

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INJÚRIA FOLIAR EM DIFERENTES ESTÁGIOS
FENOLÓGICOS DE PLANTAS DE GIRASSOL E SEU
EFEITO NA PRODUÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dionéia Daiane Pitol Lucas

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**INJÚRIA FOLIAR EM DIFERENTES ESTÁGIOS
FENOLÓGICOS DE PLANTAS DE GIRASSOL E SEU EFEITO
NA PRODUÇÃO**

Dionéia Daiane Pitol Lucas

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS, Brasil
2011

L933i Lucas, Dionéia Daiane Pitol

Injúria foliar em diferentes estágios fenológicos de plantas de girassol e seu efeito na produção / por Dionéia Daiane Pitol. – 2011.

75 f. ; il. ; 30 cm

Orientador: Arno Bernardo Heldwein

Coorientador: Nereu Augusto Streck

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2011

1. Agronomia 2. Helianthus annuus L. 3. Área foliar 4. Remoção foliar
5. Risco climático I. Heldwein, Arno Bernardo II. Streck, Nereu Augusto
III. Título.

CDU 633.85

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

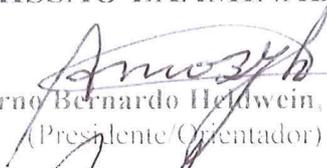
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

INJÚRIA FOLIAR EM DIFERENTES ESTÁGIOS FENOLÓGICOS DE
PLANTAS DE GIRASSOL E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO

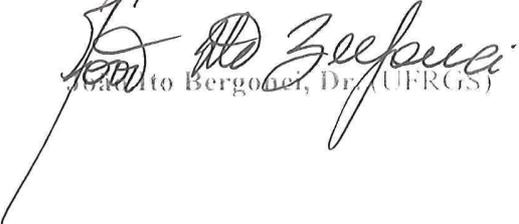
elaborada por
Dionéia Daiane Pitol Lucas

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:


Arno Bernardo Heldwein, Dr.
(Presidente/Orientador)


Jerônimo Luis Andriolo, Dr. (UFSM)


Valério Bergonzi, Dr. (UFRGS)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2011.

Eu não tenho filosofia: tenho sentidos...
Se falo na Natureza não é porque saiba o que ela é,

Mas porque a amo, e amo-a por isso...

(Fernando Pessoa)

Dedico
A Deus pela vida.
Aos meus pais Amadeu Lucas e Zélia Maria Pitol Lucas.
E meus irmãos Elenara K. Lucas, Flávio R. P. Lucas, Gerson L. P. Lucas e Jones C. Lucas

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, a qual possibilitou a realização deste estudo.

Ao professor Arno Bernardo Heldwein, pela orientação, paciência, confiança, amizade e principalmente pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Elena Blume e Nereu Augusto Streck pela co-orientação, amizade e pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia, pela atenção e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial ao João Colpo pela ajuda na condução dos experimentos e pela amizade.

À minha família, em especial à minha mãe Zélia Maria Pitol Lucas, meu pai Amadeu Lucas, minha irmã Elenara Keite Lucas, meus irmãos Flávio Roberto Pitol Lucas, Gerson Luis Pitol Lucas e Jones César Lucas e minha tia Leda Pitol da Costa, que mesmo distantes, sempre me apoiaram e incentivaram para a realização deste trabalho.

Aos amigos Luis Henrique Loose, Ivan Carlos Maldaner, Mateus Possebon Bortoluzzi, Joner Silveira Dalcin, Franco Rosa da Costa, Lucas Oelinton Bonini Sandri, Fernando Dill Hinnah, Tarlen Schach, Ricardo Luis Maldaner, Mateus Radons e Aloisio Giovelli, pela ajuda durante a condução dos experimentos e pela amizade.

Aos amigos da Fitotecnia, Carina Pivetta, Gizelli Moiano de Paula, Flávia Kaufmann Samboranha, Ana Paula Schwantes, Edenir Luis Grimm, Leosane Bosco, Gustavo Trentin, Roberto Trentin, Fabrício Ivan Guse, Isabel Lago, Joana Graciela Hanauer, Sidinei Radons, Lidiane Walter e Hamilton Rosa pela amizade, descontração e esclarecimentos das dúvidas durante o trabalho.

Às demais amigas Andréia Furtado da Fontoura, Débora Graciani ScalleMBERger, Juliana Katzer, Luciana Araujo, Marceli Pazini Milani e os amigos Ayrton Cavalheiro e Vanderlei Vidal Zênero pelo apoio, amizade e descontração.

Ao meu namorado Élcio Lohrentz pelo apoio durante a realização deste trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, e não estão nominalmente citados, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

INJÚRIA FOLIAR EM DIFERENTES ESTÁGIOS FENOLÓGICOS DE PLANTAS DE GIRASSOL E SEU EFEITO NA PRODUÇÃO

AUTORA: DIONÉIA DAIANE PITOL LUCAS

ORIENTADOR: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2011.

A sustentabilidade da produção de uma cultura, isto é, a capacidade desta conservar-se no mercado, preservar o ambiente e ter bons retornos financeiros é frequentemente ameaçada por fatores de risco. Dentre os fatores de risco na agricultura, destaca-se o fator climático, e a ocorrência de granizo é um dos eventos extremos deste fator. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas das plantas de girassol após a aplicação de diferentes níveis de injúria foliar, em diferentes estágios fenológicos, para quantificar o efeito dessa injúria na redução da produtividade de aquênios. Além disso, objetivou-se desenvolver modelos matemáticos de estimativa de redução de produção em função do estágio de desenvolvimento da cultura e da intensidade da ocorrência da injúria foliar. Os experimentos foram conduzidos junto ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, nos anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011, acompanhando-se o crescimento e o desenvolvimento das plantas no decorrer do ciclo da cultura através de observações fenométricas e fenológicas. Os dados meteorológicos foram obtidos junto à estação meteorológica principal de Santa Maria, pertencente ao 8º DISME/INMET/MA. Foram realizados dezesseis tratamentos arrançados no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições para o ano agrícola 2009/2010 e quinze tratamentos para o ano agrícola de 2010/2011. Os tratamentos constaram de quatro níveis de injúria foliar (0, 25, 50 e 75%) aplicados em quatro estágios fenológicos (20 folhas emitidas, R2, R5.1 e R6) das plantas de girassol para experimento conduzido em 2009/2010 e cinco níveis de injúria foliar (0, 25, 50, 75 e 100%) aplicados em três estágios fenológicos (20 folhas emitidas, R2 e R6) das plantas de girassol em 2010/2011. As injúrias foram promovidas por meio de perfurações no limbo foliar de todas as folhas das plantas de girassol realizadas com o auxílio de vazadores de 23, 25 e 30 mm de diâmetro. O número de perfurações era estipulado de acordo com a largura das folhas, diâmetro do vazador e nível de injúria pretendido. A produtividade do girassol foi afetada pelos níveis de injúria aplicados e pelos estágios considerados. O estágio reprodutivo R2 foi o mais afetado pelas injúrias, enquanto que a injúria de 25% foi a que promoveu proporcionalmente maior efeito na produtividade do girassol.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Área foliar. Remoção foliar. Risco climático.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

LEAF INJURY IN DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES OF SUNFLOWER PLANT AND EFFECT ON PRODUCTION

AUTHOR: DIONÉIA DAIANE PITOL LUCAS

ADVISER: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Location and Date of defense: Santa Maria, February 28th, 2011.

The sustainability of the crop production, i.e. the ability to remain itself in the market, protecting the environment and have good financial returns is often threatened by risk factors. Among the risk factors in agriculture, highlights the climatic factor, and hail occurrence of extreme events of this factor. The objective of this study was to evaluate sunflower plants responses after application of different levels of injury in leaves in different phenological stages, to quantify the injury effect on the productivity reduction of achenes. In addition, mathematical models were developed to estimate the production reduction in function of crop development stage and occurrence intensity of injury in leaves. The experiments were conducted at Crop Science Department of the Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil, in the agricultural years 2009/2010 and 2010/2011, following the growth and development of plants during the crop cycle through phenological and phenometric observations. The meteorological data were obtained from the meteorological station of Santa Maria, belonging to 8th DISME/INMET/MA. Were made sixteen treatments arranged in a randomized block design with three replications for the 2009/2010 agricultural year and fifteen treatments for the 2010/2011 agricultural year. The treatments consisted of four foliar injury levels (0, 25, 50 and 75%) applied at four phenological stages (20 emitted leaves, R2, R5.1 and R6) of sunflower plants in the experiment conducted in 2009/2010 and five foliar injury levels (0, 25, 50, 75 and 100%) applied at three phenological stages (20 emitted leaves, R2 and R6) of sunflower plants in 2010/2011. The injuries were promoted by perforations in leaf blade of all sunflower leaves with auger of 23, 25 and 30 mm in diameter. The number of perforations was set according of leaves width, auger diameter and desired injury level. The sunflower yield was affected by injury levels applied and by stages considered. The reproductive stage R2 was most affected by injuries, while 25% injury level had caused proportionally greater effect on sunflower yield.

Key words: *Helianthus annuus* L. Leaf area. Leaf removal. Climate risk.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Plantas no estágio vegetativo com 20 folhas (V20), alongação do botão floral (R2), início da antese (R5.1) e final da floração (R6). Santa Maria, RS, 2011..... 29
- Figura 2 – Aspecto das plantas de girassol após aplicação dos tratamentos de injúria (25, 50, 75 e 100% de remoção foliar) no estágio vegetativo (V20) das plantas. Santa Maria, RS, 2011..... 30
- Figura 3 – Densidade de fluxo de radiação solar global incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e precipitação (mm dia^{-1}), ocorridas durante o cultivo de girassol nos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b), em função do número de dias após a emergência (DAE) das plantas, em Santa Maria, RS, 2011..... 38
- Figura 4 – Índice de área foliar (IAF) e estatura das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, dos experimentos realizados nos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b), em Santa Maria, RS, 2011. 40
- Figura 5 – Número de folhas das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, nos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b) em função de dias após a emergência (DAE) durante as fases de desenvolvimento entre as aplicações dos tratamentos: emergência até vinte folhas (EM-V20); vinte folhas até alongação do botão floral (V20-R2); alongação do botão floral até início da antese (R2-R5.1); início da antese até fim da floração (R5.1-R6); fim da floração até maturação fisiológica (R6-R9). Santa Maria, RS, 2011..... 42
- Figura 6 – Produtividade média de girassol injuriado nos diferentes estágios em função do índice de área foliar (IAF) remanescente (0, 25, 50, 75 e 100%) relativo ao IAF máximo das plantas não injuriadas dos experimentos dos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b), em Santa Maria, RS..... 47
- Figura 7 – Produtividade de girassol em função do nível de injúria foliar nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol do experimento do ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração)..... 49
- Figura 8 – Redução na produção aquênios de girassol (índice relativo) em função do nível de injúria (25, 50 e 75%) do experimento do ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração)..... 51

Figura 9 – Produtividade de girassol em função do nível de injúria foliar nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, do experimento no ano agrícola 2010/2011. (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração).....	56
Figura 10 – Redução na produção de aquênios de girassol (índices relativos) em função do nível de injúria foliar (25, 50, 75 e 100%) no experimento do ano agrícola 2010/2011 (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração).....	59
Figura 11 – Redução na produção aquênios de girassol em função do nível de injúria foliar (25, 50 e 75%), dos experimentos realizados nos anos agrícolas 2009/2010 (◊) e 2010/2011 (□) (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração).....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físico-químicas do solo nas áreas utilizadas nos experimentos, Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS 2011.....	28
Tabela 2 – Variáveis meteorológicas e soma térmica acumulada (STa) nos subperíodos de desenvolvimento (SPD) do girassol, híbrido Aguará 03, após a emergência das plantas (EM) do experimento realizado no ano agrícola 2009/2010 em Santa Maria, RS,.....	36
Tabela 3 – Variáveis meteorológicas e soma térmica acumulada (STa) nos subperíodos de desenvolvimento (SPD) do girassol, híbrido Aguará 03, após a emergência das plantas (EM) do experimento realizado no ano agrícola 2010/2011 em Santa Maria, RS.....	37
Tabela 4 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis produtividade total de aquênios (PTA), massa de mil aquênios (MMA) e diâmetro de capítulos (DC) para o genótipo Aguará 03 do experimento no ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS.....	43
Tabela 5 – Produtividade total de aquênios (PTA), massa de mil aquênios (MMA) e diâmetro de capítulos (DC), quando não houve interação entre os fatores estágio e nível de injúria no ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS.....	44
Tabela 6 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis produtividade total de aquênios (PTA), massa de mil aquênios (MMA) e diâmetro de capítulos (DC) para o genótipo Aguará 03 do experimento no ano agrícola de 2010/2011, em Santa Maria, RS.....	52
Tabela 7 – Produtividade total de aquênios (kg ha^{-1}) para os níveis de injúria aplicados em três diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, no experimento do ano agrícola 2010/2011, em Santa Maria, RS.....	53
Tabela 8 – Massa de mil aquênios (g) para os níveis de injúrias aplicados nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, no experimento do ano agrícola 2010/2011, em Santa Maria, RS.....	54
Tabela 9 – Diâmetro de capítulo (cm) para os níveis de injúrias aplicados nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, no experimento do ano agrícola 2010/2011, Santa Maria, RS.....	55

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Redução na produção aquênios de girassol em função da redução do índice de área foliar (IAF) em 25, 50 e 75% do experimento no ano agrícola 2009/2010. V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração.....

75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 A cultura do girassol	15
2.2 A importância da área foliar	18
2.3 Interações girassol-ambiente	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Localização e condições edafoclimáticas	27
3.3 Instalação e condução do experimento	31
3.4 Tratos culturais	32
3.5 Determinações fenométricas e fenológicas	32
3.6 Colheita e determinação dos componentes de produtividade	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Elementos meteorológicos durante os períodos experimentais	35
4.2 Variáveis fenométricas e fenológicas	39
4.3 Respostas do girassol aos níveis de injúria foliar nos diferentes estágios fenológicos no ano agrícola 2009/2010	42
4.4 Respostas do girassol aos níveis de injúria foliar nos diferentes estágios fenológicos no ano agrícola 2010/2011	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICE	75

1 INTRODUÇÃO

A importância da cultura do girassol tem aumentado no cenário agrícola nacional e internacional. O seu cultivo está ligado principalmente à produção de óleo. No mercado de biocombustíveis, está despertando grande interesse em nível mundial, pois representa uma alternativa para a produção de matéria-prima em função do elevado teor de óleo presente nos aquênios e também a sua ampla adaptação às diferentes regiões edafoclimáticas (LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005).

O óleo de girassol é considerado de grande importância para a alimentação, pois este é de boa qualidade e apresenta alto valor nutricional. É considerado um alimento funcional, tanto para a alimentação humana, quanto de outros animais (UNGARO et al., 2009). Apresenta consideráveis valores de ácidos graxos insaturados, sendo estes essenciais ao organismo humano. Além da importância da produção do óleo, deve-se levar em consideração a produção do girassol para consumo animal na forma de silagem, farelo de resíduo da extração do óleo, ou mesmo do uso pela flora melífera. Além disso, o óleo de girassol tem vasta utilização na indústria de cosméticos (MOREAU, WHITAKER, HICKS, 2002).

O ambiente é o principal condicionante para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas. Condições adversas podem comprometer a produção, tornando, muitas vezes, inadequado o cultivo em determinado período ou mesmo a área na qual era realizado o cultivo. São muitos os estresses que uma planta pode encontrar junto ao ambiente no qual ela se encontra, podendo ser estas físicas, químicas ou biológicas. Como condicionantes físicas, podem ser citados os fatores de textura e estrutura dos solos, as variações nos elementos meteorológicos e danos diretos à planta, como o ataque de insetos e a ocorrência de granizo. Fatores químicos como a fertilidade e acidez dos solos, também são relevantes, sendo necessária adequada atenção para as concentrações de determinados elementos específicos limitantes ou tóxicos à cultura (UNGARO et al., 1985, 1990). Como condicionante biológico tem-se grande variedade de microorganismos, tais como oomicetos, fungos, bactérias ou vírus, que causam diversas interações com as plantas, na maioria das vezes malélicas, principalmente por muitos serem causadores de doenças.

A sustentabilidade da produção de uma cultura, isto é, sua capacidade de conservar-se no mercado, preservar o ambiente e ter bons retornos financeiros é frequentemente ameaçada por fatores de risco. Dentre os fatores de risco na agricultura, destacam-se as variações nos

elementos meteorológicos, como na disponibilidade hídrica, de eventos climáticos extremos, como a ocorrência de granizo, além de ser um fator decisivo na ocorrência de pragas e doenças. Desse modo, tornam-se necessários estudos para buscar respostas ou técnicas adequadas para a minimização desses riscos ou o dimensionamento de possíveis danos.

Respostas morfológicas e fisiológicas das plantas são necessárias para embasar o conhecimento dos efeitos de estresses na produção. Mudanças específicas na área foliar, na arquitetura do dossel e no crescimento radicular são identificadas como mecanismos morfológicos, enquanto que mecanismos fisiológicos incluem os estímulos às taxas de fotossíntese, respiração, mudanças nos status hormonais, na redistribuição de carboidratos e nutrientes minerais e no tempo de senescência das folhas (LARCHER, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Nas plantas cultivadas produtoras de grãos, as folhas mais próximas ao ápice suprem os meristemas da parte aérea e, sobretudo, as flores e os frutos em amadurecimento. Situações de estresse e injúrias foliares podem levar à alteração na redistribuição de fotoassimilados, alterando a relação fonte-dreno. A ocorrência de granizo pode produzir dois tipos principais de estresse, sendo, primeiramente, as perdas relacionadas à diminuição de área foliar e, em segundo plano, as perdas por quebra de hastes e caules, bem como a redução de estande. No entanto, é difícil quantificar a perda de rendimento relacionada à ocorrência em diferentes fases do ciclo das culturas, bem como o hábito de crescimento de cada espécie, estando ainda, relacionado com as condições meteorológicas subsequentes à ocorrência de granizo. Pesquisas nesse sentido são importantes para o conhecimento do funcionamento da partição de assimilados na planta, pois, através de alterações no balanço fonte-dreno, ocorrerão mudanças nos padrões de distribuição que podem levar à compensação ou prejuízos no desenvolvimento e no crescimento da planta.

Com o intuito de estudar situações de estresse (injúrias decorrentes de doenças, ataque por insetos ou por granizo) e alterações nas rotas de translocação de fotoassimilados e dos mecanismos de compensação, ocasionadas por perda de área foliar, a aplicação de dessecantes foliares e a desfolha artificial são metodologias utilizadas em estudos de fisiologia, em diversas culturas. Estes estudos são importantes no suporte às recomendações de sistemas de manejo para as culturas e para auxiliar os pesquisadores a determinar níveis de dano econômico que racionalizam o uso de defensivos.

Com o aquecimento global, eventos meteorológicos extremos, tais como o granizo, podem ser mais frequentes e aumentar os riscos e os danos reais aos cultivos agrícolas, o que exige a determinação de critérios adequados para avaliação de danos e a justa indenização dos

mesmos pelo sistema de seguro agrícola e/ou para a tomada de decisão mais adequada no gerenciamento do problema pós-granizo pelo produtor. A literatura é escassa na definição e solução desse problema, sendo as poucas informações existentes obtidas com variedades na década de 80 (SCHNEITER et al., 1987) e não com os híbridos modernos, que em Santa Maria apresentaram diferenças de injúria em evento de granizo em janeiro de 2009 e consequente redução de produção. Além disso, o problema sempre foi avaliado como desfolha parcial das plantas (SCHNEITER; JONES; HAMMOND, 1987) e não como injúria generalizada em todas as folhas.

Este estudo foi desenvolvido considerando a hipótese de que a injúria foliar reduz a produtividade de aquênios e, conseqüentemente, de óleo em girassol, bem como a redução na produtividade de aquênios é variável dependente do estágio fenológico, no qual ocorreu a injúria e também da intensidade da injúria produzida.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas das plantas de girassol após a aplicação de diferentes níveis de injúria foliar em diferentes estágios fenológicos, para quantificar o efeito dessa injúria na redução da produtividade de aquênios. Além disso, objetivou-se desenvolver modelos matemáticos de estimativa de redução de produção em função da intensidade e do estágio de desenvolvimento das plantas quando da ocorrência da injúria foliar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do girassol

O cultivo de girassol tem hoje abrangência mundial. Mesmo tendo indícios de que seu centro de origem esteja no México (DALL'AGNOL; VIEIRA; LEITE, 2005), a cultura destaca-se como a quarta oleaginosa em produção e a quinta em área cultivada no mundo (EMBRAPA, 2000). Os principais produtores são os países da União Europeia, Rússia, Argentina, Ucrânia, Estados Unidos, China e Índia, perfazendo uma área em torno de 24 milhões de hectares na safra 2008/2009 (AGRIANUAL, 2009). No Brasil, presume-se que o cultivo do girassol iniciou na época da colonização da região Sul. A primeira indicação de cultivo comercial foi datada em 1902, em São Paulo (DALL'AGNOL; VIEIRA; LEITE, 2005).

A área semeada com girassol no Brasil no período de 1997 a 2002 aumentou de 11 mil ha para 45 mil ha (GOMES, 2005), enquanto que na safra 2008/2009 foi de 111,6 mil ha (CONAB, 2009). As regiões Centro-Oeste e Sul apresentam a maior produção, sendo que, os estados do Centro-Oeste contemplam a maior área semeada com girassol, perfazendo 79,9 mil ha na safra 2008/2009. O significativo avanço do agronegócio do girassol também se justifica pelas frustrações nas safras de soja e milho, pelas estiagens nos anos agrícolas 2004/05, 2005/06 e 2008/09, e por ser uma opção de cultivo nas áreas não contempladas pelo zoneamento agroclimático para soja, principalmente da metade sul do RS.

Contribui para o aumento de área semeada o fato da demanda nacional por óleo de girassol aumentar na ordem de 13% ao ano (GOMES, 2005), a qual continua sendo suprida por importação, principalmente da Argentina. Essa realidade vem ao encontro de necessidades de pesquisas, objetivando o fortalecimento, bem como o planejamento organizado da expansão do cultivo do girassol. O girassol é uma das oleaginosas que compõem o programa do biodiesel brasileiro. Além de apresentar-se como produtora de óleo de excelente qualidade, é reconhecidamente utilizada por suas propriedades medicinais, melífera, matéria prima para silagem e forragem, adubação verde, melhoradora do solo e ornamental (UNGARO et al., 2009). Os fitoesteróis, presentes nos aquênios, relativamente, em altas concentrações, têm sido estudados pela sua grande importância alimentar e industrial (FOLMER, 2003;

MOULOUNGUI, ROCHE, BOUNIOLS, 2006; MOREAU, WHITAKER, HICKS, 2002). O girassol ainda é uma excelente cultura recicladora de nutrientes e promotora de colonização micorrízica, proporcionando ganhos expressivos de produtividade nas culturas sucessivas, como exemplo a soja com ganho de 15% e o milho 30% (OLIVEIRA; VIEIRA; LEITE, 2004). Porém, Malavolta; Vitti; Oliveira, (1997) informam que essa cultura pode ser considerada exigente em macronutrientes e micronutrientes, sendo necessária a correção de solos com acidez acentuada.

A produtividade do girassol no Brasil tem oscilado muito ao longo dos anos, estando a média de produtividade de aquênios estabilizada em torno de 1.500 kg ha⁻¹. A razão da baixa produtividade de aquênios é o reduzido uso de tecnologias de produção, visto que o girassol é tratado como uma cultura secundária (LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005). A cultura enfrenta sérios desafios no Brasil, sendo os principais, o de oferecer aos produtores uma cultura alternativa que, permita um segundo cultivo sobre a mesma área e no mesmo ano agrícola, oferecer matéria-prima oleaginosa às indústrias de processamentos de outros grãos, em período ocioso, bem como oferecer ao mercado um óleo comestível de alto valor nutritivo (PELEGRINI, 1985 apud LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005).

Devido à capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, o girassol pode ser cultivado no Brasil desde o Rio Grande do Sul até Roraima. Como seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, pela altitude e pelo fotoperíodo, o cultivo torna-se uma opção viável nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (EMBRAPA, 2000). As plantas de girassol podem suportar grande intensidade luminosa, devido ao seu valor de saturação à luz, associado à umidade prontamente disponível no solo (MOTA, 1983). A alta eficiência em explorar a água disponível no solo para o seu desenvolvimento, sendo capaz de produzir grande quantidade de matéria seca sob condição de estresse hídrico, e sua tolerância à ampla faixa de temperaturas, sem redução significativa da produção (CASTRO; FARIAS, 2005), são fatores que estimulam o cultivo do girassol, principalmente em áreas consideradas marginais para outras culturas.

A duração do ciclo da cultura pode variar entre 90 e 130 dias, dependendo da cultivar, da data de semeadura e das condições ambientais características de cada região e ano. Características da planta, como altura, tamanho do capítulo e circunferência do caule, variam segundo o genótipo e as condições edafoclimáticas (CASTIGLIONI et al., 1994), além da época de semeadura (MELLO et al., 2006).

A planta de girassol, que é pertencente à família Asteraceae, apresenta uma inflorescência conhecida como capítulo, cuja forma pode variar de côncavo a convexo, com

flores que se desenvolvem do exterior para o interior do capítulo, dando origem aos frutos secos tipo aquênios (CASTRO; CASTIGLIONI; BALLA, 1996). Os aquênios são constituídos pelo pericarpo (casca) e pela semente propriamente dita (amêndoas), de tamanho, cor e teor de óleo variáveis dependendo da cultivar, sendo que o teor de óleo varia entre 30 a 48% (KAKIDA et al., 1981). O capítulo apresenta um número de aquênios em torno de 300 a 2500, e o peso de mil aquênios pode variar de 30 a 100g (CASTRO; FARIAS, 2005). O caule pode apresentar diferentes curvaturas, associados ao peso dos capítulos, que são expressas na maturação (CASTIGLIONI et al., 1994).

Seu sistema radicular profundo com raiz principal pivotante proporciona maior exploração e auxilia no melhor aproveitamento da fertilidade natural dos solos e das adubações dos cultivos antecessores, absorvendo nutrientes das camadas mais profundas. O girassol é considerado uma cultura que melhora a qualidade do solo, pois promove a ciclagem de nutrientes mediante a mineralização dos restos culturais ao longo do perfil, beneficiando o desenvolvimento e a melhoria do estado nutricional das culturas subsequentes, sendo uma boa alternativa para rotação de culturas (TREZZI; SILVA; ROCHA, 1994; UNGARO et al., 2000).

Na maioria dos casos, a cultura requer de 400 a 500 mm de água que, se bem distribuídos ao longo do ciclo, resulta em rendimentos próximos ao potencial máximo (UNGER, 1990; CASTRO; FARIAS, 2005), sendo que a composição dos ácidos graxos apresenta dependência de um suprimento ideal de água (ANASTASI et al., 2010). Na ausência de estresse hídrico, a radiação solar e a temperatura do ar tornam-se elementos de restrição à produtividade (CHAPMAN; HAMMER; MEINKE, 1993). A exigência nutricional da cultura de girassol varia em função do estágio de desenvolvimento no qual as plantas se encontram. Castro e Oliveira (2005) verificaram que a maior absorção de nutrientes e água e, conseqüentemente, maior crescimento das plantas de girassol, ocorre a partir da emissão do botão floral até o florescimento pleno, estágio R5.5. Segundo Hocking e Steer (1983) este período é bastante importante para o potencial produtivo das plantas. A deficiência de nitrogênio é o maior limitante nutricional na produtividade do girassol, ocasionando uma redução de até 60% de seu potencial de produção (BLAMEY; EDWARDS; ASHER, 1997).

O período que se estende desde a floração até o final do enchimento de aquênios é caracterizado por translocação intensa, principalmente de nitrogênio e fósforo dos órgãos vegetativos para os reprodutivos, demonstrando alta exportação de nutrientes da lavoura, a qual varia de 56 a 70% do total acumulado. No caso do potássio, apenas 7% do total absorvido pela planta é acumulado nos aquênios e exportado, mas são necessárias

concentrações elevadas no caule e no capítulo para ocorrer um bom desenvolvimento das plantas. Outros nutrientes como cálcio e boro também apresentam taxas de exportação reduzidas (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

2.2 A importância da área foliar

A folha é a estrutura responsável pela produção da maior parte dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004) e assim, fatores que afetam a produção da área foliar, também afetam diretamente a produção de determinada cultura. A área foliar é correlacionada com o potencial produtivo das culturas, dessa forma, pode-se dizer que a produção vegetal está diretamente relacionada com o aproveitamento da energia solar pela cultura, transformada em energia química durante o processo fotossintético (LEME; MANIERO, 1984). A elevação das taxas de fotossíntese depende, dentre outros fatores, do máximo aproveitamento da energia solar disponível, o qual pode ser obtido pela manipulação cultural. Maneiras de manipulação cultural incluem adequada população de plantas ao objetivo da exploração, arranjos foliares mais erectófilos e técnicas de manejo da copa, tais como podas, desfolhamentos e modificação da arquitetura da planta (BERNARDES, 1987; JACKSON, 1980).

A área foliar e, conseqüentemente, o índice de área foliar (IAF) definido inicialmente por Watson (1947a, b), representa a área de folhas por unidade de área de terreno, sendo, portanto, adimensional. A variação do IAF durante o ciclo de determinada cultura é um dado importante para a determinação da data de semeadura e transplante das culturas. Desconsiderando a influência de outros fatores, as culturas devem ser semeadas de modo que os valores máximos do IAF coincidam com a época de elevada disponibilidade de radiação solar, quando então a fotossíntese líquida será máxima (AGUIRREZÁBAL et al., 2003). Considerando-se as dificuldades inerentes à melhoria no processo de fixação do CO₂, a otimização da interceptação e uso da radiação solar para fotossíntese em função de alterações na arquitetura do dossel, são alternativas viáveis na melhoria da atividade fotossintética das plantas (HORTON, 2000; LARCHER, 1995).

Nos agroecossistemas, a atividade fotossintética das plantas resulta na conversão da radiação solar em energia química, a qual é convertida em massa seca. Nestes sistemas, os

elementos essenciais são a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, a utilização da energia gerada na redução de CO₂ (fotossíntese) e de outros substratos, a incorporação de assimilados em novas estruturas na planta (crescimento) e a manutenção da planta como uma unidade viva (LOOMIS; AMTHOR, 1999). Considerando a relação entre o IAF e a produção fotossintética, a distribuição espacial das plantas no cultivo deve maximizar o IAF. Entretanto, para determinadas culturas, a produção fotossintética não aumenta linearmente com o IAF, sendo limitada pelo sombreamento das folhas superiores sobre as inferiores, o qual, em geral, é mínimo durante a fase inicial de crescimento das plantas (KITAGIMA, et al. 2005; MOLAN, 2004).

É reconhecido que a área fotossinteticamente ativa é um dos principais componentes da produção vegetal. Watson (1947a) citou a mais de meio século que produção é uma função do índice de área foliar, sendo mais bem relacionada com a duração da área foliar. Nesse conceito, Monteith (1977) introduziu idéias sobre a radiação interceptada pela copa das plantas, estabelecendo sólidas relações entre a produção e absorção da radiação solar pela área foliar. A folha assume funções muito importantes nas plantas, tais como a interceptação e absorção da radiação solar, realização da fotossíntese e transpiração (LARCHER, 2004; MUSSCHE et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004). Segundo Kunz et al. (2007), para a cultura do milho a quantidade de radiação solar absorvida é um fator determinante da produção.

A quantidade de área foliar é um indicativo de produtividade dos cultivos (FAVARIN et al., 2002), além de ser requerida para a maioria dos estudos agrônomicos e fisiológicos (BLANCO; FOLEGATTI, 2003). Estudos relacionados à densidade de plantio/semeadura, adubação, irrigação, poda e aplicação de defensivos também requerem o conhecimento dessas informações (FAVARIN et al., 2002; TAVARES JÚNIOR et al., 2002).

A duração da área foliar depende da disponibilidade de fotoassimilados para sustentar o enchimento de grãos após o período de floração. Quanto maior for a área foliar ativa e maior o tempo que esta persistir desde a floração até a maturação fisiológica, maiores são as chances de se obter o máximo potencial produtivo (WESTGATE et al., 1997).

A produção do girassol é determinada pelo número de capítulos por hectare, estando este número condicionado ao número de plantas por unidade de área (REZENDE et al., 2003). Dessa forma, a densidade de plantio assume grande importância no sistema de produção, uma vez que o aumento da altura da planta está associado à maior competição por luz, em função da maior área foliar e, conseqüentemente, propiciando o sombreamento mais intenso (SILVA; ALMEIDA, 1994).

A interceptação da radiação solar depende não só do IAF, mas também da posição solar, da geometria e tamanho da folha, do ângulo da folha, da idade e arranjo das plantas e, ainda, da espécie cultivada, das condições meteorológicas e de práticas de manejo da cultura (RADIN et al., 2003). No caso do girassol, ainda há possibilidade de as folhas absorverem luminosidade estabelecendo uma trajetória solar, ou seja, suas folhas ajustam continuamente a orientação dos limbos, de modo que permanecem mais perpendiculares aos raios solares no período vegetativo (CASTRO; FARIAS, 2005).

A perda de parte das folhas durante o ciclo de crescimento de uma planta pode ser provocada por estresses ou injúrias ambientais, ou ainda, senescência natural, mas também por ataque de pragas e doenças ou como parte do manejo agrônômico, no qual essas folhas teriam outro fim como alimentação de animais. A redução na área foliar útil, ou seja, aquela que ainda tem capacidade de realizar fotossíntese pode resultar em efeitos negativos dependendo do estágio de desenvolvimento das plantas e da intensidade em que ocorre. Assim, nem toda a perda de área foliar por qualquer motivo que seja, justifica qualquer intervenção na lavoura (EVANS, 1980). Além da área foliar de uma cultura interferir na interceptação da radiação solar, atua na troca de água e energia entre a folha e o ar adjacente à atmosfera, sendo a folha o principal órgão das plantas envolvido na fotossíntese e responsável pelas trocas gasosas entre a maioria das plantas e o ambiente (PEREIRA et al., 1997). A cultura do girassol finaliza a expansão foliar no período de enchimento de grãos, determinando a fixação de frutos, seu peso, a concentração e qualidade de óleo. É o período no qual essa cultura define o número de aquênios por área, que é o principal componente do rendimento (AGUIRREZÁBAL; ANDRADE, 2002).

2.3 Interações girassol-ambiente

A compreensão dos processos fisiológicos subjacentes aos danos provocados por estresses e dos mecanismos de adaptação e aclimatação de plantas a estresses bióticos e abióticos é de grande importância para a agricultura. Segundo Taiz e Zeiger (2004), o estresse é definido como um fator externo, que exerce influência desvantajosa para o crescimento e desenvolvimento da planta, na maioria dos casos, medido em relação à sobrevivência, produtividade agrícola, acumulação de biomassa ou ao processo primário de assimilação, que

estão relacionados ao crescimento e desenvolvimento da planta. A adaptação e a aclimação ao estresse ambiental resultam de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Injúrias generalizadas nos tecidos de toda parte aérea promovem mudanças no transporte de assimilados, água e demais nutrientes (LARCHER, 2004), estresse fisiológico, bem como aumento da respiração dos tecidos limítrofes para promover a vedação do tecido vivo remanescente (TAIZ; ZEIGER, 2004). Juntamente com o aumento na respiração, ocorre a produção de etileno, o estímulo à formação de metabólitos secundários de defesa e um possível aumento na proliferação de microrganismos patogênicos (KLUGE et al., 2006).

Qualquer fator que afeta a área foliar das plantas afeta diretamente a interceptação de radiação solar pelas mesmas. A biomassa produzida depende da radiação solar incidente, da fração interceptada pelo dossel e da eficiência com que essa radiação é convertida em biomassa (Eficiência no Uso da Radiação, EUR). A maneira como a radiação solar é interceptada pelo dossel das plantas é fundamental para a fotossíntese e para a produção das culturas (STEWART et al., 2003). Segundo esses autores, fatores como forma, densidade populacional e espaçamento entre linhas, afetam a distribuição da área foliar no dossel das plantas. Para o girassol a interceptação de radiação solar no período de enchimento dos aquênios afeta tanto o peso e a concentração de óleo nos aquênios (DOSIO et al., 2000; ECHARTE et al., 2010), quanto à partição dos ácidos graxos do óleo (IZQUIERDO et al., 2009).

A produtividade de grãos de uma cultura agrícola pode ser incrementada maximizando sua eficiência fotossintética e esta pode ser conseguida pela melhoria da interceptação da radiação solar pelo dossel (MARCHÃO, 2006). A idade das folhas, também influencia na condição de aproveitamento da radiação solar, pois a capacidade fotossintética das folhas geralmente apresenta um declínio linear após a completa expansão foliar (KITAJIMA; MULKEY; WRIGHT, 2005), devido principalmente à redistribuição de elementos como o nitrogênio para as folhas mais novas, de maneira a otimizar o rendimento fotossintético. Considerando a interceptação da radiação solar, Bange; Hammer; Rickert (1998), observaram mudanças na acumulação de biomassa e no índice de colheita do girassol associado a um período mais curto de enchimento de grãos, em função da quantidade de radiação interceptada pelas plantas.

Quando se considera perdas na produção devido às perdas de área foliar, sejam elas causadas por qualquer condicionante, alguns fatores devem ser considerados na avaliação

dessas perdas (NURMBERG et al., 1999). Dentre os fatores, podem-se citar: a capacidade de rebrota da espécie vegetal considerada, ciclo da cultura, variedade, densidade de plantas, irrigação ou não da cultura, estágio de desenvolvimento das plantas, níveis de desfolha, parte da planta afetada pela desfolha, metodologia de desfolhamento artificial, interação da desfolha com outros agentes fitopatogênicos, hábito alimentar do inseto sobre o qual se pretende inferir sobre o dano simulado, entre outros.

O granizo é um fenômeno meteorológico que causa grandes prejuízos à agricultura, principalmente quanto à destruição de lavouras de diversas culturas. Ele pode impactar as plantas causando acamamento, quebramento de colmos, hastes e ramos, debulhamento de grãos, ou produzindo danos em frutos, destruindo a parte aérea de plantas, causando principalmente a laceração de folhas e desfolhamento. Segundo WESTPHALEN (1976), indiretamente ocorre a diminuição da área fotossinteticamente ativa, rompimento da circulação da seiva e criação de um ambiente propício ao ataque de moléstias.

Quanto à probabilidade de sua ocorrência no Rio Grande do Sul, Berlato; Melo; Fontana (2000) observaram que a ocorrência está associada a maiores altitudes e a continentalidade, sendo a primavera a estação de maior risco de ocorrência. Frente a isso, a região de Santa Maria, localizada na Depressão Central do estado, apresenta riscos de ocorrência devido ao efeito da continentalidade, no entanto, o verão é a estação de maior probabilidade de ocorrência (70%) (BERLATO; MELO; FONTANA, 2000).

No contexto fitopatológico, é importante considerar a área foliar que ainda permanece sadia durante o ciclo, ou seja, que não foi afetada por alguma doença. Assim, é imprescindível fazer a comparação entre a radiação solar absorvida com a área foliar sadia da planta durante todo seu desenvolvimento versus a produtividade e a relação severidade de doença versus a produtividade, para melhor desenvolver estratégias de manejo da doença (BERGAMIM FILHO; AMORIM, 1996) e da cultura. O ambiente é um componente relevante na interação patógeno-hospedeiro, podendo, inclusive, impedir a ocorrência da doença, mesmo na presença de hospedeiro suscetível e do patógeno infectivo. Os fatores do ambiente podem determinar o grau de predisposição da planta, que se baseia na alteração da suscetibilidade do hospedeiro resultante da atuação de fatores externos ao mesmo, bem como da agressividade do patógeno, favorecendo ou desfavorecendo sua sobrevivência e desenvolvimento, tanto no hospedeiro quanto no meio (HELDWEIN, 1997). Nesse contexto, qualquer injúria imposta à planta sempre é favorável aos patógenos (AGRIOS, 2004).

O potencial de aumento da área cultivada com girassol pode ser limitado pela ocorrência de doenças como a mancha de *Alternaria*, causada por *Alternaria helianthi*

(Hansf.) Tubaki e Nishihara, sendo este o principal problema fitossanitário do girassol no Brasil (MORAES; UNGARO; MENDES, 1983). Os danos causados pela diminuição da área fotossintética da planta, devido à formação de manchas foliares e à desfolha precoce resultantes das infecções pelo fungo, resultam na redução do diâmetro dos capítulos, do número de aquênios por capítulo, do peso dos aquênios e do teor de óleo, além do que, plantas severamente afetadas apresentam a maturação antecipada (RIBEIRO et al., 1974). Para o desenvolvimento da doença, a temperatura mínima situa-se em torno de 12°C e a máxima em torno de 37°C, sendo as condições ótimas para o estabelecimento da doença de 25° C e 24 horas de molhamento foliar, havendo diferença de progresso de densidade de lesões e de severidade em diferentes híbridos de girassol (LEITE; AMORIM, 2002).

A chuva é um dos principais elementos meteorológicos associados à ocorrência de doenças, ela atua proporcionando o molhamento da planta e na dispersão do patógeno através das gotas e salpicos que transportam os esporos até folhas e plantas vizinhas (AGRIOS, 2004). A luminosidade, o vento e a radiação solar afetam o desenvolvimento da doença através de sua influência no crescimento e suscetibilidade do hospedeiro, na multiplicação e atividade do patógeno, ou na interação patógeno-hospedeiro, observada através do desenvolvimento dos sintomas de severidade da doença. O vento, por exemplo, está relacionado com a disseminação dos patógenos e com a prevenção da infecção devido ao fato de que ele acelera o processo de secagem do molhamento na superfície das plantas, restringindo a penetração ou germinação dos esporos (HELDWEIN, 1993; AGRIOS, 2004; TRENTIN, 2006; TRENTIN et al., 2010). Pelo exposto, é importante o conhecimento da interação entre o ambiente, o patógeno e o hospedeiro para o manejo da doença, principalmente no contexto de condição de molhamento foliar favorável aos patógenos associada à injúria física dos tecidos, tal como acontece em tempestades de granizo.

Diversos insetos ocorrem na cultura do girassol, sendo alguns desfolhadores, pelo seu hábito alimentar, determinando, assim, redução da área foliar e exposição dos tecidos remanescentes à infecção por patógenos nos limites das injúrias. Essa condição segue em parte a situação decorrente de granizo, porém tem como principal diferença o fato da injúria ocorrer de forma gradual no tempo pela ação dos insetos, enquanto todas as injúrias causadas por granizo ocorrem em um evento com duração geralmente menor do que 15 minutos, que impõe um estresse drástico à planta. Dentre os insetos desfolhadores, a espécie *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday e Hewitson, Ordem Lepidoptera, é a principal, sendo as lagartas as causadoras de desfolha (PARO JUNIOR; NACANO, 1976). De acordo com a infestação, as lagartas de *C. lacinia saundersii* podem provocar desfolhamento de até 100% da área foliar

das plantas de girassol, restando apenas as nervuras das folhas nas plantas atacadas. Dependendo do estágio de desenvolvimento e do grau de consumo da área foliar pelos insetos desfolhadores, as plantas podem sofrer reduções significativas na produção (PARO JUNIOR; NACANO, 1976).

Sob condição de estresse foliar, outros fatores podem se associar e potencializar os efeitos das injúrias foliares, como os fatores relacionados ao solo. A condição de solo ácido é problemática para a cultura do girassol. A acidez do solo provoca o desenvolvimento reduzido da parte aérea e clorose generalizada nas folhas, sistema radicular pouco desenvolvido e com a raiz principal encurvada (UNGARO, 1985).

A associação de deficiência de nutrição mineral com a ocorrência de estresses foliares pode ser de grande importância para a cultura do girassol, assim como ocorre no caso do desequilíbrio nutricional e a ocorrência de doenças (AGRIOS, 2004). Considerando-se os macronutrientes, o nitrogênio (N) é exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas, pois o crescimento e desenvolvimento das plantas são altamente dependentes da disponibilidade deste nutriente. Esta alta dependência ocorre devido às funções do N no metabolismo das plantas, participando como constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2004). O tamanho das folhas está relacionado ao suprimento de N para alongação e/ou divisão celular (GARCEZ NETO et al., 2002). O N influencia não só a taxa de expansão, mas principalmente a divisão celular, determinando, desta forma, o tamanho final das folhas, fazendo com que seja um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa (FERNÁNDEZ et al., 1994). Nos tecidos das plantas de girassol, a concentração varia, dependendo do genótipo, de 35 a 50 kg ha⁻¹ nas folhas e de 4 a 10 kg ha⁻¹ no caule, no período entre o início do florescimento e o enchimento de aquênios (BLAMEY; EDWARDS; ASHER, 1997). A remobilização do N na planta inicia com o processo de formação de flores e leva inicialmente à senescência das folhas basais, caracterizada visualmente pelo amarelecimento destas, seguida de morte (SMART, 1994). Esse processo de aceleração da senescência foliar com a maturação da planta é esperado e ocorre devido às altas quantidades de nitrogênio que são mobilizadas das folhas para outros tecidos que estão em crescimento como, por exemplo, as flores (SMART, 1994).

Devido sua importância na constituição foliar, sob condições de injúria foliar, dependendo do estágio das plantas em que ela ocorre, a suplementação com N pode ser uma ferramenta no auxílio à recuperação e manutenção da área foliar remanescente. Quanto aos micronutrientes, Leite; Brighenti; Castro (2005), afirmam ser o boro (B) o mais limitante para a cultura do girassol, sendo que sua escassez pode causar perdas totais de produção pela

queda dos capítulos, sendo as plantas de girassol utilizadas como indicadores de deficiência deste nutriente no solo.

Outro fator limitante à expansão foliar é a disponibilidade de água às plantas. O estresse hídrico diminui o crescimento e a produtividade das plantas, devido à redução das taxas de divisão e de expansão celular que, por sua vez, são afetadas pelo potencial de água no interior das células (KIANI et al., 2007). Como mecanismos de adaptação ao déficit hídrico o girassol apresenta redução na abertura dos estômatos, diminuição da taxa de expansão das folhas, no período vegetativo, e em menor escala, do número de folhas, reduzindo a superfície de transpiração; após a floração, apresenta aceleração da senescência das folhas (AGUIRREZÁBAL et al., 2001). Sabe-se que o girassol possui baixa eficiência no uso da água (CASTRO; FARIAS, 2005) e que o subperíodo mais crítico à deficiência hídrica abrange desde os quinze dias anteriores ao início da antese até os quinze dias após o final da floração (CASTRO et al., 1996). Barni et al. (1996) verificaram, em modelos preditivos de redução da produtividade em função de períodos de deficiência hídrica, que as condições hídricas no subperíodo reprodutivo entre os estágios R1 e R6 são determinantes do rendimento final e que modelos que incluem outros subperíodos não melhoram a previsão. No entanto, Gomes (2005) verificou que mesmo irrigando apenas no período mais crítico a produtividade de aquênios é menor do que sob irrigação durante todo o ciclo, mas superior ao tratamento sem irrigação, evidenciando, então, que o girassol responde à irrigação, mesmo sendo considerada uma planta tolerante à deficiência hídrica.

Para o girassol, a temperatura é a variável com maior influência na duração das fases da emergência à floração (MASSIGNAM, 1987). No entanto, durante o subperíodo floração-colheita o desenvolvimento tem baixa correlação com a temperatura do ar (MASSIGNAM; ANGELOCCI, 1993). Leite; Brighenti; Castro (2005) ressaltam que temperaturas altas prejudicam o desenvolvimento das plantas de girassol, principalmente em condições de baixa disponibilidade hídrica. Além disso, o aumento da temperatura pode modificar a estabilidade das membranas celulares (TAIZ; ZEIGER, 2004), afetando diferentes processos metabólicos, em especial a fotossíntese e a respiração celular das plantas de girassol (KALEEM; HASSAN; SALEEM, 2009), sendo, portanto, outro fator que pode ser considerado agravante sob condições de estresse foliar por injúria.

Considerações de Nurmberg et al. (1999), estão associadas às verificações de Butignol, 1983; Karadogan; Akgün (2009); Lima Junior et al.(2010); Moriondo; Orlandini; Villalobos (2003); Muro et al. (2001); Schneiter; Jones; Hammond (1987); Schneiter; Johnson (1994), que afirmam que a desfolha em plantas de girassol afeta a produção e a ocorrência em

diferentes estágios de desenvolvimento das plantas resulta em significativas diferenças na produção final. É importante considerar também que vários outros tipos de injúrias podem ser causados pela ocorrência de granizo, incluindo a redução de estande, quebra de hastes, além do desfolhamento e a injúria foliar (SCHNEITER; JONES; HAMMOND, 1987). No entanto, o girassol é uma espécie que armazena temporariamente parte dos nutrientes e fotoassimilados na haste, pecíolos e capítulo, o que tende a atenuar em parte a diminuição de rendimento quando a redução de área foliar ocorre no terço final do subperíodo de enchimento dos aquênios, além de estes tecidos foliares realizarem, possivelmente, fotossíntese (BUTIGNOL, 1983).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condições edafoclimáticas

Foram realizados dois experimentos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS (29°43'23''S; 53°43'15''W; 95 m) nos anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011.

O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (MORENO, 1961). A média de temperatura do ar para o local, para os meses de junho e julho, é de 13,8 °C, enquanto que para o mês de janeiro é de 24,7 °C e a precipitação pluviométrica normal anual é de 1712,4 mm, distribuída de forma uniforme nas quatro estações do ano (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009). A frequência média de ocorrência de granizo é de dois eventos por ano, com maior probabilidade de julho a dezembro (BERLATO; MELO; FONTANA, 2000). As deficiências hídricas são frequentes no período de outubro a março, sendo as de maior intensidade nos meses de novembro a fevereiro, principalmente nos solos com menor capacidade de armazenamento de água (BURIOL et al., 1980; HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009).

O solo na área experimental é classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico (EMBRAPA, 2006). Este solo pertence à unidade de mapeamento São Pedro (BRASIL, 1973), caracterizado pela presença de um horizonte B textural (Bt) ocupando, em termos percentuais, a maior parte da área territorial do Estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008). As principais características físico-químicas do solo das áreas utilizadas nos experimentos constam na Tabela 1.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições em esquema fatorial 4x4, quatro níveis de injúria foliar foram aplicados em quatro estádios de

desenvolvimento das plantas. A unidade experimental apresentava dimensões de 14,4 m², sendo as plantas dispostas em espaçamento de 0,9 m entre fileiras e 0,25 m entre plantas. Foi considerada como parcela útil a área correspondente às 12 plantas nas quais foram aplicados os tratamentos de injúria, correspondendo a 2,7 m², o que está de acordo com o proposto por LORENTZ et al. (2010) que afirma que o tamanho de parcela ótimo para a cultura é de 2,4 m².

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo nas áreas utilizadas nos experimentos, Departamento de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria, RS, 2011.

Características*	Valores	
	Área Experimental 1	Área Experimental 2
Teor de argila (%)	26	24
pH (em água)	5,9	6,2
Índice SMP	6,1	6,0
Fósforo (mg dm ⁻³)	17,1	76,0
Potássio (mg dm ⁻³)	204	88
Alumínio trocável (cmol _c dm ⁻³)	0	0
Matéria orgânica (%, mv)	2,2	2,1
CTC (cmol _c dm ⁻³)	12,1	16,5

*Análise efetuada pelo Laboratório de análise de solos da Universidade Federal de Santa Maria.

As injúrias correspondentes aos tratamentos foram executadas quando as plantas encontravam-se nos seguintes estádios de desenvolvimento (Figura 1), conforme escala de Schneiter e Miller (1981):

- V20: vinte folhas emitidas (36 dias após a emergência em 2009 e 39 dias após a emergência em 2010);
- R2 (alongação do botão floral, distância menor que dois cm entre a inserção do botão floral e a última folha);
- R5.1 (início da antese);
- R6 (fim da floração, murcha das flores liguladas).

Os níveis de injúria foliar constaram de 0% de área foliar removida (testemunha), 25% da área foliar removida, 50% da área foliar removida e de 75% da área foliar removida e no segundo experimento (2010) aplicou-se também o nível de 100% de área foliar removida, deixando-se apenas as nervuras principais das folhas (Figura 2). Para a aplicação da injúria fez-se a retirada de porções proporcionais de todas as folhas das plantas com a utilização de caladores (vazadores) de diâmetro de 23, 25 e 30 mm. Para isso perfurou-se as folhas o número de vezes necessário para que fosse retirada a área foliar correspondente ao nível desejado, de maneira aleatória em cada uma das folhas das plantas, obtendo-se o tratamento de injúria foliar correspondente, sem afetar as nervuras centrais das folhas. As plantas foram injuriadas apenas uma vez no respectivo estágio de desenvolvimento, sendo conduzidas até a colheita.

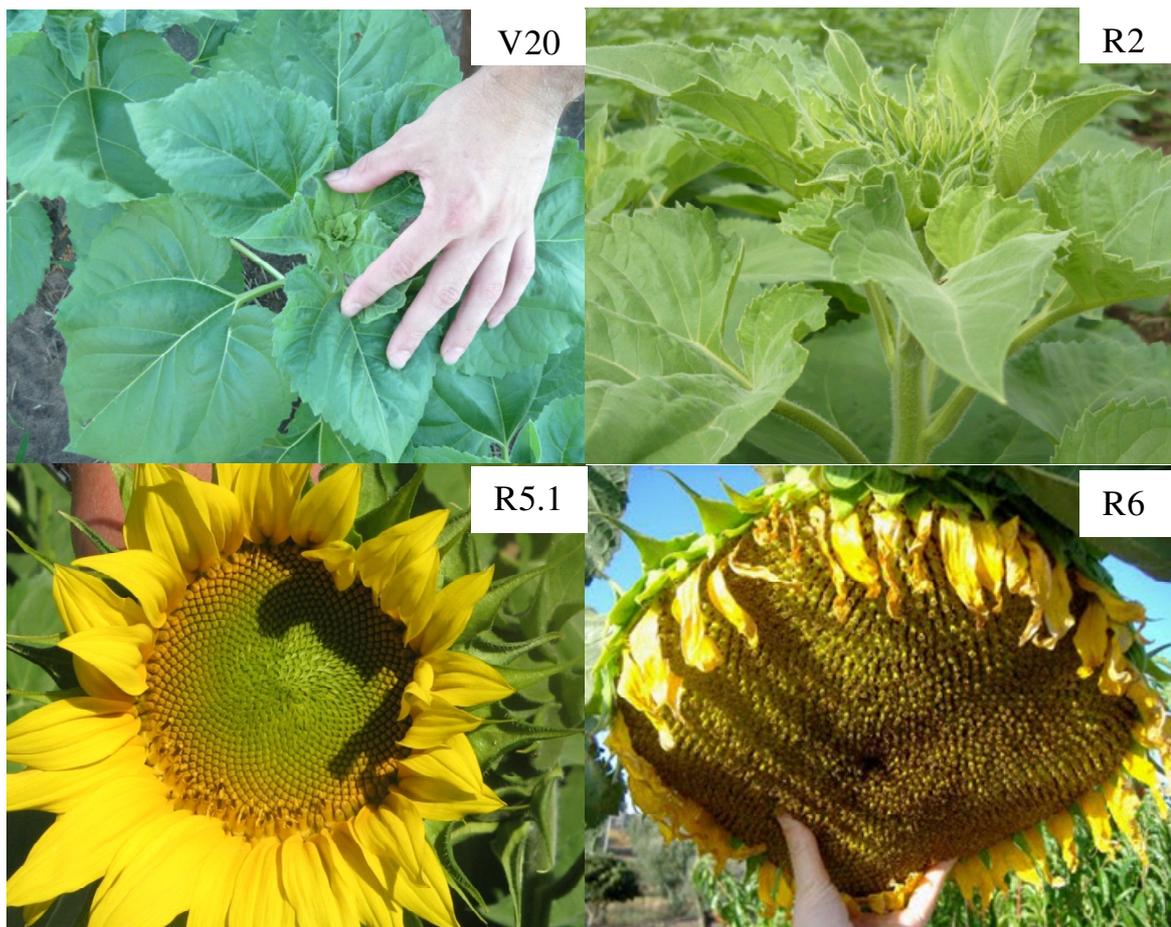


Figura 1 - Plantas no estágio vegetativo com 20 folhas (V20), alongação do botão floral (R2), início da antese (R5.1) e final da floração (R6). Santa Maria, RS, 2011.

Com o auxílio de tesouras foi realizada a retirada da área foliar de folhas inteiras de modo a alcançar os níveis de desfolhamento desejado das plantas da bordadura. Removeu-se a porcentagem de folhas das plantas correspondente a perda de 0, 25, 50, 75% e 100% (no segundo experimento) da área foliar total da planta escolhendo-se as folhas também de forma aleatória, desde a folha mais baixa até a folha mais alta em toda extensão de seu caule.

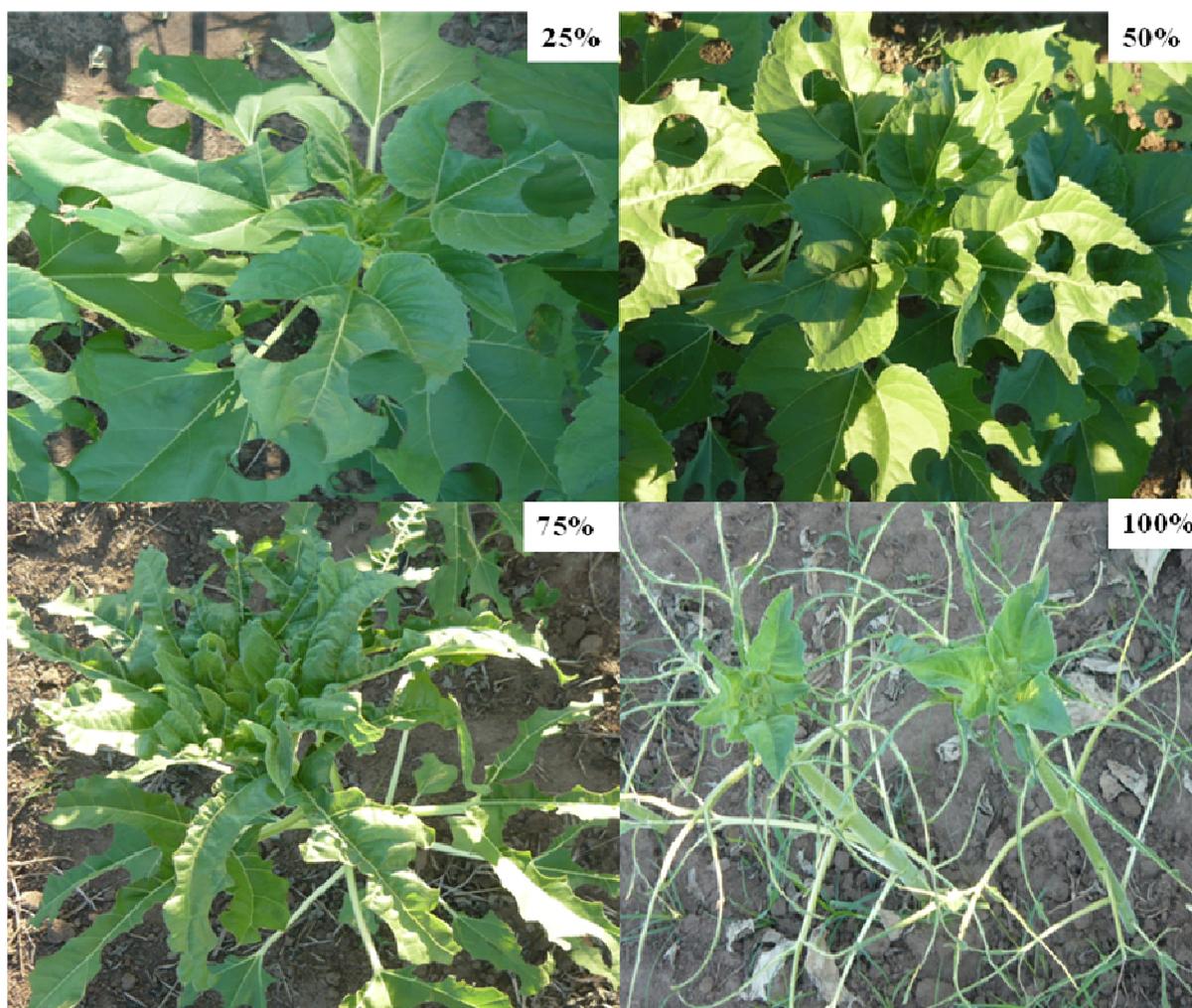


Figura 2 - Aspecto das plantas de girassol após aplicação dos tratamentos de injúria (25, 50, 75 e 100% de remoção foliar) no estágio vegetativo de vinte folhas emitidas (V20) das plantas. Santa Maria, RS, 2011.

3.3 Instalação e condução do experimento

Os experimentos foram instalados em áreas submetidas ao preparo do solo com gradagem sobre a cultura anterior (aveia preta; *Avena strigosa*).

As sementeiras foram realizadas nos dias 15 de outubro de 2009 e 09 de setembro de 2010. A emergência de 50% das plantas foi verificada no dia 24 de outubro de 2009 para o primeiro experimento e em 24 de setembro de 2010 para o segundo experimento. Realizou-se a sementeira em linhas, com sulcos abertos manualmente, sendo o espaçamento utilizado de 0,90 m x 0,25 m e as sementes cobertas por uma camada de solo de 0,03 m de altura. O desbaste do excedente de plântulas foi realizado no primeiro experimento no dia 29 de outubro de 2009 e em 30 de setembro no segundo experimento, quando as plantas apresentavam duas folhas, de modo a permanecer uma população de 44.440 plantas por hectare. O genótipo de girassol utilizado foi o híbrido simples Aguará 03, de grupo de maturação precoce da empresa Atlântica Sementes.

A adubação foi realizada segundo a recomendação para a cultura (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004). Durante a sementeira, fez-se a adubação de base com nitrogênio, fósforo e potássio, conforme necessidade expressa na análise do solo (Tabela 1), bem como a adição de sulfato de boro. Ainda realizou-se adubação de cobertura de nitrogênio aos 30 dias após a emergência (DAE).

A primeira aplicação de injúria no primeiro experimento (estádio V20, safra 2009) foi realizada nos dias 30 de novembro, 1 e 2 de dezembro de 2009 (~37 DAE). A segunda aplicação (R2) foi realizada nos dias 16, 17 e 18 de dezembro de 2009 (~54 DAE), a terceira (R5.1) nos dias 27, 28 e 29 de dezembro de 2009 (~66 DAE), e a quarta (R6) nos dias 6, 7 e 8 de janeiro de 2009 (~76 DAE), sendo a duração completa do ciclo de 117 dias. Para o segundo experimento (safra 2010), a primeira aplicação de injúria foliar foi realizada nos dias 3 e 4 de novembro de 2010 (~40 DAE). A segunda aplicação foi realizada nos dias 1, 2 e 3 de dezembro de 2010 (~68 DAE). Devido à perda de parcelas por acamamento causado por um vendaval, não foi possível a realização da aplicação das injúrias no terceiro estágio, sendo, portanto, o último tratamento aplicado em R6, realizado nos dias 13 e 14 de dezembro de 2010 (~82 DAE).

3.4 Tratos culturais

Plantas daninhas e pragas foram controladas de modo que não interferissem na produtividade de grãos segundo recomendado para a cultura por Leite; Brighenti; Castro (2005). O controle de plantas daninhas nos experimentos foi realizado através de capina manual. As pragas principais identificadas na área foram a vaquinha (*Diabrotica speciosa* Germar) e a lagarta-do-girassol (*Chlosyne lacinia saundersii* Doubladey). O controle dessas pragas foi realizado sempre que necessário com base nas recomendações técnicas para o girassol (EMBRAPA, 2000).

Sintomas da doença mancha de septória (*Septória helianthi*) foram identificados no primeiro experimento. As plantas foram tratadas com o fungicida Nativo (tebuconazol+trifloxistrobina) na dose de 500 ml ha⁻¹ do produto comercial, com pulverizador manual.

Realizou-se irrigação complementar em todo o experimento, de maneira que as plantas não fossem submetidas à deficiência hídrica durante todo o ciclo.

Os capítulos de girassol foram ensacados quando alcançaram o estágio R8, para evitar os danos por pássaros. Para isto foram utilizadas embalagens de ráfia para 5 kg, utilizadas na região para comercialização de batata.

3.5 Determinações fenométricas e fenológicas

Foram realizadas, semanalmente, medidas fenométricas de estatura das plantas e de largura máxima (L) de todas as folhas de uma planta em cada uma das 12 parcelas testemunhas, avaliadas para determinar a área foliar, utilizando-se o modelo proposto por MALDANER et al. (2009):

$$AF = 1,7582 (L)^{1,7067} \quad (1)$$

sendo,

AF a área foliar de uma folha individual (cm²) e L largura máxima da folha (cm).

Posteriormente foi determinado o índice de área foliar (IAF) ao longo do ciclo da cultura:

$$IAF = \Sigma AF \cdot E_f^{-1} \cdot E_p^{-1} \quad (2)$$

sendo,

IAF = índice de área foliar da cultura ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$);

ΣAF = somatório da área foliar por planta (cm^2);

E_f = espaçamento entre fileiras de plantas (cm);

E_p = espaçamento entre plantas na fileira (cm).

A caracterização dos estádios de desenvolvimento do girassol foi realizada de acordo com a escala proposta por Schneiter e Miller (1981) com avaliações semanais. Outros critérios estabelecidos para a determinação das fases fenológicas foram: a) emergência: quando emergiram 50% das plântulas em relação ao número de sementes utilizadas; b) início da antese: quando 50% das plantas apresentavam-se com flores abertas na primeira linha da circunferência do capítulo; c) colheita: quando no mínimo 95% da população de plantas encontrava-se com os capítulos secos. Esses critérios foram os mesmos adotados por Massignam; Angelocci, (1993).

Os dados meteorológicos utilizados nesses experimentos foram obtidos da estação meteorológica principal de Santa Maria, pertencente ao 8° DISME/INMET/MA.

A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada pelo método proposto por Gilmore e Rogers (1958) e Arnold, (1960):

$$STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia} \quad (3)$$

adotando-se as condições:

se $T_{med} < T_b$ então $T_{med} = T_b$ e

se $T_{med} > T_{ot}$ então $T_{med} = T_{ot}$

em que, T_b é a temperatura base inferior (°C), T_{ot} é a temperatura ótima (°C) para o desenvolvimento da planta de girassol e T_{med} é a temperatura média diária do ar (°C), calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diária do ar.

A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir da emergência das plantas, foi calculada por $STa = \sum_1^n STd$, sendo n os dias contabilizados para o período avaliado. Para o cálculo, foi considerada uma T_b de 6,2 °C para o genótipo cultivado (conforme resultados experimentais ainda não publicados para esse genótipo), que se aproxima de valores obtidos por outros autores com outros genótipos (HAMMER; GOYNE; WOODRUFF, 1982;

MASSIGNAM, 1987; SENTELHAS et al., 1994). Segundo Embrapa (2000) e Leite; Brighenti; Castro (2005), a temperatura ótima para o desenvolvimento do girassol situa-se entre 27 e 28 °C. Assim, foi considerado nesse estudo 27 °C como temperatura ótima para o cálculo da soma térmica diária.

3.6 Colheita e determinação dos componentes de produtividade

No momento em que os capítulos atingiram a maturação de colheita, foi realizada a colheita manualmente, colocando-os em sacos com identificação de cada parcela experimental e levando-os para um galpão. No experimento de 2009/2010 foi realizado dia 9 de fevereiro de 2010 (108 DAE) e o experimento de 2010/2011 dia 17 de janeiro de 2011 (115 DAE). Após a colheita, foi medido o diâmetro de cada capítulo e realizada a debulha, bem como a limpeza manual dos aquênios, separando-os das impurezas e aquênios chochos. A produtividade foi avaliada pela pesagem dos aquênios de doze capítulos por parcela (2,7 m²) e o teor de umidade foi corrigido para 13% de umidade. Inicialmente determinou-se a massa de 100 aquênios e procedeu-se em seguida a pesagem do total de aquênios de cada capítulo. A partir desses dados foi determinada a produtividade da cultura por parcela e por tratamento, sendo depois extrapolada para a área de um hectare.

Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos à análise da variância pelo teste F e a diferença entre as médias foi comparada pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. Também foi realizada análise de regressão entre os níveis de injúria e a produção obtida para os diferentes estádios de desenvolvimento avaliados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Elementos meteorológicos durante os períodos experimentais

A variação dos elementos meteorológicos considerados nos experimentos de 2009/2010 e 2010/2011 são apresentados nas tabelas 2 e 3 e na figura 3. As médias das temperaturas mínimas (Tmin) e máximas (Tmax) do ar, para os principais subperíodos considerados nos dois experimentos (Tabela 2 e 3), estiveram de acordo com as condições de temperatura consideradas adequadas para o cultivo do girassol conforme Castro; Farias (2005). A precipitação pluviométrica acumulada para todo período de cultivo do girassol no ano agrícola 2009/2010 foi de 1337 mm (Tabela 2), sendo bem distribuída em termos de número de precipitações ao longo do ciclo (Figura 3a). No entanto, houve maior concentração de altura de precipitação no início do desenvolvimento das plantas, que correspondeu a 40% do total e no período de enchimento de grãos, correspondendo a 26% do total precipitado durante o ciclo. Os principais eventos de precipitação ocorreram aos 72 e aos 84 dias após a emergência (DAE), sendo registrados 105,0 e 130,4 mm, respectivamente. Para os meses de novembro, dezembro de 2009 e janeiro de 2010, os valores de precipitação pluviométrica foram 496,2 mm, 310,6 mm e 456,8 mm, respectivamente, bem acima dos valores normais desses meses para Santa Maria (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009).

Os excedentes hídricos ocorreram principalmente em decorrência da influência do fenômeno El Niño nas precipitações pluviométricas neste ano, pois sob a atuação desse fenômeno as chuvas são geralmente acima do normal na região em que se encontra Santa Maria (GRIMM; FERRAZ; GOMES, 1998; GRIMM; BARROS; DOYLE, 2000; BERLATO; FONTANA, 2003). Para o ano agrícola 2010/2011, a precipitação pluviométrica foi significativamente inferior ao ocorrido durante o experimento do ano anterior (Tabela 3), sendo a altura acumulada para todo o ciclo de 393,4 mm. Neste ano, houve a influência do fenômeno La Niña, que está associado a chuvas abaixo da normal climatológica e mal distribuídas (GRIMM; FERRAZ; GOMES, 1998; GRIMM; BARROS; DOYLE, 2000; BERLATO; FONTANA, 2003).

Tabela 2 - Variáveis meteorológicas e soma térmica acumulada (STa) nos subperíodos de desenvolvimento (SPD) do girassol, híbrido Aguará 03, após a emergência das plantas (EM) do experimento realizado no ano agrícola 2009/2010 em Santa Maria, RS.

DAE (dias)	Subperíodo de desenvolvimento	Tmim (°C)	Tmax (°C)	Precipitação (mm)	Radiação (MJ m ⁻² SPD ⁻¹)	STa (°C dia SPD ⁻¹)
0-37	EM-V20	17,6	27,8	532,8	605,93	623,7
38-54	V20-R2	17,4	26,4	176,8	378,14	258,2
55-66	R2-R5.1	21,7	32,7	123,6	281,39	240,0
67-76	R5.1-R6	20,6	28,9	155,6	202,06	182,3
77-108	R6-R9	20,7	30,7	348,2	694,79	622,1
0-108	EM-R9	19,5	29,4	1337	2162,32	1926,2

DAE: dias após a emergência das plantas; EM: emergência; V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração; R9: maturação fisiológica; Tmim: média das temperaturas mínimas no subperíodo; Tmax: média das temperaturas máximas no subperíodo; Precipitação.: soma da precipitação pluviométrica no subperíodo; Radiação: soma da densidade de fluxo de radiação solar incidente no subperíodo.

A radiação solar global incidente (R_g) apresentou tendência de elevação até o final do período de cultivo do girassol nos dois experimentos (Figura 3). No entanto, houve grandes flutuações dessa variável no decorrer do ciclo da cultura em função das variações ocorridas na nebulosidade durante o período considerado no ano agrícola 2009/2010 (Figura 3a). O menor valor da R_g registrado foi de 1,638 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 84 DAE, enquanto que o pico máximo foi de 31, 213 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 52 DAE (Figura 3). Associando a menor nebulosidade ocorrida com o menor número de eventos de precipitação, a radiação solar incidente foi superior no ano agrícola 2010/2011 (Tabelas 2 e 3; Figura 3). O maior valor ocorrido foi de 31,624 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 84 DAE, enquanto que o menor valor foi de 2,965 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 78 DAE.

Tabela 3 - Variáveis meteorológicas e soma térmica acumulada (STa) nos subperíodos de desenvolvimento (SPD) do girassol, híbrido Aguará 03, após a emergência das plantas (EM) do experimento realizado no ano agrícola 2010/2011 em Santa Maria, RS.

DAE (dias)	Subperíodo de desenvolvimento	Tmim °C	Tmax °C	Precipitação (mm)	Radiação (MJ m ⁻² SPD ⁻¹)	STa (C dia SPD ⁻¹)
0-40	EM-V20	12,6	23,9	65,4	818,5	476,8
41-68	V20-R2	14,8	27,2	78,6	622,3	400,1
69-82	R2-R6	16,4	29,1	121	328,1	223,7
83-115	R6-R9	20,0	31,0	128,4	815,2	613,8
0-115	EM-R9	15,7	27,3	393,4	2584,1	1714,4

DAE: dias após a emergência das plantas; EM: emergência; V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração; R9: maturação fisiológica; Tmim: média das temperaturas mínimas no subperíodo; Tmax: média das temperaturas máximas no subperíodo; Precipitação: soma da precipitação pluviométrica no subperíodo; Radiação: soma da densidade de fluxo de radiação solar incidente no subperíodo.

A necessidade de radiação solar global incidente para a cultura do girassol varia de acordo com o período de desenvolvimento da planta. Para o estágio vegetativo são necessários 29 MJ m⁻² dia⁻¹, para o reprodutivo 31 MJ m⁻² dia⁻¹, sendo que para a maturação e enchimento de grãos o ideal é 21 MJ m⁻² dia⁻¹ (ANDERSON, 1977 apud ZAFFARONI; SILVA; AZEVEDO, 1994). De acordo com a FAO (1990), valores abaixo de 8,4 MJ m⁻² dia⁻¹ são considerados como limitantes para o crescimento do girassol. Segundo Filho et al. (1984) redução do número de horas de insolação para 5,3 horas diárias, acarreta drástica redução do diâmetro dos capítulos, bem como nos demais elementos que compõem os caracteres agronômicos.

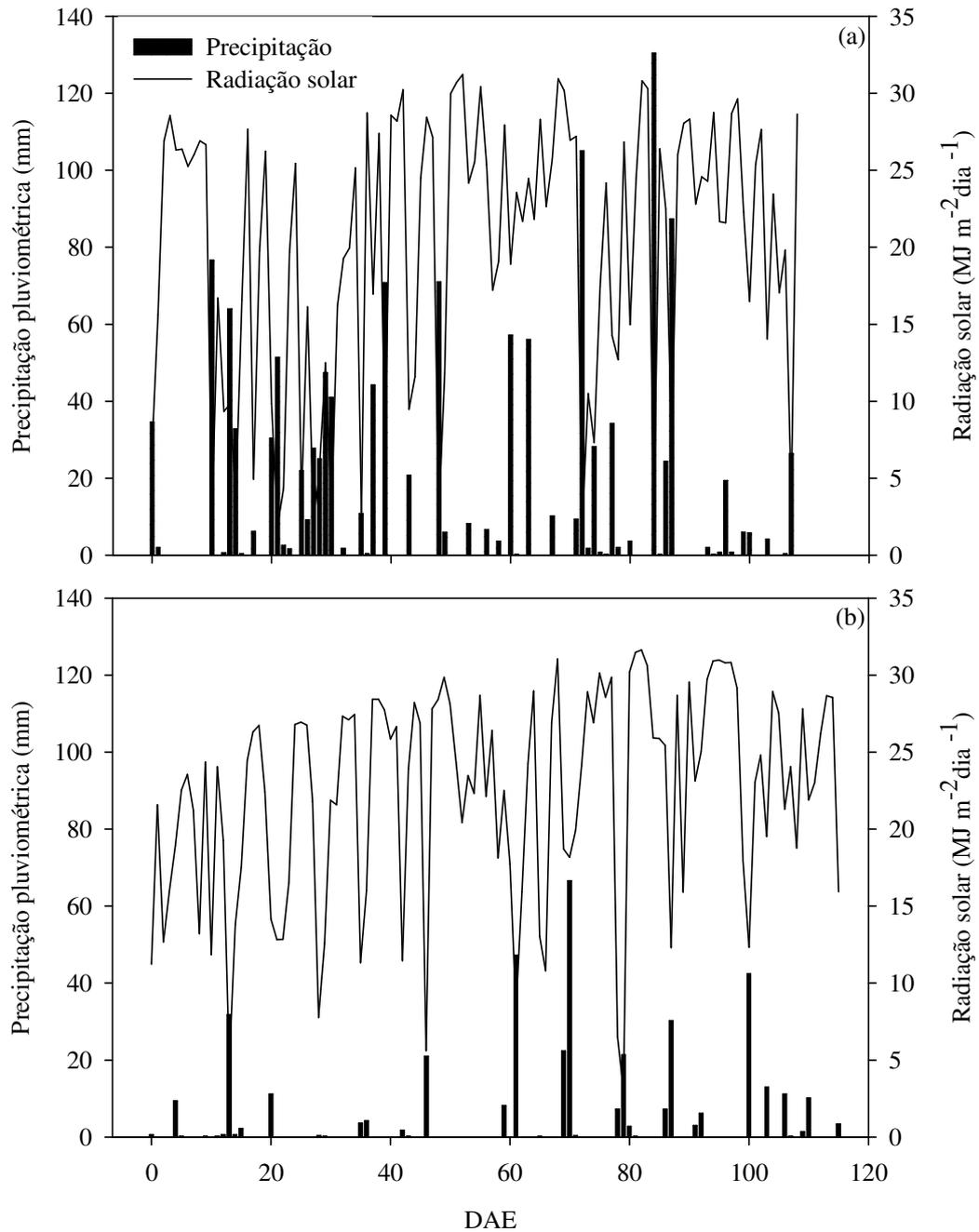


Figura 3 - Densidade de fluxo de radiação solar global incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) e precipitação (mm dia^{-1}), ocorridas durante o ciclo do girassol nos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b), em função do número de dias após a emergência (DAE) das plantas, em Santa Maria, RS, 2011.

Nas condições de cultivo às quais o girassol é submetido no Brasil, a influência dos elementos meteorológicos na duração do ciclo e dos sub-períodos do girassol está relacionada, principalmente, com a temperatura do ar, expressa pela soma térmica ou graus-dia

(MASSIGNAM; ANGELOCCI, 1993; SENTELHAS; UNGARO, 1998). Para o cultivo realizado no ano agrícola 2009/2010, considerando-se todo o ciclo, a soma térmica foi de $1926,2 \text{ }^\circ\text{C dia}^{-1}$, sendo que os sub-períodos de maiores valores foram da emergência até o estágio vegetativo V20 e do estágio R6 ao estágio R9. O ciclo da cultura foi mais prolongado do que o normal, embora, segundo informações da empresa Atlântica Sementes (MANUAL TÉCNICO GIRASSOL, 2010), o híbrido utilizado era classificado de ciclo precoce. Em trabalho utilizando três híbridos, Sentelhas; Ungaro (1998) consideraram do grupo de maturação tardia o genótipo que, durante seu ciclo completo, acumulou $1848 \text{ }^\circ\text{C dia}^{-1}$. Céu nublado e elevada umidade do ar podem ter sido as causas, visto que os mesmos, segundo Castro; Farias (2005) prolongam o ciclo, atrasando a floração e a maturação. No entanto, para o experimento de 2010/2011, a soma térmica para todo o ciclo das plantas de girassol foi de $1714,4 \text{ }^\circ\text{C dia}^{-1}$ o que segundo Sentelhas; Ungaro (1998) está de acordo com as informações especificadas para o híbrido utilizado.

Segundo Rondanini; Savin; Hall (2003), a temperatura pode afetar negativamente as plantas de girassol quando esta se apresenta elevada, causando estresse, sendo que a partir de $35 \text{ }^\circ\text{C}$ seu efeito negativo na produção de óleo pela cultura é bastante significativo, causando perdas em termos quantitativos e qualitativos, sendo o período de 19 a 26 dias após início da antese o mais crítico para a qualidade do óleo. No entanto, nos dois anos de experimentos, a média da temperatura máxima (Tabela 2 e 3) não se apresentou como um fator negativo à produção de aquênios pela cultura do girassol, apesar de esta se mostrar acima dos $30 \text{ }^\circ\text{C}$ no período compreendido entre os estágios R6 ao R9, não houve registros diários com valor maior do que $35 \text{ }^\circ\text{C}$ no período de 19 a 26 dias após o início da antese.

4.2 Variáveis fenométricas e fenológicas

A estatura das plantas cultivadas nos anos agrícolas de 2009/2010 e 2010/2011 não apresentou grandes diferenças entre anos, enquanto o índice de área foliar (IAF) foi maior no ano agrícola 2010/2011 (Figura 4). A estatura média das plantas atingiu valor máximo de 1,98 m aos 66 DAE no primeiro experimento (Figura 4a), enquanto no segundo foi de 2,02 aos 74 DAE (Figura 4b).

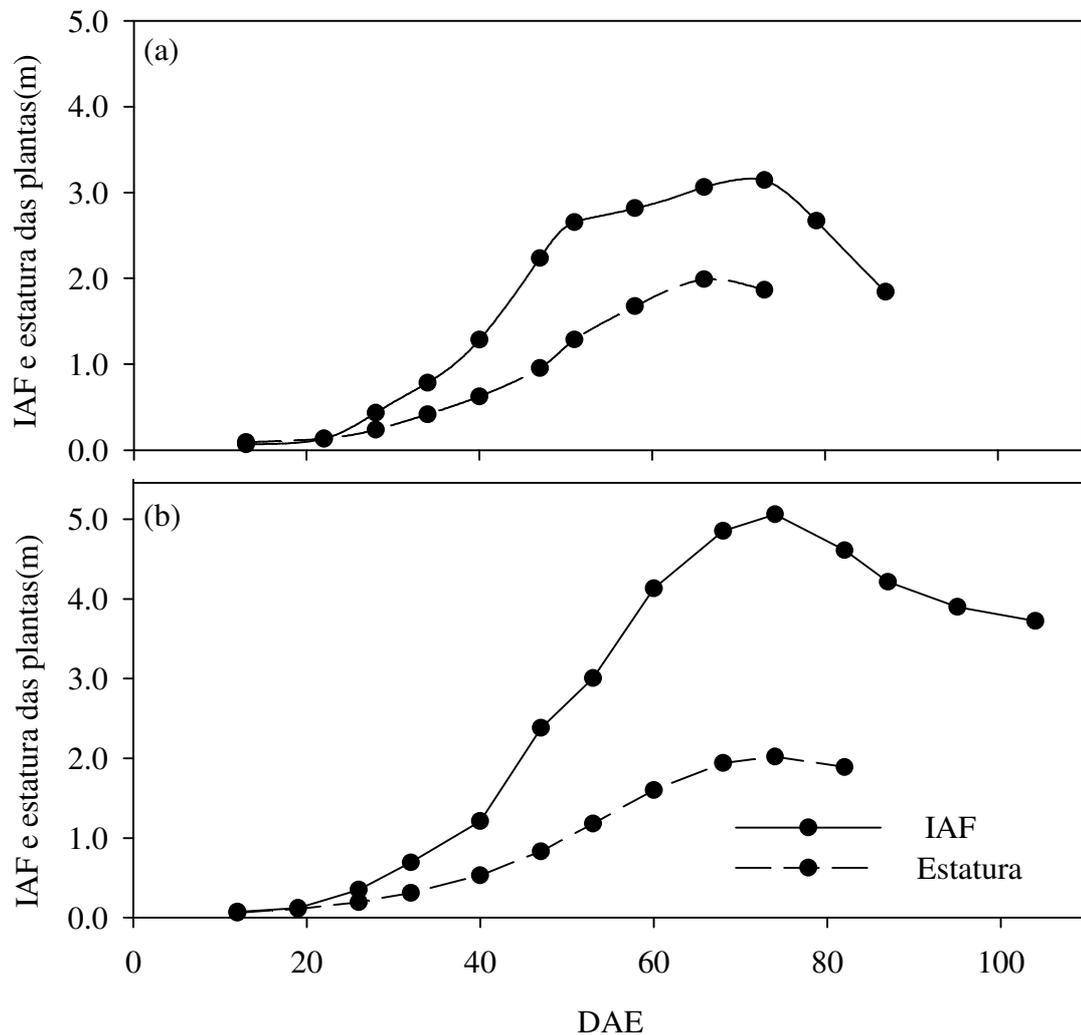


Figura 4 - Índice de área foliar (IAF) e estatura das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, nos experimentos realizados nos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b), em Santa Maria, RS, 2011.

Para o IAF houve variações que podem estar relacionadas com as condições meteorológicas, principalmente com relação à precipitação pluviométrica e à radiação solar incidente no decorrer do cultivo (Figura 3). A variação temporal da área foliar em geral apresenta inicialmente forma sigmoidal, aumentando até um limite máximo durante antese, no qual permanece por algum tempo, decrescendo, posteriormente, devido à senescência das folhas mais velhas, desde a base em direção ao ápice da planta. O valor máximo de IAF no cultivo de 2009/2010 foi 3,19 aos 72 DAE, sendo que no experimento de 2010/2011 o dossel das plantas não injuriadas alcançou um IAF médio de 5,06 aos 74 DAE.

No ano agrícola de 2009/2010 a senescência foi mais acentuada e a duração da área foliar foi menor do que no ano 2010/2011. No ano agrícola 2010/2011 as parcelas sem injúria mantiveram um IAF maior do 4,0 dos 60 aos 96 DAE, isto é, durante quase todo o subperíodo reprodutivo (R2-R8). Um IAF entre 2,5 e 3,0, durante a floração, é suficiente para assegurar boa produtividade (MIRRIEN, 1992). Entretanto, é essencial que a atividade fotossintética dessa superfície foliar se mantenha após o florescimento, uma vez que o enchimento de grãos se caracteriza por ser um período de forte competição entre aquênios pelos assimilados, podendo ocorrer abortamento de aquênios nas plantas que apresentam superfície foliar incipiente, sobretudo em decorrência de senescência precoce (MERRIEN, 1992) ou de injúrias causadas por insetos, doenças ou granizo.

Os principais eventos fenológicos considerados para a aplicação dos tratamentos de injúria na plantas durante os experimentos dos anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011 e a duração dos subperíodos em relação à emergência das plantas, bem como o número de folhas por planta, apresentaram diferenças entre os anos agrícolas (Figura 5). O número médio de folhas por planta no experimento de 2009/2010 atingiu valor máximo de 29 aos 51 DAE, enquanto no experimento de 2010/2011 foi de 36 folhas. Os valores do experimento de 2009/2010 estiveram de acordo com o observado por Maldaner (2009), considerando o mesmo genótipo, variando apenas quanto aos DAE de ocorrência, enquanto que no ano de 2010/2011, o número máximo de folhas foi superior ao encontrado nos experimentos anteriores. Essas diferenças podem estar relacionadas às condições meteorológicas ocorridas no período vegetativo das plantas, principalmente no ano 2009/2010, no qual houve maior volume de precipitação e mais dias com pouca radiação, enquanto que no ano 2010/2011 o mesmo período foi de alta disponibilidade de radiação, sendo a necessidade de água suprida pela irrigação. Observou-se também que, após a realização das injúrias foliares no estágio vegetativo, este estresse não afeta a emissão de folhas pelas plantas (números não mostrados), visto que a média do número de folhas emitidas por estas plantas não ficou abaixo das 29 e 36 observados nas testemunhas nos dois anos, respectivamente. Essa resposta ocorre da mesma forma que nos tratamentos realizados após a emissão do botão floral, pois nessa fase todos os primórdios foliares estão formados (MARC; PALMER, 1978), sendo o número de folhas não afetado pela injúria foliar, ao contrário do que acontece em resposta ao déficit hídrico (AGUIRREZÁBAL et al., 2001).

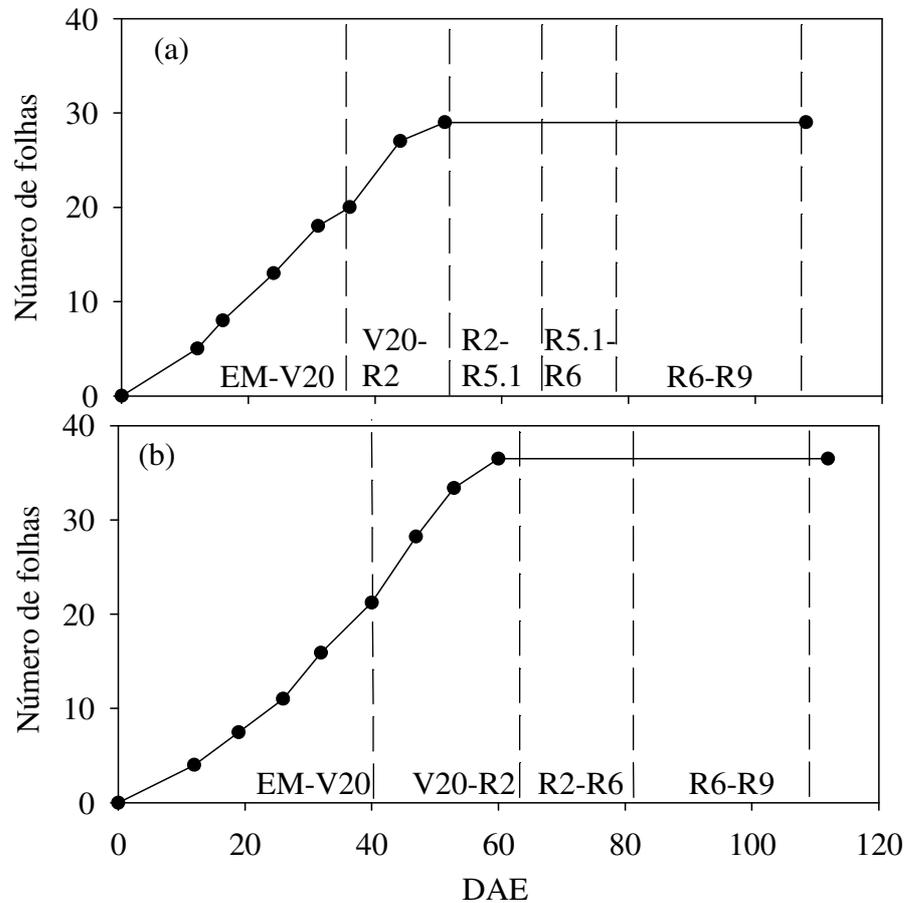


Figura 5- Número de folhas das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, nos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b) em função dos dias após a emergência (DAE) durante as fases de desenvolvimento entre as aplicações dos tratamentos: emergência até vinte folhas (EM-V20); vinte folhas até alongação do botão floral (V20-R2); alongação do botão floral até início da antese (R2-R5.1); início da antese até fim da floração (R5.1-R6); fim da floração até maturação fisiológica (R6-R9). Santa Maria, RS, 2011.

4.3 Respostas do girassol aos níveis de injúria foliar nos diferentes estágios fenológicos no ano agrícola 2009/2010

Na análise da variância se verificou que não houve interação significativa entre os níveis de injúria foliar e os estágios fenológicos para todos os componentes de rendimento analisados referentes ao ano agrícola 2009/2010 (Tabela 4). A variável produção total de

aquênios (PTA) apresentou significância para os dois fatores avaliados (Tabela 4). No entanto, considerando o fator estágio de aplicação da injúria, apenas os resultados de PTA do estágio vegetativo diferiu significativamente dos demais, sendo o estágio que apresentou menor efeito das injúrias foliares promovidas (Tabela 5). Isso possivelmente se deve ao fato de que nesse estágio ainda há emissão de novas folhas, bem como ainda ocorre expansão das partes remanescentes do limbo foliar nas folhas jovens injuriadas, além de que a fotossíntese total depende, principalmente, da capacidade da superfície verde da cultura em interceptar a energia solar incidente e da capacidade da cultura em converter a radiação interceptada em assimilados (AGUIRREZÁBAL et al., 2001).

Tabela 4- Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis produtividade total de aquênios (PTA), massa de mil aquênios (MMA) e diâmetro de capítulos (DC) para o genótipo Aguará 03 do experimento no ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS.

Fontes de variação	Quadrado Médio		
	PTA	MMA	DC
Estágio	202739,01*	40,8*	0,70
Nível de injúria	1589587,89*	26,0*	12,10*
Estágio x Nível de injúria	25534,65	1,28	0,80
Coefficiente de variação (%)	7,22	8,17	4,83
Média geral	1889,33 (kg ha ⁻¹)	45,6 (g)	15,56 (cm)

*Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Problemas na fase reprodutiva do ciclo de desenvolvimento do girassol que causam redução da área foliar fotossinteticamente ativa, reduzem a produtividade significativamente e o teor de óleo nos aquênios (KHAN et al., 2000; ORTA; ERDEM; ERDEM, 2002), além de antecipar a senescência das folhas e antecipar a maturação. Mesmo não diferindo dos demais, o estágio R2 apresentou a menor PTA (Tabela 5), demonstrando que estresse nas diferentes fases de desenvolvimento do girassol causa consideráveis decréscimos na produtividade da cultura (RAZI; ASAD, 1998). Considerando que deve haver analogia de efeitos de injúrias por doenças e por granizo, resultados experimentais relativos a doenças podem permitir inferir

efeitos das injúrias por granizo. Estudando o comprometimento da área foliar pela ocorrência de mancha de alternaria no girassol, Chattopadhyay (1999) verificou que infecção ocorrida entre o final da fase vegetativa e a emissão do botão floral resultou em maiores danos à produtividade, sendo o estágio R2, avaliado como o de maior impacto negativo na produtividade, o mais próximo ao estágio avaliado pelo autor. No entanto, segundo Leite (2002), plantas que apresentam severidade de mancha de alternaria maior que 10% no estágio de R3 (alongamento do botão floral) apresentam produtividades menores do que 500 kg ha⁻¹. Essa constatação de Leite (2002) provavelmente seja decorrente da evolução da doença até o final do enchimento de grãos, uma vez que nos resultados atuais essa drástica redução não foi alcançada, mesmo com nível de injúria foliar de 25%. Considerando o fator nível de injúria, apenas os níveis de 25 e 50% para as variáveis MMA e DC não diferiram entre si (Tabela 5), sendo que o nível que mais afetou a produção foi o de 75% de injúria foliar.

Levando-se em consideração a remoção de área foliar por insetos, a cultura do girassol tem como principal praga a lagarta-do-girassol *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday e Hewitson). Quando o consumo foliar dessa praga ocorre na fase de formação do botão floral ou no período de florescimento, a produtividade de aquênios é bastante afetada (GUIRADO et al., 2007). O comportamento de consumo alimentar desta praga também apresenta certa relação ao ser comparado à injúria foliar realizado no presente trabalho visando simular a injúria por granizo, no qual os estágios que apresentaram maior redução da produtividade foram R2 e R5.1 (Tabela 5 e Figura 7).

Tabela 5- Produtividade total de aquênios (PTA), massa de mil aquênios (MMA) e diâmetro de capítulos (DC), quando não houve interação entre os fatores estágio e nível de injúria no ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS.

Estágio ¹	PTA (kg ha ⁻¹)	MMA (g)	DC (cm)
V20	2071,98a*	48,11a	15,63a
R2	1764,21b	45,70b	15,20a
R5.1	1858,09b	44,70b	15,71a
R6	1863,03b	43,84b	15,69a

Estágio ¹	PTA (kg ha ⁻¹)	MMA (g)	DC (cm)
0	2370,99a*	50,47a	16,53a
25	1920,51b	47,60b	15,93b
50	1761,19c	44,77b	15,61b
75	1504,61d	39,53c	14,17c

¹Critérios de Schneiter; Miller (1981): V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: estágio de alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração. 0%: testemunha sem injúria na área foliar; 25, 50 e 75% de remoção de área de cada limbo foliar. *Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Assim como a redução de área foliar afeta a produtividade da cultura pela menor interceptação de radiação solar pela planta, a menor disponibilidade de radiação, em razão da época de semeadura utilizada, também afeta os componentes de rendimento, sendo as semeaduras de agosto e setembro as que permitem obtenção das maiores produtividades na região sul do Brasil (BARNI et al, 1996 a,b; SANGOI; KRUSE, 1993; THOMAS, 2008; GUSE, 2009). No presente trabalho, a semeadura do experimento de 2009/2010 foi realizada dia 15 de outubro, sendo que a emergência ocorreu dia 24 de outubro. Além disso, nesse ano agrícola ocorreu um número de dias com precipitação acima do normal, reduzindo a radiação solar disponível às plantas, principalmente dos 10 aos 38 DAE (404,6 MJ m⁻²) e dos 70 aos 88 DAE (326,9 MJ m⁻²), (Figura 3a), a qual é a fonte primária de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais e determinante do crescimento e da produção (MONTEITH 1994; TAIZ; ZEIGER, 2004). Dessa maneira, a produtividade do girassol no ano de 2009/2010 foi afetada pelas condições meteorológicas ocorridas no decorrer do experimento, obtendo-se mesmo nas parcelas testemunhas uma produtividade de aquênios muito aquém da esperada, tendo em vista as produtividades obtidas em anos anteriores na mesma localidade por Guse (2009), Maldaner (2009) e Radons (2010).

A massa de mil aquênios (MMA) teve a mesma variação que a PTA para o fator estágio fenológico de aplicação da injúria (Tabela 5). Porém, para o fator nível de injúria, todos os níveis avaliados diferiram do nível de 0%, sendo que o nível de 75% foi o que mais afetou a MMA, enquanto os níveis de 25 e de 50% não diferiram entre si (Tabela 5), mas

diferiram dos demais. O diâmetro de capítulo apresentou diferença significativa apenas para o fator nível de injúria, apresentando a mesma variação que a MMA (Tabela 4). Esse componente de rendimento tem importante relação com a produtividade da cultura. Segundo Amorin et al. (2008), o diâmetro de capítulo tem correlação significativa com o peso hectolétrico (PH), sugerindo que quanto maior o tamanho do capítulo maior será o PH. Além disso, capítulos bem desenvolvidos tendem a ter maior proporção de aquênios grandes e mais pesados (CASTRO; FARIAS, 2005) e o maior diâmetro resulta em maior produtividade de grãos (LIMA JÚNIOR et al., 2010). Dessa maneira, o DC pode ser considerado um indicador para avaliar a produtividade de grãos para o girassol (BRUGINSKI; PISSAIA, 2002; CASTRO; FARIAS, 2005). No entanto, em situações de estresse pode haver baixa produtividade de aquênios, mesmo que a cultura exiba capítulos com diâmetro médio a elevado, como o que foi observado para essa variável nos diferentes estágios avaliados no experimento do ano agrícola 2009/2010 (Tabela 5) em que para mesmos diâmetros dos capítulos a PTA decresceu em função do estágio de aplicação da injúria.

A relação entre o IAF na antese e a produção de aquênios das parcelas sem injúria (0%) foliar e com injúria foliar (25, 50 e 75%) apresentou alto coeficiente de determinação (R^2 : 0,977) (Figura 6a), demonstrando estreita relação entre o IAF máximo no ciclo e a produção de aquênios, bem como sua relação com a dependência da manutenção do IAF (Figura 6). Segundo Merrien (1992), para produzir um aquênio são necessários no mínimo 1,8 a 2,0 cm² de folha, além da área foliar necessária para manter o restante dos órgãos da planta (CASTRO; FARIAS, 2005). Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será tanto maior, quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar ótimo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (PEREIRA; MACHADO, 1987). Barros et al. (2004) concluíram que na região do Alentejo, Portugal, o IAF ótimo é alcançado com uma densidade de 3 a 4 plantas m⁻² e consideraram sua duração entre os estágios de aparecimento do botão floral e a floração um parâmetro decisivo para a produtividade do girassol. No entanto, para obter um IAF adequado para maximizar a produção, fatores como a fertilidade do solo, o material genético, o espaçamento entre plantas, a população de plantas e, principalmente, as condições meteorológicas são determinantes (TAIZ; ZAIGER, 2004) e devem ser considerados. Estudando também o genótipo Aguará 03, Maldaner (2009) observou maior dependência da produtividade em relação às doenças foliares, apresentando tendência de diminuição da produtividade à medida que a severidade observada aumentou. Dessa forma, pode-se inferir sobre a importância da preservação da área foliar das plantas de girassol para a produtividade de aquênios, tal como ocorreu no ano agrícola 2010/2011 (Figuras 4 e 6).

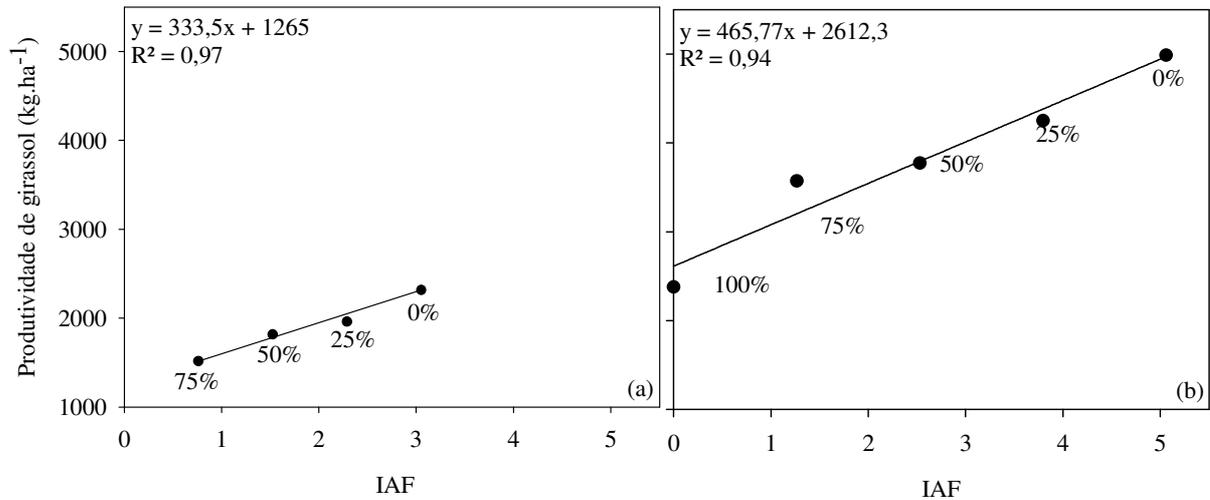


Figura 6- Produtividade média de girassol injuriado nos diferentes estágios em função do índice de área foliar (IAF) remanescente (0, 25, 50, 75 e 100%) relativo ao IAF máximo das plantas não injuriadas dos experimentos dos anos agrícolas 2009/2010 (a) e 2010/2011 (b), em Santa Maria, RS.

As injúrias foliares se caracterizam como lesões nos tecidos foliares. Segundo Levitt (1980), toda lesão é uma deformação plástica, sendo esta permanente, pois apenas seus efeitos podem ser revertidos, e essa tal reversão exige o início ou alteração de outros processos. Além disso, segundo Larcher (2004), a retomada da estabilização e as reações reparadoras exigem custo adicional de metabólitos após as desordens ocasionadas por agentes estressantes. Na análise conjugada dos efeitos das lesões causadas nas folhas, com a redução de 0%, 25%, 50% e 75% no IAF máximo (em torno da antese), no ano agrícola de 2009/2010, obteve-se a regressão $y = 333,5x + 1265$ ($R^2: 0,977$) em função do IAF máximo (x) (Figura 6a), com valores de produtividade média dos quatro estágios de aplicação de injúria (y) variando de 2314,6 kg ha⁻¹ (0%) até 1514,4 kg ha⁻¹ (75%). No ano agrícola 2010/2011, em que foi incluído o nível de injúria de 100%, obteve-se $y = 465,77x + 2612$ ($R^2: 0,942$), com valores de produtividade média dos três estágios de aplicação de injúria (y) variando de 4985,2 kg ha⁻¹ para 0%, de 3571,4 kg ha⁻¹ (75%) até 2377,5 kg ha⁻¹ para 100% de injúria (Figura 6b). Esses valores confirmam as observações e afirmações de RIBEIRO et al. (1974), de que os danos causados pela diminuição da área fotossinteticamente ativa da planta, comprometem os componentes de produção do girassol, o que se concretiza principalmente em função do IAF máximo alcançado na antese (BARROS et al., 2004).

Ao realizar uma comparação empírica indireta dos resultados obtidos no atual trabalho (a campo) com os resultados obtidos por Lima Júnior et al. (2010) na forma de produção por planta em vaso em casa de vegetação, através dos coeficientes angulares das regressões obtidas nos respectivos trabalhos, pode-se inferir que a redução de produtividade é proporcionalmente maior quando a redução do IAF é causada por injúrias generalizadas em todas as folhas (Figura 6), do que quando é causado pela retirada de folhas inteiras, tal como realizado por LIMA JÚNIOR et al. (2010). Resultados preliminares de comparação dos efeitos do tipo de injúria (generalizada ou retirada de folhas inteiras) para uma mesma redução de área foliar obtidos por Schach et al. (2010), apresentam tendência de confirmar essa hipótese e, por consequência, indicam que a metodologia utilizada no atual trabalho de produzir injúrias de forma generalizada é mais adequada para simular danos por granizo.

O efeito da injúria em diferentes estágios na relação entre os níveis de injúria foliar (0 a 75%) e a produtividade, foi linear para todos os estágios estudados no ano agrícola de 2009/2010 (Figura 7). Verifica-se que para o estágio vegetativo (V20) o coeficiente angular dessa regressão (-7,9112) foi menos acentuado do que nos demais estágios, indicando efeito menos drástico das injúrias nesse estágio de desenvolvimento. Para o estágio de alongação do botão floral (R2) obteve-se um coeficiente angular de -11,228, para o estágio de início da antese (R5.1) este alcançou seu valor absoluto máximo (-12,194), indicando efeito mais drástico sobre a produtividade. Por outro lado, para o estágio de final da floração (R6), foi obtido um coeficiente angular de -9,3771, indicando que este estágio foi mais afetado que o estágio vegetativo, muito provavelmente por se tratar do período que coincide com o maior acúmulo de lipídios nos aquênios (GOFFNER, et al. 1988). Esses resultados indicam que a redução na produção de aquênios foi afetada pelo nível de injúria e pelo estágio, sendo decorrente da redução do IAF, do provável estresse fisiológico, do provável aumento da respiração dos tecidos limítrofes às injúrias para sua vedação e do efeito negativo no transporte de assimilados, água e demais nutrientes (LARCHER, 2004; TAIZ; ZAIGER, 2004).

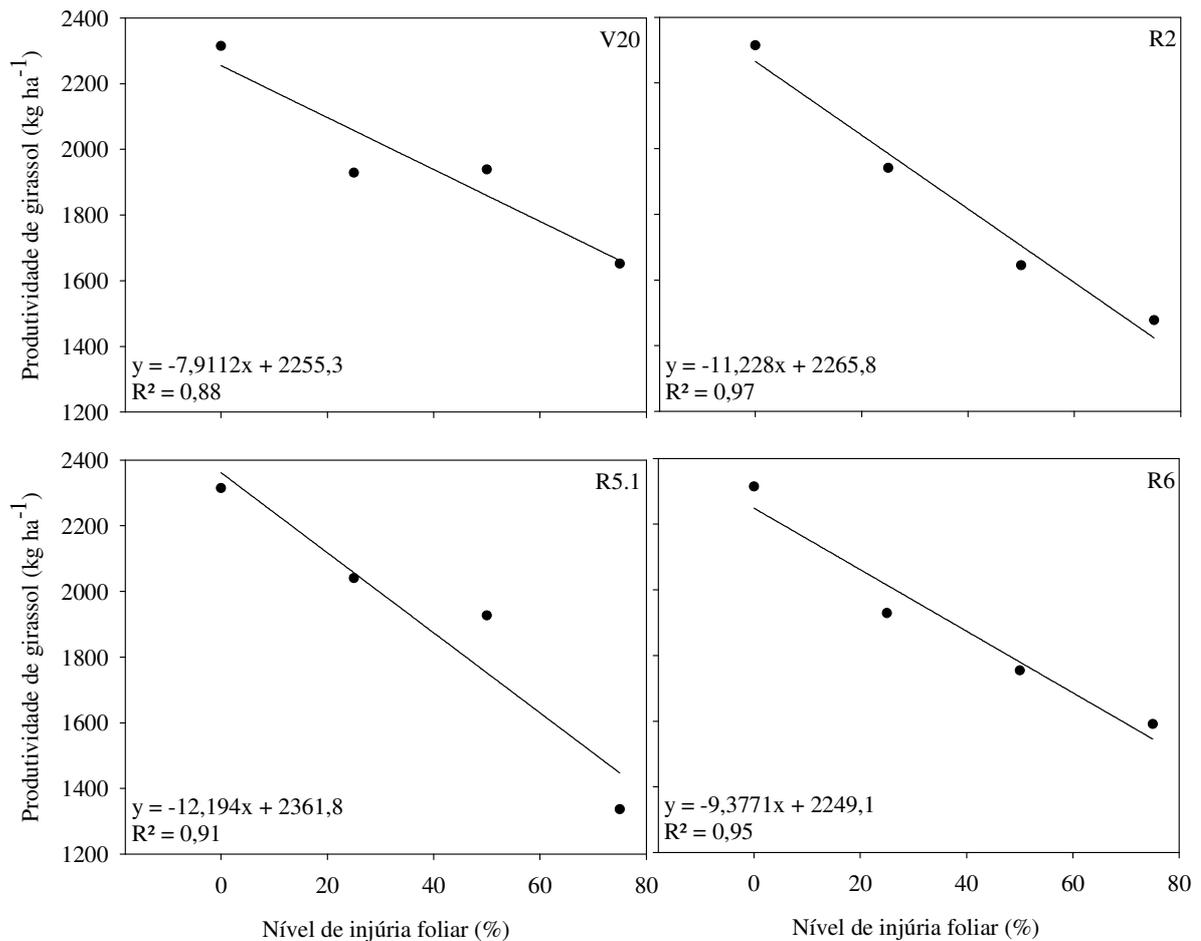


Figura 7 - Produtividade de girassol em função do nível de injúria foliar nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol do experimento do ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS. (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração).

Em trabalho de desfolha no qual foi realizada a remoção das folhas inteiras, objetivando observar o estágio mais sensível para desfolha de 50%, Moriondo et al. (2003) observaram que, para os estágios estudados (botão visível, início da floração e fim da floração), a massa dos aquênios e, conseqüentemente, a produtividade, tiveram redução significativa quando a desfolha foi realizada no início da floração. Em outros trabalhos (BUTIGNOL, 1983; SCHNEITER; JONES; HAMMOND, 1987) a maior redução ocorreu nos estágios reprodutivos iniciais, desde o R1 até o R4, estando de acordo com os resultados observados no presente trabalho. No entanto, no período de floração há maior sobreposição de folhas e as folhas inferiores têm menor participação na fotossíntese devido ao sombreamento pelas folhas superiores, o que é confirmado no trabalho de Karadogan; Akgün, (2009) que

realizaram a remoção de folhas inteiras, e constataram que esta causa um aumento significativo nos componentes de rendimento da cultura, dependendo do número e da posição das folhas retiradas. Na cultura do milho, por exemplo, a desfolha reduz a atividade fisiológica das fontes de carboidratos na fase reprodutiva e interfere na redistribuição de fotoassimilados dentro da planta, aumentando a velocidade e a intensidade de senescência foliar e, conseqüentemente, afetando o padrão de acúmulo de matéria seca dos grãos (BARNETT; PEARCE, 1983; UHART; ANDRADE, 1995).

Considerando a redução relativa da produção como efeito da injúria foliar na produção de aquênios de girassol em cada estágio em que esta foi aplicada, pode ser observado que para injúria de 25% da área foliar, em relação à testemunha, esta é mais acentuada do que para os níveis de injúria de 50 e 75%. Para injúrias aplicadas nos estágios V20, R2, R5.1 e R6, a redução de produtividade para 25% de injúria foi da ordem de 19%, 30%, 20% e 25%, respectivamente, enquanto que para o nível de 75% em relação aos 25% de remoção de área foliar por injúria promoveu reduções de 12,8%, 13,5%, 16,1% e 12,1%, para os respectivos estágios (Figura 8). Isso significa que em níveis baixos de injúria foliar houve um efeito negativo mais drástico para a produção de aquênios do que em outros níveis de injúria para os quatro estágios de desenvolvimento em que a injúria foliar foi aplicada. Isso foi possível confirmar pela obtenção de coeficientes lineares positivos (0,124; 0,131; 0,226; 0,195, respectivamente) no caso de aplicação de regressão linear aos dados (Apêndice A) para as injúrias aplicadas nos diferentes estágios (V20, R2, R5.1 e R6, respectivamente). Considerando que em qualquer momento de injúria a redução de rendimento foi menor que 45% para o nível de 75% de injúria foliar, pode-se inferir que a planta de girassol apresenta alta capacidade fotossintética e compensatória, bem como acumula reservas no caule e capítulo, sendo estes responsáveis por 20 a 30% do carbono presente nos aquênios (HALL; WHITFIELD; CONNOR, 1990), além de que nos estágios reprodutivos eles apresentam-se como potencial fonte de produção de fotoassimilados.

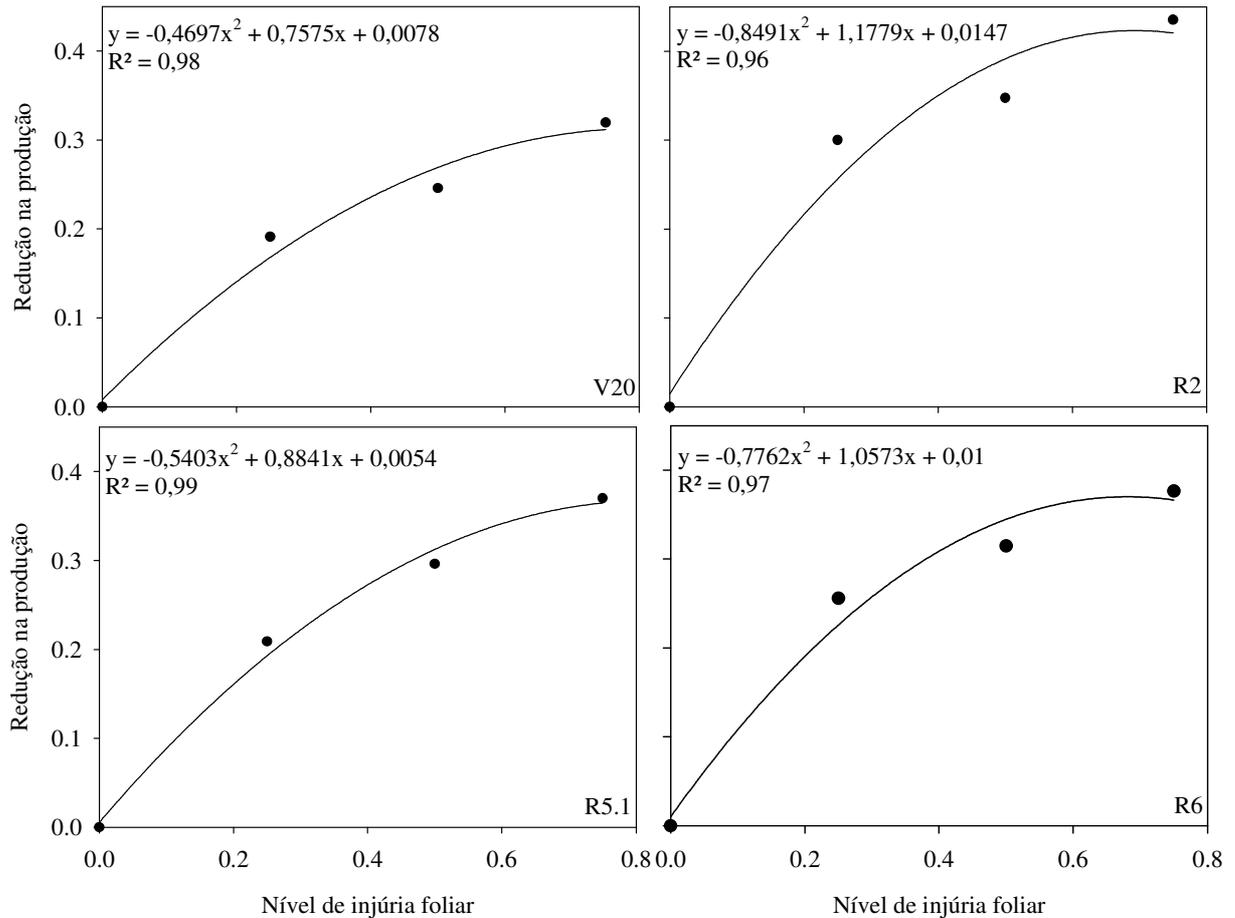


Figura 8 - Redução na produção aquênios de girassol (índice relativo) em função do nível de injúria (25, 50 e 75%) do experimento do ano agrícola 2009/2010, em Santa Maria, RS (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração).

Os estágios em que as injúrias foliares foram aplicadas modificam as características observadas nas plantas, frente aos níveis de injúria aplicados, assim como observado por Butignol (1983) e Schneiter; Jones; Hammond, (1987). Esses autores também observaram que quando a área foliar é comprometida durante o estágio vegetativo, há maior período para a compensação dos efeitos da desfolha, permitindo a recuperação do IAF a ponto de não afetar significativamente a produção de aquênios.

Associada à manutenção da área foliar para a produção da cultura está a nutrição mineral. O nitrogênio é o principal nutriente responsável pela manutenção da atividade fotossintética das folhas, sendo que a atividade fotossintética decresce paralelamente com a degeneração dos pigmentos fotossintéticos sob condição de deficiência desse nutriente (AGÜERA; CABELLO; de la HABA, 2010). Dessa forma, sob condições de estresse foliar, é

importante manter as condições nutricionais em níveis adequados para que as plantas possam restabelecer ou manter a área foliar que apresentam.

4.4 Respostas do girassol aos níveis de injúria foliar nos diferentes estágios fenológicos no ano agrícola 2010/2011

A análise de variância realizada para os resultados obtidos no experimento do ano agrícola 2010/2011 apresentou significância para a interação entre os fatores em estudo (Tabela 6). Essa interação demonstra que os níveis de injúria afetam a produção de forma diferente nos diferentes estágios de aplicação da injúria estudados.

Tabela 6 - Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis produtividade total de aquênios (PTA), massa de mil aquênios (MMA) e diâmetro de capítulos (DC) para o genótipo Aguará 03 no experimento do ano agrícola de 2010/2011, em Santa Maria, RS.

Fontes de variação	Quadrado Médio		
	PTA	MMA	DC
Estágio	5537854,95*	248*	40,95*
Nível de injúria	8408612,42*	181*	40,94*
Estágio x Nível de injúria	1101607,45*	112*	8,42*
Coeficiente de variação (%)	6,27	8,21	6,27
Média geral	3792,48 (kg ha ⁻¹)	54,8 (g)	20,11 (cm)

*Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Considerando o valor do quadrado médio, pode-se afirmar que os níveis de injúria influenciam mais a produtividade de aquênios, enquanto que a massa de mil aquênios é mais influenciada pelo estágio no qual a injúria é aplicada. As condições meteorológicas ocorridas neste ano permitiram serem os efeitos das injúrias foliares melhor avaliados (Figura 3b). Para a variável produtividade total de aquênios (PTA), a injúria foliar aplicada no estágio R2 apresentou maior efeito negativo, tanto no nível de 25 quanto para 50, 75% e 100% de área

foliar destruída (Tabela 7), sendo que para o nível de 100% de injúria também o estágio R6 foi afetado, não diferindo significativamente a PTA do estágio R2 (Tabela 7).

Tabela 7 - Produtividade total de aquênios (kg ha^{-1}) para os níveis de injúria aplicados em três diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, no experimento do ano agrícola 2010/2011, em Santa Maria, RS.

Nível de injúria (%)	Estágios ¹		
	V20	R2	R6
0	4985,2a*	4985,2a	4985,2a
25	4647,6a	3501,6b	4595,0a
50	4144,0a	3043,0b	4127,3a
75	4195,6a	2791,0b	3827,6a
100	3971,6a	1498,6b	1589,0b

¹ Critérios de Schneiter; Miller (1981): V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação botão floral; R6: fim da floração. 0%: testemunha sem injúria na área foliar; 25, 50 e 75% de remoção da área de cada limbo foliar e 100% de remoção de toda área de cada limbo foliar, deixando remanescentes apenas as nervuras principais. *Médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, para cada nível do fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

É de grande importância considerar a alta produtividade ocorrida no experimento do ano agrícola 2010/2011, observando-se principalmente o resultado obtido com a testemunha (0% de injúria), que alcançou $4985,2 \text{ kg ha}^{-1}$, o dobro dos $2370,9 \text{ kg ha}^{-1}$ colhidos no tratamento testemunha do experimento de 2009/2010 (Tabela 7 e 5). Pode-se afirmar que as plantas cultivadas no ano agrícola 2010/2011 se beneficiaram das condições meteorológicas mais favoráveis ocorridas no decorrer do cultivo, principalmente quanto à maior disponibilidade de radiação solar ($2584,1 \text{ MJ m}^{-2}$ para todo o ciclo do girassol enquanto que para o ano de 2009/2010 foi de $2162,32 \text{ MJ m}^{-2}$ para todo o ciclo do girassol, Tabelas 2 e 3; Figura 3).

A variável MMA não diferiu significativamente entre estágios para os níveis de injúria foliar de 25% e 75% (Tabela 8). No entanto, no nível de 50% o valor da MMA para o estágio R2 foi significativamente inferior aos demais estágios avaliados, assim como para o nível de 100% de injúria foliar. Da mesma forma que para a produtividade, os valores de MMA

obtidos no experimento do ano agrícola 2009/2010 foram inferiores aos observados em 2010/2011. Enquanto que para 0% de injúria foliar em 2009/2010 o valor da MMA ficou em 50,9 g. Para 2010/2011 esse valor foi de 63,3 g.

Tabela 8 - Massa de mil aquênios (g) para os níveis de injúrias aplicados nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, no experimento do ano agrícola 2010/2011, em Santa Maria, RS.

Nível de injúria (%)	Estágios ¹		
	V20	R2	R6
0	63,3a*	63,3a	63,3a
25	60,0a	53,3a	60,0a
50	60,0a	50,0b	60,0a
75	53,3a	50,0a	56,0a
100	50,3a	40,0b	43,3a

¹Crítérios de Schneiter; Miller (1981): V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração. 0%: testemunha sem injúria na área foliar; 25, 50 e 75% de remoção de área de cada limbo foliar e 100% de remoção de toda área de cada limbo foliar, deixando remanescentes apenas as nervuras principais. *Médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, para cada nível do fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

No ano agrícola de 2010/2011, o diâmetro de capítulo não apresentou variação significativa entre estágios para os níveis de 25 e 50% de injúria foliar aplicados nos estágios V20, R2 e R6 (Tabela 9). No entanto, para o nível de 75%, o diâmetro de capítulo foi inferior quando aplicado esse nível no estágio R2. Para o nível de 100%, os estágios R2 e R6 não diferiram entre si, e sim apenas do estágio V20. Para Lima Junior et al. (2010) o maior efeito de níveis de desfolha em diferentes estágios aplicados ocorre para a variável diâmetro de capítulo, vindo a afetar diretamente a produção de aquênios, sendo a maior redução ocasionada pela desfolha de 100% avaliada no estágio de plena floração (R5.5). Este estágio estudado pelos autores citados se aproxima do estágio R6 estudado no presente trabalho. No entanto, no presente trabalho, o maior efeito no diâmetro de capítulo foi observado também para o nível de 100% de injúria foliar, mas no estágio de R2 (Tabela 9).

Tabela 9 - Diâmetro de capítulo (cm) para os níveis de injúrias aplicados nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, no experimento do ano agrícola 2010/2011, Santa Maria, RS.

Nível de injúria (%)	Estágios ¹		
	V20	R2	R6
0	22,0a*	22,0a	22,0a
25	21,6a	20,0a	22,0a
50	21,3a	19,3a	21,3a
75	22,0a	17,3b	20,6a
100	21,0a	13,0c	15,6b

¹Critérios de Schreiner; Miller (1981): V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração. 0%: testemunha sem injúria na área foliar; 25, 50 e 75% de remoção de área de cada limbo foliar e 100% de remoção de toda área de cada limbo foliar, deixando remanescentes apenas as nervuras principais. *Médias seguidas pela mesma letra, na horizontal, para cada nível do fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O efeito da injúria em diferentes estágios na relação entre os níveis de injúria foliar e a produção foi quadrático para os estágios estudados no ano de 2010/2011 (Figura 9), diferente do observado para os estágios avaliados no ano 2009/2010. A inclusão de um nível a mais para o fator injúria permitiu a observação do efeito quadrático do fator nível de injúria para os diferentes estágios. Para os níveis de injúria foliar aplicados durante o estágio vegetativo (V20, Figura 9) a equação ajustada foi $y = 0,1008x^2 - 20,399x + 5010,7$ ($R^2: 0,97$). Para o estágio de alongação do botão floral (R2) obteve-se $y = 0,0673x^2 - 37,465x + 4784,8$ ($R^2: 0,93$).

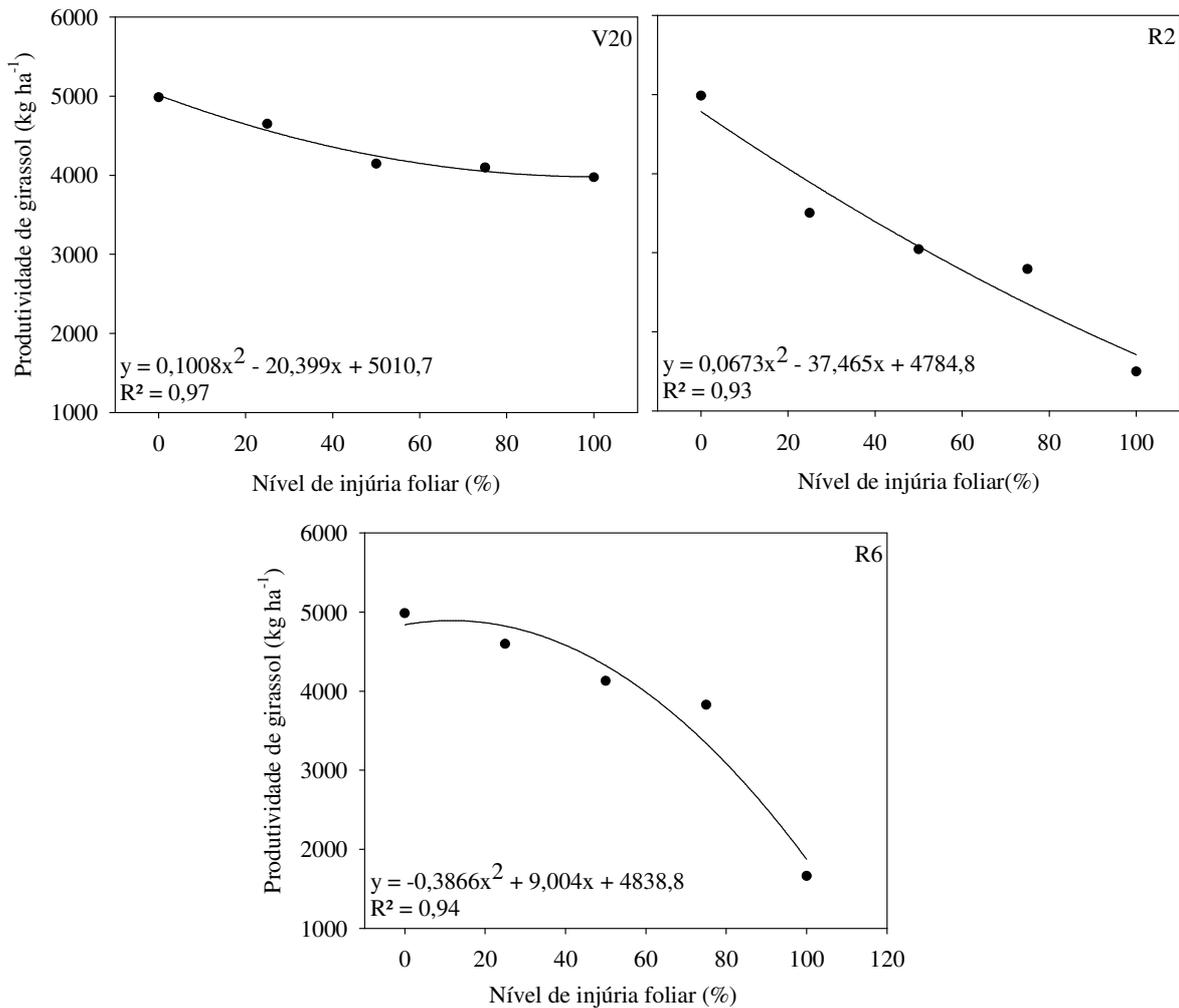


Figura 9 - Produtividade de girassol em função dos níveis de injúria foliar nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de girassol, híbrido Aguará 03, do experimento no ano agrícola 2010/2011. (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração).

Maldaner (2009) ao estudar o efeito das doenças foliares no genótipo de girassol Aguará 03, observou que a variabilidade na produtividade é dependente da variável dias de área foliar sadia, que considera o IAF e o período avaliado. Além deste autor, Leite (2002) observou linearidade entre a variável dias de área foliar sadia e o rendimento de aquênios, sendo a mesma correlacionada positivamente, especialmente após o florescimento (VANNOZZI et al., 1999). Para o estudo de desfolha realizado por Lima Junior et al. (2010) a

variável massa de 100 aquênios teve comportamento curvilíneo para os estágios vegetativo (V6) e de plena floração (R5.5). Assim, como no estágio V6 estudado pelos autores citados, quando as injúrias foram realizadas no estágio V20 (Figura 9), ainda houve tempo suficiente para garantir recuperação das plantas e promover produção de aquênios, estando este efeito relacionado às condições meteorológicas ocorridas durante o cultivo, o que ficou evidenciado na figura 11, que demonstra as diferenças ocorridas para os mesmos níveis de injúria nos mesmos estágios, nos dois anos agrícolas estudados.

Observando-se a redução relativa na produção em relação à injúria foliar, pode-se afirmar que os maiores efeitos foram ocasionados no nível de 100% de injúria foliar (Figura 10). Conforme estudo de desfolha realizado por Muro et al. (2001), as maiores reduções na produção do girassol ocorrem com 100% da desfolha nos estádios reprodutivos, devido à maior sensibilidade à desfolha extrema nesses estágios. Com estes valores obtidos, é possível fazer-se inferências quanto aos prejuízos na produção de aquênios em determinada lavoura em decorrência do nível de injúria ocorrida em determinado estágio de desenvolvimento das plantas.

Estudando o efeito da remoção foliar antes da floração, em diferentes genótipos, Karadogan; Akgün (2009) observaram que o efeito da remoção foliar nas características avaliadas de produção de aquênios, razão de aquênios, óleo bruto e teor de proteína bruta nos aquênios, e produção total de óleo e proteína bruta é modificado com diferentes graus de desfolha, especialmente evidente para os genótipos com maior número de folhas e com folhas eretas. Esses autores supõem ainda que essa interação seja resultante das diferenças de altura e números de folhas dos genótipos, sendo considerado que genótipos semi-anões apresentam melhor distribuição de assimilados ao longo dos órgãos e de um aparato fotossintético mais ativo, sendo menos sensíveis à desfolha. Nezami et al. (2008), estudando o efeito conjugado do estresse hídrico e da desfolha em girassol, afirmaram que um aumento na concentração de clorofila foi observado nas folhas remanescentes à desfolha, podendo ser considerada uma compensação às folhas perdidas.

A análise dos resultados obtidos no ano agrícola de 2010/2011, embora sob condições meteorológicas mais favoráveis à cultura do girassol, confirmam e complementam os obtidos no ano agrícola de 2009/2010, principalmente no que se refere às respostas relativas dos diferentes níveis de injúria à condição da testemunha. Na figura 11 são apresentados os resultados de redução relativa na produção de aquênios de girassol em função da redução proporcional do índice de área foliar (IAF), em níveis de injúria foliar de 25, 50 e 75%, dos experimentos realizados nos anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011 nos estágios V20, R2 e

R6. Para o estágio R2 as respostas foram idênticas demonstrando, assim, a maior vulnerabilidade das plantas de girassol nesse estágio quanto à injúria foliar. Para os estágios V20 e R6 a tendência se manteve, mas foi para o ano de maior produtividade (2010/2011) que a redução relativa da produtividade foi menor. Considerando que o IAF foi maior em qualquer nível de injúria no ano agrícola de 2010/2011, mais próximo do valor de 2,5 a 3,0, considerado o mínimo suficiente para assegurar boa produtividade (MIRRIEN, 1992), e que a injúria nos estágios V20 e R6 afeta menos a produtividade, pode ser essa uma das razões para uma menor redução relativa da PTA no ano agrícola 2010/2011 para os níveis de injúria de até 75% nos estágios V20 e R6 (Figura 11).

Os resultados de redução relativa de PTA para injúria de 100% no ano agrícola de 2010/2011 indicam acentuação de resposta negativa comparada ao nível de injúria de 75% para os estágios R2 e R6, o que não ocorreu quando injúria foi realizada no estágio V20, após a qual as plantas recuperaram parte de sua área foliar (Tabela 7). Embora o girassol apresente boa capacidade compensatória (HALL; WHITFIELD; CONNOR, 1990), pode-se inferir que em níveis de injúria próxima à perda total da área foliar essa capacidade compensatória é muito afetada, sendo a resposta da planta de girassol em produção de aquênios dependente da quantidade de assimilados acumulados no caule e capítulo (HALL; WHITFIELD; CONNOR, 1990). Isso pode explicar o porquê, mesmo com 100% de injúria aplicada nos estágios R2 e R6 ainda se obteve cerca de 30% da PTA obtida com a testemunha (0% de injúria) (Tabela 7). No entanto não foi possível obter uma explicação para a redução proporcionalmente mais drástica da PTA para o nível de injúria de 25% nos estágios R2, R5.1 e R6 no ano agrícola de 2009/2010 e no estágios R2 no ano agrícola de 2010/2011 (Figuras 8 e 11). Uma das hipóteses é a de que o estresse por injúria, quando ocorre em todas as folhas no subperíodo reprodutivo, que é de ativa translocação de assimilados, por si só possa desencadear distúrbios que resultam em redução na produção e que esse efeito não se modifica proporcionalmente à redução da área foliar entre os níveis de 25 e 75%, o que pode explicar a obtenção de uma resposta não linear de redução de PTA para os níveis de injúria de 0% a 75% nos dois anos (Figuras 8 e 11).

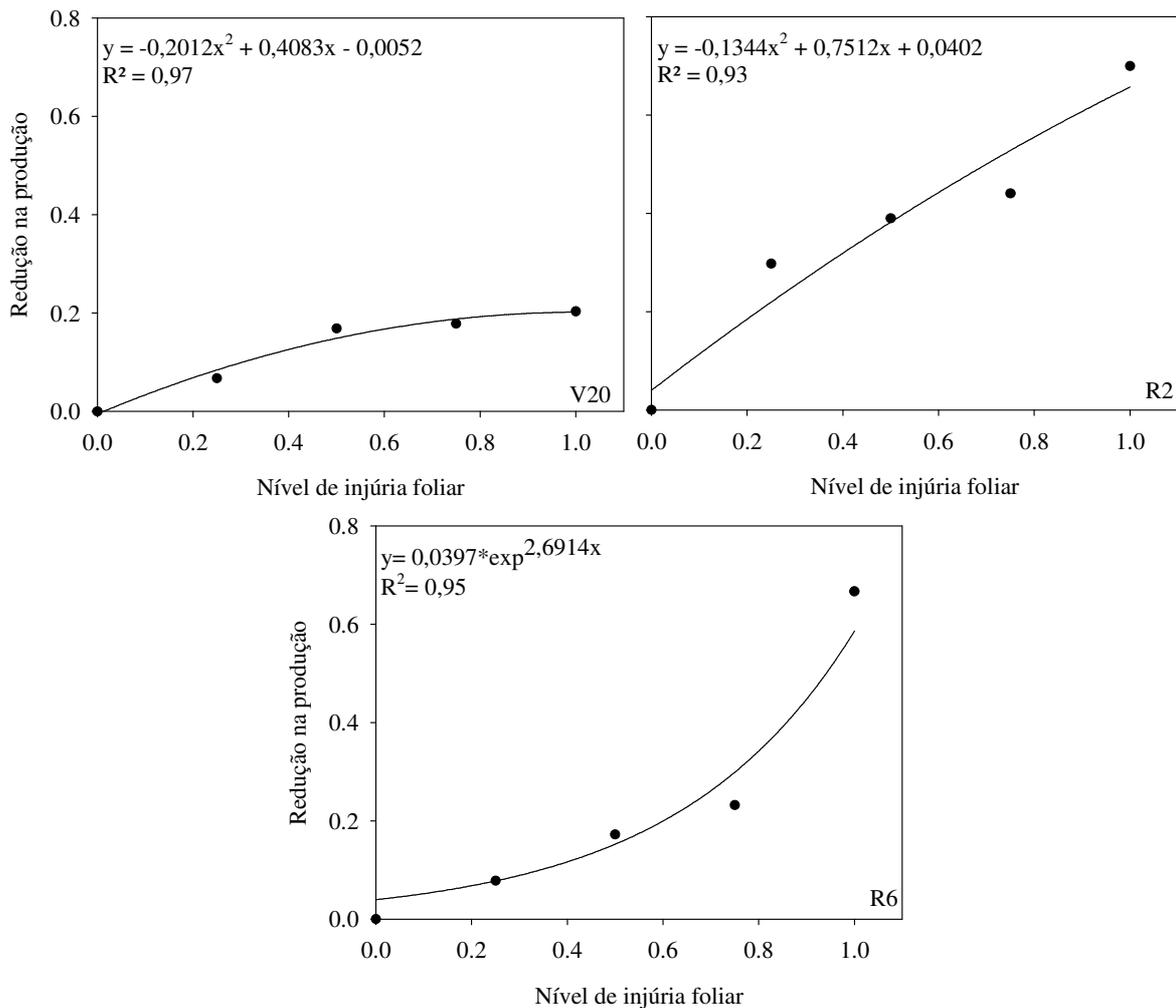


Figura 10 - Redução na produção de aquênios de girassol (índices relativos) em função do nível de injúria foliar (25, 50, 75 e 100%) no experimento do ano agrícola 2010/2011 (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração).

A diferença de tendência nos resultados obtidos por outros pesquisadores (BUTIGNOL, 1983; KARADOGAN; AKGÜN, 2009; LIMA JUNIOR et al., 2010; MORIONDO; ORLANDINI; VILLALOBOS, 2003; MURO et al., 2001; SCHNEITER; JONES; HAMMOND, 1987; SCHNEITER; JOHNSON, 1994) em relação ao presente trabalho pode estar associada a um menor estresse da planta quando são retiradas folhas inteiras ao invés de injúrias generalizadas. Os resultados atuais também permitem inferir que para fins práticos de tomada de decisão ou manejo em caso de injúria por granizo ou desfolha parcial por lagartas no estágio vegetativo (V20) não é necessário o produtor semear novamente a cultura, pois esta tem a capacidade de se recuperar, com reduções pequenas na produtividade de aquênios (Tabelas 7; Figuras 7 e 10), principalmente se o granizo

comprometer somente 25% da área foliar. Nesse caso a redução de produtividade em 300 a 400 kg ha⁻¹, não compensaria uma nova semeadura. Esses resultados concordam com Lima Júnior et al. (2010) que também observaram essa alta capacidade de compensação no girassol no estágio vegetativo de dez folhas emitidas, principalmente para desfolhas de até 50%.

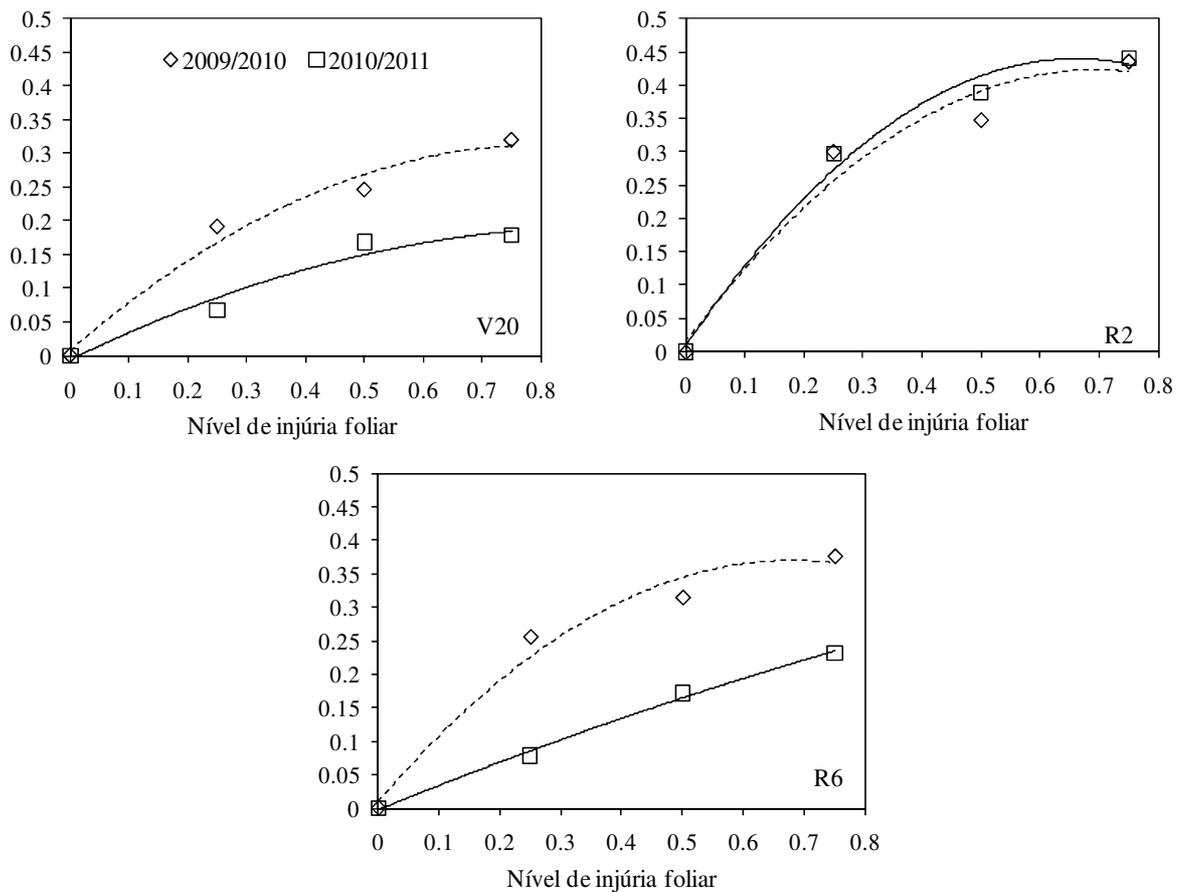


Figura 11 - Redução na produção aquênios de girassol em função do nível de injúria foliar (25, 50 e 75%), dos experimentos realizados nos anos agrícolas 2009/2010 (◇) e 2010/2011 (□) (V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R6: fim da floração).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de aquênios pela cultura do girassol é afetada pelo nível de injúria foliar e pelo estágio de desenvolvimento das plantas em que essa injúria ocorre.

Em termos relativos, o nível de 25 % de injúria foliar afeta mais intensamente a produtividade do girassol do que os acréscimos para níveis de 50 e 75%, porém a maior redução na produtividade ocorre com injúria total das folhas (100%).

A cultura do girassol apresenta alta capacidade compensatória à injúria foliar, principalmente quando esta ocorre no estágio vegetativo de 20 folhas (V20).

No estágio de alongação do botão floral (R2) o girassol se apresenta mais vulnerável à injúria foliar.

As respostas das plantas aos diferentes níveis de injúria foliar são dependentes das condições meteorológicas ocorridas durante o ciclo da cultura, principalmente dos elementos determinantes do índice de área foliar máximo alcançado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Agriannual 2009**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, Instituto FNP, 2009. 497p.

AGRIOS, G. N. Environmental effects on the development of infectious plant disease. In: _____. **Plant Pathology**. 5.ed. San Diego: Academic Press, 2004. cap. 7, p. 251-262.

AGÜERA, E; CABELLO P, de la HABA P. Induction of leaf senescence by low nitrogen nutrition in sunflower (*Helianthus annuus*) plants. **Physiologia Plantarum**, v. 138, p. 256-267, 2010.

AGUIRREZÁBAL, L. A. N. et al.. **Girasol: aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento**. Buenos Aires, Inta, 2001, 111p.

AGUIRREZÁBAL, L. A. N.; ANDRADE, F. Ecofisiologia. In: _____. **Manual práctico para el cultivo de girassol**. Buenos Aires: ed. Hemisfério Sul, 2002. p. 26-29.

AGUIRREZÁBAL, L. A. N. Intercepted solar radiation during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. **Crop Science**, v. 43, p. 152-161, jan./fev. 2003.

AMORIM, E.P. et al. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.307-316, abr./jun. 2008.

ANASTASI, U. et al. Yield performance and grain lipid composition of standard and oleic sunflower as affected by water supply. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 145-153, out. 2010.

BANGE, M. P.; HAMMER, G. L.; RICKERT, K. G. Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, p. 324-328, 1998.

BARNETT, K. H.; PEARCE, R. B. Source sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 2, p. 294-299, mar. 1983.

BARNI, N. A. et al. Modelo Agrometeorológico de predição do rendimento do girassol: I. relação entre rendimento e índice hídrico. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 2, n. 1, p. 7-17, 1996a.

BARNI, N. A. et al. Modelo agrometeorológico de predição do rendimento do girassol: II. Ajuste e validação de modelo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.1, p.19-31, 1996b.

BARROS, J. F. C.; CARVALHO, M. de; BASCH, G. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sowing date and plant density zunder Mediterranean conditions. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 347-356, out. 2004.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 299p.

BERLATO, M. A.; MELO, R. W. D E; FONTANA, D. C. Risco de ocorrência de granizo no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 121-132, 2000.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul: aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110p.

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: _____CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. 1. Ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1987. p. 13-45.

BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. **Nutritional disorders of sunflower**. **Brisbane**: University of Queensland, 1987. 72 p.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 666-669, out./dez. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: convênio MA/DPP-AS/DRNR, 1973.431p. (Boletim técnico, 30).

BRUGINSKI, D. H.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: II – morfologia da planta e partição de massa seca. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1-2, p. 47-53, 2002.

BUTIGNOL, C. A. Rendimento de girassol em três diferentes estádios de desfolhamento artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 6, p. 631-634, jun. 1983.

CASTIGLIONI, V. B. R. et al. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1994. 24p. (Documentos, 58).

CASTRO, C.; FARIAS J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In. _____: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 163-218.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. **A cultura do girassol: tecnologia de produção**. Documentos, EMBRAPA-CNPSo, Londrina, n. 67, 1996, 20 p.

CASTRO, C; de OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In. _____: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.

CHAPMAN, S. C.; HAMMER, G. L.; MEINKE, H. A sunflower simulation model: I. Model development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 725-735, maio/jun. 1993.

CHATTOPADHYAY, C. Yield loss attributable to *Alternaria* blight of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in India and some potentially effective control measures. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, n. 1, p. 15-21, jan./mar. 1999.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

CONAB, Companhia Nacional do Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília, ano XVIII, n. 03, março 2009. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/IA-mar09.pdf>. Acesso em 01/04/2009.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. de C. Origem e histórico do girassol. In: _____. LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, cap.1, p. 1-14.

DOSIO, G. A. A. et al. Solar radiation intercepted during seed filling and oil production in two sunflower hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 6, p. 1637-1640, ago. 2000.

ECHARTE, M. M. et al. Night temperature and intercepted solar radiation additively contribute to oleic acid percentage in sunflower oil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 27-35, out. 2010.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Cultivo do girassol** - Embrapa Soja, 2000. (Sistema de Produção, n.1) Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/index.htm>>. Acesso em: 02 de setembro de 2010.

EVANS, L. T. **The physiological basis of crop yield**. Crop physiology. Cambridge University Press, 1980. p. 327-57.

FAO. **Protected cultivation in the Mediterranean climate**. Rome: FAO, 1990. 313 p. (Plant Production and Protection Paper, 90).

FAVARIN, J. L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

FERNÁNDEZ, S. et al. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 15, n. 9, p. 1867-1884, out. 1994.

FILHO, P. et al. Caracterização dos estágios de desenvolvimento do girassol e suas relações com alguns parâmetros climáticos. **Comunicado Técnico**, EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa Agropecuário de Soja, 1984.

FOLMER, B. M. Sterol surfactants: from synthesis to applications. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 99-109, abril, 2003.

GARCEZ NETO, A. F. et al. Morphogenetic and structural responses of *Panicum maximum* cv. Mombaça on different levels of nitrogen fertilization and cutting regimes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, set./out. 2002.

GILMORE., E. C.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10, p. 611-615, 1958.

GOFFNER, D. et al. ¹⁴C Photoassimilate partitioning in developing sunflower seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 39, n. 207, p. 1411-1420, out. 1988.

GOMES, E. M. **Parâmetros básicos para irrigação sistemática do girassol (*Helianthus annuus L.*)**. 2005. 99 f. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, Boston, v. 11, p. 2863-2880, nov. 1998.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, Boston, v. 13, n. 01, p. 35-58, jan. 2000.

GUIRADO, N. et al. Controle alternativo da lagarta preta (*Chlosyne lacinia sandersii*) do girassol. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto alegre, v. 2, n.1, fev. 2007.

GUSE, F. I. Produtividade, severidade de mancha de alternaria e deficiência hídrica em diferentes épocas de semeadura do girassol em Santa Maria – RS. 2009. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

HALL, A. J.; WHITFIELD, D. M.; CONNOR D. J. Contribution of pre-anthesis assimilates to grain-filling in irrigated and water-stress sunflower crops II. Estimates from a carbon budget. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 24, n. 4, p. 274-294, out. 1990.

HAMMER, G. L.; GOYNE, P. J.; WOODRUFF, D. R. Phenology of sunflower cultivars. III. Models for prediction in field environments. **Australian Journal of Agricultural Research**. Melbourne, v.33, p.263-274, 1982.

HELDWEIN, A. B. **Ermittlung der taubenetzung von pflanzenbeständen durch anwendung mikrometeorologischer verfahren sowie mittels konventioneller methoden**. 1993. 206 p. (Tese de Doutorado). Fachbereich Internationale Agrarentwicklung. Technische Universität Berlin, Berlin.

HELDWEIN, A. B. Alerta Fitossanitário. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA: Agrometeorologia, Monitoramento Ambiental e Agricultura Sustentável. **Suplemento dos Anais ... / Mesas Redondas**, Piracicaba, 1997. p. 63-77.

HELDWEIN, A. B. BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 38, p. 43-58, 2009.

HOCKING, P. J.; STEER, B. T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus L*) during growth. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 6, p. 93-107, 1983.

HORTON, P. Prospects for crops improvement through the genetic manipulation of photosynthesis: morphological and biochemical aspects of light capture. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 51, p. 475-485, fev. 2000.

IZQUIERDO, N. G. et al. Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 114, n. 1, p.66-74, out. 2009.

JACKSON, J. E. Light interception and utilization by orchard systems. **Horticultural Reviews**, New York, v. 2, p. 208-267, 1980.

KAKIDA, J. et al. **Cultivares de girassol**. Informe Agropecuário, v. 82, n. 7, p. 76-78, 1981.

KALEEM, S.; HASSAN, L.; SALEEM, A. Influence of environmental variations on physiological attributes of sunflower. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 15, p. 3531-3539, ago. 2009.

KARADOĞAN, T.; AKGÜN, İ. Effect of leaf removal on sunflower yield and yield components and some quality characters. **Helia**, Novi Sad, v. 32, n. 50, p. 123-134, 2009.

KHAN, A. G. et al. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. **Chemosphere**, v. 41, p. 197-207, jul. 2000.

KITAJIMA, K.; MULKEY, S. S. WRIGHT, J. Variation in crown light utilization characteristics among tropical canopy trees. **Annals of Botany**, London, v. 95, n.3, p. 535-547, 2005.

KIANI S. P. et al. Genetic analysis of plant water status and osmotic adjustment in recombinant inbred lines of sunflower under two water treatments. **Plant Science**, Amsterdam v. 172, n. 4, p. 773-787, abr. 2007.

KLUGE, R. A. et al. Armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 263-270, jan./fev. 2006.

KUNZ, J. H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n. 11, p. 1511-1520, nov. 2007.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 506 p.

LARCHER, W. (ed.) **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo da mancha de alternaria em girassol. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 193-200, maio/ago. 2002.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, 600p.

LEITE, R. M. V. B. C. **Avaliação de danos e efeito de variáveis ambientais na mancha de alternaria (*Alternaria helianthi*) em Girassol**. 2002. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

LEME, E. A. J.; MANIERO, M. A.; GUIDOLIN, J. C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e a relação com a produtividade. **Cadernos Planalsucar**, Piracicaba, v. 2, p. 3-9, mar. 1984.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress**. II: Water radiation, salt and other stress. New York: Academic Press, 1980. 606p.

LIMA JUNIOR, I. S. de. et al. Desfolha artificial simulando danos de pragas na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L., Asteraceae). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 23-27, jan./fev. 2010

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 5, p. 1584-1596, jul. 1999.

LORENTZ, L.H. et al. Plot size and experimental precision for sunflower production. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 408-413, jul./ag. 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. p. 319.

MALDANER, I. C. et al. Modelos não-destrutivos de determinação da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, ago. 2009.

MALDANER, I. C. **Irrigação e aplicação de fungicida na ocorrência de doenças e produtividade do girassol**. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.

MANUAL TÉCNICO GIRASSOL. Atlântica Sementes. Disponível em: http://www.atlanticasementes.com.br/upload/manual/manual_girassol_atlantica.pdf. Acesso 15 de março de 2010.

MARC, J., PALMER, J. H., Determination of the length of the vegetative and pre-floral stages in the day-neutral plant *Helianthus annuus* by chilling pulses. **Journal Experimental Botany**, v. 29, p.363-367, 1978.

MARCHÃO, R. L. et al. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, p.170-181, 2006.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperaturas-bases, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 1987. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, SP, 1987.

MASSIGNAM, A. M.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa da duração dos subperíodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 71-79, 1993.

MELLO, R. et al. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.672-682, maio/jun. 2006.

MERRIEN, A. **Physiologie du Tournesol**. Paris: CETIOM, 1992. 66 p.

MOLAN, L. K. Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004. 159 p.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, v.81, n.3, p.277-294, 1977.

MONTEITH, J. L. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 68, n. 3-4, p. 213-220, abr. 1994.

MORAES, S. A; UNGARO, M. R. G.; MENDES, B. M. J. **Alternaria helianthi agente causal de doença em girassol**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 20p.

MORIONDO, M; ORLANDINI, S.; VILLALOBOS, F. J. Modelling compensatory effects of defoliation on leaf area growth and biomass of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 161-171, maio, 2003.

MOREAU, R. A.; WHITAKER, B. D.; HICKS, K. B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health promoting uses. **Progress in Lipid Research**, v. 41, n. 6, p. 457-500, nov. 2002.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo : Nobel, 1983. 376p.

MOULOUNGUI, Z.; ROCHE, J.; BOUNIOLS, A. Limitations extractives dès ingrédients fonctionnels natifs: lipides bioactifs par modifications chimiques. **Oléagineux, Corps gras, Lipides**, v. 13, n. 1, p. 16-22, jan./fev. 2006.

MURO, J. et al. Defoliation effects on sunflower yield reduction. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n.3, p. 634-637, maio/jun, 2001.

MUSSCHE, S. et al. A comparison of optical and direct methods for monitoring the seasonal dynamics of leaf area index in deciduous forests. **Silva Fennica**, Vantaa, v. 35, n. 4, p. 373-384, 2001.

NEZAMI, A. et al. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. **Desert**, Tehran, v. 12, p. 99-104, 2008.

NURMBERG, P. L. et al. Simulação de danos causados por insetos na planta de batata por meio de desfolhamento artificial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 468-472, abr./jun. 1999.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M.V. B. C. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa**. Embrapa, Londrina-PR, n. 273, 27p, 2004.

ORTA, A. H.; ERDEM, T.; ERDEM, Y. Determination of water stress index in sunflower. **Helia**, Novi Sad, v. 25, n. 37, p. 27-38, 2002.

PARO JUNIOR, L. A.; NAKANO, O. Dano simulado para a lagarta do girassol- *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday e Hewitson, 1849 (Lepidoptera: Nymphalidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Itabuna, 5 ed. p. 235-240, 1976.

PEREIRA, A. R. et al. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1997. 70p.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114).

RADONS, S. Z. **Severidade de ocorrência de mancha de septória e produtividade de girassol irrigado**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

RADIN, B. et al. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1017-1023, set. 2003.

RAZI, H.; ASAD, M. T. Evaluation of variation of agronomic traits and water stress tolerant in sunflower conditions. **Agricultural and Natural Resources Sciences**, Alpine, v. 2, p. 31-43, 1998.

REZENDE, V. A. et al. Efeito da densidade de semeadura sobre a produtividade e composição bromatológica de silagens de girassol (*Helianthus annuus*). **Ciências agrotécnicas**. Lavras. Edição Especial, p. 1672-1678, dez. 2003.

RIBEIRO, I. J. O. et al. Ocorrência de *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishihara sobre girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 33, p. 81-85, 1974.

- RONDANINI, D.; SAVIN, R.; HALL, A. J. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.83, n. 1, p.79-90, jun. 2003.
- SANGOI, L.; KRUSE, N. D. Comportamento de cultivares de girassol em diferentes épocas de semeadura no planalto catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 81-91, jan. 1993.
- SENTELHAS, P. C. et al. Temperatura-base e graus-dia para cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 43-49, 1994.
- SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Índices bioclimáticos para a cultura de girassol. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 73-78, Piracicaba, jan./abr. 1998.
- SILVA, P. R. F da; ALMEIDA, M. L. de Resposta de girassol à densidade em duas épocas de semeadura e dois níveis de adubação **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1365-1371, set.1994.
- SCHACH, T. et al. Produção de girassol em resposta a diferentes maneiras de remoção de área foliar. In: Jornada Acadêmica Integrada da UFSM, 25., 2010, Santa Maria, **Anais eletrônicos...**Santa Maria: UFSM, 2010 .Disponível em: <http://portal.ufsm.br/jai/anais/trabalhos/trabalho_1041289089.htm>. Acesso em 5 jan. 2010.
- SCHNEITNER, A.; JOHNSON, B. L. Response of sunflower plants to physical injury. **Canada Journal Plant Science**, v. 74, p. 763-766, 1994.
- SCHNEITNER, A.; JONES, J. M.; HAMMOND, J. J. Simulated hail research in sunflower: defoliation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 431-434, 1987.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of Sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p. 901-903, nov./dez. 1981.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.
- SMART, C. M. Gene expression during leaf senescence. **New Phytologist**, Lancaster, v. 126, n. 3, p. 419-448, mar. 1994.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/ASCAR-RS, 2008. 222p

STEWART, D.W. et al. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 6, p. 1465-1474, nov./dez. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAVARES JÚNIOR, J. E. et al. Análise comparativa de métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 199-203, maio/ago. 2002.

THOMAS, G. L. Comportamento de cultivares de girassol em função da época de semeadura na região de Ponta Grossa, PR. 2008.93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

TRENTIN, G. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

TRENTIN, R. et al. Velocidade do vento e molhamento foliar. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Meteorologia. A Amazônia e o clima global. Belém, 2010. (CDROOM)

TREZZI, M. M.; SILVA, P. R. F; ROCHA, A. B. Sistemas de cultivo de milho em consorcio de substituição e em sucessão a girassol. **Ciência Rural**, v. 24, n. 3, p. 495-499, 1994.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize. II. Carbon–nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1384-1389, 1995.

UNGARO, M. R. G. et al. Comportamento do girassol em relação à acidez do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 41-48, 1985.

UNGARO, M. R. G. Girassol (*Helianthus annuus* L.). In: ___ **Boletim Informativo do Instituto Agrônomo**. Campinas, v. 200, n. 5, p. 112-113, 1990.

UNGARO, M. R. G. et al. Parâmetros fisiológicos, produção de aquênios e fitomassa de girassol em diferentes épocas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 205-211, 2000.

UNGARO, M. R. G. et al. Girassol. In _____ MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. 1.ed. Brasília: INMET, 2009, p. 203-221.

UNGER, P. W. Sunflower. In. _____: STEWART, B. A.; NIELSEN, D.R.(Ed.). Irrigation of agricultural crops. **American Society of Agronomy**, Madison: ASA, p.775-794, 1991 (Agronomy 30).

VANNOZZI, G. P. et al. Agronomic traits useful in sunflower breeding for drought resistance. **Helia**, Novi Sad, v. 22, n. 30, p. 97-124, 1999.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I – Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London, v. 11, n. 44, p. 41-76, 1947a.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the studies on the growth of field crops. II – The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area. **Annals of Botany**, London, v. 11, n. 44, p. 375-407, 1947b.

WESTGATE, M. E. et al. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: Radiation-use efficiency and grain yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 49, n. 2, p. 249-258, fev. 1997.

WESTPHALEN, S. L. **Granizo e a lavoura de trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : IPAGRO, Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, 1976. 18 p.

ZAFFARONI, E.; SILVA, M. A. V.; AZEVEDO, P. V. de. Potencial agroclimático da cultura do girassol (*Helianthus annuus*) no Estado da Paraíba. I. Temperatura e radiação solar.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1483-1491, 1994.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Redução na produção aquênios de girassol em função da redução do índice de área foliar (IAF) em 25, 50 e 75% do experimento no ano agrícola 2009/2010. V20: estágio vegetativo de 20 folhas emitidas; R2: alongação do botão floral; R5.1: início da antese; R6: fim da floração.

