

SERGIO ROBERTO ZOLDAN

**COBERTURA NITROGENADA E PERFILHAMENTO COMO
ESTRATÉGIAS PARA ATENUAR OS DANOS DA DESFOLHA DO
COLMO PRINCIPAL DO MILHO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências
Agroveterinárias da Universidade do Estado
de Santa Catarina (UDESC) como requisito
para obtenção do título de Mestre em
Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Ph.D. Luis Sangoi

LAGES 2010

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

Zoldan, Sergio Roberto
Cobertura nitrogenada e perfilhamento como estratégias
para atenuar os prejuízos danos da desfolha do colmo
principal do milho. / Sergio Roberto Zoldan. -- Lages,
2010.

66 p.

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

1. *Zea mays*. 2. Perfilhos. 3. Área foliar. 4. Nitrogênio.
5. Fenologia. 6. Injúria. I. Título.

CDD – 633.15

SERGIO ROBERTO ZOLDAN

**COBERTURA NITROGENADA E PERFILHAMENTO COMO
ESTRATÉGIAS PARA ATENUAR OS DANOS DA DESFOLHA DO
COLMO PRINCIPAL DO MILHO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) como requisito para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora

Ph.D. Luis Sangoi

Orientador – UDESC/ Lages-SC

Dr. Luciano Colpo Gatiboni

Coordenador PPGCA – UDESC/ Lages-SC

Dr. Ricardo Trezzi Casa

Coorientador – UDESC/Lages-SC

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias

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

Dr. Clóvis Arruda de Souza

Coorientador – UDESC/ Lages-SC

Ph.D. Paulo Régis Ferreira da Silva

Membro – UFRGS/ Porto Alegre-RS

Lages, 7 /12/2010

Aos meus amores Rosangela e Ana Carolina
Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Às minhas companheiras, Rosângela e Ana Carolina, principalmente pela compreensão da ausência neste período.

Ao professor Sangoi, pela competência, pelo caráter, e por ser “pai” de um grupo, que certamente o terá como espelho para o resto de suas vidas.

Aos colegas de mestrado: Cleber, o primeiro irmão, ao Vitor, o pesquisador nato, o Gilmar, um ser diferente, tão igual, pela amizade, companheirismo e auxílio no trabalho.

À Paula e ao Caio, pela amizade e companheirismo.

A todos que colaboraram na realização do trabalho de campo, em especial aos bolsistas, Alexandre, Anderson, Jefferson, Thiago, Mariana, Rodolfo, Francisco, Giovani e Eduardo, pois sem essa equipe não teríamos conseguido realizar o trabalho a contento.

À Epagri, pela possibilidade de realizar o mestrado e pela disponibilidade dos funcionários da Estação Experimental de Lages, em especial ao seu Airton, Nelson e Jeferson, que não mediram esforços para nos auxiliar quando necessitamos.

À Udesc.

Ao CNPq, Edital Agro Nº 43/2008, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

A todos os professores e colegas que contribuíram para o meu crescimento pessoal durante o período de mestrado.

Aos Meus pais, principalmente pelo empenho em nos possibilitar a formação.

Aos meus irmãos Paulo e Luciane, pelo apoio recebido e a Sandra pela compreensão, apoio e dedicação, principalmente neste período de mestrado.

RESUMO

ZOLDAN, Sergio. Roberto. **Cobertura nitrogenada e perfilhamento como estratégias para atenuar os danos da desfolha do colmo principal do milho.** 2010, 66 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal- Área: Fitotecnia) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2010.

A cultura do milho é sensível a estresses bióticos e abióticos. A redução de área foliar ocasionada pela desfolha é um tipo de estresse que frequentemente reduz o rendimento de grãos do milho, pois ela limita a sua capacidade de interceptação da radiação solar. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de averiguar se a cobertura nitrogenada e o perfilhamento são estratégias que podem atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha do colmo principal. Foram conduzidos dois experimentos no município de Lages, no estado de Santa Catarina, Brasil, durante o ano agrícola 2008/2009. O delineamento experimental dos ensaios foi de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas. O primeiro trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de nitrogênio na recuperação do milho submetido à desfolha em diferentes estádios de desenvolvimento. Testaram-se na parcela principal as épocas de desfolha: sem desfolha, desfolha em V8 (oito folhas expandidas), em V15 (quinze folhas expandidas) e em VT (pendoamento). Nas subparcelas, avaliaram-se quatro doses de nitrogênio: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹. O segundo experimento objetivou averiguar se os perfilhos podem reduzir os prejuízos ocasionados pela desfolha do colmo principal. Na parcela principal testou-se o destino dos perfilhos: remoção em V9 ou manutenção até a colheita. Nas subparcelas avaliaram-se os estádios de realização da desfolha: desfolha em V9, V15, VT e sem desfolha. Os experimentos foram implantados no sistema de semeadura direta, sobre uma cobertura morta de aveia preta. Utilizaram-se os híbridos AS1570 e P30F53 no primeiro e segundo ensaios, respectivamente. Em ambos os ensaios trabalhou-se com a densidade de 55.000 plantas ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. Avaliaram-se o rendimento de grãos e os componentes do rendimento. Os resultados obtidos no primeiro experimento mostraram que desfolhas realizadas em V8 não comprometem o rendimento de grãos do milho, independente da aplicação de N. A aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ em cobertura após a desfolha em V15 reduziu o estresse e permitiu a obtenção de rendimento similar ao das parcelas não desfolhadas. As desfolhas feitas no florescimento ocasionaram grande redução no rendimento de grãos do milho. Nesta fase, a aplicação do N não conseguiu minimizar os prejuízos ocasionados pela perda de área foliar. Os resultados do segundo experimento evidenciaram que, independentemente do estádio em que foi realizada, a desfolha promoveu decréscimos no rendimento de grãos, tanto na presença quanto na ausência dos perfilhos. A eliminação dos perfilhos não incrementou o rendimento de grãos do milho, demonstrando que estas estruturas não comprometeram o desenvolvimento da cultura. A manutenção dos perfilhos aumentou o rendimento de grãos quando o colmo principal foi desfolhado no florescimento. A cobertura nitrogenada e a manutenção dos perfilhos podem mitigar os prejuízos ocasionados pela desfolha no colmo principal, dependendo do estádio fenológico do milho em que ela for realizada.

Palavras-chave: *Zea mays*. Perfilhos. Área foliar. Nitrogênio. Fenologia. Injúria

ABSTRACT

ZOLDAN, Sergio. Roberto. **Nitrogen side dress and tillering as strategies to mitigate damages caused by maize main stem defoliation.** 2010, 66 f. Dissertation (Master in Plants Science - Área: Fitotecn)- Universidade do Estado de Santa Catarina. Graduation Program in Agrarian Sciences, Lages, 2010.

Maize is sensitive to biotic and abiotic stresses. The reduction of leaf area caused by defoliation is a kind of stress that often reduces maize grain yield because it limits solar radiation interception. This work was carried out aiming to evaluate whether nitrogen side-dress application and tillering are strategies that can mitigate the damages caused by maize main stem defoliation. Two experiments were conducted in Lages, SC, Brazil, during the 2008/2009 growing season. The experimental design was a randomized block arranged in split plots. The first study aimed to evaluate the effect of application of increasing levels of nitrogen in the recovery of maize subjected to defoliation at different growth stages. Four defoliation times were tested in the main plot: no defoliation and defoliations at V8 (eighth expanded leaves), V15 (fifteen expanded leaves) and VT (tasseling). Four nitrogen rates were assessed in the split-plots: 0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹. The second experiment aimed to assess if tillers may contribute to reduce damages to grain yield caused by main stem defoliation. Two tillers destinies were tested in the main plots: tillers removed at V9 and tillers maintained until harvesting. Four defoliation stages were imposed to the main stem in the split-plots: defoliation at V9, V15, VT and no defoliation. Both experiments were set in a no-tillage system in succession to black oat. Hybrids AS 1570 and P30F53 were used in the first and second experiment, respectively. A plant density of 55,000 pl ha⁻¹ and a row spacing of 70cm were used in both trials. The results of the first experiment showed that defoliation performed at V8 did not affect grain yield, regardless of the application of N. The application of 100 kg N ha⁻¹ after defoliation at V15 reduced stress and allowed the production of grain yield similar to that obtained in non-defoliated plots. The defoliation made at flowering caused a strong decrease in maize grain yield. At this stage, N application failed to minimize the damage caused by the loss of leaf area. Results of the second experiment showed that, regardless of growth stage, defoliation promoted decreases in grain yield, both in the presence or absence of tillers. The removal of tillers did not increase grain yield, demonstrating that these structures do not compromise maize development. The maintenance of tillers increased grain yield when the main stem was defoliated at flowering. Nitrogen side-dress application and maintenance of tillers can mitigate the damage caused by main stem defoliation, depending on the maize growth stage leaf loss occur.

Keywords: *Zea mays*. Tillering. Defoliation. Nitrogen. Phenology. Injury

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Vista geral das plantas quando a desfolha foi realizada em V8. Lages, SC, 2008/2009.....	25
Figura 2 -	Vista geral das plantas quando a desfolha foi realizada em V15. Lages, SC, 2008/2009.....	26
Figura 3 -	Vista geral das plantas quando a desfolha foi realizada em VT. Lages, SC, 2008/2009.....	26
Figura 4 -	Balanço hídrico da safra 2008/2009,, segundo metodologia proposta por Thorntwaite e Mather (1955), considerando uma capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC.....	27
Figura 5 -	Área foliar por planta remanescente no florescimento, em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio reaplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.....	30
Figura 6 -	Rendimento de grãos de milho em função da dose de nitrogênio reaplicada após a desfolha das plantas. Lages, SC, 2008/2009.....	35
Figura 7 -	Massa de mil grãos de milho em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio reaplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.....	37
Figura 8 -	Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em V15 e os perfilhos foram mantidos. Lages, SC, 2008/2009.....	47
Figura 9 -	Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em V15 e os perfilhos foram removidos. Lages, SC, 2008/2009.....	47
Figura 10 -	Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em VT e os perfilhos foram removidos. Lages, SC, 2008/2009.....	48
Figura 11 -	Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em VT e os perfilhos mantidos. Lages, SC, 2008/2009.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Temperatura média mensal do ar durante o período compreendido entre outubro de 2008 e abril de 2009. Lages, SC.....	28
Tabela 2 -	Área foliar remanescente no florescimento e percentagem de área foliar remanescente, na comparação com as parcelas sem desfolha, em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura., Lages, SC, 2008/2009.....	28
Tabela 3 -	Número de folhas verdes e senescidas no milho, em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.....	29
Tabela 4 -	Duração dos subperíodos fenológicos do milho em função do estágio de desfolha, na média de quatro doses de nitrogênio aplicadas na cobertura. Lages, SC, 2008/2009.....	31
Tabela 5 -	Rendimento grãos de milho em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.....	32
Tabela 6 -	Características agronômicas do milho em função do estágio de desfolha, na média de quatro doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, Lages, SC, 2008/2009.....	36
Tabela 7 -	Massa de mil grãos em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.....	36
Tabela 8 -	Eficiência agronômica do nitrogênio (EAN) ^{1/} em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.....	38
Tabela 9 -	Percentagem de plantas perfilhadas e número de perfilhos por planta em diferentes estádios fenológicos, em função do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.....	49
Tabela 10 -	Duração de três subperíodos de desenvolvimento do milho em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009.....	51

Tabela 11 - Folhas verdes e senescidas/removidas durante o espigamento do milho, em razão do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos, Lages, SC, 2008-2009.....	51
Tabela 12 - Estatura de planta e altura de inserção da espiga em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009.....	52
Tabela 13 - Percentagem de plantas quebradas, acamadas e com esterilidade feminina, em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos, Lages, SC, 2008/2009..	53
Tabela 14 - Rendimento total de grãos em função do destino dos perfilhos e do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.....	53
Tabela 15 - Rendimento de grãos do colmo principal em função do destino dos perfilhos, na média dos estádios de desfolha. Lages, SC, 2008/2009.....	54
Tabela 16 - Rendimento de grãos do colmo principal em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos destinos dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009.....	54
Tabela 17 - Rendimento de grãos dos perfilhos em função do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.....	55
Tabela 18 - Número de espigas por metro quadrado em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009.....	57
Tabela 19 - Número de grãos por espiga do colmo principal em função do destino dos perfilhos e do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.....	57
Tabela 20 - Massa de mil grãos do colmo principal em função do destino dos perfilhos e do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	11
2	APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA COMO ESTRATÉGIA PARA ATENUAR OS PREJUÍZOS DA DESFOLHA DO COLMO PRINCIPAL	16
2.1	RESUMO	16
2.1.1	Abstract	17
2.2	INTRODUÇÃO	17
2.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
2.4.1	Dados meteorológicos.....	27
2.4.2	Área foliar, número de folhas verdes e senescidas no espigamento.....	28
2.4.3	Fenologia.....	30
2.4.4	Rendimento de grãos e outras características agronômicas	31
2.5	CONCLUSÕES	38
3	PERFILHAMENTO COMO ESTRATÉGIA PARA ATENUAR OS PREJUÍZOS AO RENDIMENTO DE GRÃOS OCASIONADOS PELA DESFOLHA DO COLMO PRINCIPAL DO MILHO.....	39
3.1	RESUMO	39
3.1.1	Abstract	40
3.2	INTRODUÇÃO	40
3.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.4.1	Porcentagem de plantas perfilhadas e número de perfilhos por planta.....	49
3.4.2	Fenologia da cultura.....	50
3.4.3	Folhas verdes e senescidas	51
3.4.4	Estatura de planta e altura de inserção de espiga.....	52
3.4.5	Porcentagem de plantas acamadas, quebradas e esterilidade feminina.....	52
3.4.6	Rendimento de grãos.....	53
3.4.7	Componentes do rendimento	56
3.5	CONCLUSÕES	58
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO GERAL

Consumido pelos povos americanos desde cinco mil anos antes de Cristo, o milho foi o alimento básico de várias civilizações importantes ao longo dos séculos. Os Maias, Astecas e Incas reverenciavam o cereal na arte e religião e grande parte de suas atividades diárias eram ligadas ao seu cultivo (ABIMILHO, 2002).

Até 1492, ano do descobrimento da América, os europeus não tinham conhecimento da existência do milho. Em 1493, Cristóvão Colombo levou algumas sementes para a Europa e causou grande sensação entre os botânicos. Linneus, em sua classificação de gêneros e espécies, denominou-o de "*Zea mays*", do grego "*zeia*" (grão, cereal), em homenagem a um dos principais povos da América, os Maias. Atualmente, seu consumo abrange praticamente todas as partes do mundo.

Além de seu uso na alimentação, o milho serve também de matéria-prima para a fabricação de inúmeros produtos como óleos, cremes vegetais, bebidas e até combustíveis. É importante fonte energética para o ser humano. Ao contrário do trigo e do arroz, que são refinados durante processos de industrialização, conserva sua casca, que é rica em fibras, fundamental para a eliminação das toxinas do organismo humano. Além das fibras, o grão de milho é constituído de carboidratos, proteínas e vitaminas do complexo B e possui bom potencial calórico, sendo constituído de grandes quantidades de açúcares e gorduras. O milho contém vários sais minerais, como ferro, fósforo, potássio e zinco. Todavia é rico em ácido fítico, que dificulta a absorção destes. É utilizado na alimentação indireta, como ração animal, ou por meio do consumo humano direto. De acordo com Paes (2006), cerca de 4% do total da produção do milho, representando aproximadamente 1,6 milhão de toneladas, tem sido utilizada diretamente como alimento humano no Brasil.

O milho é a principal matéria-prima de vários pratos da culinária típica brasileira. Na indústria pode ser usado como componente para a fabricação de rebuçados, biscoitos, pães, chocolates, geléias, sorvetes e maionese. Aproximadamente 65% do milho produzido no país é utilizado na alimentação animal e 11% consumido pela indústria, na qual é muito utilizado na fabricação de elementos espessantes e colantes e na produção de óleos. Recentemente, a Europa e os EUA têm incentivado seu uso para produção de etanol, utilizado como aditivo na

gasolina para aumentar a octanagem. O uso do milho para produção de biocombustível pode encarecer sua utilização para a alimentação.

Conforme Peixoto (2002), a grande diversidade genética adquirida por milhares de anos de domesticação, seleção e melhoramento permite ao milho ampla adaptação de solo e de clima. Em virtude disso, é o cereal de maior cobertura geográfica do mundo, sendo cultivado desde o nível do mar até grandes altitudes e de regiões muito áridas até regiões tropicais.

Os maiores produtores de milho no mundo são os Estados Unidos, China, Brasil, México, França, Argentina e Índia. Os países asiáticos (Japão, Coreia e Taiwan), seguidos do México e do Egito, são os maiores importadores. A área de plantio de milho no Brasil oscila ano a ano. A produtividade desse cereal no país vem crescendo lentamente ano após ano. A produção passou de 20 a 25 milhões de toneladas, na década de 80, para 30 a 35 milhões nos anos 90, atingindo entre 50 e 58 milhões de toneladas nos últimos anos (CONAB, 2010a)

O milho é de significativa importância não só pela produção de uma cultura anual, mas também por todo o relacionamento que a cultura tem na produção agropecuária brasileira, tanto no que se refere a fatores econômicos quanto a fatores sociais. É um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil pela sua versatilidade de uso e desdobramentos de produção animal, como também pelo aspecto social.

A produção mundial de milho em 2008/09 foi de 792 milhões de toneladas, conforme dados do *United States Department of Agriculture* (USDA, 2010), o qual prevê para a safra de 2009/10 uma produção de, aproximadamente, 800 milhões de toneladas. A produção de milho do Brasil na safra 2008/09 ultrapassou 50,3 milhões de toneladas de grãos, provenientes do cultivo de uma área de 14,5 milhões de hectares (CONAB, 2009). O Brasil deverá, conforme o levantamento de julho de 2009 do USDA, ser o segundo exportador na atual safra, de acordo com dados da Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina, elaborado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2009). A previsão do USDA coloca a próxima safra brasileira como 9,1% maior do que a passada, em torno de 54 milhões de toneladas.

Santa Catarina foi o sétimo produtor brasileiro de milho na safra 2008/09. O estado produziu 3,6 milhões de toneladas, em 686,5 mil hectares (CONAB, 2010b). O rendimento médio da safra catarinense desse período foi o quarto maior do país, totalizando 5.200 kg ha⁻¹. Entretanto, a produção do estado não atende à sua demanda. No oeste, concentra-se a maior produção de milho, quase toda absorvida pela suinocultura e avicultura local. Nessa região, há um déficit de produção, resolvido com a compra do produto em outras regiões do estado e

com a importação de outros estados e da Argentina. Na safra 2002/03, ocorreu a maior produção, a maior área e um rendimento adequado para a tecnologia da época. Esse rendimento cresceu nas safras de 2006/07 e de 2008/09 e voltará a crescer na de 2009/10, a qual é muito significativa, pois haverá a retomada do crescimento da produtividade, que será a maior registrada (RODIGHERI, 2009). Houve redução na área de plantio de 11,6% na safra 2009/10, em relação à safra anterior. Apesar da redução da área colhida, a produção deverá crescer 5,45% e chegar a 3,443 milhões de toneladas. A produtividade estimada pela Conab é de 5.835 kg ha⁻¹. Será o recorde de produtividade e representará a retomada do crescimento do rendimento de milho no estado. A Epagri coletou informações posteriormente, as quais evidenciam que, em razão do estado das lavouras, a produtividade poderá ser ainda maior do que a estimada pela CONAB (RODIGHERI, 2010).

Os fatores culturais relacionados ao manejo adotado por produtores e a ocorrência de estresses ocasionados por agentes bióticos e abióticos tem limitado o potencial produtivo da lavoura de milho em diversas regiões produtoras.

Os estresses são causados por pragas, patógenos e plantas daninhas. Os estresses abióticos podem ser nutricionais (salinidade, acúmulo de metais pesados, fitotoxicidade de produtos químicos, entre outros) e ambientais, causados pelas condições climáticas como o encharcamento do solo, a restrição hídrica, o excesso de luz, as temperaturas extremas, os ventos, as precipitações fortes, ocorrência de granizo. Os fatores ambientais são prejudiciais às plantas no que se refere ao crescimento, desenvolvimento, metabolismo, acúmulo de biomassa e ao rendimento.

O cultivo do milho precisa ser planejado adequadamente e manejado com critério, a fim de que tenha a possibilidade de manifestar a sua capacidade produtiva, uma vez que apresenta acentuada sensibilidade aos fatores bióticos e abióticos, pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e limitada capacidade de compensação de espaços (ANDRADE, 1995; SANGOI et al., 2007a).

A cultura do milho é uma das mais eficientes na conversão de energia radiante em produção de biomassa, em virtude do seu mecanismo C4 de fixação de CO₂ e da área foliar exuberante, que pode suplantar 6.000 cm² na floração. Sua produtividade, se comparada com outras culturas de interesse econômico, é uma das mais elevadas entre os cereais produzidos no mundo. Contudo, apesar da cultura apresentar um potencial produtivo elevado, isso não está sendo bem explorado no Brasil. Para expressar todo o seu potencial, o milho precisa estar em condições de otimização de ambiente em relação às condições do solo, fertilidade, clima,

espaçamento, ataque de pragas, doenças e injúrias. Se houver estresse, haverá redução na produtividade, alterando, inclusive, o potencial fisiológico da planta.

A redução da área foliar ocasionada por agentes bióticos e abióticos limita a interceptação da radiação solar pela cultura do milho, diminuindo, com isso, a sua produtividade. As desfolhas ocasionadas por granizo e pelo ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) são dois tipos de estresse comumente observados no Brasil que se constituem num problema de ordem econômica, reduzindo a produtividade. Outro fator que tem suscitado muitos questionamentos é o perfilhamento do milho em ambientes de recursos limitados. Nestes casos, a competição entre colmos tem sido considerada negativa à planta, uma vez que geralmente os perfilhos não produzem espigas.

Em Santa Catarina, onde o milho é de vital importância, há poucos relatos quantificando os prejuízos ocasionados pela desfolha ocorrida em diferentes estádios da cultura. Também poucas foram as buscas por alternativas para minimizar a perda de rendimento induzida pela redução da área foliar. Uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos do milho e minimizar o déficit anual desse cereal verificado no estado, é reduzir o efeito negativo ocasionado pelas desfolhas nas plantas originadas pela incidência de granizo e pelo ataque da lagarta-do-cartucho. A adubação nitrogenada de cobertura surge como alternativa para estimular a regeneração de área foliar da cultura do milho quando esta é prejudicada por esses dois eventos. Em relação ao perfilhamento, recentemente foram disponibilizados alguns híbridos com alto potencial produtivo e elevada capacidade de produção de perfilhos férteis em baixas densidades. Esses híbridos têm maior área foliar do que os que concentram toda a energia da planta em um único colmo. Dessa forma, os perfilhos podem atenuar como supridores de fotoassimilados em situações de deficiência da fonte causadas pela desfolha do colmo principal.

A análise do efeito da aplicação do nitrogênio e da contribuição dos perfilhos como supridores de fotoassimilados ao colmo principal após a ocorrência de desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho é muito importante, pois pode ser uma estratégia de manejo efetiva para atenuar as perdas de produtividade ocasionadas por eventos adversos como o granizo e a lagarta-do-cartucho. Assim, ela pode contribuir para elevar a produtividade do milho em Santa Catarina, diminuindo o déficit anual de grãos no estado.

Em virtude disso, realizou-se este trabalho de pesquisa que teve como objetivo geral identificar estratégias que possam minimizar os efeitos da perda de área foliar da cultura em diferentes estádios fenológicos do seu ciclo. O primeiro capítulo aborda a recuperação do milho submetido à desfolha, pela aplicação da adubação nitrogenada em cobertura. O segundo

capítulo analisa a possibilidade dos perfilhos mitigarem os prejuízos ao rendimento do milho ocasionados pela desfolha do colmo principal.

2 APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA COMO ESTRATÉGIA PARA ATENUAR OS PREJUÍZOS DA DESFOLHA DO COLMO PRINCIPAL (NITROGEN SIDE DRESS AS A STRATEGIES TO MITIGATE THE DAMAGE CAUSED BY MAIZE MAIN STEM DEFOLIATION)

2.1 RESUMO

O milho é sensível a redução de área foliar que pode reduzir a produtividade, principalmente se ocorrer próximo do florescimento da cultura. Por estimular a divisão celular e a expansão foliar, o nitrogênio pode auxiliar a atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha. Este experimento teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de nitrogênio na recuperação do milho submetido à desfolha em diferentes estádios de desenvolvimento. O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante o ano agrícola de 2008/2009. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas. Testaram-se na parcela principal as épocas de desfolha: sem desfolha, desfolha em V8 (oitofolhas expandidas), desfolha em V15 (quinze folhas expandidas) e desfolha em VT (espigamento). Nas subparcelas, avaliaram-se quatro doses de nitrogênio: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹. O ensaio foi implantado em 8/11/2008, no sistema de semeadura direta, sobre uma cobertura morta de aveia preta. O híbrido utilizado foi o AS1570, na densidade de 55.000 pl ha⁻¹ e espaçamento entre linhas de 0,7m. Avaliaram-se a área foliar remanescente no florescimento e o rendimento de grãos. Desfolhas realizadas em V8 não comprometeram a área foliar da cultura no florescimento e o rendimento de grãos, independente da dose de N aplicada. A aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ em cobertura após a desfolha em V15 reduziu o estresse e permitiu a obtenção de rendimento similar ao das parcelas não desfolhadas. As desfolhas no florescimento ocasionaram redução no rendimento de grãos do milho. Nesta fase, a aplicação do N não conseguiu minimizar os prejuízos ocasionados pela perda de área foliar. A cobertura nitrogenada pode minimizar o estresse ocasionado pela desfolha, dependendo da época em que esta ocorrer e da dose de N aplicada após a perda de área foliar.

Palavras-chave: *Zea mays*. Área foliar. Cobertura nitrogenada. Estresse. Injúria Foliar.

2.1.1 Abstract

Maize is susceptible to leaf area reduction which can decrease grain yield, mainly when it hits the crop close to flowering. Nitrogen can help to attenuate damages caused by defoliation because it stimulates cellular division and leaf expansion. This experiment had the objective of evaluating the effect of increasing rates of nitrogen side-dress in the recovery of maize submitted to defoliation at different growth stages. The experiment was carried out in Lages, SC, Brazil, during the 2008/2009 growing season. The experimental design was a randomized block disposed in split plots. Four defoliation times were tested in the main plots: defoliations in V8 (eight expanded leaves), V15 (fifteen expanded leaves), VT (tessels) and no defoliation. Four nitrogen rates were assessed in the split-plots: 0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹. The experiment was sown on 11/08/2008, under no-tillage, in succession to black oat. Hybrid AS 1570 was used with a plant density of 55,000 pl ha⁻¹ and a row spacing of 0,70m. Leaf area at flowering and grain yield were determined. Defoliation performed at V8 did not affect leaf area at flowering and grain yield, regardless of the application of N. The application of 100 kg N ha⁻¹ after defoliation at V15 reduced stress and allowed the production of grain yield similar to that obtained in non-defoliated plots. The defoliation made at flowering caused a strong decrease in maize grain yield. At this stage, N application failed to minimize the damage caused by the loss of leaf area. Nitrogen side-dress can help to mitigate the stress caused by leaf area reduction, depending on the time defoliation occurs and on the rate of N applied thereafter.

Keywords: Zea mays. Leaf area. Nitrogen side-dress. Stresse. Foliar injury

2.2 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das mais eficientes na conversão de energia radiante em produção de biomassa, em virtude do seu mecanismo C4 de fixação de CO₂ e da área foliar exuberante, que pode suplantar 6.000 cm² na floração (SANGOI et al., 2010). Todavia, se houver estresse, haverá redução na produtividade, alterando o potencial fisiológico da planta. A redução da área foliar ocasionada por agentes bióticos e abióticos limita a interceptação da radiação solar pelo milho, diminuindo assim a sua produtividade. As desfolhas podem ocorrer em virtude da incidência de lagartas, principalmente a do cartucho, e de granizo. Estes agentes diminuem a área foliar, resultando em menor superfície fotossinteticamente ativa. A magnitude das perdas no rendimento de grãos depende da incidência e da intensidade de

ataque das lagartas ou da intensidade do granizo. As perdas ocorridas pela desfolha normalmente não são quantificadas pelos produtores.

A lagarta do cartucho é a principal praga da parte aérea da cultura do milho. É um dos fatores de redução da produtividade, pois gera desfolha da cultura, podendo, posteriormente, atacar a espiga. Seus danos em anos de estiagem são maiores do que nos anos com chuvas regulares. A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) pode acarretar danos à cultura do milho desde a sua emergência. Ela ataca o cartucho da planta podendo destruí-lo. Ela é uma praga desfolhadora de importância econômica, a qual provoca perdas na produção estimadas em 34% (GRÜTZMACHER et al., 1999). As plantas infestadas com essas lagartas aos 15 e 30 dias após a emergência da cultura podem recuperar parcialmente a folhagem, mas com redução na produtividade de grãos. Lima (2006), ao testar acessos de milho, verificou que a área foliar ingerida por essas lagartas diferiu significativamente entre os acessos atestados, o que evidencia que o tipo de cultivar influencia no consumo foliar das lagartas.

O granizo é uma forma de precipitação composta por pedras de gelo, formada pelo choque térmico entre as gotas de água que atravessam uma camada de ar frio. É um dos agentes abióticos mais prejudiciais às plantas. Sua frequência e intensidade são variáveis, podendo ser forte o suficiente para destruir culturas e provocar danos a residências, a automóveis e até mesmo matar animais. O granizo é prejudicial para a produtividade de grãos e de silagem, provoca a redução de estande, injúrias nos colmos e a desfolha.

As desfolhas ocasionadas por granizo e pelo ataque da lagarta-do-cartucho são dois tipos de estresse comumente observados em Santa Catarina, como em outros estados do país. Eles constituem um problema de ordem econômica, uma vez que reduzem a produtividade.

Como a expansão da área cultivada com milho em Santa Catarina é limitada, torna-se importante elevar os índices de produtividade. Os baixos rendimentos da cultura ocasionados pela pequena utilização da tecnologia existente se refletem no déficit catarinense de grãos. Estes estão associados a condições climáticas adversas, as quais vêm ocorrendo com maior frequência nos últimos anos, obrigando os produtores de suínos e aves a adquirir esse produto de outros estados ou países. Consequentemente, isso gera um custo de produção mais elevado, diminuindo os lucros dos produtores e tornando-os menos competitivos no mercado.

Uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos do milho e minimizar o déficit catarinense anual desse cereal é reduzir o efeito negativo ocasionado pelas desfolhas nas plantas originadas pela incidência de granizo e pelo ataque da lagarta-do-cartucho. A adubação nitrogenada em cobertura surge como alternativa para estimular a regeneração de área foliar da cultura do milho quando esta é prejudicada por esses dois eventos.

O nitrogênio (N) é o nutriente mais absorvido pela cultura do milho e o que tem mais impacto na sua produtividade. Como atua diretamente nos meristemas da planta, estimulando a divisão celular, o nitrogênio pode auxiliar na regeneração da área foliar danificada por ser constituinte de proteínas e aminoácidos importantes no processo de divisão celular. A deficiência de N reduz o crescimento da parte aérea, sobretudo das folhas. De acordo com Sangoi et al. (2007a), em virtude da aplicação de nitrogênio, a planta apresenta maior crescimento vegetativo. Aita et al. (2001) reportaram que há relação direta entre as taxas fotossintéticas e de crescimento da área foliar com os teores de N nas folhas. Esse efeito benéfico dependerá do estágio de ocorrência da desfolha e do tipo de cultivar utilizado.

A adubação nitrogenada em cobertura é de amplo uso nas lavouras, porque o N é o nutriente mais absorvido pela planta e que tem maior impacto no rendimento de grãos de milho. Portanto, essa prática pode ser usada como estratégia para mitigar estresses ocasionados pela redução do aparato fotossintético, por intermédio do estímulo à regeneração foliar, ou por meio do aumento na eficiência fotossintética, podendo proporcionar a redução do efeito inibitório da desfolha.

O papel do N é exercido por intermédio da sua participação nos compostos nitrogenados. Ele é o maior responsável pela vegetação, interferindo no índice de área foliar e na produção de gemas floríferas. Seu fornecimento adequado pelo solo ou pela fertilização melhora a qualidade dos produtos agrícolas. Contudo, seu excesso também pode ser prejudicial (MALAVOLTA, 2006).

A demanda interna de N depende de fatores climáticos e pode variar entre híbridos (WIETHÖLTER, 2000). A quantidade de N necessária para produzir uma tonelada pode variar, pois, em situações de deficiência do nutriente, uma pequena quantidade de N aplicado ($\sim 10 \text{ kg N ha}^{-1}$) tem a possibilidade de aumentar o rendimento em uma tonelada de grãos. A quantificação da adubação nitrogenada utilizada dependerá do rendimento almejado, da variedade ou híbrido utilizado, do solo, do clima, da cultura, da adubação anteriormente utilizada e do nível de tecnologia (DOURADO-NETO e FANCELLI, 2004).

O nitrogênio é um elemento altamente instável no solo, perdendo-se com facilidade por lixiviação, volatilização e denitrificação (ERNANI, 2003). A demanda por nitrogênio do milho nas fases iniciais do seu ciclo é pequena. Da quantidade total requerida pela cultura, apenas 5% a 10% são absorvidas até a diferenciação do primórdio floral masculino (SANGOI et al., 2007a). Em virtude disso, a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004) recomenda que a maior parte do fertilizante seja aplicada em cobertura.

Vários trabalhos analisaram os efeitos da época de aplicação do nitrogênio na cultura do milho. A maioria deles aponta que a cultura é responsiva à aplicação dele até a oitava folha. Esse é o período em que o potencial produtivo da cultura começa a ser determinado, pois tem início no desenvolvimento das inflorescências (RITCHIE et al., 1993).

De maneira geral, o parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura é necessário quando a cultura for instalada em solos com teor de argila inferior a 30%, quando a época for favorável à lixiviação (período chuvoso) e quando a quantidade de nitrogênio a ser utilizada for superior a 100 kg ha⁻¹ (SANGOI et al., 2007a).

Coberturas nitrogenadas feitas após oito folhas expandidas, em geral, não são recomendadas para a cultura do milho, por serem menos efetivas agronomicamente e mais difíceis de serem feitas de forma mecânica. Entretanto, se houver queda de granizo, a cultura poderá responder a coberturas nitrogenadas feitas mais tardiamente. Silva et al. (2005a) constataram que alguns híbridos contemporâneos de milho responderam a coberturas nitrogenadas feitas no emborrachamento e florescimento, sobretudo em situações nas quais ocorreram deficiências de N na fase vegetativa e em lavouras com alto potencial de rendimento – áreas irrigadas, com alta densidade de plantas e outros nutrientes não-limitantes. Esses autores enfatizam, no entanto, que coberturas nitrogenadas tardias são medidas emergenciais para atenuar algum tipo de estresse ocorrido durante as fases iniciais do ciclo como, por exemplo, a desfolha ocasionada por granizo ou ataque de lagarta-do-cartucho. Nesses casos, o efeito tônico do nitrogênio pode estimular a recuperação de parte da produtividade que se julgava perdida pela redução da área foliar.

Segundo Dourado-Neto e Fancelli (2004), a destruição total das folhas expostas quando o milho possui oito folhas expandidas, mediante a ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas, doenças ou outros agentes acarretarão quedas na produção de 10% a 20%. Quando a planta estiver com quatro folhas totalmente desdobradas, os efeitos da baixa temperatura causados por geadas ou mesmo pela ocorrência de granizo promovem pequena redução na produção, em virtude de não ocasionarem prejuízos ao meristema apical. Já a retirada de folhas superiores das plantas do milho quando a cultura apresenta 50% das panículas em fase de polinização ocasiona queda significativa na produção, em razão da redução do peso das espigas, redução do peso dos grãos e encurtamento do período de enchimento de grãos. Esse estresse afeta também a qualidade fisiológica das sementes. Esses dados permitem demonstrar que, quanto maior o número de folhas expandidas no momento da desfolha, maiores serão os prejuízos no rendimento da cultura. Portanto, a ocorrência de estresse em estádios reprodutivos pode ser prejudicial ao rendimento, uma vez que reduzirá a

polinização e a fertilização dos óvulos, fazendo com que diminuam o tamanho da espiga, o número e a massa dos grãos.

O estágio de desenvolvimento em que ocorre a perda das folhas e a área foliar removida são fatores significativos aos efeitos da desfolha sobre o rendimento de grãos do milho. Os efeitos sobre o rendimento de grãos, quando ocorrem desfolhas parciais, dependerão de quais folhas foram removidas, pois as folhas acima da espiga podem ser suficientes para o enchimento dos grãos. Já a remoção de todas as folhas abaixo da espiga ou somente da folha da espiga no espigamento propiciou redução no rendimento de grãos de um híbrido convencional. O número de grãos por espiga e a massa seca dos grãos são reduzidos quando todas as folhas acima da espiga são removidas. A perda de área foliar é mais prejudicial ao rendimento de grãos nos estádios do pendramento e espigamento. Nesta fase, a perda total da área foliar provoca decréscimos no rendimento que podem chegar a 100%, uma vez que o milho é uma planta de crescimento determinado (VASSILAS e SEIF, 1985). Isso significa que, caso as folhas expostas sejam danificadas, não haverá mais folhas novas a emergir, e também porque, se antes do enchimento de grãos ocorre perda da área foliar, haverá menor área foliar para interceptar a radiação necessária para o enchimento de grãos.

Com o intuito de se diminuir perdas na produtividade e na qualidade do milho provocadas pela desfolha, é imprescindível que se procure maneiras que possibilitem minimizar os efeitos prejudiciais causados à planta. A aplicação de adubação nitrogenada em cobertura pode ser uma alternativa viável, pois pode atuar na taxa fotossintética e na regeneração da área foliar, em razão de seus componentes – proteínas, aminoácidos, enzimas e ácidos nucleicos – influenciarem decisivamente no processo de divisão celular (AITA et al., 2001).

Para determinar corretamente as perdas no rendimento ocorridas pela desfolha, é importante avaliar, por intermédio de simulação, o estágio de desenvolvimento da lavoura e a porcentagem de área foliar removida da planta. Com base nesses dados, pode-se analisar a melhor prática a ser adotada na cultura do milho, já que este responde muito bem à aplicação de fertilizantes, sobretudo nitrogenados. A incógnita de se aplicar nitrogênio após a desfolha é um desafio a ser resolvido na cultura do milho.

A análise do efeito da aplicação do nitrogênio após a ocorrência de desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho é muito importante, pois pode ser uma estratégia de manejo efetiva para atenuar as perdas de produtividade ocasionadas por eventos como o granizo e a lagarta-do-cartucho e, com isso, contribuir para elevar a produtividade do milho no estado, diminuindo o déficit anual de grãos.

Sendo assim, conduziu-se este trabalho que teve dois objetivos específicos: identificar a dose de nitrogênio mais eficiente para regenerar a área foliar e diminuir os prejuízos ocasionados pela desfolha ao rendimento de grãos; avaliar em que estágio de desenvolvimento o nitrogênio é mais eficaz para mitigar os prejuízos ocasionados pela desfolha.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido a campo, no distrito de Santa Terezinha do Salto, que faz parte do município de Lages, localizado 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. A altitude no local é de 849 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Köpen, é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperatura média do mês mais quente inferiores a 22° C, com precipitações pluviais bem distribuídas.

O solo na área experimental é um Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo a análise de solos, realizada em setembro de 2008, a área experimental apresentava as seguintes características: 420 g kg⁻¹ de argila; 51,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica; pH H₂O 5,5; índice SMP 5,7; 5 mg dm⁻³ de P; 0,50 cmol_c kg⁻¹ de K; 5,9 cmol_c kg⁻¹ de Ca; 2,8 cmol_c kg⁻¹ de Mg; 0,3 cmol_c kg⁻¹ de Al; 15,3 cmol_c kg⁻¹ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal, testaram-se as épocas de desfolha: sem desfolha, desfolha em V8 (oito folhas expandidas), desfolha em V15 (quinze folhas expandidas) e desfolha em VT (pendoamento), conforme escala proposta por Ritchie et al. (1993). Nas subparcelas, avaliaram-se quatro doses de nitrogênio: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹. As subparcelas foram constituídas por quatro linhas de seis metros de comprimento. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento. A lâmina de todas as folhas com colar visível foi removida manualmente, em cada estágio fenológico. A cobertura nitrogenada foi realizada imediatamente após a remoção das folhas.

Para cobertura de inverno foi semeada, em maio de 2008, aveia preta (*Avena strigosa*, Scheib), utilizando-se 170 kg ha⁻¹ de sementes. A aveia preta produziu 5600 kg ha⁻¹ de massa seca no momento da dessecação, realizada no mês de setembro de 2008.

O experimento foi implantado em 8 de novembro de 2008, no sistema de semeadura direta, sobre a cobertura morta de aveia preta. A semeadura foi realizada com semeadoras manuais, utilizando-se três sementes por cova do híbrido AS1570, com 70 cm de

espaçamento entre as linhas. A emergência da cultura ocorreu no dia 16 de novembro. Quando as plantas estavam com três folhas expandidas, procedeu-se o desbaste a fim de obter uma população de 55.000 pl.ha⁻¹. Realizou-se uma cobertura nitrogenada em todo ensaio quando a cultura apresentava quatro folhas expandidas (V4), aplicando-se 50 kg ha⁻¹ de N.

As sementes foram tratadas com inseticida à base de imidacloprid+tiocarbe (45 + 186 g de ingrediente ativo por hectare), objetivando controlar pragas de solo que pudessem prejudicar a emergência da cultura.

A adubação de manutenção foi realizada no dia da semeadura, com nitrogênio, fósforo e potássio. As doses aplicadas foram baseadas na análise de solos e nas recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004), para uma expectativa de rendimento de 12000 kg ha⁻¹. Foram utilizados 245 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 110 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N. As fontes desses nutrientes foram o superfosfato triplo, o cloreto de potássio e a ureia. Os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo, sobre linha de semeadura.

A adubação de cobertura foi efetuada quando as plantas estavam em V5 (cinco folhas totalmente expandidas), com 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio, aplicados a uma distância de 20 centímetros das plantas. A aplicação de nitrogênio foi efetuada de forma análoga, quando as plantas estavam nos estádios V8, V15 e VT, nas dosagens pré-determinadas para cada tratamento. A fonte de N utilizada nas duas aplicações de N foi a ureia.

O controle das plantas invasoras foi efetuado utilizando dois herbicidas. Em pré-emergência, logo após a semeadura, aplicou-se uma mistura de atrazina e s-metolaclor (1480 + 1160 g de i.a. ha⁻¹). Em pós-emergência, foi utilizado o herbicida tembotrione (100 g de i.a. ha⁻¹), quando as plantas estavam em V4.

O controle da lagarta-do-cartucho foi efetuado após a detecção dos sinais de sua presença na cultura, tendo sido efetuadas duas pulverizações com jato dirigido, a primeira com triflumuron (24 g de i.a. ha⁻¹) e a segunda com lufenuron (15 g de i.a. ha⁻¹).

A mensuração da área foliar foi efetuada em cinco plantas pré-selecionadas, na segunda linha de cada tratamento. Quando estas estavam em estágio V4, foram marcadas com tinta preta para serem acompanhadas até o final das medições. Foram marcadas a quarta, a oitava, a décima segunda e a décima sexta folha. Em cada época de desfolha, mediu-se a área foliar removida. Durante o florescimento, mediu-se a área foliar remanescente. Para todas as avaliações de área foliar foram medidos o comprimento (C) e

a máxima largura (L) das folhas fotossinteticamente ativas, multiplicado o resultado por 0,75, de acordo com a metodologia descrita por Tollenaar (1992).

A estatura das plantas e a altura da inserção das espigas foram medidas quando a cultura estava no estágio R2, segundo a escala de Ritchie et al (1993), medindo-se respectivamente a distância entre o nível do solo e a extremidade do pendão e a distância entre o nível do solo a inserção da espiga superior da planta. Foram efetuadas outras avaliações como a percentagem de plantas acamadas (plantas com uma inclinação maior que 45 graus em relação ao solo), quebradas, sem espigas e o número de espigas produtivas por planta .

A colheita foi feita manualmente, na primeira semana de maio. Foram colhidas as duas linhas centrais de cada subparcela, excetuando-se 0,5m na extremidade de cada linha. Ela foi efetuada no momento em que todas as folhas das plantas estavam senescentes e a umidade dos grãos estava entre 18% a 22%. Determinaram-se o rendimento de grãos e os componentes de rendimento. Após a colheita, foi efetuada a trilha dos grãos com uma trilhadeira estacionária e os grãos foram secos em estufa, com ventilação, à temperatura de aproximadamente 65 graus centígrados, até que a massa se tornasse constante. Os pesos obtidos foram convertidos para um hectare e expressos na umidade padrão de 130 g kg⁻¹. De cada subparcela foi retirada uma subamostra de 400 grãos e pesada. O valor obtido foi multiplicado por 2,5 e convertido para 130 g kg⁻¹ de umidade, expressando, assim, a massa de 1.000 grãos.

O número de grãos por espiga foi determinado indiretamente, de acordo com o peso de 100 grãos, peso total de grãos e número de espigas colhidas em cada unidade experimental. O número de grãos produzidos por área (m²) foi estimado com base no número de espigas por planta, no número de grãos por espiga e na densidade de plantas.

A eficiência agrônômica do nitrogênio foi determinada utilizando a seguinte equação: $EAN = (\text{rendimento tratamento com N} - \text{rendimento tratamento sem N}) / \text{dose de N}$.

Os dados pluviométricos foram coletados na Estação Meteorológica da Epagri, no município de Lages, localizada a 15 km da área experimental. Eles foram utilizados para o cálculo do balanço hídrico da estação de crescimento da cultura, entre outubro de 2008 e abril de 2009. O modelo utilizado foi o de Thornthwaite e Mather, descrito por Tomasella e Rossato (2005). Considerou-se uma capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm para o cálculo do balanço hídrico. Para acompanhamento da precipitação, foram instalados três pluviômetros na área experimental, que eram constantemente vistoriados e anotados os valores das precipitações ocorridas na área.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância. Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível

de significância de 5%. Quando alcançada significância estatística, as médias de cada tratamento foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5% para os fatores qualitativos e análise de regressão para os fatores quantitativos. A visualização da desfolha das plantas nos respectivos estádios fenológicos pode ser observada nas Figuras 1, 2 e 3.



Figura 1 - Vista geral das plantas quando a desfolha foi realizada em V8. Lages, SC, 2008-2009



Figura 2 - Vista geral das plantas quando a desfolha foi realizada em V15. Lages, SC, 2008-2009

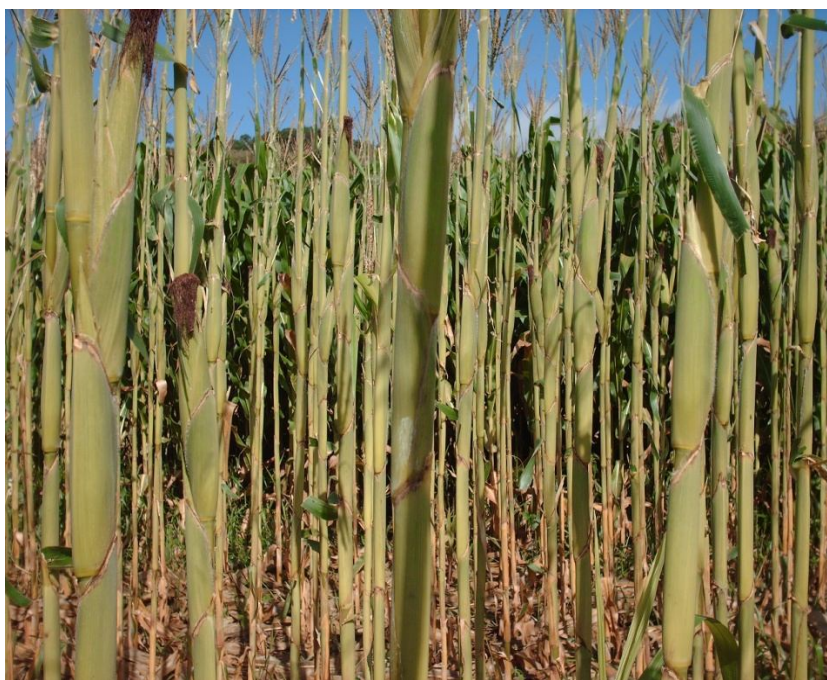


Figura 3 - Vista geral das plantas quando a desfolha foi realizada em VT. Lages, SC, 2008-2009

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Dados meteorológicos

Os registros pluviométricos da safra 2008/2009 demonstram que houve excesso hídrico, superior a 30 mm, no início do desenvolvimento da cultura (Figura 4). Na fase vegetativa, as precipitações foram bem distribuídas. Entre meados de janeiro e o início de fevereiro houve uma deficiência hídrica de 22 mm. Essa falta de precipitação coincidiu com os períodos de florescimento e início de enchimento de grãos. A primeira aplicação de nitrogênio feita em todas as parcelas foi efetuada quando a cultura estava em V4. Logo após a distribuição do fertilizante houve uma precipitação superior a 50 mm, o que pode ter lixiviado parte do nitrogênio aplicado.

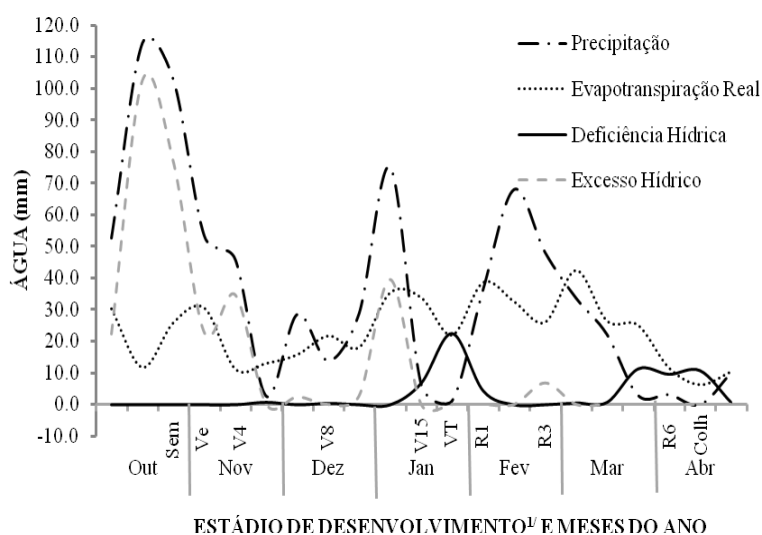


Figura 4 - Balanço hídrico da safra 2008-2009 durante o desenvolvimento do milho, segundo metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), considerando uma capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm, Lages, SC.

^{1/} Conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie et al. (1993).

Durante o período de desenvolvimento da cultura do milho, compreendido entre outubro e março, a temperatura média mensal foi idêntica à média histórica da região (Tabela 1), oscilando entre 16,3°C (outubro) e 21,1°C (fevereiro). As temperaturas mais elevadas ocorreram nos períodos de florescimento e enchimento de grãos, entre o final de janeiro e início de março.

Tabela 1 - Temperatura média mensal do ar durante o período compreendido entre outubro de 2008 e abril de 2009. Lages, SC.

Período	Meses do ano							Média do período
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	
	Temperatura média do ar (°C)							
Média entre 1976/2008 ^{1/}	16,1	17,7	19,5	20,4	20,3	19,2	16,4	18,5
Estação de crescimento 2008/09 ^{2/}	16,3	17,6	19,8	19,1	21,1	20,1	15,4	18,5

^{1/}Dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. – EPAGRI; Centro integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina – CLIMERH; Estação Agrometeorológica de Lages-SC.

^{2/}Dados coletados na estação meteorológica do Centro de Ciências Agroveterinárias CAV/UDESC, Lages-SC.

2.4.2 Área foliar por planta, número de folhas verdes e senescidas no espigamento

A área foliar remanescente no florescimento foi afetada pela interação entre o estágio do milho em que ocorreu a desfolha e a dose de N reaplicada em cobertura (Tabela 2). A desfolha realizada em V8 não reduziu a área foliar em relação às subparcelas não desfolhadas, independentemente da dose de N aplicada. A área foliar removida pela desfolha em V8 foi de 675 cm² por planta. Considerando-se as médias das plantas não desfolhadas das plantas desfolhadas em V8 e das quatro doses de N, a área foliar do milho no florescimento foi de 8.940 cm² planta⁻¹, equivalente a um IAF superior a 4,9. Os valores de área foliar e IAF obtidos na floração nas subparcelas não desfolhadas ou desfolhadas em V8 estão dentro da faixa ótima para rendimentos elevados reportada por Andrade et al. (1996) e Fancelli e Dourado Neto (2000).

Tabela 2 - Área foliar remanescente no espigamento e percentagem de área foliar remanescente no milho, em relação às subparcelas sem desfolha, em função dos estádios de desfolha e das doses de N aplicadas em cobertura. Lages, SC, 2008-2009

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Estádios de desfolha ^{2/}			
	Sem desfolha	V8	V15	VT
	Área foliar no espigamento (cm ² planta ⁻¹) ^{3/}			
0	7.369 a ^{1/}	8.309 a	5.060 b	0,0 c
50	8.626 a	9.337 a	5.919 b	0,0 c
100	9.431 a	9.696 a	5.173 b	0,0 c
200	9.520 a	9.236 a	5.128 b	0,0 c
	Área foliar planta ⁻¹ (%) ^{4/}			
0	100,0 a ^{1/}	112,6 a	68,8 b	0,0 c
50	100,0 a	108,8 a	69,0 b	0,0 c
100	100,0 a	103,8 a	55,1 b	0,0 c
200	100,0 a	98,7 a	54,3 b	0,0 c

^{1/}Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{2/}V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{3/}CV = 10,7%.

^{4/}CV = 10,9%.

A ausência de diferença entre a área foliar nas subparcelas desfolhadas em V8 e naquelas não desfolhadas deveu-se à senescência natural que ocorre nas folhas inferiores do

milho com o avanço do desenvolvimento, além da boa capacidade de produção de folhas do híbrido utilizado (24 folhas). Observou-se que, no florescimento do milho, as subparcelas que não foram desfolhadas tinham um número similar de folhas verdes ao das subparcelas desfolhadas em V8 (Tabela 3). Isto indica que as oito primeiras folhas da planta senesceram naturalmente até o florescimento das subparcelas não desfolhadas.

Tabela 3 - Número de folhas verdes e senescidas no milho, em função do estágio de desfolha e das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Lages, SC, 2008-2009.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Sem desfolha	Estádios de desfolha ^{2/}		VT
		V8	V15	
Folhas verdes (n ^o) ^{3/}				
0	12 a ^{1/}	12 a	9 b	0 c
50	13 a	13 a	9 b	0 c
100	14 a	14 a	9 b	0 c
200	14 a	13 a	9 b	0 c
Folhas senescidas (n ^o) ^{4/}				
0	12 c	12 c	15 b	24 a
50	11 c	11 c	15 b	24 a
100	10 c	10 c	15 b	24 a
200	11 c	10 d	15 b	24 a

^{1/} Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{2/} V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{3/} CV = 6,5%

^{4/} CV = 3,4%.

A remoção das folhas expandidas quando o milho estava em V15 reduziu a área foliar no florescimento em 38%, na média de quatro doses de N, em relação ao tratamento sem desfolha (Tabela 2). No momento da desfolha foi removida uma área foliar de 5.180 cm² planta⁻¹, excluindo-se as folhas naturalmente já senescidas. A área foliar remanescente equivaliu a 5.320 cm² planta⁻¹. A desfolha em VT eliminou todas as folhas verdes do milho, sendo removida uma área foliar de 9.686 cm² planta⁻¹, sem incluir aquelas folhas que já haviam senescido naturalmente. Nessa fase, o milho é muito suscetível à perda completa de área foliar (SANGOI et al., 2010). Isto se deve ao seu hábito de crescimento determinado. Depois de emitidos os pendões, as plantas completam seu crescimento vegetativo e não expandem novas folhas.

A área foliar remanescente foi influenciada pela dose de N reaplicada quando a desfolha foi realizada em V8 e quando as folhas não foram removidas (Figura 5). Nestes tratamentos, observou-se um comportamento quadrático em função da dose. As doses que maximizam a área foliar foram de 119 e 152 kg de N ha⁻¹, para a desfolha em V8 e sem a

desfolha, respectivamente. Na mesma ordem, estas doses equivaleram às áreas foliares de 9.736 e 9.945 cm². Quando a desfolha foi realizada em V15 e VT não se verificou efeito do N reaplicado sobre a área foliar remanescente. O incremento da dose de N diminuiu o número de folhas senescentes, permitindo que as mesmas se mantenham fotossinteticamente ativas por maior período de tempo. A nutrição adequada, especialmente a nitrogenada, propicia às plantas melhores condições de crescimento e desenvolvimento de tecido foliar, bem como reduz os efeitos da deficiência deste nutriente sobre a senescência foliar. A ausência de adubação nitrogenada acelera a senescência foliar após as plantas terem atingido seu máximo índice de área foliar (WOLSCHICK et al., 2003).

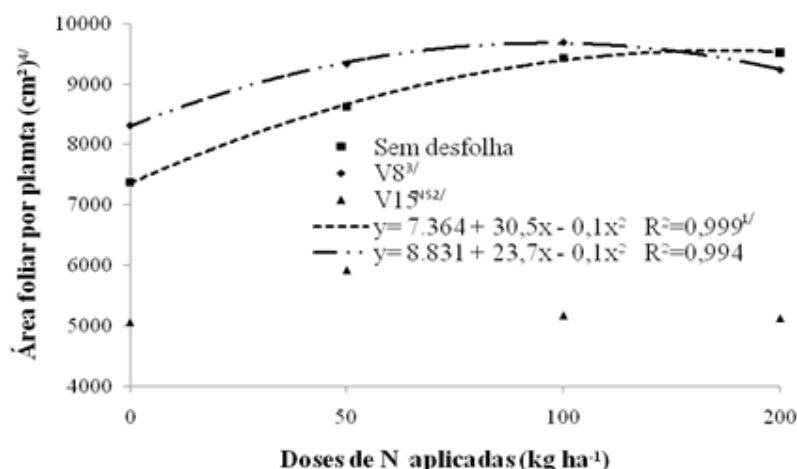


Figura 5 - Área foliar por planta remanescente no florescimento, em função da época de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Lages, SC, 2008-2009

^{1/}Equações significativas (P<0,05).

^{2/}Não significativo (P<0,05).

^{3/}V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993). No tratamento desfolha em VT (pendoamento) a área foliar foi igual a zero para todas as doses de N aplicadas. No tratamento sem desfolhas, as folhas não foram removidas.

^{4/}CV= 10,7%.

2.4.3 Fenologia

A época de desfolha não influenciou a duração do subperíodo emergência-pendoamento. A desfolha em VT atrasou o espigamento do milho, aumentando o intervalo entre a antese (pendoamento com deiscência de pólen) e a exteriorização dos estigmas (Tabela 4). Este atraso comprometeu a polinização e a fertilização de óvulos, pois o período de liberação de pólen pelo pendão é curto e o pólen permanece viável por pequeno espaço de tempo. A maturidade das flores femininas é altamente dependente das condições ambientais. Sob condições prejudiciais ao

desenvolvimento normal das plantas, o desenvolvimento das flores femininas é retardado, em relação ao das flores masculinas, resultando num incremento no intervalo entre pendoamento e espigamento (BORRÁS, 2007). A emissão da espiga e o intervalo entre antese e espigamento dos tratamentos sem desfolha, desfolha em V8 e desfolha em V15 não foram afetados. Este dado contrariou as observações feitas por Johnson (1978), que relatou que desfolhas precoces em V5 atrasaram o espigamento. Provavelmente esta diferença está relacionada ao tipo de híbrido utilizado. O AS 1570 tem estatura superior a 2,80 m e área foliar exuberante pelo grande número de folhas. Mesmo na desfolha em V15, a folha índice e aquelas acima da espiga permaneceram, contribuindo ao suprimento de fotoassimilados às estruturas reprodutivas. Isto minimizou o efeito estimulador que a desfolha tem sobre a natureza protândrica da planta de milho. Quando a desfolha foi feita em VT, a duração do período de enchimento de grãos foi, aproximadamente, a metade da registrada nos tratamentos sem desfolha, desfolha em V8 e desfolha em V15. A menor duração do subperíodo de enchimento de grãos quando a desfolha ocorreu no pendoamento reduziu a duração total do ciclo.

Tabela 4 - Duração dos subperíodos fenológicos do milho em função da época de desfolha, na média de quatro doses de nitrogênio aplicadas na cobertura, Lages, SC, 2008/2009.

Subperíodo	Estádios de desfolha ^{3/}				CV (%)
	Sem desfolha	V8	V15	VT	
	Duração (dias)				
Emergência-pendoamento ^{4/}	77 ^{NS1/}	77	78	79	2,6
Emergência-espigamento	83 b	82 b	82 b	91 a ^{2/}	4,5
Pendoamento-espigamento	6 b	5 b	4 b	12 a	65,3
Espigamento-mat. fisiológica	71 a	71 a	71 a	38 b	6,4
Ciclo total	154 a	154 a	154 a	129 b	1,6

^{1/NS} Diferenças não significativas.

^{2/}Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/}V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{4/}Emergência= 16/11/08; Pendoamento= 50% das plantas com deiscência de pólen; espigamento= 80% das plantas com estigmas visíveis e maiores de 1 cm; Maturação fisiológica= 80% das plantas com a camada preta dos grãos visível.

2.4.4 Rendimento de grãos e outras características agrônômicas

O rendimento de grãos de milho foi afetado pela interação entre época de realização da desfolha e dose de nitrogênio reaplicada em cobertura. Não houve diferenças no rendimento de grãos das parcelas não desfolhadas e daquelas em que as oito primeiras folhas expandidas do milho foram removidas, independentemente da dose de N utilizada (Tabela 5). Na média destes dois tratamentos, a produtividade foi de 9.722 kg ha⁻¹. Isto indica que a boa capacidade

de produção de folhas do híbrido permitiu a regeneração da área foliar quando o estresse ocorreu em V8. Aliado a isso, as subparcelas não desfolhadas apresentaram alta senescência natural das folhas verdes, o que levou os dois tratamentos a terem área foliar e longevidade foliar similares (Tabelas 2 e 3), minimizando a restrição de fonte imposta em V8. Lauer (2009) e Tsukahara e Kochinski (2008) também não verificaram reduções significativas no rendimento de grãos quando as desfolhas ocorreram na fase inicial do desenvolvimento do milho, entre V2 e V6, corroborando a informação de que as oito primeiras folhas expandidas pelo milho pouco contribuem para a sua produtividade.

Tabela 5 - Rendimento grãos de milho em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura, Lages, SC, 2008-2009

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Estádios de desfolha ^{2/}			
	Sem desfolha	V8	V15	VT
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) ^{3/}				
0	8.891 ab ^{1/}	9.750 a	7.821 b	193 c
50	9.805 ab	10.546 a	9.019 b	230 c
100	9.704 a	9.859 a	9.219 a	240 c
200	9.470 a	9.753 a	8.097 b	300 c

^{1/} Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{2/} V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento. Segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{3/} CV = 8,8%.

Quando o milho foi desfolhado em V15, observou-se decréscimo no rendimento de grãos em três das quatro doses de N reaplicadas. Em relação às produtividades obtidas nos tratamentos sem restrição de fonte (testemunha e desfolha em V8), verificou-se, na média das quatro doses de N, uma diminuição de 13,8%. Este valor é inferior à redução na área foliar no florescimento para o tratamento desfolhado em V15, que foi, na média das quatro doses de N, de 38,2%. O menor impacto percentual da desfolha em V15 sobre a produtividade provavelmente se deveu ao colmo do milho atuar como órgão modulador da restrição imposta às folhas quando elas sofrem algum tipo de prejuízo, promovendo a remobilização de carboidratos de reserva armazenados neste órgão durante o enchimento de grãos (UHART & ANDRADE, 1995; SANGOI et al., 2001).

A desfolha feita em V15 diminuiu o rendimento de grãos em três das quatro doses de N avaliadas, na comparação com a testemunha não desfolhada (Tabela 5). Contudo, comparando-se a perda no rendimento oriunda da desfolha em V15 do trabalho com o reportado por outros autores, observa-se que os valores percentuais foram menores. Mangen

et al. (2005) detectaram perdas no rendimento superiores a 44% ao procederem a desfolha do milho quando a planta estava com 13 folhas expandidas.. Vasilas e Seif (1985) apresentaram que a desfolha completa entre V12 e V13 resultou em reduções no rendimento de 90% para linhagens endogâmicas e 40% para híbridos. No presente trabalho, provavelmente a área foliar remanescente elevada no florescimento mitigou as perdas no rendimento de grãos (Tabela 2). O híbrido AS 1570 apresentou, na média das doses de N reaplicadas, nove folhas remanescentes, que permitiram bom aproveitamento da radiação solar após a desfolha, atenuando as perdas de produtividade (Tabela 3). Além disto, desfolhas no período vegetativo podem reduzir as perdas no rendimento de grãos em anos de alta demanda evaporativa e baixa precipitação na fase de florescimento, pois a remoção de folhas diminui a superfície de transpiração (VASILAS & SEIF, 1985). Isto possivelmente ocorreu neste trabalho, pois o período de pendoamento/espigamento e início do enchimento de grãos coincidiu com uma época de deficiência hídrica (Figura 7).

As menores produtividades foram obtidas nas subparcelas onde o milho foi totalmente desfolhado no pendoamento. O rendimento de grãos neste tratamento foi de 241 kg ha⁻¹ de grãos, equivalente a 2,5% e 4,9% do rendimento obtido nas subparcelas sem restrição de fonte (tratamentos sem desfolha e desfolha e V8) e desfolha em V15, respectivamente. O milho é mais suscetível à perda de área foliar fotossinteticamente ativa entre os estádios do pendoamento e espigamento do que em qualquer outra fase do seu ciclo (SANGOI et al., 2010). Neste caso, a planta fica desprovida de seu aparato fotossintético e não apresenta capacidade de regeneração, independente da dose de N aplicada. Por apresentar hábito de crescimento determinado, o milho não expande novas folhas após a floração, comprometendo o enchimento de grãos, caso as folhas expostas sejam danificadas. Com a eliminação total da área foliar, a radiação fotossinteticamente ativa não é interceptada, prejudicando a fotossíntese. Isto demonstra a fragilidade desse cultivo ao ser atingido por estresses dessa natureza na floração. Além da deficiência de fonte, os estigmas com alto conteúdo de água ficam desprotegidos após a desfolha nesse estágio, ocorrendo intensa desidratação destas estruturas reprodutivas (VARGAS et al., 2010). A produtividade observada nos tratamentos desfolhados em VT provavelmente deveu-se à remobilização de carboidratos do colmo para a espiga. Esta remobilização de açúcares promove redução da massa do colmo e favorece o acamamento (SANGOI et al., 2001).

O N não influenciou o rendimento de grãos quando a dose foi reaplicada após as desfolhas feitas em V8 e VT, bem como na testemunha não desfolhada (Tabela 5). A falta de resposta ao nitrogênio na desfolha precoce, ou quando o milho não foi desfolhado,

provavelmente foi ocasionada pela alta disponibilidade de N do sistema. O alto suprimento de N deveu-se ao teor elevado de matéria orgânica do Nitossolo Vermelho em que se conduziu o trabalho ($51,0 \text{ g kg}^{-1}$) e a aplicação de 80 kg ha^{-1} de N antes da desfolha, sendo 30 kg por ocasião da semeadura e os demais 50 kg na cobertura entre V4-V5. Outro fator que provavelmente reduziu a resposta a N da testemunha foi o baixo potencial produtivo do híbrido AS 1570. As adubações na semeadura e de cobertura nas maiores doses foram planejadas para obtenção de tetos produtivos de $12.000 \text{ kg ha}^{-1}$. Contudo, as maiores produtividades registradas no ensaio foram de $10.500 \text{ kg ha}^{-1}$. Desta forma, acredita-se que o AS 1570 necessita de menor quantidade de N para atingir as produtividades máximas, ao contrário de híbridos com tetos de rendimentos mais altos.

As doses de N aplicadas após a desfolha no pendoamento também não afetaram o rendimento de grãos, pois nesta situação a maior limitação é a ausência de folhas. Como o hábito do milho é determinado, o uso do nutriente não permitiu a emissão de novas folhas. Além disso, não havendo folhas, não ocorreu incremento na atividade fotossintética das mesmas. Desta forma, na floração o nitrogênio não conseguiu auxiliar na recuperação do estresse ocasionado pela desfolha e o rendimento de grãos foi comprometido.

Por outro lado, o N interferiu na produtividade do milho quando as plantas foram desfolhadas em V15. Observou-se uma resposta quadrática do rendimento de grãos à dose de N reaplicada neste estágio (Figura 6). A dose que maximizou a resposta foi de 106 kg de N ha^{-1} , sendo o rendimento máximo em V15 equivalente a 9.326 kg ha^{-1} . Não houve diferença significativa de rendimento entre as subparcelas desfolhadas em V15 e aquelas onde as folhas foram preservadas ou removidas em V8, quando se reaplicou a dose de 100 kg ha^{-1} de N (Tabela 5). Nesse caso, o N auxiliou na recuperação do milho submetido ao estresse por desfolha. O N provavelmente aumentou a eficiência fotossintética das folhas que se expandiram após a desfolha, visto que a área foliar remanescente no florescimento, quando a remoção foi feita neste estágio, não foi afetada pela quantidade de N reaplicada (Figura 5). A taxa fotossintética é influenciada pelo estado nutricional do milho, sendo que maiores taxas fotossintéticas líquidas estão diretamente relacionadas à concentração de N no tecido foliar (CRUZ et al., 2007). O suprimento adequado de N aumenta a concentração de pigmentos fotossintéticos (VARGAS et al., 2009a), a atividade de enzimas do ciclo redutivo do carbono (SUGIHARTO et al., 1990) e do nitrogênio (DELÚ-FILHO, 1994), a quantidade de tecido paliádico (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1997) e a condutância estomática ao vapor d'água (GUIDI et al., 1998).

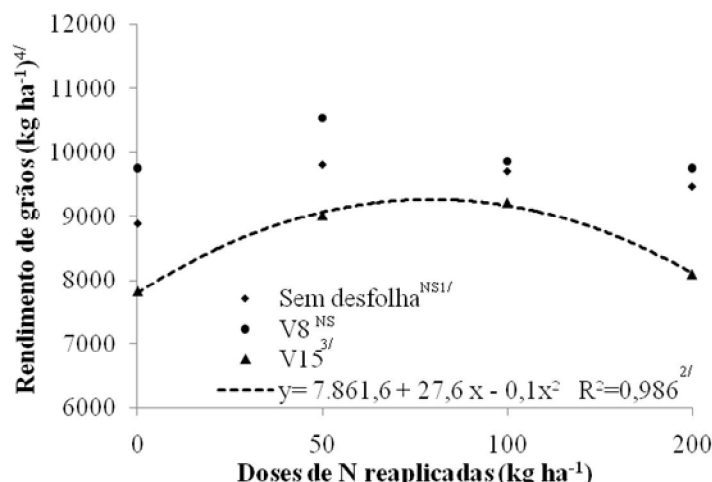


Figura 6 - Rendimento de grãos de milho em função da dose de nitrogênio aplicada após a desfolha das plantas. Lages, SC, 2008/2009.

^{1/NS} Equações não significativas

^{2/} Equação significativa ($P < 0,05$).

^{3/} V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{4/} CV = 8,8%.

A grande redução na produtividade ocasionada pela desfolha em VT, em relação aos tratamentos sem restrição de fonte, deve-se a maior esterilidade feminina, aos menores números de grãos espiga⁻¹ e massa de mil grãos (Tabela 6). Quando a desfolha ocorreu na floração, aproximadamente 70% das plantas não produziram espigas. Silva et al. (2001) verificou que a desfolha total no florescimento do milho reduziu a massa seca da espiga e aumentou a esterilidade feminina. A eliminação da produção de fotoassimilados inibe o desenvolvimento da inflorescência feminina. A desfolha em VT reduziu 79% do número de grãos espiga⁻¹, em relação aos demais tratamentos. O alto índice de abortamento de grãos se deve ao baixo suprimento de fotoassimilados e à exposição dos estilo-estigmas ao sol após a remoção das folhas. Estas estruturas são ricas em água e a sua exposição leva à desidratação e ao abortamento. O menor número de grãos espiga⁻¹ e a maior esterilidade feminina contribuíram para o menor número de grãos m⁻² quando o milho foi desfolhado no pendoamento.

A desfolha efetuada em VT aumentou a percentagem de colmos quebrados, em relação aos demais tratamentos, na média das quatro doses de N (Tabela 6). Isto provavelmente ocorreu em função da maior remobilização de carboidratos do colmo aos grãos, para suprir a ausência das folhas. A estatura da planta e a altura de inserção de espiga não foram influenciadas significativamente pela época de desfolha.

Tabela 6 - Características agrônômicas do milho em função do estágio de desfolha, na média de quatro doses de nitrogênio reaplicadas em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.

Característica	Estádios de desfolha ^{3/}				CV (%)
	Sem desfolha	V8	V15	VT	
Índice de espiga	0,9 a ^{1/}	0,9 a	0,9 a	0,3 b	9,0
Espigas m ⁻²	5,5 a	5,4 a	5,4 a	1,7 b	9,3
Grãos espiga ⁻¹	518 a	567 a	522 a	114 b	10,3
Grãos m ⁻²	2.872 b	3.079 a	2.818 b	189 c	9,9
Esterilidade feminina (%)	6,3 b	5,2 b	6,9 b	69,8 a	31,6
Plantas quebradas (%)	0,5 b	0,3 b	0,3 b	11,8 a	123,0
Estatura de plantas (m) ^{3/}	2,84 ^{NS1/}	2,85	2,79	2,81	4,4
Inserção da espiga (m) ^{3/}	1,47 ^{NS1/}	1,48	1,41	1,46	4,9

^{1/NS} Diferenças não significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{2/} Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento. Segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

A massa de mil grãos foi afetada pela interação entre a época de desfolha e a dose de nitrogênio reaplicada. A desfolha em VT propiciou as menores massas, independentemente da dose de N (Tabela 7). Na média das quatro doses, a massa de mil grãos quando o milho foi desfolhado em VT foi de 125 gramas. Isto equivale a uma redução de 60% e 59%, em relação aos tratamentos não desfolhado e desfolhado em V15. As desfolhas na floração reduzem tanto a taxa de crescimento dos grãos como o período efetivo de enchimento de grãos, resultando em menor massa dos grãos. Este efeito ocorreu mesmo com a redução do número de grãos espiga⁻¹, o qual é um mecanismo compensatório utilizado pelo milho. Estas informações corroboram às obtidas por Jones e Simons (1983) e Borrás et al. (2004), evidenciando que decréscimos na relação fonte-dreno depois do florescimento promovem grandes reduções na massa final dos grãos.

Tabela 7 - Massa de mil grãos em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Estádios de desfolha ^{2/}			
	Sem desfolha	V8	V15	VT
	Massa de mil grãos (g) ^{3/}			
0	308,5 ab ^{1/}	314,2 a	295,3 b	124,6 c
50	326,6 a	319,2 a	313,9 a	128,9 b
100	338,0 a	333,3 a	303,9 b	125,5 c
200	348,9 a	330,7 a	297,8 b	121,8 c

^{1/} Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{2/} V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento. Segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{3/} CV = 3,6%.

A massa de mil grãos aumentou linearmente com o incremento na dose de N reaplicada nos tratamentos sem desfolha e desfolha em V8 (figura 4). As taxas de incremento para cada 10 kg de N aplicados foram de 1,0 e 2,0 gramas, para o milho desfolhado em V8 e

sem desfolha, respectivamente. Apesar do aumento linear com a aplicação do N, isto não se refletiu no rendimento, visto que as taxas de incremento na massa de grãos foram pequenas e este componente explica pouco o rendimento de grãos do milho. Nas desfolhas realizadas em V15 e VT não houve resposta da massa de grãos ao N reaplicado. Nestes estádios fenológicos, a deficiência de fotoassimilados foi mais importante.

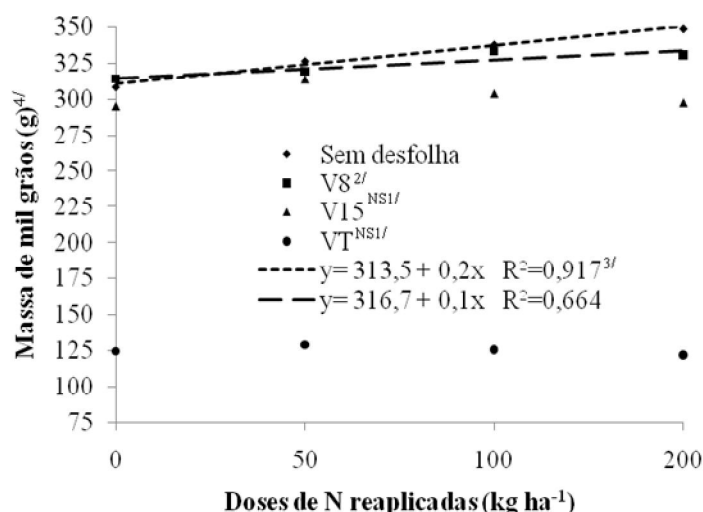


Figura 7 - Massa de mil grãos de milho em função do estágio de desfolha e da dose de nitrogênio aplicada em cobertura. Lages, SC, 2008/2009.

^{1/NS} Equações não significativas.

^{2/}V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{3/}Equações significativas ($P < 0,05$).

⁴CV=3,6%.

A eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN) foi afetada pela interação entre as épocas de desfolha e as doses de N reaplicadas em cobertura (Tabela 8). O uso de 50 kg ha⁻¹ de N assegurou maior EAN que a dose mais alta, nas subparcelas sem desfolha e naquelas que a desfolha ocorreu nos estádios V8 e V15. Na desfolha que ocorreu em V8, o uso da menor dose reaplicada também garantiu maior EAN que a dose de 100 kg ha⁻¹. Quando a desfolha foi realizada no pendoamento, não se observou diferença entre as doses testadas. Isto é consequência da ausência de efeito do N sobre o rendimento do milho nesta fase, quando a planta sofre desfolhas de grande magnitude. Contudo, verificou-se que a desfolha em VT reduziu a EAN, em relação às demais épocas de desfolha e ao tratamento testemunha, apenas quando se utilizou 50 kg ha⁻¹. O uso de 200 kg ha⁻¹ proporcionou baixa EAN, com valores próximos a nulidade. Isto ocorreu porque o suprimento excedeu as exigências do híbrido AS 1570.

Tabela 8 - Eficiência agronômica do nitrogênio (EAN)^{1/} em função do estágio de desfolha e de dose de nitrogênio aplicada em cobertura., Lages, SC, 2008/2009

Doses de N (kg ha ⁻¹)	EAN (kg kg ⁻¹) ^{5/}			
	Estádios de desfolha ^{3/}			
	Sem desfolha	V8	V15	VT
0 ^{4/}	-	-	-	-
50	A 18,3 a ^{2/}	A 15,9 a	A 24,0 a	A 0,7 b
100	A 8,1 a	B 1,1 a	A 14,0 a	A 0,5 a
200	B 2,9 a	B 0,0 a	B 1,4 a	A 0,5 a

^{1/} EAN= (rendimento tratamento com N – rendimento tratamento sem N)/dose de N.

^{2/} Médias antecedidas de mesma letra maiúscula nas colunas e seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

^{4/} Rendimento médio tratamento sem desfolha (0 kg ha⁻¹ de N): 8.891,0 kg ha⁻¹; rendimento médio desfolha em V8 (0 kg ha⁻¹ de N): 9750,3 kg ha⁻¹; rendimento médio desfolha em V15 (0 kg ha⁻¹ de N): 7.821,4 kg ha⁻¹; rendimento médio desfolha em VT (0 kg ha⁻¹ de N): 193,0 kg ha⁻¹.

^{5/} CV= 94,5%.

2.5 CONCLUSÕES

O sucesso da aplicação de N como estratégia para atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha depende do estágio fenológico do milho, da área foliar perdida e da dose de N utilizada.

A aplicação de N após desfolhas realizadas até oito folhas expandidas não aumenta o rendimento de grãos.

A aplicação de até 100 kg ha⁻¹ de N reduz os prejuízos ocasionados pela desfolha realizada quando a planta tem 15 folhas expandidas.

Desfolhas realizadas no pendoamento não possibilitam a regeneração de área foliar pelas plantas, impossibilitando que a aplicação de N minimize os prejuízos ocasionados ao rendimento de grãos.

3 PERFILHAMENTO COM ESTRATÉGIA PARA ATENUAR OS PREJUÍZOS AO RENDIMENTO DE GRÃOS OCASIONADOS PELA DESFOLHA DO COLMO PRINCIPAL DO MILHO (TILLERING AS A STRATEGY TO MITIGATE DAMAGES TO GRAIN YIELD CAUSED BY DEFOLIATION OF MAIZE MAIN STEM)

3.1 RESUMO

O perfilhamento aumenta a área foliar das poáceas. Assim, os perfilhos podem agir como elementos supressores de deficiência da fonte, em condições de estresse ocasionados pela desfolha. Esse trabalho foi desenvolvido objetivando avaliar se os perfilhos atuam como fonte de fotoassimilados ao colmo principal do milho quando o mesmo é submetido à desfolha em diferentes estádios fenológicos. O experimento foi implantado no município de Lages, SC, Brasil, no dia 31 de outubro de 2008. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal foram testados dois destinos dos perfilhos: perfilhos mantidos até a colheita e perfilhos removidos quando as plantas estavam com nove folhas expandidas (V9). Nas subparcelas foram avaliadas quatro épocas de desfolha do colmo principal: remoção das folhas em V9 (nove folhas expandidas), V15 (quinze folhas expandidas), VT (pendoamento) e folhas mantidas intactas até a colheita. O híbrido utilizado foi o P30F53, na densidade de 55.000 pl ha⁻¹. Nas subparcelas onde os perfilhos foram mantidos, avaliaram-se o número de perfilhos produzidos por parcela e a percentagem de plantas perfilhadas na colheita. Determinou-se também o rendimento total de grãos e os rendimentos do colmo principal e dos perfilhos. A época de desfolha não afetou a percentagem de plantas perfilhadas, nem o número de perfilhos produzidos por planta na colheita. As desfolhas realizadas em V9, V15 e VT diminuíram o rendimento de grãos, em relação ao tratamento sem desfolha, tanto na presença quanto na ausência dos perfilhos. O rendimento de grãos nas parcelas em que os perfilhos foram mantidos foi maior do que naquelas onde eles foram removidos, quando o milho foi desfolhado em VT. Os perfilhos foram benéficos ao milho quando esse sofreu restrições à fonte oriundas da perda de área foliar do colmo principal durante o florescimento.

Palavras-chave: *Zea mays*. Área foliar. Perfilhos.

3.1.1 Abstract

Tillering increases grass leaf area. Therefore, tillers may help to mitigate source deficiencies caused by defoliation. This work was carried out aiming to evaluate if tillers perform as sources when maize main stem is defoliated at different growth stages. The experiment was set in Lages, Santa Catarina State, southern Brazil, on 10/31/2008. A randomized block design with split-plots was used. Two tiller fates were tested in the main plots: tillers preserved until harvesting and tillers removed when plants had nine expanded leaves (V9). Four defoliation treatments were studied in the split-plots: all expanded leaves removed at V9, V15, VT (tasseling) and leaves preserved until harvest (control). Hybrid P30F53 was sowed at a plant density of 55,000 pl ha⁻¹. The number of tillers produced per plant, the percentage of plants with tillers, total grain yield and kernel yield of the main stem and tillers were determined. Defoliation did not affect the percentage of plants with tillers, neither the number of tillers produced per plant at harvest, regardless of growth stage. Defoliation at V9, V15 and VT decreased grain yield, in relation to the control, regardless of tillers fate. Grain yield was lower when tillers were removed than when they were maintained in plots defoliated at VT. Therefore, tillers helped maize to cope with source restrictions caused by defoliation at flowering.

Keywords: *Zea mays*. Leaf area. Tillers.

3.2 INTRODUÇÃO

Os perfilhos são ramificações laterais que se desenvolvem a partir de gemas axilares dos nós que se localizam abaixo da superfície do solo. Eles são morfológicamente idênticos ao colmo principal e tem capacidade de diferenciar seu próprio sistema radicular, nós, entrenós, folhas e inflorescências (SANGOI et al., 2006). Em geral, os perfilhos se desenvolvem no início do ciclo das poáceas. São estruturas utilizadas pelas plantas dessa família como estratégia para compensação de espaços vazios dentro da comunidade. Nas espécies em que o perfilhamento é comum, como o trigo e o arroz, os perfilhos são considerados estruturas benéficas, pois aumentam o número de inflorescência por área e contribuem para o incremento do rendimento de grãos (ALMEIDA et al., 1998).

Além disso, em poáceas como o arroz e o trigo, muitos perfilhos produzem inflorescências contribuindo diretamente com o rendimento de grãos por aumentarem o

número de inflorescências por unidade de área. O perfilhamento ocorre na maioria das poáceas e apresenta efeitos benéficos, pois, além do colmo principal, há mais plantas originadas de um mesmo colmo, gerando mais área foliar, o que possibilita um incremento na produtividade dessas culturas.

Entre os cereais de importância econômica, o milho é o de menor capacidade de perfilhamento. Essa característica é proveniente da intensa seleção a que foi submetido pelo homem durante o processo evolutivo a partir do teosinto, o qual priorizou a dominância apical. Isto reduziu o número de ramificações laterais e concentrou toda a energia da planta no colmo principal. A limitada capacidade de perfilhamento faz com que os perfilhos sejam vistos como estruturas indesejáveis na lavoura, uma vez que, em geral, não produzem espigas (NAFZINGER, 1998). O processo de seleção de plantas iniciado há 5.000 anos no vale de Tehuacan, Centro Sul do México, resultou na supressão do número de ramificações laterais, no aumento da dominância apical, na redução do número de espigas por planta e no aumento do número e da massa de grãos por espiga (SANGOI & SALVADOR, 1996).

Os perfilhos são vistos como agentes causadores de estresse no milho, pois seu desenvolvimento é interrompido e eles acabam não contribuindo para o rendimento de grãos. Nesta visão, os perfilhos apenas competem por água, luz e nutrientes durante o período de desenvolvimento vegetativo, morrendo antes da cultura completar o ciclo.

Assim, não tem havido interesse dos programas de melhoramento desenvolvidos pelas empresas que produzem sementes de milho em explorar o perfilhamento como uma característica a ser incorporada aos novos híbridos, pois, além de não produzirem grãos os perfilhos podem dificultar a colheita pelo aumento da quantidade de biomassa. Também existe a hipótese de que os perfilhos podem retirar fotoassimilados do colmo principal prejudicando o seu desenvolvimento. Além disso, o surgimento de perfilhos pode ser consequência de agentes bióticos de estresse à planta, destacando-se a cigarrinha (*Dalbulus maydis*) e o percevejo barriga verde (*Dichelops furcatus*). Estas pragas, ao sugarem a seiva, injetam toxinas que induzem a planta a perfilhar abundantemente e formar uma touceira improdutiva.

Essa visão negativa relacionada aos perfilhos e ao estresse ocasionado por eles diz respeito à competição resultante de interações entre plantas induzidas pela necessidade de compartilhar recursos limitados, levando à redução no número de sobreviventes ou à diminuição nas taxas de crescimento (BEGON et al., 1986). A competição pode ocorrer entre plantas da mesma espécie ou dentro da mesma planta, pois os perfilhos se desenvolvem como o colmo principal e podem aumentar a competição dentro da planta. Entre os vários fatores

que podem estar ligados à mortalidade dos perfilhos, destacam-se o seu menor desenvolvimento radicular e o sombreamento exercido pelos colmos mais desenvolvidos, que diminui a capacidade dos perfilhos defasados de competir por nutrientes e luz.

O rendimento de grãos de milho no Brasil está muito abaixo do potencial produtivo da cultura. O uso de práticas inadequadas de manejo, a deficiência hídrica, as baixas densidades de plantas nas lavouras, a utilização de insumos de forma ineficiente, o baixo potencial produtivo e a inadequação do genótipo utilizado ao sistema de produção empregado nas propriedades são fatores responsáveis pela disparidade que há entre o rendimento potencial da cultura do milho e as baixas produtividades obtidas nas lavouras. Uma das maiores preocupações de quem trabalha com a cultura é aumentar a produtividade desse cereal em lavouras comerciais

Outra causa para a redução do potencial produtivo do milho é a diminuição da superfície fotossinteticamente ativa ocasionada pela desfolha. As desfolhas podem ocorrer em virtude da incidência de lagartas, principalmente a do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e de granizo. Estes agentes de estresse podem reduzir drasticamente a produtividade da cultura, dependendo da incidência e da intensidade de ataque das lagartas ou da intensidade do granizo. Essas perdas não são quantificadas pelos produtores, os quais utilizam produtos específicos para controle de lagartas, que possuem eficácia reduzida em razão do local de alojamento desta. Quanto ao granizo, pouco se faz, pois ele é de ocorrência esporádica. Porém, quando ocorre, pode gerar danos significativos. Normalmente, após a ocorrência do granizo os produtores não realizam práticas para recuperar a produtividade da cultura, quantificando as perdas de rendimento ocorridas apenas no momento da colheita.

A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos perfilhos são importantes para muitas espécies da família das poáceas, porque essas estruturas fazem parte dos componentes do rendimento e funcionam como prováveis supridores de fotoassimilados ao colmo principal. Também, o perfilhamento é considerado como uma estratégia eficiente na compensação de espaços vazios.

Uma vez que o rendimento de grãos do milho está diretamente relacionado à capacidade do aparato fotossintético da planta de interceptar a radiação incidente, prejuízos ocasionados à fonte produtora de carboidratos podem reduzir a produtividade. De acordo com Sangoi et al. (2001), os danos impostos à área foliar são maiores quando ocorrem no florescimento. Neste estágio de desenvolvimento, há menos tempo para que a cultura se recupere das restrições impostas à superfície foliar fotossinteticamente ativa.

O surgimento comercial do P30F53, híbrido mais cultivado atualmente no Brasil, com alto potencial produtivo de grãos e elevada capacidade de perfilhamento, sinaliza que os perfilhos não são prejudiciais à cultura do milho, podendo contribuir diretamente para o rendimento com grãos ou indiretamente com fotoassimilados ao colmo principal, ocupando espaços vagos na lavoura e aumentando a área foliar, principalmente em lavouras implantadas com baixas populações de plantas.

Os mecanismos de controle do desenvolvimento de gemas laterais podem ter origem genética, hormonal e nutricional (ALVES, 1998). Desse modo, a intensidade de emissão de perfilhos depende de alguns fatores como, por exemplo, a densidade de plantas, o nível de fertilidade do solo, a espécie envolvida e as características genéticas da cultivar utilizada. É possível que estudos de fatores ambientais e de manejo que interfiram sobre o perfilhamento possam ser uma alternativa viável importante para a obtenção de plantas que melhor explorem os recursos disponíveis do ambiente. Como a ocorrência de perfilhamento na cultura do milho é pouco pesquisada, há dúvidas quanto à contribuição dos perfilhos para o rendimento de grãos, ocasionando o aumento do número de espigas por área e suprindo fotoassimilados ao colmo principal.

Os híbridos perfilhadores de milho têm maior área foliar do que aqueles que concentram toda a energia da planta num único colmo. Por isso, os perfilhos podem atuar como supridores de fotoassimilados em situações de deficiência da fonte em razão da desfolha do colmo principal. Mesmo não produzindo espigas, os perfilhos podem, nesses casos, contribuir indiretamente, alocando de recursos à espiga. Plantas que tenham a capacidade de armazenar e direcionar açúcares do colmo ou de outra fonte supridora de fotoassimilados durante o enchimento de grãos tem a possibilidade de apresentar maior estabilidade agrônômica em condições de estresses bióticos e abióticos que reduzam a área foliar da cultura.

O estudo de fatores bióticos e abióticos que interferem sobre o perfilhamento do milho pode favorecer a obtenção de cultivares que melhor explorem os recursos disponíveis do ambiente. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar se os perfilhos podem mitigar os prejuízos ao rendimento do milho ocasionados pela desfolha do colmo principal, atuando como fonte de fotoassimilados.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido a campo no distrito de Santa Terezinha do Salto, que faz parte do município de Lages, localizado 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. A altitude no local é de 849 metros.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köpen, é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22° C e com precipitações pluviais bem distribuídas.

O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo a análise de solos, realizada em setembro de 2008, a área experimental apresentava os seguintes características: 420 g kg⁻¹ de argila; 51,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica; pH H₂O 5,5; índice SMP 5,7; 5 mg dm⁻³ de P; 0,50 cmol_c kg⁻¹ de K; 5,9 cmol_c kg⁻¹ de Ca; 2,8 cmol_c kg⁻¹ de Mg; 0,3 cmol_c kg⁻¹ de Al; 15,3 cmol_c kg⁻¹ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Na parcela principal foram testados dois destinos dos perfilhos: a manutenção destas estruturas até a colheita ou a sua remoção quando as plantas estavam no estágio V9 da escala proposta por Ritchie et al. (1993). Nas subparcelas foram avaliadas três épocas de desfolha do colmo principal, realizadas nos estádios V9 (nove folhas expandidas), V15 (quinze folhas expandidas), VT (florescimento), e mais um tratamento testemunha em que as folhas foram mantidas intactas até a colheita. Em cada estágio fenológico, a lâmina de todas as folhas com colar, lígula e aurícula visíveis foram removidas manualmente. A desfolha ocorreu uma única vez durante o ciclo do milho. As subparcelas foram constituídas de quatro linhas com seis metros de comprimento. As avaliações foram efetuadas nas duas fileiras centrais de cada subparcela, excetuando-se 0,5m na extremidade de cada linha.

Como cobertura de inverno foi utilizada a aveia preta (*Avena strigosa*, Scheib), empregando-se 170 kg ha⁻¹ de sementes. A semeadura foi feita em maio de 2008 e resultou na produção de 5.600 kg ha⁻¹ de massa seca no momento da sua dessecação, realizada no final do mês de setembro.

O experimento foi implantado em 31 de outubro de 2008, no sistema de semeadura direta, sobre a cobertura morta de aveia preta. A semeadura foi realizada com semeadoras manuais, utilizando-se três sementes por cova do híbrido P30F53, com 70 cm de espaçamento entre as linhas. Quando as plantas estavam com três folhas expandidas, procedeu-se o desbaste a fim de obter-se uma população de 55.000 pl ha⁻¹. As sementes foram tratadas com

inseticida à base de imidacloprid+tiocarbe (45 + 186 g de ingrediente ativo por hectare), objetivando controlar pragas de solo que pudessem prejudicar a emergência da cultura.

A adubação de base foi realizada no dia da semeadura com nitrogênio, fósforo e potássio. As doses aplicadas foram baseadas na análise de solos e nas recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004), para uma expectativa de rendimento de 12000 kg ha⁻¹. Foram utilizados 245 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 110 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N. As fontes desses adubos foram o superfosfato triplo, o cloreto de potássio e a ureia. Os fertilizantes foram aplicados sobre a superfície do solo, na linha de semeadura. A adubação em cobertura com nitrogênio foi feita utilizando a uréia como fonte, consistindo de duas doses de 100 kg ha⁻¹ de N, realizadas quando as plantas se encontravam nos estádios V4 e V8, respectivamente, perfazendo um total de 230 kg ha⁻¹ de N na estação de crescimento.

O controle das plantas invasoras foi efetuado utilizando dois herbicidas. O primeiro foi aplicado em pré- emergência, logo após a semeadura, utilizando-se atrazina e s-metolaclor (1480 + 1160 g de i.a.ha⁻¹). O segundo foi aplicado em pós-emergência, utilizando o herbicida tembotrione (100 g. de i.a.ha⁻¹), quando as plantas estavam em V4.

O controle da lagarta-do-cartucho foi efetuado após a detecção dos sinais de sua presença na cultura, tendo sido efetuadas duas aplicações, utilizando-se pulverizador costal com jato dirigido. A primeira pulverização foi feita com triflururon (24 g de i.a. ha⁻¹) e a segunda com lufenuron (15 g de i.a. ha⁻¹).

Nas subparcelas em que os perfilhos foram mantidos, avaliou-se a sua capacidade de produção. O número de perfilhos foi obtido diretamente contando-os nos estádios V9, V15 e VT de desenvolvimento da cultura e, posteriormente, na colheita. A percentagem de plantas perfilhadas foi obtida dividindo-se o número de plantas perfilhadas pelo número total de plantas da parcela, multiplicado o resultado por 100.

A fenologia da cultura foi avaliada determinando-se a duração dos subperíodos emergência-antese, emergência-espigamento e antese-espigamento. Determinou-se a duração do subperíodo emergência-antese, computando-se o número de dias existentes 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. 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-se a duração dos dois sub-períodos, estimou-se o intervalo entre antese e espigamento. As determinações da estatura

das plantas e da altura da inserção das espigas foram efetuadas quando a cultura estava entre os estádios R2 e R3, segundo a escala de Ritchie et al. (1993).

Foram efetuadas outras avaliações, como a percentagem de plantas acamadas (plantas com uma inclinação maior que 45 graus em relação ao solo), quebradas, sem espigas e o número de espigas produtivas por planta.

A colheita foi feita manualmente, na primeira semana de maio de 2010. Ela foi efetuada no momento em que todas as folhas das plantas estavam senescentes e a umidade dos grãos era de 18% a 22%. Colheu-se separadamente as espigas produzidas no colmo principal e nos perfilhos. Determinaram-se o rendimento de grãos total, do colmo principal e dos perfilhos, bem como os componentes de rendimento.

Após a colheita, foi efetuada a trilha dos grãos com uma trilhadeira estacionária. Os grãos foram secados em estufa, com ventilação, à temperatura de aproximadamente 65 graus centígrados, até que a massa se tornasse constante.

Os pesos obtidos foram convertidos para um hectare e expressos na umidade padrão de 130 g kg⁻¹. De cada subparcela foi retirada uma subamostra de 400 grãos e pesada. O valor obtido foi multiplicado por 2,5 e convertido para 130 g kg⁻¹ de umidade, expressando, assim, a massa de 1.000 grãos.

Foi determinado o número de grãos por espiga por determinação indireta, de acordo com o peso de 100 grãos, peso total de grãos e número de espigas colhidas em cada unidade experimental. O número de grãos produzidos por área (m²) foi estimado com base no número de espigas por planta, no número de grãos por espiga e na densidade de plantas.

Os dados pluviométricos foram obtidos na Empresa Agropecuária de Santa Catarina (Epagri) e utilizados para o cálculo do balanço hídrico, da respectiva estação de crescimento da cultura, entre outubro de 2008 e abril de 2009. Para acompanhamento da precipitação, foram instalados três pluviômetros na área experimental, que eram constantemente vistoriados e anotados os valores das precipitações ocorridas na área.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância. Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5%. Quando alcançada significância estatística, as médias de cada tratamento foram comparadas, utilizando-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. A aparência das plantas logo após as desfolhas realizadas em V15 e VT, com e sem a presença dos perfilhos, pode ser visualizada nas Fotografias 4, 5, 6 e 7.



Figura 8 - Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em V15 e os perfilhos foram mantidos. Lages, SC, 2008/2009



Figura 9 - Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em V15 e os perfilhos foram removidos. Lages, SC, 2008/2009



Figura 10 - Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em VT e os perfilhos foram removidos. Lages, SC, 2008/2009



Figura 11 - Visão geral das plantas quando foram desfolhadas em VT e os perfilhos mantidos. Lages, SC, 2008/2009

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Percentagem de plantas perfilhadas e número de perfilhos por planta

A época de realização da desfolha não afetou significativamente a percentagem de plantas perfilhadas e o número de perfilhos externados pela planta até o pendoamento (Tabela 9). Isto ocorreu porque a emissão ou a supressão no desenvolvimento dos perfilhos é definida quando a planta se encontra entre V4 e V6, enquanto que as folhas foram removidas nos estádios V9, V15 ou VT (pendoamento). Portanto, no momento da desfolha os perfilhos já se encontravam em desenvolvimento e mantiveram-se vivos até o florescimento. Comportamento semelhante foi reportado por Schmitt (2008).

As parcelas desfolhadas em VT apresentaram maior percentagem de plantas perfilhadas e maior número de perfilhos por planta na colheita do que as parcelas onde as folhas foram preservadas ou removidas em V9 e V15 (Tabela 9). Isto demonstra que mais plantas mantiveram perfilhos vivos durante o enchimento de grãos, devido aos danos causados ao colmo principal pela remoção de todas as folhas da planta. Nesse caso, os perfilhos possivelmente se beneficiaram da maior incidência de luz e da quebra da dominância apical ocasionada pela desfolha integral do colmo principal.

Tabela 9 - Percentagem de plantas perfilhadas e número de perfilhos por planta em diferentes estádios fenológicos, em função do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.

Estádio fenológico de avaliação	Plantas perfilhadas (%)				
	Sem desfolha	Desfolha em V9	Desfolha em V15	Desfolha em VT	CV (%)
V9 ^{1/}	53,1	54,0	50,1	65,3 NS ^{2/}	31,5
V15	43,9	44,9	48,2	58,5 NS	44,7
VT	50,5	44,3	44,1	52,7 NS	51,2
Colheita	28,0 b	30,6 b	33,0 b	50,9 a ^{3/}	51,4
Estádio fenológico de avaliação	Perfilhos por planta (nº)				
	Sem desfolha	Desfolha em V9	Desfolha em V15	Desfolha em VT	CV (%)
V9	0,7	0,7	0,7	0,9 NS	37,2
V15	0,7	0,6	0,7	0,8 NS	49,0
VT	0,7	0,6	0,7	0,7 NS	55,9
Colheita	0,4 b	0,4 b	0,4 b	0,7 a	45,1

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} NS – Diferenças não significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os valores referentes a percentagem de plantas perfilhadas e ao número de perfilhos produzidos por planta obtidos no presente trabalho foram menores do que os reportados por Schmitt (2008), trabalhando com o híbrido P30F53 na mesma área experimental, durante o ano agrícola de 2006/2007. Schmitt (2008) observou que 96% das plantas apresentavam perfilhos em V9 e que o número de perfilhos por planta na colheita foi de 1,2, na média das quatro épocas de desfolha. Estes dados demonstram que as condições ambientais em 2006/2007 foram mais favoráveis tanto para a emissão de perfilhos no início do ciclo quanto para a sua sobrevivência até a colheita.

Três fatores podem ter contribuído para mitigar a produção de perfilhos no início do ciclo: a grande quantidade de restos culturais de aveia preta (5 ton ha^{-1}) que não foram rolados antes da semeadura do milho; a elevada precipitação e as baixas temperaturas registradas no último decêndio de outubro e primeiro decêndio de novembro de 2008 (Figura 7 e Tabela 2). Estes fatores retardaram a emergência e desenvolvimento inicial das plantas. Isto possivelmente acentuou a dominância apical e limitou a emissão de perfilhos. Por outro lado, a restrição hídrica registrada na floração e início do enchimento de grãos possivelmente acentuou a morte dos perfilhos, principalmente nas parcelas onde as folhas foram mantidas parcial ou totalmente (Figura 7).

3.4.2 Fenologia da cultura

A remoção ou manutenção dos perfilhos não interferiu sobre a fenologia da cultura. A duração do subperíodo de desenvolvimento compreendido entre a emergência e a antese não foi afetada pela época de desfolha (Tabela 10). Por outro lado, as desfolhas realizadas em V15 e VT aumentaram a duração dos subperíodos emergência-espigamento e antese-espigamento, em relação aos tratamentos não desfolhados ou desfolhados em V9. Quando submetida a estresses, a planta de milho acentua a sua natureza protândrica (SANGOI et al., 2010). A remoção das folhas próxima do florescimento ou durante a floração reduziu a interceptação de radiação solar, limitando a produção de fotoassimilados. Isto possivelmente estimulou a planta a investir os carboidratos produzidos na produção e dispersão de pólen, retardando a exteriorização dos estigmas. A consequência deste padrão protândrico de desenvolvimento foi a maior duração do subperíodo antese-espigamento nas desfolhas feitas em V15 e VT.

Tabela 10 - Duração de três subperíodos de desenvolvimento do milho em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009.

Época de desfolha	Duração do Subperíodo (dias)		
	Emergência – antese	Emergência – espigamento	Antese – espigamento
V9 ^{1/}	69	B ^{2/} 70	B 1
V15	69	A 72	A 3
VT	69	A 73	A 4
Sem desfolha	NS ^{3/} 70	B 70	B 0

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias antecedidas por mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

^{3/} NS – Diferenças não significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

3.4.3 Folhas verdes e senescidas

O destino dos perfilhos não interferiu sobre o número de folhas verdes e senescidas do colmo principal, avaliadas no espigamento. O número de folhas verdes decresceu com o atraso na época de desfolha (Tabela 11). Isto ocorreu porque todas as folhas que o milho produz são diferenciadas até a transformação do meristema apical num primórdio floral, que ocorre quando a cultura tem entre cinco e seis folhas expandidas (SANGOI et al., 2007b). Como os tratamentos de desfolha foram impostos em V9, V15 e VT, a planta não teve condições de diferenciar e expandir novas folhas para compensar aquelas que foram removidas do colmo principal, independentemente da presença ou ausência dos perfilhos.

Tabela 11 - Folhas verdes e senescidas/removidas durante o espigamento do milho, em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009.

Estádio de desfolha	Folhas do colmo principal (n°)	
	Verdes	Senescidas/removidas
Sem desfolha	^{2/} A 16 ^{3/}	D 5 ^{4/}
V9 ^{1/}	B 12	C 8
V15	C 6	B 14
VT	D 0	A 20

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} CV = 6,2.

^{4/} CV = 7,9.

3.4.4 Estatura de planta e altura de inserção de espiga

Não houve efeito significativo do destino dos perfilhos e do estágio de realização da desfolha sobre a estatura da planta e a altura de inserção da espiga (Tabela 12). O período em que estas duas variáveis são definidas está compreendido entre a diferenciação do pendão floral (V5-V6) e o pendoamento (VT). Esta é a fase em que a maior parte dos entre-nós da planta se expande. A falta de efeito das defolhas realizadas em V9 e V15 sobre a estatura de plantas é um indicativo de que a redução de área foliar da planta imposta por estes dois tratamentos não limitou a expansão dos entre-nós do colmo, em relação às parcelas não desfolhadas. A ausência de resposta à desfolha em VT é um comportamento esperado, pois a planta de milho é de hábito determinado. No pendoamento, a estatura final da planta já estava definida, independentemente do colmo principal ter sido desfolhado ou não.

Tabela 12 - Estatura da planta e altura de inserção da espiga, em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009

Estádio de desfolha	Estatura de planta (m)	Inserção da espiga (m)
Sem desfolha	^{2/} NS 2,53	^{2/} NS 1,14
V9	2,58	1,20
V15	2,58	1,21
VT	2,52	1,14
CV (%)	2,5	5,5

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} NS Diferenças não significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.4.5 Percentagem de plantas acamadas e quebradas e esterilidade feminina

A percentagem de plantas acamadas não foi afetada pelo estágio de realização da desfolha (Tabela 13). Por outro lado, a desfolha realizada em VT aumentou a percentagem de colmos quebrados e de plantas sem espiga, em relação aos demais tratamentos. O colmo é um importante órgão de armazenamento temporário de açúcares na floração, estágio em que a planta possui alta atividade fotossintética e a força de dreno dos grãos é pequena. Estes carboidratos são posteriormente remobilizados aos grãos durante o seu enchimento. A remoção de todas as folhas eliminou a produção de fotoassimilados pela principal fonte produtora. Isto provavelmente aumentou a remobilização de reservas do colmo para suprir a ausência das folhas, fragilizando-o e aumentando a sua susceptibilidade à quebra. A remoção de todas as folhas em VT também eliminou a produção de fotoassimilados que são indispensáveis à fertilização e início do enchimento de grãos. Isto acentuou a dominância

apical, fazendo com que mais de 80% das espigas das plantas não apresentassem grãos na colheita.

Tabela 13 - Percentagem de plantas quebradas, acamadas e com esterilidade feminina, em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos do milho. Lages, SC, 2008/2009.

Característica	Sem desfolha	V9 ^{1/}	V15	VT	CV (%)
Plantas quebradas (%)	0,7 b	0,7 b	0,0 b	18,1 a ^{2/}	147,7
Plantas acamadas (%)	0,0	0,3	0,5	0,0 ^{3/} NS	439,9
Esterilidade feminina (%)	0,8 b	1,0 b	1,2 b	83,9 a ^{1/}	75,0

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} NS – Diferenças não significativas pelo teste de Tukey (P<0,05).

3.4.6 Rendimento de grãos

O rendimento total de grãos foi afetado pela interação entre o destino dos perfilhos e a época de remoção das folhas do colmo principal. A manutenção dos perfilhos permitiu uma maior produtividade de grãos do que a sua remoção quando o milho foi desfolhado no pendoamento (Tabela 14). Numericamente, o rendimento de grãos das parcelas com perfilhos superou, em pelo menos, 480 kg a produtividade dos tratamentos sem perfilhos desfolhadas em V9 e V15. Contudo, estas diferenças não foram estatisticamente significativas. Considerando-se a média das três épocas de desfolha, observou-se um incremento no rendimento de grãos superior a 10% dos tratamentos com perfilhos, em relação aquelas onde eles foram removidos. Nas parcelas não desfolhadas, a manutenção dos perfilhos proporcionou a obtenção de rendimentos estatisticamente similares aos registrados com sua remoção. Isto evidencia que os perfilhos não foram drenos capazes de comprometer a produtividade da cultura.

Tabela 14 - Rendimento total de grãos em função do destino dos perfilhos e da época de desfolha do colmo principal do milho. Lages, SC, 2008/2009.

Destino dos Perfilhos	Sem Desfolha	V9 ^{1/}	V15	VT
Mantidos	A 12.690 a ^{2/}	A 11.720 b	A 7.807 c	A 1.592 d
Removidos	A 12.159 a	A 11.176 b	A 7.323 c	B 0 d ^{3/}

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou antecedidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} CV – 6,8%

A desfolha do colmo principal reduziu o rendimento de grãos, tanto na presença quando na ausência dos perfilhos. Os menores rendimentos foram registrados quando se removeu as folhas do colmo principal no florescimento. O milho, apesar de apresentar excelente regeneração de sua área foliar nos estádios iniciais, apresentou redução de rendimento em todas as épocas de desfolha. O rendimento quando se desfolhou a planta no pendoamento equivaliu a 6,4% do tratamento sem desfolha, refletindo a importância do aparato fotossintético na floração e enchimento de grãos para a definição da produtividade.

O rendimento de grãos do colmo principal foi afetado pelos efeitos simples do destino dos perfilhos e da época de desfolha. A manutenção dos perfilhos propiciou um incremento de 167 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos do colmo principal (Tabela 15). Isto mostra que houve contribuição dos perfilhos através da remobilização de fotoassimilados que foram utilizados pelo colmo principal à produção de grãos. Assim como o rendimento total, a produtividade do colmo principal diminuiu com a desfolha, independentemente da época em que a mesma foi realizada (Tabela 16)

Tabela 15 - Rendimento de grãos do colmo principal em função do destino dos perfilhos, na média dos estádios de desfolha. Lages, SC, 2008/2009.

Destino dos perfilhos	Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)
Mantidos	A ^{1/} 7.832
Removidos	B 7.665
CV (%)	7,1

^{1/}Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 16 - Rendimento de grãos do colmo principal em função do seu estágio de desfolha, na média dos destinos dos perfilhos. Lages, SC, 2008/2009.

Estádio de desfolha	Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)
Sem desfolha	A ^{1/} 12.229
V9 ^{1/}	B 11.327
V15	C 7.251
VT	D 187

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias antecedidas de mesma letra minúscula não diferem significamente pelo teste DMS de Tukey (P<0,05).

O rendimento de grãos dos perfilhos foi maior quando as plantas foram desfolhadas em VT do que nas demais épocas de desfolha e no tratamento sem desfolhada (Tabela 17). A remoção de todas as folhas do colmo principal no florescimento propiciou melhor penetração de radiação solar nas camadas inferiores do dossel. Isto provavelmente contribuiu para a maior atividade fotossintética dos perfilhos durante o enchimento de grãos, propiciando maior

percentagem de perfilhos férteis na colheita. Neste sentido, 39% dos perfilhos produziram grãos quando o milho foi desfolhado em VT, enquanto que a percentagem de perfilhos com grãos foi de 21% na média dos demais estádios de desfolha.

Tabela 17 - Rendimento de grãos dos perfilhos em função do estágio de desfolha do colmo principal do milho. Lages, SC, 2008/2009.

Estádio de desfolha	Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)
Sem desfolha	B ^{2/} 391
V9 ^{1/}	B 294
V15	B 630
VT	A 1405
CV (%)	99,9

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os dados das Tabelas 14, 15 e 16 mostram que os perfilhos atuaram como fonte de fotoassimilados ao colmo principal, contribuindo direta e indiretamente para o incremento da produtividade. A contribuição direta dos perfilhos foi maior nas desfolhas mais tardias, onde a restrição imposta ao aparato fotossintético da planta é mais intensa, devido ao maior número de folhas removido. Nas parcelas desfolhadas em V15, os perfilhos contribuíram com 8% do rendimento total (Tabelas 14 e 16). Nos tratamentos com desfolha em VT, a produção de grãos nos perfilhos representou 88% do rendimento total. As plantas não produziram grãos quando os perfilhos foram removidos e o colmo principal desfolhado no pendoamento (Tabela 14). Por outro lado, a manutenção dos perfilhos propiciou a obtenção de um rendimento de grãos que equivaleu a 12,5% do obtido na testemunha sem desfolha e superou a 1.500 kg ha⁻¹.

O comportamento do rendimento de grãos confirmou as observações feitas por Schmitt (2008), no que se refere à contribuição direta e indireta dos perfilhos à produtividade do híbrido P30F53, quando seu colmo principal foi desfolhado em diferentes estádios fenológicos. Neste sentido, Schmitt (2008) reportou incrementos na produtividade de grãos da espiga do colmo principal de 1.650 e 920 kg ha⁻¹ quando o mesmo foi desfolhado em V15 e VT e os perfilhos foram mantidos, em relação aos mesmos estádios de desfolha com remoção dos perfilhos. No presente estudo, a manutenção dos perfilhos propiciou um aumento na produtividade de grãos do colmo principal de 167 kg ha⁻¹ em relação às parcelas com remoção dos perfilhos, na média dos três estádios de desfolha (Tabela 15). Os dados mostram que há

remobilização de fotoassimilados dos perfilhos ao colmo principal da cultura do milho, comportamento também observado por Thomison (2009).

Tanto no trabalho conduzido por Schmitt (2008) quanto neste estudo, a contribuição direta dos perfilhos ao rendimento total de grãos foi percentualmente maior nas desfolhas mais tardias. Assim, Schmitt constatou que os grãos produzidos nos perfilhos representaram 26,8% e 76,9% da produtividade total quando o colmo principal foi desfolhado em V15 e VT, respectivamente. No presente trabalho, os perfilhos contribuíram com 8,1% e 88,2% do rendimento total nas desfolhas realizadas em V15 e VT (Tabelas 14 e 17). Estes dados demonstram que mesmo com a seleção feita ao longo dos anos para que o milho concentrasse seus fotoassimilados no colmo principal, a desfolha permite maior penetração de radiação solar nos extratos inferiores do dossel (Fotografias 4 e 7), reduzindo a dominância apical, fomentando a atividade fotossintética dos perfilhos e lhes oferecendo melhores condições para a produção de grãos. A contribuição direta dos perfilhos para a produção de grãos do milho também foi observada por Vargas (2009b), em ambientes com alta disponibilidade de nitrogênio, por Sangoi et al. (2009) e Schweitzer (2010), em lavouras implantadas com baixas populações de plantas.

Os valores numéricos referentes à contribuição direta dos perfilhos ao rendimento de grãos obtidos por Schmitt (2008) foram maiores do que os registrados neste trabalho. Desta forma, os perfilhos do P30F53 produziram 1.650 kg ha^{-1} , 1.660 kg ha^{-1} , 2.320 kg ha^{-1} e 3.400 kg ha^{-1} nos tratamentos sem desfolha e desfolhados em V9, V15 e VT, respectivamente (SCHMITT, 2008). No presente estudo, a produção de grãos nos perfilhos oscilou entre 294 e 1.405 kg ha^{-1} , dependendo da época de desfolha (Tabela 17). Os menores valores numéricos referentes à contribuição direta dos perfilhos se deveram a menor percentagem de plantas com perfilhos, ao menor número de perfilhos por planta (Tabela 13) e a menor percentagem de perfilhos férteis na colheita registrados em 2008/2009, na comparação com 2006/2007.

3.4.7 Componentes do rendimento

O número de espigas produzidas por área foi influenciado pelo efeito simples do estágio de realização da desfolha. A remoção das folhas em VT aumentou a esterilidade feminina, reduzindo o número de espigas por metro quadrado, em relação aos demais tratamentos, na média dos destinos dos perfilhos (Tabela 18).

Tabela 18 - Número de espigas de milho por metro quadrado em função do estágio de desfolha do colmo principal, na média dos tratamentos de retirada e manutenção dos perfilhos., Lages, SC, 2008/2009.

Estádio de desfolha	Espigas m ⁻²
Sem desfolha	A ^{2/} 5,7
V9 ^{1/}	A 5,6
V15	A 5,6
VT	B 0,9
CV	20,9

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias antecedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

O número de grãos por espiga e a massa de 1000 grãos do colmo principal foram afetados pela interação entre o estágio de desfolha e o destino dos perfilhos. As desfolhas realizadas em V15 e VT reduziram o número de grãos por espiga, em relação às parcelas não desfolhadas e desfolhadas em V9, tanto na presença quanto na ausência dos perfilhos (Tabela 19). O período compreendido entre V15 e VT é importante para definição do número de óvulos por fileira e expansão dos estilo-estigmas. A redução da área foliar nesta fase possivelmente prejudicou estas duas importantes etapas na formação das espigas, aumentando a assincronia entre florescimento masculino e feminino (Tabela 10), diminuindo a fertilização, o número de grãos por espiga e o rendimento de grãos (Tabela 14). A manutenção dos perfilhos propiciou a produção de 159 grãos por espiga no colmo principal quando este foi desfolhado em VT. Neste estágio de desfolha, o milho não produziu grãos quando os perfilhos foram removidos. Este componente do rendimento confirma a remobilização de fotoassimilados dos perfilhos ao colmo principal quando este foi desfolhado no pendoamento. Tal comportamento é reforçado pela análise da massa de grãos no colmo principal, que foi maior com a manutenção dos perfilhos do que com sua remoção, nas desfolhas realizadas em V15 e VT (Tabela 20).

Tabela 19 - Número de grãos por espiga do colmo principal do milho em função do destino dos perfilhos e do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.

Estádio de desfolha	Grãos espiga ⁻¹ (nº)	
	Mantidos	Removidos
Sem desfolha	A 582 a ^{2/}	A 583 a
V9 ^{1/}	A 581 a	A 555 a
V15	B 363 a	B 401 a
VT	C 159 a	C 0 b ^{3/}

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e antecedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} CV = 16,9.

Tabela 20 - Massa de mil grãos do colmo principal do milho em função do destino dos perfilhos e do estágio de desfolha do colmo principal. Lages, SC, 2008/2009.

Estádio de desfolha	Destino dos perfilhos	
	Mantidos	Removidos
Sem desfolha	A 367,6 a ^{2/}	A 370,5 a
V9 ^{1/}	A 355,1 a	A 354,2 a
V15	A 351,3 a	A 330,4 b
VT	A 330,4 a	B 0,0 b ^{3/}

^{1/} V9 – nove folhas expandidas; V15 – 15 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie et al. (1993).

^{2/} Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e antecedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/} CV = 16,9.

3.5 CONCLUSÕES

A desfolha realizada a partir do momento em que a planta tem nove folhas expandidas reduz o rendimento de grãos do híbrido P30F53, tanto na presença quanto na ausência dos perfilhos.

A remoção dos perfilhos em V9 não aumenta o rendimento de grãos do híbrido P30f53, independentemente da manutenção das folhas ou da sua remoção em diferentes estádios fenológicos.

Os perfilhos atuam como fonte de fotoassimilados, contribuindo direta e indiretamente para reduzir os prejuízos ocasionados pela desfolha ao rendimento de grãos quando o colmo principal é desfolhado no pendoamento

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução de área foliar ocasionada pela desfolha é um estresse que reduz o rendimento de grãos do milho por limitar a sua capacidade de interceptação da radiação solar. O nitrogênio pode auxiliar a atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha por estimular a divisão celular, a expansão foliar, a síntese de clorofila e a atividade fotossintética das folhas. Por aumentarem a área foliar da cultura, os perfilhos podem atuar como supridores de fotoassimilados em situações de deficiência da fonte em razão da desfolha do colmo principal. Este trabalho foi conduzido objetivando averiguar se a cobertura nitrogenada e o perfilhamento são estratégias que podem atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha do colmo principal em diferentes estádios fenológicos do milho.

Os resultados do primeiro experimento mostraram que a eficácia da cobertura nitrogenada em mitigar os prejuízos ao rendimento de grãos ocasionados pela desfolha depende do estágio fenológico em que a perda de área foliar ocorrer. Desfolhas realizadas em V8 tem pequeno impacto sobre a produtividade do milho, independentemente da aplicação de nitrogênio em cobertura. Desfolhas realizadas em V15 diminuem o rendimento de grãos do milho e podem ser atenuadas pela aplicação de nitrogênio em cobertura, dependendo da dose utilizada. Desfolhas realizadas no pendoamento ocasionam grande redução na produtividade da cultura e não podem ser recuperadas pela cobertura nitrogenada, devido ao hábito determinado da cultura e a ausência de folhas remanescentes para utilizar o nutriente.

Os resultados do segundo experimento evidenciaram que quando o colmo principal é desfolhado no pendoamento, a manutenção dos perfilhos auxilia a diminuir os prejuízos ocasionados pela desfolha ao colmo principal. Neste caso, os perfilhos atuam como fonte de fotoassimilados, contribuindo tanto direta quanto indiretamente ao rendimento de grãos. Por outro lado, a remoção dos perfilhos em V9 não aumentou o rendimento de grãos de milho, independentemente do destino dado às folhas do colmo principal. Isto demonstra que os perfilho não são drenos que comprometam a produtividade da cultura.

Relacionando as principais conclusões obtidas nos dois experimentos ao objetivo geral desta dissertação, pode-se dizer que a cobertura nitrogenada e o perfilhamento são estratégias

viáveis para atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha do colmo principal, dependendo do estágio em que este for desfolhado.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias Moageiras de Milho. **Milho**: o cereal que enriquece a alimentação humana. 2002. Disponível em: <<http://www.ABIMILHO.com.br>>. Acesso em: 7 mar. 2009.

AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 157-165, 2001.

ALMEIDA, M. L. **Modificação do afilhamento de trigo e aveia pela quantidade de luz**. 1998. 121 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

ALVES, A. C. **Mecanismos de controle do desenvolvimento de perfilhos em cereais de estação fria**. 1998. 115 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 41, p.1-12, 1995.

ANDRADE, F.H. et al. **Ecofisiologia del cultivo de maíz**. Balcarce: La Barrosa, 1996. 292 p.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology, individuals, populations and communities**. Oxford: Blackwell, 1986.

BORRÁS, L. et al. Coupling time to silking with plant growth rate in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 102, p.73-85, 2007.

BORRÁS, L.; SLAFER, G.A.; OTEGUI, M.E. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.86, p.131-146, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos. Quinto levantamento safra 2009/2010. Brasília, DF: Conab, mar. 2010a.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira.** Grãos. Sexto levantamento safra 2009/2010. Brasília, DF: Conab, mar. 2010b.

_____. **Indicadores da agropecuária.** Brasília, DF: Conab, 2009.

CRUZ, J.L. et al. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “golden”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.64-71, 2007

DELÚ-FILHO, N. **Efeito do NO_3^- sobre o crescimento e a atividade das enzimas de assimilação do nitrogênio em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.).** 1994. 87 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

_____. **Produção de milho.** 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

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

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2008-2009.** Florianópolis: Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola, 2009. 312 p.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para macieira.** Lages: Graphel, 2003, 76 p.

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

GUIDI, L. et al. Growth and photosynthesis of *Lycopersicum sculentum* (L.) plants as affected by nitrogen deficiency. **Biologia Plantarum**, v. 40, p. 235-244, 1998.

GRÜTZMACHER, A.D. et al. Danos de Spodoptera frugiperda. Lepidoptera: noctuidae e seus efeitos sobre a produção de grãos na cultivar de arroz irrigado Embrapa 6-Chuí. **Ver. Bras. De Agrociência**, 1999. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br>>. Acesso em: 15 jun. 2008.

JOHNSON, R. R. Growth and yield of maize as affected by early-season defoliation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 995-998, 1978.

JONES, R.J.; SIMMONS, S.R. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. **Crop Science**, Madison, v.23, p.129-134, 1983.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, G. S. **Physiology of woody plants**. California: Academic, 1997. 411 p.

LAUER, J. **Later-season hail effects on corn**. Agronomy Advice, University of Wisconsin, Wisconsin, 2009. Bulletin.

LIMA, Francisca Wilma Neide de et al. Avaliação de acessos de milho para resistência à *spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 147-150, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p. Disponível em: <<http://cimilho.cnpms.embrapa.br/estatisticas.php?tabela=13>>. Acesso em: 23 jul. 2008.

NAFZINGER, E. **Effect of tiller removal on corn yield**. University of Illinois, 1998. Disponível em: <<http://www.cropsci.uiuc.edu/research/rdc/report98/rpt98-12.html>>. Acesso em: 5 fev. 2010.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. **Circular Técnica**. Embrapa. Sete Lagoas, MG, dez. 2006. 6 p.

PEIXOTO, Claudio de Miranda. O milho: o rei dos cereais – da sua descoberta há 8.000 anos até as plantas transgênicas. **Seednews**: a revista internacional de sementes. Cultura do milho, mar./abr. 2002. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/milho62.shtml>>. Acesso em: 27 mar. 2010.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).

RODIGHERI, Julio Alberto. **Milho**. Mercado estadual. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2008/2009. Epagri/Cepa, 2009. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese_2009/sintese_2009.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2010.

_____. **Milho**: atualização das estimativas para a safra 2009/10 - 12/03/10. Informe Conjuntural. Epagri/Cepa, 2010a. Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/>>. Acesso em: 5 abr. 2010.

SANGOI, L. . O perfilhamento é benéfico, prejudicial ou irrelevante à cultura do milho. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 12, p. 12-17, 2010.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; BIANCHET, P. Desenvolvimento inicial do milho em função de doses e fontes de nitrogênio aplicadas na semeadura. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, p. 53-58, 2009.

SANGOI, L. et al. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2007a. 95 p.

_____. Perfilhamento em milho: processo benéfico ou prejudicial ao desenvolvimento da planta e ao rendimento de grãos? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Resumos eletrônicos...** Sete Lagoas: ABMS, 2006.

_____. Estádio de remoção dos perfilhos e desempenho agrônômico do milho em duas épocas de semeadura. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2007, Concórdia. **Resumos expandidos...** Chapecó: Epagri: Cepaf, 2007. p.139-145.

SANGOI, L. et al. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.271-276, 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.

SCHWEITZER, C. et al, **O perfilhamento reduz a resposta do rendimento de grãos do milho ao arranjo de plantas**
http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B4C19797B-5C07-48B9-919E-EE5F4F8331FB%7D_31_1.pdf. Acessado em junho/2010.

SCHWEITZER, Cleber, Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho em função do arranjo de plantas. Dissertação, Centro de Ciências Agroveterinárias/UDESC. 80p. Lages, 2010.

SCHMITT, A. **Perfilhamento em milho**: processo benéfico ou prejudicial ao desenvolvimento da planta e ao rendimento de grãos? 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)–Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2008.

SILVA, E. C. et al. Análise econômica do estudo de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto em solo de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABAR, 2001. CD-ROM.

SILVA, E. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 353-362, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e colagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

SUGIHARTO, B. et al. Regulation of expression of carbon-assimilating enzymes by nitrogen in maize leaf. **Plant Physiology**, v. 92, p. 963-969, 1990.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v. 37, p. 305-311, 1992.

TOMASELLA, J.; ROSSATO, L. **Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas**. São José dos Campos, 2005. Disponível em: <http://mtcm15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401915/2005/11.08.13.25/doc/09_Balan%e7o_h%eddrico.pdf>. Acesso em: 13 maio 2009.

THOMISON, P. R. Corn growth and development – Does tillering affect hybrid performance? Disponível em: < <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0121.html> >. Acesso em: 10 ago. 2009.

TSUKAHARA, R. Y.; KOCHINSKI, E. G. Efeito da redução da área foliar a aplicação de nitrogênio sobre os componentes de produção em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos...** Sete Lagoas: ABMS: Embrapa milho e sorgo: IAPAR, 2008. CD-ROM.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 183-190, 1995.

UNITED STATES DEPARTAMENTO OF AGRICULTURE. **World agricultural supply and demand estimates**. World corn supply and use. USDA 2010. Disponível em: <<http://usda.gov/oce.commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2010.

VASILAS, B.L.; SEIF, R.D. Effect of defoliation on the timing of anthesis and silking of maize inbred lines. **Maydica**, Bergamo, v.30, p.427-435, 1985.

VARGAS, V. P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresse em milho**. 2010. 145 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2010.

VARGAS, V. P. et al. O rendimento de grãos do milho é afetado pela fonte e método de aplicação do nitrogênio em cobertura. In: REUNIÃO TÉCNICA ESTADUAL DO MILHO, 54., 2009, Veranópolis. **Anais...** Porto Alegre: Emater, 2009a. v. 54. p. 185-187.

_____. Aplicação do nitrogênio em cobertura como estratégia para minimizar os prejuízos ocasionados pela desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. In: REUNIÃO TÉCNICA ESTADUAL DO MILHO. 54., 2009, Veranópolis. **Anais...** Porto Alegre: Emater, 2009b. v. 54.

VASILAS, L.; SEIF, R. D. Defoliation effects on two corn inbreds and their single-cross hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, p. 816-820, 1985.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO MILHO, 2000, Passo Fundo. **Resumos de Palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2000. p. 5-38.

WOLSCHICK, D. et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “El Niño”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 461-468, 2003.