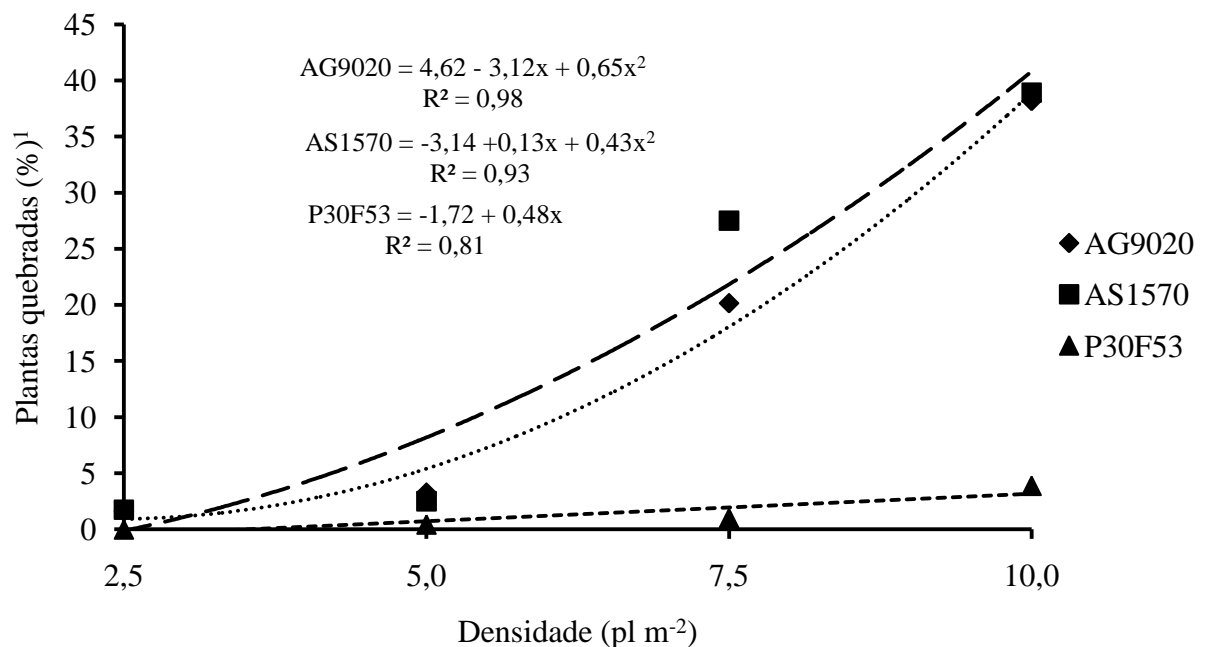
<sup>1</sup>Coeficiente de variação 4,90%.

Ao atravessar o dossel de uma comunidade vegetal, a radiação solar, além de ser atenuada, sofre profundas mudanças em sua composição espectral. Devido à presença de clorofilas e carotenóides, grande parte dos fótons de comprimento de onda na faixa do vermelho e do azul é absorvido pelas folhas. Já o vermelho-extremo atravessa com facilidade os tecidos foliares. As folhas, ao realizarem uma filtragem seletiva da radiação solar, afetam a proporção entre fótons de luz nas bandas do vermelho e do vermelho-extremo. À medida que o auto-sombreamento numa comunidade vegetal aumenta, a radiação ambiental vai se tornando empobrecida em fótons de vermelho e azul e enriquecida com fótons de luz vermelho-extrema (THAIZ e ZIEGER, 2002)

A luz solar tem maior proporção de fótons V do que de fótons VE, ao passo que no interior de comunidades de plantas cultivadas, a radiação solar é enriquecida com fótons de luz VE. Quanto maior a densidade de plantas, menor é a relação V/VE. Isto fomenta o efeito de crescimento longitudinal do colmo com reflexos sobre a estatura da planta e altura de inserção da primeira espiga, conforme pode se observar na Figura 28.

### 3.4.5 Plantas acamadas e quebradas

A percentagem de plantas acamadas não foi afetada significativamente pelos tratamentos. Já a percentagem de plantas quebradas foi influenciada pela interação de densidades e híbridos. A elevação na densidade de plantas incrementou a percentagem de plantas quebradas dos três híbridos. Para o P30F53 este incremento foi menor, embora linear (Figura 29). As percentagens de plantas quebradas deste híbrido foi inferior a 5%, mesmo na densidade de 10 pl m<sup>-2</sup>. Já os híbridos AG9020 e AS 1570 apresentaram incremento quadrático na percentagem de plantas quebradas com a elevação da densidade de plantas. Estes dois híbridos demonstram intolerância ao estresse promovido pelo adensamento, apresentando na colheita mais de 35% de plantas com colmos quebrados nas colheita quando se utilizou a densidade de 10 pl m<sup>-2</sup>. Não houve diferença entre híbridos quanto à percentagem de plantas quebradas nas densidades de 2,5 e 5,0 pl m<sup>-2</sup>. Nas duas densidades mais altas, esta variável foi significativamente menor para o híbrido P30F53. O aumento na densidade de plantas favorece a quebra de colmos por reduzir o seu diâmetro e aumentar a altura de plantas e a de inserção de espiga (figura 29). Este efeito varia entre híbridos, conforme reportado por Sangoi et. al. (2002).

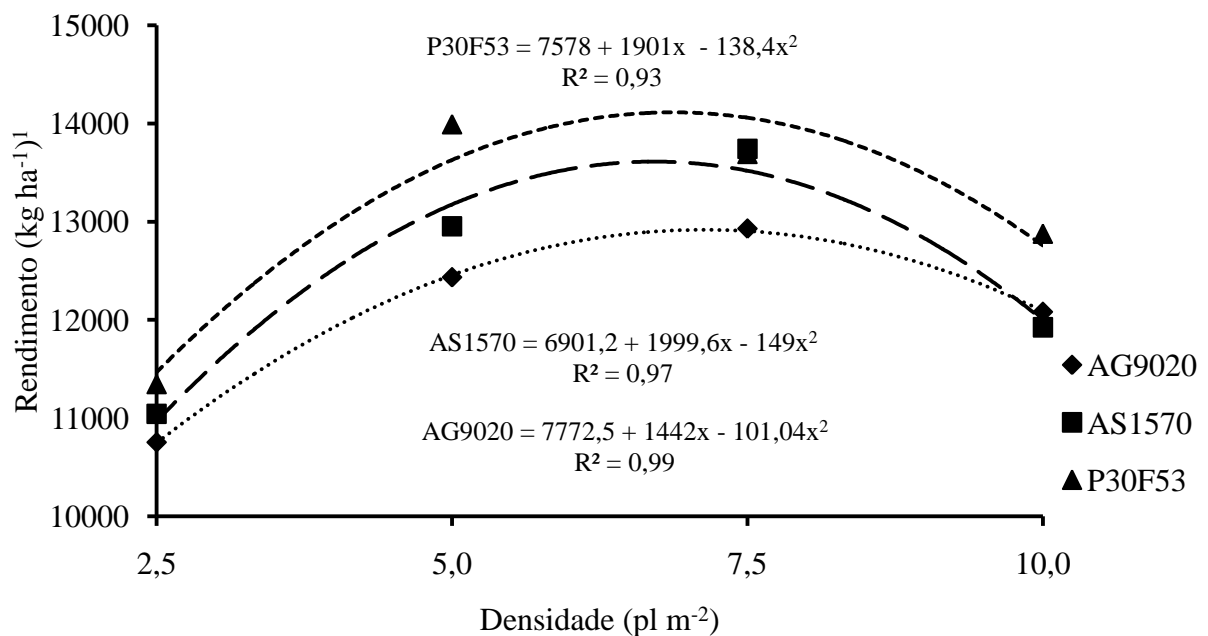


**Figura 29.** Percentagem de plantas quebradas em função de densidade de plantas em três cultivares de milho. Lages – SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 34,15%.

### 3.4.6 Rendimento de grãos

Os rendimentos de grãos foram elevados em todos os tratamentos, oscilando entre 10,75 e 13,74 t ha<sup>-1</sup>. O rendimento de grãos dos três híbridos aumentou de forma quadrática com a elevação da densidade de plantas (Figura 30). As densidades ótimas para maximizar o rendimento de grãos, calculadas a partir da primeira derivada das funções quadráticas ajustadas aos dados, foram de 6,7 pl m<sup>-2</sup> para o híbrido AS 1570, de 7,1 pl m<sup>-2</sup> para o híbrido AG 9020 e de 6,9 pl m<sup>-2</sup> para o P30F53. O híbrido AS 1570 foi mais responsivo ao aumento da densidade da menor densidade utilizada no trabalho até a densidade ótima. Contudo, quando a densidade passou da ideal, foi o híbrido em que o rendimento sofreu maiores reduções. Deve-se destacar que no presente estudo todas as espigas foram colhidas manualmente e os valores de rendimento de grãos expressam o total de plantas eretas e quebradas. A nível de lavoura, as espigas de colmo quebrados não seria colhidas, o que diminuiria o rendimento de grãos dos híbridos AS 1570 e AG 9020 nas densidades mais altas. Portanto, as densidades ótimas obtidas a partir da primeira derivada da equação de rendimento dos híbridos super-estima a densidade ideal para os mesmos a nível de lavoura.



**Figura 30.** Rendimento de grãos de três híbridos de milho em quatro densidade de plantas. Lages, SC, 2007/08.

<sup>1</sup>Coeficiente de variação 5,84%.

O rendimento de grãos total só diferiu significativamente entre híbridos na densidade de 5,0 pl m<sup>-2</sup>, na qual o híbrido P30F53, pela sua característica perfilhadora, conseguiu alcançar sua maior produtividade, enquanto que para os híbridos AG 9020 e AS 1570 isto só foi conseguido na densidade de 7,5 pl m<sup>-2</sup>.

A principal hipótese que motivou a realização deste trabalho foi de que o perfilhamento e a prolificidade são características desejáveis para evitar reduções drásticas no rendimento de grãos quando a densidade de plantas na lavoura é baixa. Analisando-se a contribuição dos grãos produzidos nos perfilhos e na segunda espiga na densidade de 2,5 pl m<sup>-2</sup>, pode-se observar que os três híbridos apresentaram características distintas. No AG 9020 houve contribuição substancial tanto dos grãos produzidos nos perfilhos (28,2%) quanto na segunda espiga (27,6%) ao rendimento final (Tabela 5). No P30F53, os grãos colhidos nos perfilhos contribuíram com 43,8% do rendimento total, enquanto que no AS 1570, 71% da produtividade total foi obtida nos grãos colhidos na espiga principal.

**Tabela 5.** Efeito da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos de perfilho e segunda espiga para três híbridos de milho. Lages, SC, 2007/08.

Densidade (pl m <sup>-2</sup> )	2,5	5,0	7,5	10,0
Híbrido	Rendimento Total (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>			
AG 9020	10.755NS	12.433b*	12.928NS	12.081NS
AS 1570	11.043	12.952ab	13.739	11.923
P30F53	11.346	13.993a	13.691	12.879
	Rendimento Segunda Espiga (kg ha <sup>-1</sup> )			
AG 9020	2.964a	3.739a	2.102a	863a
AS 1570	2.362b	351b	158b	10b
P30F53	2	0b	8b	0c
	Rendimento Perfilho (kg ha <sup>-1</sup> )			
AG 9020	3.040b	584b	239NS	573NS
AS 1570	817c	265b	248	411
P30F53	4941a	2.712a	540	534

NS Diferenças entre médias não significativas (P < 0,05)

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

<sup>1</sup>Coeficiente de variação Total 5,84%, Segunda Espiga 27,28% e Perfilhos 35,75%.

Contudo, apesar da menor prolificidade do AS 1570 em relação ao AG 9020 e de sua menor capacidade de perfilhamento em relação ao P30F53, não houveram diferenças significativas no rendimento total dos três híbridos, na densidade de 2,5 pl m<sup>-2</sup>, contrariando a hipótese de que o perfilhamento e a prolificidade são características que minimizam as perdas de produtividade sob baixas densidades de plantas. A principal estratégia do híbrido AS 1570 na menor densidade foi de aumentar o número de grãos da espiga principal (dados não apresentados) e emitir a segunda espiga. Estes comportamentos distintos dos híbridos avaliados permitiram tetos de rendimentos superiores a 10,00 t ha<sup>-1</sup> na menor densidade de plantas, os quais restringiram a resposta dos híbridos testados à elevação na densidade e minimizaram a influência das características estabilizadoras da produtividade em estandes pouco adensados.

### 3.5 CONCLUSÕES

As perdas de produtividade ocasionadas pelo uso de densidade abaixo de 5 pl m<sup>-2</sup> não foram elevadas em função das condições de fertilidade do solo e disponibilidade hídrica em que se conduziu o trabalho.

As características de perfilhamento do P30F53 e de prolificidade do AG 9020 não lhes propiciaram vantagens produtivas sobre o AS 1570 quando se trabalhou com a densidade de 2,5 pl m<sup>-2</sup>.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O incremento na densidade de plantas é uma alternativa para elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, a faixa de densidade ótima é muito estreita, variando com o clima, o híbrido e manejo. Qualquer alteração em algum destes fatores pode reduzir a produtividade.

A elucidação de características agronômicas que contribuam para aumentar a estabilidade de rendimento em uma ampla faixa de densidade de plantas, pode contribuir para facilitar o manejo e reduzir riscos de frustração de safras.

O presente trabalho tinha como hipóteses iniciais que o perfilhamento e a prolificidade são estratégias eficientes para incrementar a estabilidade produtiva do milho quando a densidade está abaixo da ideal, reduzindo riscos por adversidades climáticas.

Em milho, o perfilhamento sempre foi visto como uma característica negativa pelos agricultores, principalmente em condições ambientais limitantes. Isto porque estas estruturas podem competir por água, luz e nutrientes e agir como drenos, consumindo fotoassimilados. Contudo, os perfilhos são importantes no incremento do rendimento das demais espécies da família das poáceas de importância agrícola como arroz, trigo e sorgo. Em híbridos perfilhadores de milho, em condições de baixa competição entre plantas no início do ciclo, pode haver maior diferenciação destas estruturas. O arranjo mais favorável das plantas na linha, promovido pela redução do espaçamento entre linhas, pode aumentar a sobrevivência de perfilhos, permitindo que os mesmos cheguem ao período reprodutivo com condições de diferenciar espigas e contribuir ao rendimento de grãos.

Os resultados do primeiro experimento mostraram que a redução do espaçamento entre linhas aumentou a diferenciação de perfilhos, principalmente em densidades elevadas onde a competição entre plantas se torna maior. Contudo, a melhor distribuição das plantas não foi suficiente para garantir a sobrevivência de perfilhos até a colheita, ficando a sobrevivência e a participação dos perfilhos ao rendimento de grãos condicionadas à densidade de plantas na lavoura. O nível de estresse sofrido pela cultura é outro fator que reduz a sobrevivência de perfilhos. Na safra que a disponibilidade hídrica foi menor, houve menor sobrevivência de perfilhos. Nesta situação, a morte de perfilhos ocorreu mais cedo, sendo mais pronunciada nas densidades mais elevadas e nos espaçamentos maiores, pois são ambientes que elevam a competição entre plantas na linha.

A principal contribuição do primeiro trabalho foi confirmar que o perfilhamento é uma característica que diminui a sensibilidade da cultura do milho a variações no arranjo de plantas, principalmente quando as condições hídricas e de fertilidade do solo são favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

Os resultados do segundo experimento não confirmaram que a prolificidade e o perfilhamento são características importantes para a estabilidade produtiva em baixas densidades. A qualidade do ambiente em termos edafo-climáticos e de manejo elevou a produtividade de todos os híbridos, minimizou a resposta à densidade, atenuando a importância das características estabilizadoras de produtividade sob baixas densidades. Deve-se destacar que o trabalho foi conduzido apenas por um ano agrícola, para obtenção de resultados mais conclusivos é importante que o mesmo seja repetido.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.L. **Modificação do afilhamento de trigo e aveia pela qualidade de luz**. 1998. 121 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Curso de pós-graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANDRADE, F. H.; CIRILO, A. G.; UHART, S. A.; OTEGUI, M. E. **Ecofisiologia del cultivo de maíz**. Balcarce: La Barrosa, 1996. 292 p.

ANDRADE, F.H.; VEGA, C.; UHART, S.; CIRILO, A.; CANTARERO, M.; VALENTINUZ, O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.39, p. 453-459, 1999.

ANDRADE, F. H.; OTEGUI, M. E.; VEGA, C. R. C. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p. 92-97, 2000.

BALLARÉ, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.67, p. 149-160, 2000.

BASSETTI, P.; WESTGATE, M.E. Water deficit affects receptivity of maize of silks. **Crop Science**, Madison, v.33, p.279-282, 1993.

CLAASSEN, M.M.; SHAW, R.H. Water deficit effects on corn. II: Grain components. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, p.652-655, 1970.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento**. Brasília: Conab, 2009. 39 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento**. Brasília: Conab, 2010. 45 p.

COMISSÃO 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. Porto Alegre, 2004. 400p.

COX, W.J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p. 489-496, 1996.

DENMEAD, O.T.; SHAW, R.H. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, p.272-274, 1960.

DOEBLEY, J.; STEC, A.; HUBARD, L. The evolution of apical dominance in maize. **Nature**, v. 386, p. 485-488, 1997.

EDMEADES, G. O.; BOLANOS, J.; ELINGS, A.; RIBAUT, J. M.; BANZIGER, M. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In: WESTGATE, M. E. et. al.

Physiology and modelling kernel set in maize. **Crop Science Society of America**, Madison, WI, p.43-73. 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2000. 360p.

FAO, maio de 2010. **Crop Prospects and food situation**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/ak347e/ak347e00.pdf#page=4>> acessado em 16/06/2010.

GALLO, K.P.; DAUGHTRY, C.S.T. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.752-756, 1986.

ICEPA, **Informativo agropecuário**, Milho - Internacional, nacional e estadual - 30/04/2010, Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/>> acessado em: 16/06/2010.

KOBATA, T.; PALTA, J.A. TURNER, N.C. Rate of development of postanthesis water deficit and grain filling. **Crop Science**, Madison, v.33, p.1238-1242, 1992.

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

MAAS, E.V., LESCH, S.M., FRANCOIS, L.E., et al. Tiller development in salt-stressed wheat. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1594-1603, 1994.

MACHADO, A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Programa estatístico WinStat Sistema de Análise Estatístico para Windows**. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2002.

MADDONI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A.G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Fields Crop Research**, Amsterdam, v.71, p.183-193, 2001.

MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; XIMENES, P.A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos de milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.170-181, 2006.

MOULIA, B.; LOUP, C.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, J. M.; EDELIN, C. Dynamics of Architectural Development of Isolated Plants of Maize (*Zea mays* L.), in a Non-limiting Environment: The Branching Potential of Modern Maize. **Annals of Botany Company**, v.84 p. 645-656, 1999.

MONTGOMERY, E.G. **Correlation studies of corn**. Nebraska Agricultural Station Annual Report, Lincoln, v. 24, p.108-159, 1911.

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

NORMAN, J.M.; CAMPBELL, G.S. Canopy structure. In: PEARCY, R.W.; HLERINGER, J.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. (Eds.). **Plant physiological ecology: field methods and instrumentation**. London: Chapman and Hall, p. 301-326, 1980.

PETR, J; CERNY, V.; HRUSKA, L. Yield formation in cereals. In: PETR, J; CERNY, V.; HRUSKA, L. (Org.). **Yield formation in the main field crops**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p.72-153.

POMMEL, B.; BONHOMME, R. Variations in the vegetative and reproductive systems in individual plants of an heterogeneous maize crop. **Journal Agronomy**, Madison, v.8, p.39-49. 1998.

PRIOR, C. L.; RUSSELL, W. A. Yield performance of nonprolific and prolific maize hybrids at six plant densities. **Crop Science**, Madison, v.15, p.482-486, 1975.

RITCHIE, S.W. et al. **How a corn plant develops?** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

RAJCAN, I.; SWANTON, C. J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, p. 139-150, 2001.

SANGOI, L.; SALVADOR, R.J. Os primeiros passos na evolução do milho: um tema controvertido. **Universidade & Desenvolvimento**, Florianópolis, v.3, n.2, p.33-70, 1996.

SANGOI, L.; SALVADOR, R.J. Maize susceptibility to drought at flowering: a new approach to overcome the problem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, p.699-706, 1998.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfo-fisiológicas para a maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, p. 101-110, 2002.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C.G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3 , p. 263-271, 2007.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C. F.; PLETSCHE, A. J.; VIEIRA, J.; GATELLI, M. A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada dos perfilhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p325-331, 2009.

SCHMITT, A. **Perfilhamento em milho: processo benéfico ou prejudicial ao desenvolvimento da planta e ao rendimento de grãos?** 2008. 95f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina.

SCHUSSLER, J.R.; WESTGATE, M.E. Maize kernel set at low water potential. II: Sensitivity to reduced assimilates at pollination. **Crop Science**, Madison, v.31, p.1196-1203, 1991.

SCHUSSLER, J.R.; WESTGATE, M.E. Increasing assimilate reserve does not prevent kernel abortion at low water potential in maize. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1569-1576, 1994.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Fatores determinantes da escolha da densidade de plantas em milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, IV, 2003, Lages, SC. **Resumos Expandidos...** Lages: CAV-UDESC, 2003. p.25-29.

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: Evangraph, 2006. 64p.

SVECNJAK, Z.; VARGA, B.; BUTORAC, J. Yield components of apical and subapical ear contributing to the grain yield response of prolific maize at high and low plant populations. **J. Agronomy & Crop Science**, Madison, v.192. p.37-42, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Redwood City: B.Cummings, 2002. 476p.

TOKATLIDIS, I.S.; KOUTROUBAS, S.D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88. p. 103-114, 2004.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publication in climatology. **Laboratory of Climatology**, New Jersey, v.8, 1955. 104 p.

USDA junho de 2010. **Table 04 Corn Area, Yield, and Production**, Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=884&hidReportRetrievalTemplateID=1>>

VEGA, C. R. C.; ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 72, p.165-173, 2001.

WESTGATE, M.E.; FORCELLA, F.; REICOSKY, D.D.; SOMSEM, J. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: radiation-use efficiency and grain yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.49. p. 249-258, 1997.

WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. Carboidrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v.80, p.859-864, 1988.

ZANIN, C. G. **Área foliar, senescência e uniformidade de desenvolvimento na adaptação ao adensamento de plantas de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes**. Lages, 2007. 93p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC.

ZEKERIYA A. Effect of tiller removing and plant density on ear yield of sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.2, p.906-908, 2002.