

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

**ANÁLISE NUMÉRICA DE RISCO DE OCORRÊNCIA  
DAS MANCHAS DE ALTERNÁRIA E SEPTÓRIA EM  
GIRASSOL PARA DIFERENTES DATAS DE  
SEMEADURA, EM SANTA MARIA – RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Fernando Dill Hinnah**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

**ANÁLISE NUMÉRICA DE RISCO DE OCORRÊNCIA DAS  
MANCHAS DE ALTERNÁRIA E SEPTÓRIA EM GIRASSOL  
PARA DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA, EM SANTA  
MARIA – RS**

**Fernando Dill Hinnah**

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

**Orientador: Professor Dr. Arno Bernardo Heldwein**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Dill Hinnah, Fernando  
ANÁLISE NUMÉRICA DE RISCO DE OCORRÊNCIA DAS MANCHAS DE  
ALTERNÁRIA E SEPTÓRIA EM GIRASSOL PARA DIFERENTES DATAS  
DE SEMEADURA, EM SANTA MARIA - RS / Fernando Dill Hinnah.-  
2014.

83 p. ; 30cm

Orientador: Arno Bernardo Heldwein  
Coorientador: Evandro Zanini Righi  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2014

1. Girassol 2. Datas de Semeadura 3. Septoria  
helianthi 4. Alternaria helianthi 5. Helianthus annuus  
I. Heldwein, Arno Bernardo II. Zanini Righi, Evandro  
III. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

---

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Fernando Dill Hinnah.

Endereço eletrônico: fhinnah@bol.com.br

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

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

**ANÁLISE NUMÉRICA DE RISCO DE OCORRÊNCIA DAS MANCHAS  
DE ALTERNÁRIA E SEPTÓRIA EM GIRASSOL PARA DIFERENTES  
DATAS DE SEMEADURA, EM SANTA MARIA – RS**

elaborada por  
**Fernando Dill Hinnah**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Arno Bernardo Heldwein, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Evandro Zanini Righi, Dr. (UFSM)**

**Gustavo Trentin, Dr. (EMBRAPA/CPPSul)**

Santa Maria, 24 de janeiro de 2014.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que fizeram o esforço de auxiliar e contribuir de todas as formas para que eu realizasse meus estudos na Universidade Federal de Santa Maria, sempre contando com o seu inestimável apoio e incentivo na realização dos meus sonhos. E a toda minha família que, mesmo distante, sempre se fez presente em meu pensamento e no incentivo permanente fornecido.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de cursar o excelente curso de Agronomia, e posteriormente a pós-graduação em Engenharia Agrícola, que me oportunizaram as possibilidades hoje disponíveis.

Ao CNPq, pelo fornecimento de bolsas de estudo desde a iniciação científica, quando comecei meus trabalhos de pesquisas, e posteriormente durante a realização do mestrado.

Ao professor Arno Bernardo Heldwein primeiramente pelo acolhimento em minha inserção no grupo de Agrometeorologia. Agradeço também por toda a sua paciência em meus questionamentos e dificuldades, instruções incansáveis durante os trabalhos, sua pronta disponibilidade durante todos estes anos em que estive no grupo, mesmo em momentos em que o tempo era escasso, e os afazeres demasiados.

A colega e amiga Dionéia Daiane Pitol Lucas por toda a ajuda fornecida durante os procedimentos da dissertação, dos quais eu não possuía conhecimento, e fui pacientemente ensinado. Aos colegas e amigos Luis Henrique Loose, Mateus Possebon Bortoluzzi, Jocélia Rosa da Silva, Sidinei Zwick Radons, Ivan Carlos Maldaner, Roberto Trentin pela ajuda prestada durante o desenvolvimento de meu trabalho com auxílio intelectual ou durante o experimento. Aos colegas e amigos da Fitotecnia Gabriel Franke Brixner, Samuel Kovaleski, Ricardo Tolfo Ereno, Mateus Scherer Lunkes, Junior César Somavilla, e demais não citados aqui que contribuíram para este trabalho, pela amizade, conversas e descontração.

Aos amigos que muitas vezes colaboraram cientificamente nesta jornada, e sempre estiveram presentes também em momentos de descontração.

À minha namorada Ana Cássia Machado pelo apoio durante a realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Evandro Zanini Righi e Dr. Nereu Augusto Streck pela orientação. A banca pelas sábias e valiosas contribuições ao trabalho, além de sua disponibilidade em colaborar ao melhorá-lo.

As demais pessoas, que mesmo não citadas nominalmente aqui contribuíram durante o período de meu mestrado.

**Muito obrigado!**

## RESUMO

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

### **ANÁLISE NÚMERICA DE RISCO DE OCORRÊNCIA DAS MANCHAS DE ALTERNÁRIA E SEPTÓRIA EM GIRASSOL PARA DIFERENTES DATAS DE SEMEADURA, EM SANTA MARIA - RS**

AUTOR: FERNANDO DILL HINNAH

ORIENTADOR: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de janeiro de 2014.

O girassol é uma espécie alternativa para o sistema de plantio direto e rotação de culturas. Sua inserção neste sistema proporciona melhorias edáficas e interrupção do ciclo de pragas e doenças causadoras de perdas de produtividade nas culturas agrícolas mais semeadas. Além destes benefícios, esta espécie possui características de maior tolerância ao déficit hídrico do que culturas tradicionais como a soja e o milho, mantendo produtividades satisfatórias mesmo em anos considerados secos. Para a sua inclusão no sistema de rotação e manutenção de produtividades satisfatórias é necessário o conhecimento das melhores datas de semeadura. Como as condições meteorológicas tem variabilidade interanual, é necessária a análise de risco para uma mesma data de semeadura, através de um estudo de probabilidade com uma série longa de dados meteorológicos para sua melhor definição. Este trabalho objetiva determinar a data de semeadura do girassol na qual ocorre menor severidade das manchas foliares de alternária e septória, na Região Central do RS. Para isso adaptou-se e calibrou-se um algoritmo provendo um sistema de previsão de doenças, baseado em dados de duração do molhamento foliar, temperatura do ar durante o período de molhamento foliar, e chuva, obtendo-se os valores de severidade calculada acumulados (VSCA) durante todo o ciclo. Nesta adaptação e calibração utilizaram-se dados de seis experimentos realizados no Departamento de Fitotecnia desde o ano de 2007. Os dados meteorológicos estimados para valores horários de 1968 até 2011, a partir das leituras padrão, e a utilização deste algoritmo, foram simuladas para 14 diferentes datas de semeadura espaçadas em 15 dias, iniciando em 01 de agosto e finalizando em 16 de fevereiro de cada ano. Devido à variabilidade interanual do fenômeno ENOS e sua influência sobre as condições meteorológicas, os anos separados em Neutros, La Niña e El Niño. A partir dos dados gerados foi feita a análise de variância e o teste de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Além disso, os VSCA obtidos foram submetidos a análise de distribuição de probabilidade, verificando-se que as distribuições Weibull, lognormal e normal representam melhor a distribuição dos valores de severidade máxima das manchas foliares no girassol, tanto para o ciclo completo quanto para os subperíodos emergência-final da antese e início da fase reprodutiva-final da antese do girassol. Verificou-se ainda que o período entre o início de fevereiro e o final de abril é mais favorável às manchas foliares, enquanto que as datas de semeadura de 01 de agosto a 16 de outubro resultam nos menores valores de severidade, diferindo significativamente das semeaduras posteriores. Em anos El Niño ocorrem as maiores severidades das doenças, seguido pelos anos de La Niña, e finalmente com os menores valores de VSCA para os anos Neutros.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L. Datas de semeadura. Mancha de alternária. Mancha de septória. Manchas foliares do girassol.

## ABSTRACT

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

### NUMERICAL RISK ANALYSIS OF ALTERNARIA AND SEPTORIA LEAF SPOTS OCCURRENCE IN SUNFLOWER FOR DIFFERENT SEEDING DATES IN SANTA MARIA – RS

AUTHOR: FERNANDO DILL HINNAH  
ADVISER: ARNO BERNARDO HELDWEIN  
Local and Date of Defense: Santa Maria, January 24<sup>th</sup>, 2014.

Sunflower is an alternative specie to the system of no-tillage and crop rotation. His inclusion in this system provides soil improvements and interruption on cycle of pests and diseases, which are responsible for losses of productivity of the mainly sown crops. In addition to these benefits this specie has characteristics of increased tolerance to drought than traditional crops such as soybean and corn, maintaining satisfactory yields even in dry years considered. For inclusion in the rotation and maintaining satisfactory yields the knowledge of the best sowing dates is necessary. As the weather has interannual variability, the risk analysis for the sowing dates is required, through a study of probability with a long series of weather data for better definition. This study aims to determine the sowing date of sunflower in which lower severity of alternaria and septoria leaf spots in the RS Central Region occurs. For it has adapted and calibrated an algorithm providing a forecasting system diseases, based on data from leaf wetness duration, air temperature during the leaf wetness period and rain, calculating the accumulated severity values (VSCA) throughout the cycle. In this adaptation and calibration data from six experiments performed at the Department of Plant Science since 2007. Hourly values of weather data from 1968 to 2011 was estimated from the default readings, and use this algorithm were simulated for 14 different dates of sowing spaced in 15 days, beginning on August 1 and ending on February 16 of each year. Due to the interannual variability of ENSO and their influence on weather conditions, crop seasons years was apart in Neutral, La Niña and El Niño. The data generated from the analysis of variance and the means of Scott-Knott test at 5% probability of error was taken. In addition, the VSCA were subjected to analysis of probability distribution, verifying that the Weibull, lognormal and normal distributions has the best represent the distribution of values of severity of leaf spots on sunflower, both for the entire cycle and for the subperiods emergency-end of anthesis and early reproductive-final stage of anthesis sunflower. It was also found that the period between early February and late April is more favorable to leaf spots, while sowing dates from August 1 to October 16, resulting in lower severity values, differing significantly from later sowings. In El Niño years suffer the greatest severities of disease, followed by La Niña years, and finally with the lowest values of VSCA for Neutrals years.

**Key-words:** *Helianthus annuus* L. Sowing dates. Alternaria leaf spot. Septoria Leaf Spot. Sunflower leaf spots.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Valores de severidade calculada (VSC) das manchas foliares de alternária e septória em girassol, baseado no sistema FAST, como função da duração do período de molhamento ( $UR > 90\%$ ) e temperatura do ar durante este período..... 38
- Tabela 2- Datas de semeadura (DS) utilizadas na simulação do desenvolvimento do girassol e das manchas foliares de alternária e septória. .... 38
- Tabela 3- Valores médios de severidade calculada acumulada (VSCA) ao longo do ciclo de desenvolvimento do girassol, da emergência das plântulas ao estágio R6, e dentre os estádios R1 e R6, em 14 datas de semeadura, desde 1968 a 2011 ..... 45
- Tabela 4- Valores médios de severidade calculada acumulada ao longo do ciclo de desenvolvimento do girassol em série histórica de 43 anos, subdivididos sob diferentes influências da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, em 14 datas de semeadura. .... 49
- Tabela 5- Valores médios de severidade calculada acumulada da emergência ao final da antese em girassol em série histórica de 43 anos, subdivididos sob diferentes influências da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, em 14 datas de semeadura..... 51
- Tabela 6- Valores médios de severidade calculada acumulada do início da fase reprodutiva ao final da antese em girassol em série histórica de 43 anos, subdivididos sob diferentes influências da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, em 14 datas de semeadura..... 53
- Tabela 7- Frequência de casos com ajuste estatisticamente significativos das funções de distribuição de probabilidades (fdp) Gama, Lognormal, Normal e Weibull para ciclo completo e subperíodos, simulados de 1968 a 2011 ..... 58
- Tabela 8- Funções de distribuição de probabilidade (fdp) selecionadas e seus parâmetros para determinar a severidade de manchas foliares máxima para o ciclo completo da cultura do girassol para 14 datas de semeadura (DS), simuladas para a série histórica de 1968 a 2011 ..... 59

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Sintomas das manchas foliares de alternária em girassol. Santa Maria, RS, 2013...23
- Figura 2- Sintomas das manchas foliares de septória em girassol. Santa Maria, RS, 2013. ...25
- Figura 3- Localização da área de abrangência do estudo, na região Central do Rio Grande do Sul..... 34
- Figura 4- Municípios e área de abrangência da Estação Climatológica Principal de Santa Maria (em realce), considerada no estudo da severidade calculada em girassol .....35
- Figura 5- Datas de semeadura do girassol e os meses de ocorrência dos subperíodos avaliados, com os valores de duração, em dias, dos subperíodos .....46
- Figura 6- Relação entre a severidade real observada das manchas foliares do girassol no estádio R6, nas sete datas de semeadura e a produtividade de aquênios, em Santa Maria, RS..... 55
- Figura 7- Relação entre a severidade das manchas foliares do girassol nas datas de semeadura de dezembro, janeiro e fevereiro, e a produtividade de aquênios, em Santa Maria, RS ..... 57
- Figura 8- Severidade máxima das manchas de alternária e septória a 95, 90, 75, 50 e 25% de probabilidade, para o ciclo completo da cultura do girassol (A), no subperíodo da emergência ao final da antese (B) e do início da fase reprodutiva ao final da antese (C), em 14 datas de semeadura, simuladas para a série histórica de 1968 a 2011 .... 61
- Figura 9- Aspecto da folha de girassol com sintomas de mancha de alternária, apresentando manchas similares a um alvo, características do patógeno (A). Visualização dos conídios em lupa com aumento de 20x (B). Visualização dos conídios em microscópio ótico com aumento de 400x (C). ..... 77
- Figura 10- Sintomas de mancha de septória em folha de girassol (A). Visualização de conídios de *Septoria helianthi* em microscópio ótico com 400x de aumento (B)..... 78
- Figura 11-Testes do modelo de previsão de manchas foliares em girassol, a partir da interação entre dados de molhamento foliar (UR>90%), temperatura do ar durante o molhamento foliar e precipitação pluvial..... 81

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A- Identificação do patógeno <i>Alternaria helianthi</i> dos experimentos a campo no Departamento de Fitotecnia .....	77
Apêndice B- Identificação do patógeno <i>Septoria helianthi</i> dos experimentos a campo no Departamento de Fitotecnia. ....	78
Apêndice C- Geração e teste dos modelos de estimativa da severidade das manchas foliares causadas por <i>Alternaria helianthi</i> e <i>Septoria helianthi</i> em girassol.....	79

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo A- Escala diagramática para avaliação da mancha de alternária em girassol. Valores em porcentagem da área foliar com sintomas (lesões necróticas e halo clorótico) .82
- Anexo B- Classificação dos anos agrícolas em função dos fenômenos ENOS no período de 1968 a 2013..... 83

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 A cultura do girassol e seu cultivo.....	17
2.2 Crescimento e desenvolvimento da planta de girassol .....	20
2.3 Manchas foliares .....	22
2.3.1 Mancha de alternária .....	22
2.3.2 Mancha de septória.....	24
2.3.3 Sistemas de previsão de manchas de <i>Alternaria</i> spp e <i>Septoria</i> spp.....	26
2.4 A importância da área foliar sadia.....	27
2.5 Interação planta-patógeno-ambiente .....	28
2.6 El Niño Oscilação Sul e sua interferência na agricultura .....	31
2.7 Análise numérica.....	32
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1 Descrição do local de estudo .....	34
3.2 Experimentos realizados para geração e teste dos modelos e procedimentos dos cálculos dos valores de severidade calculada acumulados (VSCA) .....	36
3.3 Modelagem do desenvolvimento da cultura do girassol.....	39
3.4 Utilização da UR > 90% do ar para estimar o período de molhamento foliar .....	40
3.4 Análise estatística .....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>44</b>
4.1 VSCA das manchas foliares em análise de 43 anos .....	44
4.2. Influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul nas manchas foliares.....	48
4.3 Redução da produtividade de aquênios em função das manchas foliares.....	54
4.4 VSCA nas diferentes datas no decorrer do ciclo: Análise de probabilidade.....	58
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>63</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) possui grande importância em âmbito mundial devido a sua utilização como fonte de óleo comestível e atualmente também se vincula o estímulo para sua produção no Brasil à geração de biodiesel. Em 2011 a Rússia foi o país com maior produção, superando 9,6 milhões de toneladas de grãos, seguida de Ucrânia (8,6 mi t), Argentina (3,6 mi t), França (1,8 mi t) e Romênia (1,8 mi t), sendo o Brasil apenas o 26° com 78 mil toneladas naquela safra (FAOSTAT, 2013). Esta produção no Brasil foi obtida em uma área de 66 mil ha, resultando na produtividade média de aquênios de apenas 1.246 kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2013).

O Brasil possui vastas áreas aptas a produção do girassol, com potencial para ser um dos maiores produtores mundiais, mas mesmo assim, é um país importador. A demanda interna pelo óleo do girassol tem crescido em um ritmo anual aproximado de 13%, enquanto a mundial evolui 1,8%, mantendo o Brasil como importador de óleo, proveniente principalmente da Argentina (UNGARO et al., 2009), apesar do aumento da produção nacional. Uma das possíveis causas do aumento da demanda é a gradativa difusão do conhecimento de que o óleo desta espécie é fonte de ácidos graxos insaturados essenciais ao organismo humano, com alto valor nutricional, sendo considerado um alimento funcional (UNGARO et al., 2009), além do seu uso como cicatrizante protetor da pele e outros cosméticos (BRITTO, 2012; MORAIS et al., 2013). Portanto, percebe-se a existência de um mercado abrangente e suficiente para os produtos oriundos desta espécie.

A oscilação na produção brasileira de girassol é normal desde os primeiros registros do cultivo nesse país no início do século XX. Essa inconstância da oferta do produto no mercado atrapalha a sua consolidação no agronegócio para os compradores dos aquênios in natura. Os produtores rurais possuem receio quanto ao seu cultivo tanto devido a dificuldade na comercialização, quanto a problemas de desconhecimento das técnicas de manejo mais apropriadas a todo o ciclo da cultura, necessárias a obtenção de altas produtividades. Portanto, a adequação de sistemas de manejo, com menores riscos climáticos é essencial a consolidação dessa cultura no Brasil.

Durante o século XX a cultura foi fomentada por diferentes órgãos em variadas regiões do Brasil, obtendo relativo sucesso. Porém, percebe-se a recorrência das mesmas carências nestas tentativas de torná-la uma cultura consolidada, ocasionando retrocessos no

desenvolvimento de uma cadeia produtiva do girassol. A dificuldade de comercialização da produção, mesmo em casos de organização dos produtores e indústria e, via de regra, após um ou dois anos de cultivo, o dano expressivo ocasionado por doenças foram durante os idos da década de 1980 e atualmente ainda são os grandes entraves a disseminação do cultivo no país.

Há poucos anos o cultivo de girassol atendia apenas ao mercado de óleo comestível, alimentação de pássaros e arraçamento dos animais, além de uma pequena demanda na indústria de cosméticos, porém vislumbrou-se um novo horizonte a partir da sua utilização na cadeia do biodiesel. Devido às suas propriedades físicas, ao ser adicionado ao diesel comum, pode substituir parcialmente o combustível fóssil, sendo assim considerado uma fonte de energia renovável e ecológica. O estado do Rio Grande do Sul possui quatro indústrias de processamento para obtenção de biodiesel puro (B100), estabelecendo uma demanda aos óleos de culturas oleaginosas como o girassol. No ano de 2005 foram colhidos 6.028 ha de girassol no estado, área triplicada em 2007. Porém, seguindo a tendência de oscilação na área semeada da cultura, e com as condições de safra de 2013 muito favoráveis a altas produtividades das lavouras tradicionais de soja e milho, no ano de 2013 apenas 3.331 ha foram semeados no estado, com rendimento médio de aquênios de 1544 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2013).

Devido à variação na área plantada no Brasil desde os primórdios da iniciação da cultura, percebe-se a necessidade de proporcionar ao produtor rural melhores técnicas de manejo, propiciando diminuição nos riscos da sua inserção no sistema de rotação. Para tal, um estudo de probabilidade da ocorrência dos principais entraves a sua consolidação é necessário nos locais aptos ao cultivo. Dessa maneira um estudo numérico, agronomicamente embasado em importantes fatores de influência na ocorrência das manchas foliares de alternária e septória, que demonstre quais as datas de semeadura em que as condições meteorológicas prováveis estão menos favoráveis a esses patógenos durante o desenvolvimento da cultura é primordial.

A mancha de Alternária (*Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki e Nishihara) é a principal doença com potencial de dano econômico significativo ao girassol no Brasil, com histórico bastante conhecido, sabendo-se que em caso de manutenção da cultura em uma mesma área por mais de dois anos a produtividade é severamente reduzida. Já a mancha foliar de septória (*Septoria helianthi*) tem ocorrência recente no país, com os primeiros registros no ano de 2007 (MALDANER et al., 2009), em Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, enquanto que no trabalho de Moreira et al. (2009) este autor relata a presença do fungo no Rio

Grande do Norte, com incidência em 42% das plantas, sendo superior a *Alternaria helianthi* (34%) neste local. Desta forma percebe-se a dispersão do patógeno pelo país, podendo-se assumir sua ocorrência nas áreas cultiváveis com girassol. Além destes, na Argentina, país grande produtor do grão, o patógeno encontra-se distribuído, com diversos relatos de sua patogenicidade (BONACIC et al., 2008). O dano ocasionado por ambas é semelhante, resultando em diminuição da área foliar sadia, com a conseqüente diminuição da fotossíntese total da planta, afetando negativamente a produtividade de aquênios.

Visualizando-se as características agronômicas do girassol, este pode ser incluída com sucesso na rotação de culturas, aumentando a produtividade das culturas subseqüentes. A sua semeadura no estado do Rio Grande do Sul carece de informações provenientes de pesquisa mais detalhada, para possibilitar o máximo rendimento com o menor custo da lavoura, resultando em lucro satisfatório ao produtor, estimulando-o a manter esta espécie no sistema de rotação de culturas. Os problemas quanto a esta inclusão incidem principalmente sobre a possibilidade da semeadura e produção de uma safra de soja antes ou após o girassol, com a manutenção de alta produtividade e rendimento de ambas as culturas, fator dependente da severidade de doenças.

A utilização de ferramentas modernas de modelagem e simulação de crescimento e desenvolvimento das culturas é importante para estudos de zoneamento agroclimático (UNGARO et al., 2009), e para tal é necessária a calibração de modelos ratificando a sua utilização. Desta forma, de uma maneira prática, relativamente rápida e de alta confiabilidade, ratificada por repetidos experimentos a campo, fazendo-se uso de análise numérica, é possível obter-se os resultados necessários à indicação do menor risco no cultivo de determinada espécie, em épocas, regiões e condições edafoclimáticas distintas.

Um dos fatores que determina a alternância da área semeada e produtividade do girassol é a falta de conhecimento sobre as datas de semeadura adequadas a uma região, o que é determinante de outros entraves na lavoura, ocasionadores de menores rendimentos. O mesmo problema é observado no Rio Grande do Sul, com relação a análise numérica de riscos para a cultura do girassol, principalmente à severidade das doenças. Desta maneira, este trabalho objetiva através de análise numérica verificar qual dentre catorze diferentes datas de semeadura no período de 01/08 a 16/02 resultará na menor probabilidade de severidade das manchas foliares de alternária e septória, com dano potencial ao cultivo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A cultura do girassol e seu cultivo**

Os primeiros indícios da domesticação do girassol datam de aproximadamente 2800 a. C. em uma região pantanosa próxima ao Golfo do México, no denominado sítio de San Andrés, próximo ao Estado de Tabasco, México. Um dos critérios utilizados para a certeza quanto aos aquênios encontrados é relativo ao tamanho dos mesmos (LENTZ et al., 2001), sendo que os aquênios grandes seriam oriundos do procedimento de domesticação, visando a obtenção de apenas um grande capítulo, ao invés de diversas pequenas inflorescências (HEISER, 1995 apud LENTZ et al., 2001). Os ameríndios que disseminaram o girassol pelo continente americano selecionaram preferencialmente plantas de haste única (SILVA et al., 2011), em detrimento as de diversos capítulos, fato percebido atualmente, porém em algumas plantas das cultivares modernas, por vezes percebe-se a presença de diversas pequenas inflorescências, devido a provável resquício genético.

Durante o século XIX, a partir de cultivos na Rússia, o girassol se consolidou como fonte de óleo neste país, tendo, a partir da década de 1830, sua semeadura em larga escala (SKORIC, 1992). Diversas iniciativas foram tomadas visando à inserção da cultura no Brasil. Uma das tentativas de ampliação da área de cultivo desta espécie ocorreu no estado de São Paulo, quando a empresa Aguapeí Ltda, estimulou seu plantio fornecendo assistência técnica e a Secretaria da Agricultura do estado de São Paulo prestou apoio na parte de extensão rural (FAGUNDES, 2002). A cultura do girassol é de alto potencial devido a sua adaptação no país desde o Rio Grande do Sul até Roraima, devido a sua predominante insensibilidade ao fotoperíodo, havendo maior sucesso nas semeaduras em datas recomendadas pela pesquisa.

O girassol é cultivado em outros países da América Latina, sendo a Argentina um expoente mundial da espécie, cultivada em latitudes que variam de 24 a 38 °S. Neste país a área semeada na safra 2012/13 foi de 1,63 mi ha (ASAGIR, 2013), com genótipos altamente tecnológicos. Com área e produção bastante superior a brasileira, existem diversas cultivares adaptadas as diferentes regiões, inclusive com tecnologia Clearfield® em cultivares, com resistência a herbicidas do grupo químico imidazolinonas. Estudos com diferentes genótipos demonstram o avanço da tecnologia utilizada na Argentina, com testes de variadas características, como girassol alto oléico (até 59,7% de óleo), tradicionais de cultivo e

Clearfield®, com diferentes ciclos e produtividade média acima de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> (INTA, 2013).

De acordo com Smiderle et al. (2005), um mesmo genótipo pode ter variação de até 49 dias no seu ciclo devido ao cultivo em épocas e/ou localidades diferentes, demonstrando a importância do conhecimento ambiental. Um dos fatores limitantes à produção de girassol é a ocorrência de doenças como as manchas foliares de alternária e septória e o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (DALL'AGNOL; VIEIRA; LEITE, 2005; MORAES; UNGARO; LEITE, 1983; THOMAZ, 2008), sendo afetada pelas condições meteorológicas do período de cultivo, principalmente a temperatura e a umidade relativa do ar (LEITE; AMORIM, 2002a;).

A área plantada de girassol no Brasil em 2011 era de 66 mil ha, com 7.799 dehes no Rio Grande do Sul, correspondendo a 98,8% do total da Região Sul. Em 2012 a área brasileira ampliou-se para 76.814 ha, sofrendo redução em 2013 para um total de 69.205 ha. A produtividade média brasileira em 2012 foi de 1,58 t ha<sup>-1</sup>, em 2013 obteve suave aumento para 1,62 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2013). A oscilação da área de cultivo é decorrente de dois fatos, que são, a ocorrência de doenças e, por vezes, dificuldade na comercialização da produção do girassol. A oleaginosa apresenta renda variável conforme a produtividade e aproveitamento dos fertilizantes, mostrando-se importante a priorização do alto desempenho produtivo com a utilização de material genético de alta qualidade (RIBEIRO; RAIHER, 2013). No mesmo trabalho os autores relatam margem bruta elevada para os produtores mais eficientes utilizando-se de sistemas totalmente mecanizados ou semi-mecanizados, assim sendo passível seu plantio tanto para propriedades que utilizam alta tecnologia, como as de baixa tecnologia.

Além das manchas de alternaria e septória, focos deste trabalho, o mofo branco é uma das principais doenças do girassol no mundo (LEITE, 2005) desenvolvendo-se em períodos de elevada umidade do ar e temperaturas amenas, registrados no final do verão no Rio Grande do Sul. Esta doença também causa perdas enormes no girassol, sendo que seus sintomas geralmente são a morte repentina das plantas sem incidência de manchas foliares (LEITE, 2005). Os seus danos foram claramente percebidos no Paraná na década de 1980, quando após dois anos de cultivo em áreas relativamente grandes (60 mil ha) e com produtividade próxima aos 1800 kg ha<sup>-1</sup>, no terceiro ano houve uma queda para insignificantes 460 kg ha<sup>-1</sup>, devido a *Sclerotinia sclerotiorum* (LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005).

As épocas de sementeira alteram características morfológicas do girassol (CADORIN et al., 2012), bem como a incidência e severidade de doenças (LOOSE et al., 2012), e por fim devido a interação destes e outros fatores bióticos e abióticos a produtividade final também é

afetada. A escolha inadequada da época de semeadura pode ser responsável por grandes reduções na produtividade (AFERRI et al., 2008; THOMAS et al., 2012a), mostrando-se extremamente importante a escolha ideal, considerando-se diferentes variáveis como restrição hídrica, excesso hídrico, incidência de doenças e ataque de pragas. Capone et al. (2012) relatam que um dos motivos para o pouco cultivo do girassol em diferentes regiões do Brasil é a falta de informações sobre cultivares e épocas de semeadura adequadas.

Castro et al. (1997, apud CAPONE, 2012) relatam que a época de semeadura ideal é aquela em que as exigências das plantas nas diferentes fases de desenvolvimento são atendidas, com menores probabilidades de veranicos, excesso hídrico, incidência de doenças e demais fatores adversos às altas produtividades. Thomaz et al. (2012a) encontraram em condições do estado do Paraná maiores produtividades de girassol nas épocas de semeadura do cedo, de agosto e setembro, porém variável conforme o genótipo. Segundo os mesmos autores as semeaduras a partir de 17/10 resultaram nas menores produtividades.

A escolha adequada resulta em elementos meteorológicos favoráveis ao cultivo, como a disponibilidade de radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, disponibilidade hídrica, além de favorecer, ou não, determinadas doenças. A disponibilidade de radiação solar é essencial para a fotossíntese, ou seja, sua interação com a superfície vegetal possui alta correlação com a produtividade de aquênios e teor de óleo (THOMAZ et al., 2012b). Desta maneira Aguirrezábal et al. (1996) afirmam que a fotossíntese total do cultivo depende principalmente da área foliar disponível para realização da fotossíntese e capacidade para conversão da radiação interceptada em energia química.

O girassol possui como característica a obtenção de rendimentos satisfatórios em safras de baixa precipitação acumulada durante o ciclo das plantas, anos em que culturas tradicionais como soja e milho possuem as maiores quebras na sua produção. A capacidade de extrair água mesmo em condições de déficit hídrico, produzir alta quantidade de matéria seca (SHEAFFER; McNEMAR; CLARK, et al., 1977), e explorar camadas profundas no perfil do solo (GOMES, 2005), devido a agressividade radicular, são mecanismos da espécie para manter a produtividade satisfatória nestes anos. A espécie apresenta alta capacidade de exploração de camadas profundas do perfil do solo, e regulação osmótica, sendo menos sensível ao déficit hídrico do que culturas como a soja e o milho (DARDANELLI et al., 1997; UNGARO et al., 2009).

Segundo Sutton, Gillespie e Hildebrand (1984) as observações do ambiente são fundamentais para os estudos das interações entre o patógeno e o hospedeiro, permitindo o

entendimento e a quantificação destes processos. Relacionado com a umidade relativa do ar, a temperatura, a precipitação e a radiação solar, o tempo de molhamento foliar tem relação direta com a ocorrência de doenças. Pereira, Angelocci e Sentelhas (2001) afirmam que o orvalho é um condicionador natural para a incidência de doenças em plantas, sendo essencial na germinação de esporos, formação de apresório e haustório e penetração dos fitopatógenos.

Assim para determinação de orvalho, chuva, ou irrigação, Hamada et al. (2008) definem a duração do período de molhamento foliar (DPM) como o tempo em que água em estado líquido permanece sobre as folhas. Este é um dos principais fatores que determinam a incidência ou não da maioria dos fitopatógenos (KIM et al., 2002). O molhamento foliar é essencial para que ocorra hidratação do esporo e extrusão de fluidos responsáveis pela fixação superficial às folhas, permitindo a emissão da hifa infectiva, que geralmente conduz o apresório a penetração na folha via poros estomáticos dando início a infecção fúngica (AMORIM; REZENDE; BERGAMIM FILHO, 2011). Portanto a incidência e severidade de doenças está mais relacionada a duração do molhamento foliar do que a episódios de precipitação (REIS, 2004).

## **2.2 Crescimento e desenvolvimento da planta de girassol**

A cultura do girassol é caracterizada pela predominante insensibilidade ao fotoperíodo (UNGARO, et al., 2009), e resposta as temperaturas do ar (CASTRO; FARIAS, 2005). De acordo com os mesmos autores temperaturas baixas podem ocasionar distúrbios fisiológicos como surgimento de diversas inflorescências, morte da gema apical e deformação na anatomia foliar. Para o processo germinativo e de emergência das plântulas Aguirrezábal et al. (2001) relataram que a exigência é de  $20\text{ }^{\circ}\text{C dia}^{-1}$  utilizando temperatura base ( $T_b$ ) de  $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e não recomendam a sementeira em condições de temperatura do solo inferior a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ungaro et al. (2009) relata que as temperaturas para o melhor desenvolvimento da cultura é entre  $20$  e  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , enquanto que Fagundes et al. Relata ser a temperatura ótima de  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sentelhas et al. (1994) afirma que temperaturas baixas retardam a floração e a maturação, demonstrando a relação do desenvolvimento das plantas com a soma térmica acumulada.

Fenologicamente a cultura possui seu ciclo dividido em duas fases, denominadas vegetativa e reprodutiva. Ambas as fases possuem divisões, as quais são denominadas

estádios, sendo determinadas pela soma térmica acumulada (MALDANER, 2012). Os estádios durante a fase vegetativa são sinalizados com a letra “V” seguida pelo número de folhas expandidas, como no exemplo: V10 – estágio vegetativo com 10 folhas expandidas. Os estádios durante a fase reprodutiva são representados pela letra “R” e por um número específico de acordo com fenômenos ocorridos (EMBRAPA, 1997). Por exemplo, R1 representa o estágio em que o botão floral é visível, sendo o primeiro da fase reprodutiva. O estágio R5.1 acontece quando 10% das flores do capítulo foram polinizadas, conseqüentemente o R5.8 é definido por 80% das flores do capítulo polinizadas. O estágio R6 é determinado quando todas as flores foram polinizadas, sendo caracterizado como o final da antese do girassol.

Após o estágio R6 ocorre o início do enchimento de grãos, sendo o último subperíodo da cultura compreendido pelos estádios R6, R7 e R8 e seguido pela maturação fisiológica (R9). Os diferentes subperíodos da cultura apresentam necessidades variadas dos elementos meteorológicos e disponibilidade hídrica. De acordo com Barni et al. (1996) as condições hídricas durante o subperíodo R1 a R6 são determinantes do rendimento final, bem como Lucas (2010) encontrou maior redução no rendimento em injúria foliar realizadas nos estádios R2 e R6. O efeito do déficit hídrico discutido por Barni et al. (1996) em função da redução da área foliar, fato este relacionado à diminuição da área foliar sadia restringida pela severidade de doenças.

O girassol é conhecido também por possuir maior tolerância a déficit hídrico com alta eficiência em retirar água do solo e não sofrer reduções significativas da produtividade devido a déficits hídricos (DARDANELLI, J. L. et al., 1997; CASTRO; FARIAS, 2005). Dessa maneira em situações em que os cultivos tradicionais de soja e milho encontrariam condições adversas a boas produtividades o girassol demonstra ser uma excelente alternativa para o sistema de rotação de culturas.

## 2.3 Manchas foliares

### 2.3.1 Mancha de alternária

A mancha de alternária do girassol ocasionada por *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki and Nishihara é uma doença de extrema importância no Brasil, presente em todas as épocas de semeadura e regiões (LEITE, 2005; LEITE; AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2006;). É responsável em grande parte pela pequena difusão da cultura do girassol, pois devido a sua agressividade e conseqüente redução da produtividade não permite a estabilização interanual da área cultivada. No mundo é relatada em diversos países produtores como Índia (MATHIVANAN; PRABAVATHY, 2007), Iugoslávia, Austrália (ALLEN; BROWN; KOCHMAN, 1983a), Argentina (PEREYRA; ESCANDE, 1994) e China (KHAN, 2007). O fungo pode ser transmitido tanto via semente, podendo estar localizado no tegumento e/ou em estruturas internas da mesma, quanto através dos restos culturais dos cultivos antecessores (GULYA; RACHID; MASIREVIC, 1997; SALUSTIANO; MACHADO; PITTIS, 2005; MALDANER, 2009;) e é altamente dependente das condições meteorológicas (BORKAR e PATIL, 1995, apud MESTA 2006).

Além de *Alternaria helianthi*, outras duas espécies do gênero *Alternaria* são patogênicas ao girassol com relatos no Brasil. Estas são *A. zinniae* Ellis e *A. alternata* (Fr.) Keissler (LEITE, 2005). Segundo Allen, Brown e Kochman (1983a) as condições ideais para a infecção e desenvolvimento deste patógeno são altas temperaturas, com ótimo de 26 °C, longos períodos de molhamento foliar e coincidência destas condições com o estágio de florescimento das plantas de girassol. Sentelhas et al. (1996) relataram que as condições meteorológicas durante o ciclo são determinadoras da severidade da doença, e que as temperaturas ótimas para infecção da doença variam de 25 a 30 °C.

De acordo com Leite e Amorim (2002a) o molhamento foliar acima de 12 horas é suficiente para a germinação dos conídios de *Alternaria helianthi*, observando-se a máxima severidade de ocorrência com 24 horas de molhamento. O limiar de temperatura em que o desenvolvimento da doença é altamente favorecido ocorre entre 24 e 33 °C, com a máxima severidade a 25 °C. A esporulação é abundante entre 20 e 28 °C (ISLAM; MARIC, 1980). O período de molhamento necessário à infecção é discutido por Acimovic (1969 apud ALLEN;

BROWN; KOCHMAN, 1983a) que relatou um período de 1 a 2 horas suficiente a infecção, porém Islam e Maric (1980) relataram que o mínimo seria de 12 horas, sendo esta quantificação provavelmente variável conforme a temperatura durante a infecção e, também, a características genéticas intrínsecas ao isolado fúngico utilizado, variável dentro da espécie.

Os sintomas causados pela doença (Figura 1) são manchas foliares de coloração marrom escuras a pretas, formato ovalado a circular, encontradas também em hastes, capítulos, sépalas, pétalas e pecíolos. Nos casos de infecções severas as lesões podem coalescer, levando ao crestamento, perda de folhas e consequente morte da planta (MORAES; UNGARO; MENDES, 1983; CHO; YU, 2000; LEITE, 2005). *Alternaria helianthi* é uma espécie definida como policíclica (BROWN; OGLE; DALE, 1997) ou oligociclística, devido a sua capacidade de gerar mais de um ciclo de infecção durante o ciclo do hospedeiro, com tempo de aparecimento dos sintomas de apenas 3 a 4 dias em condições ótimas, porém geralmente maior em condições normais de cultivo a campo.



Figura 1- Sintomas das manchas foliares de alternária em girassol. Santa Maria, RS, 2013. Fonte: HINNAH, F. D.

Devido à transmissão da doença principalmente via restos culturais remanescentes, indica-se a rotação de culturas com o girassol, não utilizando esta mesma espécie por mais de dois anos consecutivos na mesma área. Os conídios de *Alternaria helianthi* são dispersos pelas chuvas, infectando inicialmente as folhas baixas. Posteriormente ocorre sua dispersão

para as folhas e órgãos superiores das plantas, em casos de infecções severas. Observou-se nos experimentos a campo realizados no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) a suscetibilidade maior dos tecidos das plantas principalmente após o estágio de desenvolvimento R6. Capone et al. (2012) observaram diminuição na porcentagem de aquênios normais em decorrência da alta incidência de patógenos, sendo o principal deles a mancha de alternária, que infestou a cultura principalmente na fase reprodutiva.

### 2.3.2 Mancha de septória

A mancha de septória é disseminada em muitas regiões de cultivo do girassol ao redor do mundo (BLOCK, 2005), ocorrendo também no Brasil. Seu primeiro relato ocorrido no país data do ano de 2007 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM (MALDANER, 2009). A doença é a principal responsável por perdas na produtividade de girassol na China (KHAN, 2007), Índia e Tailândia, sendo mais severa em condições chuvosas tradicionais dos anos de El Niño no Rio Grande do Sul.

Assim como o dano causado pelo fungo de *Alternaria helianthi* em girassol, *Septoria helianthi* ocasiona manchas foliares características de sua espécie (Figura 2). Estas por sua vez são de formato irregular, distribuídas pela superfície foliar, com coloração de tom amarronzado, o que a diferencia das lesões de alternária. Nas lesões maduras são encontrados picnídios, que sob condições favoráveis podem se desenvolver sobre as superfícies adaxiais e abaxiais das folhas (MALDANER, 2009). Maldaner (2009) relata no mesmo trabalho a não existência da ocorrência de *Septoria helianthi* nas sementes de girassol, assim não sendo transmissíveis desta forma. Porém Afonin et al. (2008) relataram que o mesmo patógeno sobrevive e é transmitido pelas sementes, considerando esta a segunda forma mais importante de disseminação, precedida pelos restos culturais.



Figura 2- Sintomas das manchas foliares de septória em girassol. Santa Maria, RS, 2013. Fonte: HINNAH, F. D.

De acordo com Radons et al. (2009) em condições de alta umidade, principalmente decorrente de precipitação, a sua disseminação é elevada no hospedeiro, o que ocorre devido aos fungos ascomicetos dependerem do estímulo da água para liberação dos ascósporos no ar adjacente (REIS, 2004). Os picnídios de *S. helianthi* são extrusados após a dilatação dos corpos de frutificação ocasionada pela umidade proveniente do orvalho, sendo transportados e dispersos pelos respingos de chuva (WEBSTER, 1986).

Em um trabalho visando avaliar a severidade de mancha de septória em girassol em diferentes períodos de molhamento foliar, Hinnah et al. (2011b) verificaram que acima de 20h de DPM foliar obtém-se severidade de 13,22%, próximo ao valor de 13,83% encontrado no tratamento com 24h. No mesmo trabalho verificou-se que 12h e 16h de molhamento contínuo foram responsáveis por demonstrar severidade de 7,62% e 8,87% aos 84 DAE. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Silva et al. (2012) em que 20 e 24h de molhamento foliar resultaram em 13,92% e 14% de severidade, respectivamente. Os mesmos autores também encontraram valores de severidade final observada (SFVO) de 11,17% e 12,8% para 8h e 12h de molhamento, respectivamente, porém em ambos os trabalhos a temperatura do ar não foi controlada.

A temperatura em que ocorre o melhor desenvolvimento do patógeno é de 22 a 25 °C (GOMEZ et al., [200-]). Holliday e Punithalingam (1970) informam que de 18 a 21 °C

*Septoria helianthi* desenvolve as infecções nas folhas em 9 dias, e na germinação dos esporos são necessárias de 8 a 10 horas para ocorrer a formação dos tubos germinativos. MALDANER et al. (2009) encontraram que após a inoculação do fungo de *Septoria helianthi* 8 dias passaram até o aparecimento dos primeiros sintomas nas plantas.

### 2.3.3 Sistemas de previsão de manchas de *Alternaria* spp e *Septoria* spp

O sistema de previsão denominado FAST – Forecast *Alternaria solani* in tomato – é utilizado para indicar com precisão os momentos de aplicação mais eficiente de fungicidas no tomateiro, sendo o algoritmo base para o presente trabalho. Além deste, o sistema Tomcast é utilizado para a pinta-preta no tomate, necessitando dos valores de temperatura média do ar e molhamento foliar contínuo, medidos por sensores instalados no campo (REIS, 2004).

O sistema proposto por Franc, Harrison e Lahan (1988) considera o acúmulo de graus-dia necessários para a esporulação secundária de *Alternaria solani*, efetuando o início do somatório na data de semeadura. Steffler (2001) desenvolveu um sistema de previsão mancha-púrpura causada por *Alternaria porri* (Ellis) Ciferri em cebola, em que utiliza as variáveis temperatura do ar e tempo de molhamento foliar em uma superfície de resposta.

Para previsão da queima da folha ocasionada por *Alternaria dauci* (Kühn) Groves e Sholko em cenoura, um sistema foi desenvolvido por Gillespie e Sutton (1979), utilizando também as variáveis de temperatura do ar e tempo de molhamento foliar. Evans, Nyquist e Latin (1992) desenvolveram em condições controladas um sistema baseado nas interações da temperatura do ar e molhamento foliar para gerenciar a aplicação de fungicidas em melão contra a mancha ocasionada por *Alternaria cucumeriana* (Ellis e Everh.). Portanto, não foram encontrados sistemas de previsão específicos para a *Alternaria helianthi* em girassol, mas apenas dois trabalhos que relacionam as variáveis temperatura realizados em laboratório (LEITE et al., 2002a) ou a campo (RADONS et al., 2009).

Reis (2004) descreve a existência de um sistema de previsão para septorise (*Septoria apiicola* Ronstrup) em aipo (*Apium graveolens* L.), que utiliza a duração do molhamento foliar, prevendo infecção quando ocorrerem mais de 12 horas contínuas de molhamento. O mesmo autor relata que uma das limitações deste modelo é a não inclusão da temperatura do ar, fator utilizado no algoritmo gerado para a previsão de alternaria e septória deste trabalho, e

essenciais para estudos desta área (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2001). Um sistema para previsão de *Septoria lycopersici* Spegg. em tomateiro foi desenvolvido por Scaloppi (1999), devido a esta ser uma das doenças que mais ocasionam reduções na produtividade (REIS, 2004), sendo utilizadas como variáveis preditivas dos valores de severidade o número de horas de molhamento foliar, a temperatura do ar e a precipitação pluvial.

#### **2.4 A importância da área foliar sadia**

A área foliar de uma cultura é um dos fatores determinantes da produtividade potencial do cultivo, sendo responsável pela transformação de energia luminosa em energia química (FAVARIN et al., 2002). A mensuração da quantidade de área foliar é obtida pelo índice de área foliar, que consiste na razão entre a área de folhas pela área de solo, resultando em uma medida adimensional.

Leite, Amorim e Bergamin Filho (2006) utilizaram diferentes medidas para correlacionar a produtividade do girassol, e dentre elas a absorção de radiação solar pela área foliar sadia foi a que demonstrou maior correlação com a produtividade da cultura. Esta medida é diretamente dependente da severidade de manchas foliares observadas, sendo assim perceptível a relação entre a superfície foliar danificada por doenças e a redução na produtividade. Guse (2009) encontrou correlação linear negativa entre a produtividade e a severidade observada em girassol. Os valores de severidade de doenças são dependentes da área foliar das plantas, pois a avaliação é feita utilizando uma escala diagramática em que se verifica qual o valor em percentual da área foliar total está infectado pelas manchas de alternária e septória.

O índice de área foliar tende a aumentar até a antese do girassol, quando atinge os maiores valores, sendo de 3,19 a 5,06 em condições irrigadas (LUCAS, 2011), 3,46 a 4,25 (MALDANER, 2009) e de 3,14 a 3,31 (GUSE, 2009), valores de IAF máximo encontrados por estes autores, permitindo inferir que, em Santa Maria – RS, na antese o girassol em condições de campo alcança IAF que varia de 3 a 4,5. De acordo com Ungaro et al. (2009), a assimilação de carbono pelo girassol depende mais do estabelecimento da área foliar e desta então disponível para realização de fotossíntese, do que da taxa fotossintética. Existe variação

do índice de área foliar da cultura entre os anos, ocorrendo menores valores quando há baixa disponibilidade de radiação solar (LUCAS, 2011), períodos que coincidem com alta nebulosidade, e ainda excesso hídrico, como em caso de anos de El Niño. Esta diminuição do crescimento da área foliar do girassol sob condição de excesso hídrico é corroborada por Yasumoto et al. (2011) e a redução das taxas fotossintéticas foi relatada por Grassini et al. (2007).

A cultura pode sofrer diminuição de sua área foliar total devido a processos fisiológicos naturais como a senescência (UNGARO et al., 2009), ou paralisação de seu crescimento decorrente de estresses ocasionados por déficit ou excesso hídrico. Além destas, lesões ocasionadas por pragas, danos por granizo e, no caso do girassol, mais importante as manchas foliares oriundas de infecções fúngicas, são severos redutores da área foliar sadia e fotossinteticamente ativa.

De acordo com Ungaro et al. (2009) em condições de adequado suprimento hídrico, a fotossíntese no período posterior a antese é o maior contribuinte da produtividade. Lucas (2011) verificou que em níveis de injúria de 25%, 50%, 75% e 100% houve redução linear na produtividade do girassol. No mesmo trabalho Lucas (2011) verificou que no estádio R5.1 o efeito da diminuição da área foliar fotossinteticamente ativa é maior sobre a produtividade, seguido dos estádios R2 e R6, sendo o menor efeito quando as plantas se encontravam no estádio vegetativo V20. Sob condições de estresse das plantas, a contribuição da fotossíntese anterior a antese é maior do que em ausência de estresses.

## **2.5 Interação planta-patógeno-ambiente**

Para a ocorrência de uma doença em plantas é necessário que sejam satisfeitas as condições impostas pelo denominado triângulo da doença, ou seja, hospedeiro suscetível, presença do patógeno e ambiente favorável a sua infecção e colonização (AGRIOS, 2004; BROWN; OGLE; DALE, 1997; HELDWEIN, 2006). Em caso de algum dos componentes dos vértices deste triângulo não seja satisfeito, não ocorre desenvolvimento das doenças. Através da intervenção nestes processos é possível no mínimo diminuir a incidência e severidade dos fitopatógenos. Caso um patógeno em particular não esteja presente em determinada região, deve-se atuar na prevenção desta ocorrência, tarefa de difícil realização

devido a fácil dispersão das estruturas reprodutivas e de sobrevivência dos fungos. Porém no caso de *Alternaria helianthi* e *Septoria helianthi*, ambas espécies estão consolidadas no sul do Brasil, dispersas em todas as regiões de cultivo do girassol (LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005; MALDANER, 2009; RADONS, 2010). O manejo da data de semeadura das culturas é uma das maneiras de modificar o triângulo da doença (BROWN; OGLE; DALE, 1997), em favor da espécie cultivada, proporcionando à planta encontrar na sua fase mais sensível ao patógeno as condições ambientais menos favoráveis ao mesmo.

Patógenos e hospedeiros travam uma luta pela sobrevivência e multiplicação de ambos pelos produtos da fotossíntese, essenciais a estas formas de vida. Desta disputa resulta a diferença entre plantas tolerantes e suscetíveis a diferentes espécies fúngicas. As plantas possuem sistemas de proteção aos fitopatógenos que podem ser tanto passivos quanto ativos. Devido a isto, existe uma divisão entre os mecanismos em pré-formados e pós-formados, e bioquímicos ou estruturais (PASCHOLATI; LEITE, 1995). Os mecanismos estruturais atuam como impedimentos físicos a penetração das estruturas dos patógenos, enquanto que os bioquímicos referem-se a reações produtoras de substâncias tóxicas aos invasores.

Dentre as estruturas pré-formadas de resistência física citam-se o tamanho e formato de estômatos, tricomas e espessura da camada cuticular. A camada cuticular devido a sobreposição de uma camada lipídica apolar repele a água (substância polar) dessa maneira diminuindo o molhamento foliar (PASCHOLATI; LEITE, 1995). O ângulo de inserção das folhas nas plantas (principalmente gramíneas) atua da mesma maneira, pois quanto mais inclinadas estiverem as folhas, mais fácil ocorre o escoamento da água superficial, dificultando a germinação dos esporos decorrente do menor DPM e interceptando maior radiação solar, pela diminuição do auto-sombreamento.

Os estômatos possuem papel fundamental para a entrada das estruturas básicas de infecção dos fungos, como o tubo germinativo, e sua morfologia e estrutura podem impor limitações ou resistências a tais acontecimentos (SILVA et al., 2008). Este fator aparentemente é característico das espécies, com pequenas variações, dificultando a seleção de genótipos tolerantes ou até mesmo resistentes de girassol quanto a esta característica, embora existam variações morfológicas que justamente são responsáveis pela resistência de algumas cultivares de citros, especificamente (PASCHOLATI; LEITE, 1995).

A duração do molhamento foliar é a variável meteorológica que se destaca na interação patógeno-hospedeiro, conjuntamente a temperatura do ar e chuva. A temperatura do

ar é determinante dos períodos de incubação e a chuva da disseminação das manchas de alternária e septória nos cultivos de girassol (GOMEZ et al., [200-]).

Durante o processo infectivo, o reconhecimento do patógeno pelo hospedeiro é o iniciador de suas atividades de defesa, que necessitam de sinalização para desencadear as atividades de resguardo (SILVA et al., 2008). Os compostos denominados sinalizadores devem ser sintetizados pelas plantas, e aumentam sua concentração no período próximo a infecção (BOSTOCK, 1999). Posteriormente à sinalização ocorre a ativação dos mecanismos pós-formados, que atuam na forma de lignificação, suberificação, camadas de abscisão, dentre outros, como forma física. Além destes, os mecanismos bioquímicos atuam na defesa vegetal, com a utilização de fitoalexinas, radicais livres, proteínas-PR, dentre outros (PASCHOLATI; LEITE, 1995). As proteínas-PR são um conjunto de proteínas que possuem sua síntese incrementada quando há necessidade de defesa da planta, sendo classificadas em 17 famílias numeradas de acordo com a ordenação de sua identificação. Dentre estas proteínas, as mais estudadas são as  $\beta$  1-3 glucanases e as quitinases que possuem atividade hidrolítica quebrando polímeros presentes nas paredes estruturais dos patógenos (SILVA et al., 2008), porém, apesar do conhecimento sobre a importância das proteínas-PR, poucos detalhamentos existem a cerca de seu funcionamento.

Muito embora as plantas apresentem mecanismos de defesa utilizados para evitar o ataque patogênico, os patógenos possuem um arsenal químico para facilitar sua penetração. Através de penetração direta pela imposição de forças mecânicas de algumas estruturas, poucos fungos possuem capacidade de penetração no hospedeiro, ocorrendo geralmente em aberturas naturais. Após a penetração os fitopatógenos podem se distribuir pelo hospedeiro, resultando em modificações na morfologia e metabolismo das estruturas atacadas, tornando visíveis os sintomas (PASCHOLATI, 1995). Ainda de acordo com Pascholati (1995), a função das enzimas é promover a desintegração de componentes estruturais das células do hospedeiro, das toxinas agirem diretamente no protoplasto e permeabilidade das membranas, e os hormônios alteram a divisão e o crescimento celular.

## 2.6 El Niño Oscilação Sul e sua interferência na agricultura

As principais culturas agrícolas do Rio Grande do Sul são a soja e o milho, espécies que apresentam alta necessidade hídrica (BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005), podendo requerer mais de seis milímetros por dia no ápice de suas exigências hídricas nos respectivos estádios reprodutivos. O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é constituído por dois diferentes componentes, sendo um oceânico e outro atmosférico. O componente oceânico é assim denominado, pois deriva das variações na temperatura da superfície do mar (TSM), e o atmosférico da variação da pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do oceano pacífico (BERLATO; FONTANA, 2003). O fenômeno ENOS é responsável por grandes variações na produtividade das culturas no Rio Grande do Sul. Estas oscilações ocorrem devido às precipitações acima da normal proveniente do fenômeno El Niño (EN), e por precipitações geralmente abaixo da normal climatológica em anos de ocorrência do La Niña (LN) (GRIMM; BARROS; DOYLE, 2000).

Devido a importância das precipitações no aumento do período de molhamento foliar, isso se reflete em maior disponibilidade de água no ambiente e conseqüente aumento na ocorrência de mancha de alternária (SENTELHAS et al., 1996;) e septória (RADONS, 2009) na cultura do girassol. Além disto, segundo Berlato e Fontana (2003) em anos de ocorrência de ENOS as temperaturas mínimas são afetadas, com anomalias negativas em LN e anomalias positivas em EN. Assim, visto que quando a temperatura do ar é mínima, a umidade do ar é máxima, naquele dia, essas alterações de temperatura irão afetar as condições de germinação, infecção e esporulação do patógeno.

As precipitações em maior quantidade nos anos de EN são responsáveis pelos picos de produtividade das culturas de verão no estado, enquanto que anos de La Niña demonstram déficits hídricos semelhantes ao de anos normais. Portanto, a ocorrência de ambos é um fator importante na agricultura do estado (BERLATO; FONTANA, 2003), pois determina previsões de prováveis safras cheias, ou diminuições na produção, e conseqüentemente movimenta diferencialmente a economia do estado. Os anos de EN resultam em maiores produtividades devido ao fato de ter precipitação média normal do período de primavera-verão que é insuficiente para as culturas da soja e do milho, reduzindo o rendimento também em anos com precipitação similar à normal. Conforme BERLATO e FONTANA (2003) o

risco do EN ser prejudicial as culturas de verão é decorrente do repique ocorrente em abril e maio, que resultariam em excesso de chuvas no final do ciclo e na colheita.

## **2.7 Análise numérica**

A análise numérica é um método eficaz, consistente e rápido para a definição das datas de semeadura mais adequadas, não exigindo um número elevado de experimentos a campo, que permite conhecer a probabilidade de ocorrência de algum fenômeno determinado. Sua utilização é associada a modelagem do crescimento da cultura avaliada, bem como da variável descrita. Através desta metodologia, com a utilização de dados experimentais consistentes e representativos, é possível analisar os valores prováveis de determinado objeto de estudo com a inclusão da variabilidade interanual dos elementos meteorológicos. Com a utilização de funções de distribuição de probabilidade (fdp) pode-se prever quais serão os valores prováveis de uma determinada variável. Essas fdp são utilizadas na agrometeorologia para caracterizar a forma de distribuição dos dados de determinada variável, verificando os valores de sua provável ocorrência, a partir de um certo nível de probabilidade pré-determinada, e são relacionadas à quantidade e tipo de dados de entrada (SILVA, 2008).

Diversos autores utilizaram análise numérica e funções de distribuição de probabilidade para dados meteorológicos como radiação solar (ASSIS et al., 2004), precipitação pluvial (CATALUNHA et al., 2002; SILVA et al., 2007) e a associação destes dados meteorológicos a variáveis provenientes de sua interação com as culturas. Exemplos destes são encontrados no trabalho com déficit hídrico (MALDANER, 2012), e excesso hídrico (SILVA, 2008; TRENTIN, 2009) que ainda utilizaram fdp para avaliar parâmetros de irrigação para as culturas do milho e do feijão na região central do Rio Grande do Sul.

Uma análise numérica das variáveis relacionadas às manchas foliares é necessária para permitir o conhecimento tanto de sua magnitude, como sua frequência, pois dessa maneira com a quantificação de sua variabilidade e probabilidade em determinados níveis práticos é viabilizado o maior planejamento de atividades agrícolas. Existem diversas fdp que podem ser utilizadas, tanto para variáveis aleatórias discretas como contínuas. As mais utilizadas são as de Bernoulli, binomial, normal, lognormal, gama, Weibull, exponencial e beta, dentre outras (ASSIS; ARRUDA; PEREIRA, 1996). De acordo com Catalunha et al. (2002) para a

utilização das fdp é necessário observar a representatividade dos dados, para não causar deficiências na estimativa das probabilidades.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do local de estudo

O trabalho foi realizado para a área de abrangência da Estação Meteorológica Principal de Santa Maria (EMPSM), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, (29° 43' S; 53° 43' W; 95 m.a.n.m.m.). A área total abrangida pelo estudo é de 8000 km<sup>2</sup>, totalizando inclusão parcial ou total de 17 municípios (Figura 3).

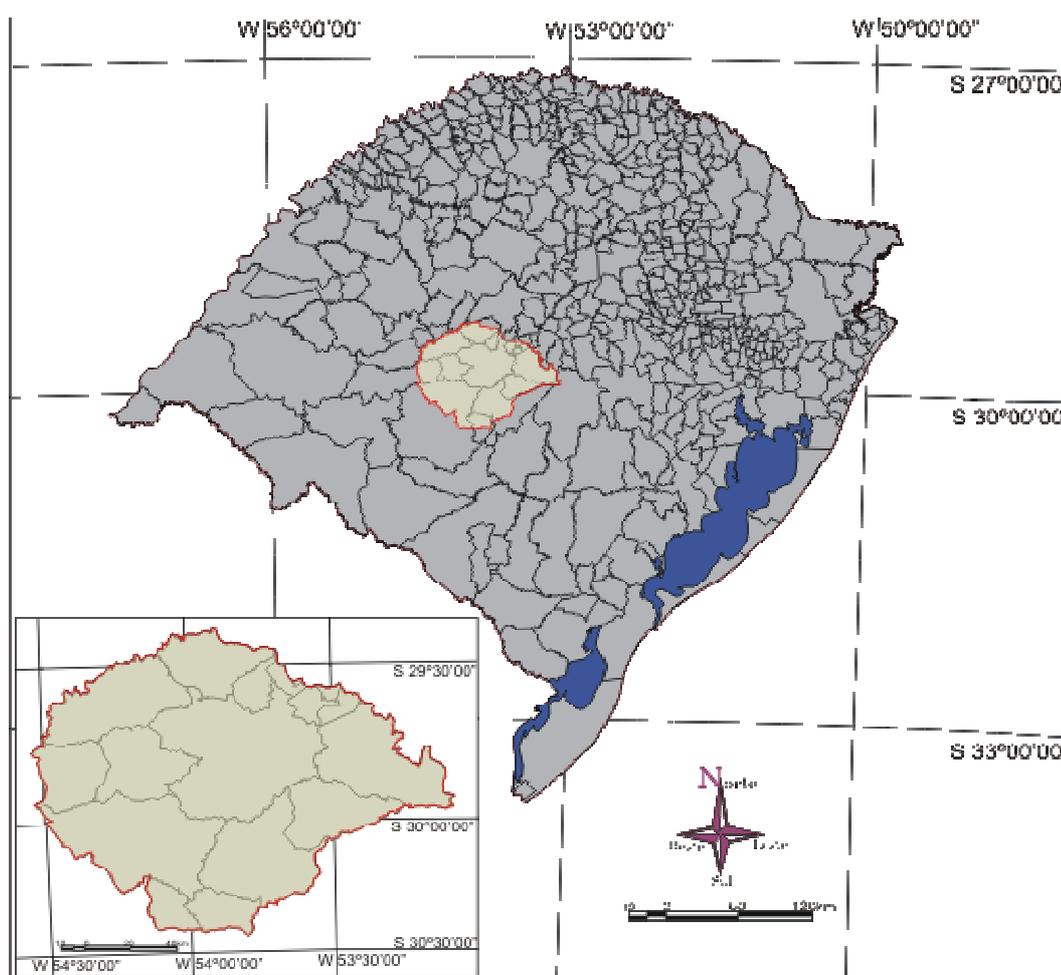


Figura 3- Localização da área de abrangência do estudo, na região Central do Rio Grande do Sul. Santa Maria, RS, 2014. Fonte: Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Rio Grande do Sul (Secretaria da Agricultura e Abastecimento, com realce extraído de CARDOSO, 2005).

O clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, caracterizado como Subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009). Conforme Streck et al. (2008), na região predominam os solos classificados como Argissolos e Planossolos (EMBRAPA, 2006). Os municípios incluídos parcial ou totalmente na área de estudo são identificados na figura 4.

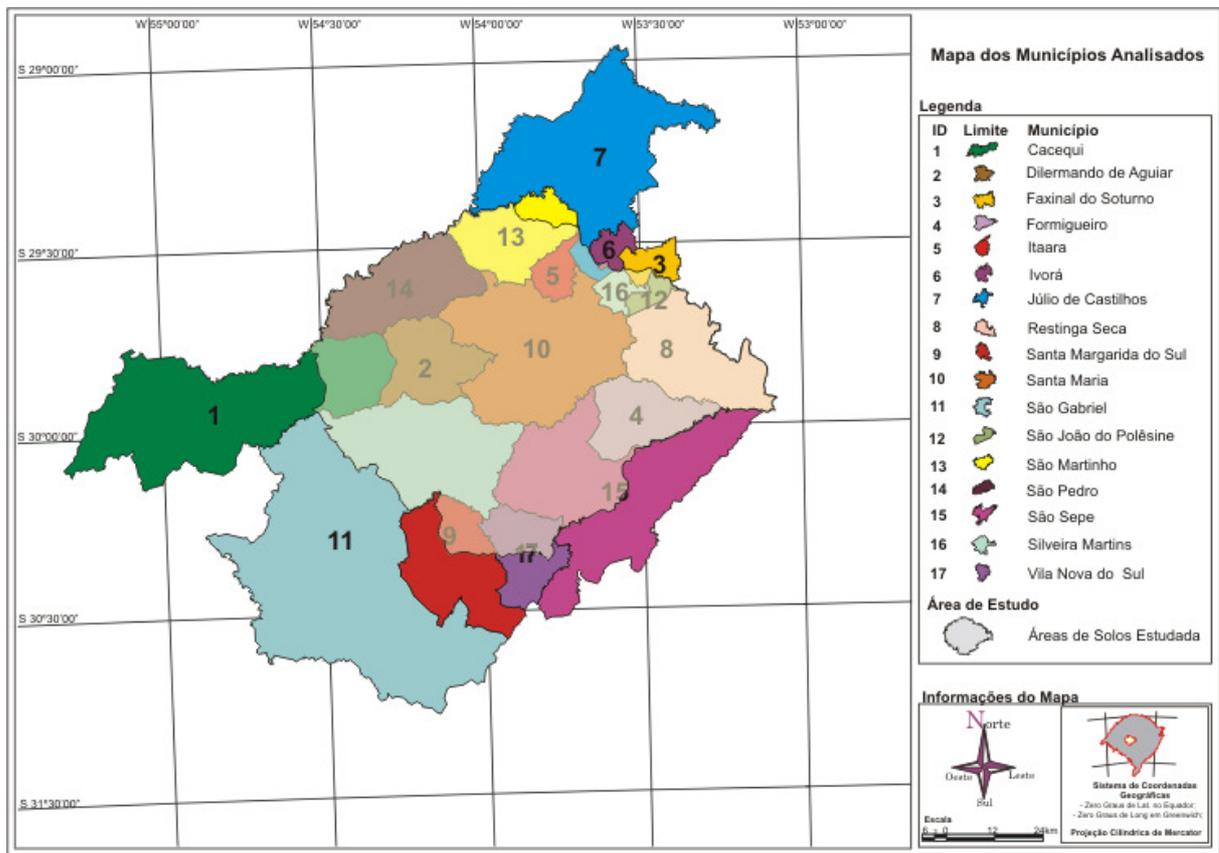


Figura 4- Municípios e área de abrangência da Estação Climatológica Principal de Santa Maria (em realce), considerada no estudo da severidade calculada em girassol. Santa Maria, RS, 2014. Fonte: CARDOSO, 2005.

De acordo com Heldwein, Buriol e Streck (2009) a umidade relativa do ar é elevada o ano inteiro em Santa Maria, sendo maior no outono e inverno e menor no verão e final de primavera, devido a sua dependência da temperatura do ar. Para o período de cultivo do girassol na região, a semeadura é recomendada para iniciar em 11 de agosto (MAPA, 2013). Os valores normais (1912-2004) de temperatura média mensal das máximas são maiores que

25 °C para os meses de outubro a março e de 20,8 °C e 22 °C nos meses de agosto e setembro, respectivamente (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009). Os valores de temperatura mínima absoluta do ar e de temperatura mínima absoluta de relva em 94 anos de registro alcançaram, respectivamente, -2,6 °C e -8,4 °C em junho, -2,9 °C e -6,5 °C em julho, -2,0 °C e -7,4 °C em agosto e 0,2 °C e -5,2 °C em setembro (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009). Apesar das baixas temperaturas nos meses de agosto e setembro, durante os anos de experimentos não houve dano por geada ao girassol.

### **3.2 Experimentos realizados para geração e teste dos modelos e procedimentos dos cálculos dos valores de severidade calculada acumulados (VSCA)**

Foram realizados experimentos de datas de semeadura de girassol no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O primeiro experimento ocorreu no ano agrícola 2007 e o último foi finalizado no ano agrícola 2012, totalizando seis anos (GUSE, 2009; LUCAS et al., 2009; LOOSE et al., 2012; MALDANER et al., 2011) que permitiram gerar e testar os modelos e procedimentos de cálculo dos valores de severidade calculada acumulada (VSCA). Os seis experimentos foram bifatoriais, cujo primeiro fator se refere às datas de semeadura e o outro fator aos dois híbridos de girassol. Para cada um deles a semeadura ocorreu de maneira manual e aconteceu no início de cada mês, desde agosto até fevereiro da cada ano agrícola. O desbaste foi realizado posteriormente a emergência visando a obtenção de 44 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Os híbridos utilizados foram o Aguará 03 fornecido pela empresa Atlântica Sementes e Hélio 358 fornecida pela Helianthus do Brasil Ltda, substituindo-se o último pelo Hélio 251 nos últimos dois anos de experimentos. Os híbridos Hélio são classificados como moderadamente resistentes a mancha de alternária (LEITE; OLIVEIRA, 2009), assim como o híbrido Aguará 03 (LOS, 2013). Esta classificação pode ser considerada adequada visualizando-se os resultados obtidos por Leite e Oliveira (2009), no qual descreveram estes genótipos como de bons rendimentos e tolerância a doença. Após a identificação a campo das manchas foliares de alternária e septória, procedeu-se a averiguação laboratorial dos patógenos causadores das doenças (Apêndices A e B).

Observações visuais de severidade percentual das manchas foliares foram realizadas semanalmente em cada experimento. Essa avaliação ocorreu por meio da utilização da escala diagramática desenvolvida por Leite e Amorim (2002b) (Anexo A), visando fornecer maior acurácia visual ao avaliador, em quatro plantas marcadas por parcela. Em Guse (2009), Lucas et al. (2009), Maldaner et al. (2011) e Loose et al. (2012) são encontrados maiores detalhes sobre esses experimentos.

Para que seja possível inserir no modelo de cálculo os dados de molhamento foliar em escala horária, e a respectiva temperatura do ar durante este período, é necessária a disponibilidade de valores horários destas variáveis. As estações meteorológicas automáticas da superfície do INMET fornecem todas as variáveis necessárias para tal, porém seus dados existem para Santa Maria – RS apenas a partir do dia 01 de janeiro de 2002, data em que a estação meteorológica automática (EMA) foi instalada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O presente estudo de análise de probabilidade foi realizado com dados iniciados no ano de 1968, totalizando 43 anos incluídos, com uma ampla abrangência de diferentes condições meteorológicas e perfazendo um estudo de alta confiabilidade. Para os anos de 1968 a 2002 utilizou-se dados horários estimados por modelagem semi-analítica por Radons (2012) e gentilmente cedidos para viabilizar este trabalho. Durante o período de 2002 a 2011 utilizou-se também as variáveis provenientes de Radons (2012) nas datas e horários em que por problemas técnicos diversos os dados horários da EMA não foram registrados.

Curvas do desenvolvimento das doenças foram geradas a partir das avaliações provenientes dessas observações e correlacionadas com os dados de temperatura média do ar durante o período de molhamento, duração do período de molhamento (quando  $UR > 90\%$ ) e precipitação pluvial. A partir destas correlações adaptou-se a tabela de Madden, Pennypacker e MacNab (1978) gerando um algoritmo para a obtenção dos valores de severidade calculada sem considerar o montante de chuva (Tabela 1). A descrição detalhada do sistema de contabilização da severidade calculada incluindo o índice relativo ao efeito potencializador da chuva é apresentado no apêndice C. Além da adaptação demonstrada na tabela 1, utilizou-se a chuva com um agente amplificador dos VSC. Para tanto nos dias em que houve precipitação pluvial superior a 20 mm, o valor de VSC daquele dia foi multiplicado por 1,5, ou seja, ampliado em 50%.

Tabela 1- Valores de severidade calculada (VSC) das manchas foliares de alternária e septória em girassol, baseado no sistema FAST, como função da duração do período de molhamento (UR >90%) e temperatura do ar durante este período.

Temperatura (°C)	Valores de severidade calculada (VSC)				
	0	0,25	0,50	0,75	1
13,0 – 17,5	0 – 6h*	7 – 15h	16 – 20h	≥21h	
17,51 – 20,5	0 – 3h	4 – 8h	9 – 15h	16 – 22h	≥ 23h
20,51 – 25,5	0 – 2h	3 – 5h	6 – 12h	13 – 20h	≥ 21h
25,51 – 29,5	0 – 3h	4 – 8h	9 – 15h	16 – 22h	≥ 23h

\*Duração do período com UR > 90%. Adaptado de Madden, Pennypacker e MacNab (1978). Quando as temperaturas durante o período de em que UR>90% são inferiores do que 13 °C não é computado nenhum VSC. Em nenhum horário do banco de dados ocorreu temperatura do ar superior a 29,5 °C durante o período em que UR>90%.

Posteriormente de posse da tabela 1 e dos dados diários horários de molhamento foliar (umidade relativa do ar > 90%), temperatura do ar e precipitação pluvial de 1968 a 2011, realizou-se a simulação dos valores de severidade calculada acumulados (VSCA) até o final do ciclo das catorze datas de semeadura (Tabela 2). Além dos VSCA para o ciclo total, também efetuou-se o cálculo para o subperíodo compreendido entre a emergência das plântulas e o estágio R6 (final da antese), e entre os estádios R1 e R6 (emissão do botão floral ao final da antese).

Tabela 2- Datas de semeadura (DS) utilizadas na simulação do desenvolvimento do girassol e das manchas foliares de alternária e septória. Santa Maria, RS, 2014.

DS	
01/ago	16/nov
16/ago	01/dez
01/set	16/dez
16/set	01/jan
01/out	16/jan
16/out	01/fev
01/nov	16/fev

### 3.3 Modelagem do desenvolvimento da cultura do girassol

Para a simulação do ciclo das diferentes datas de semeadura utilizou-se o método da soma térmica proposto por Gilmore e Rogers (1958) com os valores de temperatura base ( $T_b$ ) para cada subperíodo determinados por Maldaner (2012), e de temperatura ótima ( $T_{ot}$ ) e temperatura máxima ( $T_{max}$ ) por Fagundes et al. (2007). Os valores de  $T_b$ ,  $T_{ot}$  e  $T_{max}$  foram, respectivamente, 3,9, 27 e 34 °C. Os VSCA foram calculados diariamente desde o ano-safra de 1968 e incluídos no algoritmo proposto por Maldaner (2012). Desta maneira possibilitou-se a obtenção dos VSCA para cada uma das 14 datas de semeadura, e posteriormente, auxiliado pela soma térmica a obtenção nos subperíodos determinados anteriormente. Para o cálculo da soma térmica a temperatura média diária ( $T_{med}$ ), foi obtida pela média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diárias do ar. Assim, a soma térmica acumulada ( $STa$ , °C dia) foi calculada para cada subperíodo pelas equações 1 e 2:

$$STa = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{T_{maxi} + T_{mini}}{2} \right) - T_b \right] \text{ quando } T_b < T_{med} \leq T_{ot} \quad \text{ou,} \quad (1)$$

$$STa = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(T_{ot} - T_b) \left( T_{maxi} - \left( \frac{T_{maxi} + T_{mini}}{2} \right) \right)}{(T_{maxi} - T_{ot})} \right] \text{ quando } T_{ot} < T_{med} \leq T_{max} \quad (2)$$

em que,  $n$  é o número de dias que compreendem o subperíodo de desenvolvimento do girassol no referido ano e data de semeadura em questão, sendo  $i$  o valor da soma térmica de cada dia.

Para cada subperíodo, conforme a escala fenológica desenvolvida por Schneiter e Miller (1981), foram considerados os seguintes intervalos: semeadura – emergência (S - E) de 0 - 136,8 °C dia; subperíodo emergência - botão floral visível (E - R1) 136,9 - 826,4 °C dia; subperíodo botão floral visível- início da antese (R1 - R5.1) 826,5 – 1248 °C dia; subperíodo início da antese-final da antese (R5.1-R6) 1248,1 - 1407,8 °C dia; subperíodo de final da antese – maturação fisiológica (R6-R9) 1407,9 – 1869,0 °C dia.

### 3.4 Utilização da UR > 90% do ar para estimar o período de molhamento foliar

De acordo com Sentelhas (2004), a duração do período de molhamento foliar (DPM) é uma das variáveis mais importantes na relação entre as condições meteorológicas e a epidemiologia de doenças de plantas. Esta variável deve ser analisada conjuntamente a temperatura, pois sua sinergia irá atuar na germinação dos esporos, facilitando a penetração do tubo germinativo. Decorrente da sua importância na instalação e proliferação das doenças, é utilizada como variável de entrada em diversos sistemas de alerta fitossanitário (HUBER; GILLESPIE, 1992).

A metodologia de utilização de sensores de molhamento apresenta deficiências, devido as características físicas e químicas diferentes da superfície foliar das diferentes espécies, e a solução para tal empecilho seria a utilização de um sensor que se aproxime o máximo possível da forma, textura e demais características do hospedeiro (HELDWEIN, 1993; REIS, 2004). Porém sensores destes tipos são caros e apresentam deficiências no registro. Algumas características das folhas que alteram a DPM são o seu formato, ângulo de inserção, tamanho, propriedades térmicas (SUTTON; GILLESPIE; HILDEBRAND, 1984; HELDWEIN, 1993; SENTELHAS, 2004), tornando difícil a construção de sensores precisos e exatos na medição.

Reis (2004) afirma que a água no estado de vapor também é importante para a esporulação, sendo medida na forma de umidade relativa do ar, e que a DPM relaciona-se com a UR medida no abrigo meteorológico. Essa relação é dependente da taxa de aquecimento e resfriamento do ar (HELDWEIN, 1993; STRECK, 2006) e do teor de umidade na camada superficial do solo (MONTEITH, 1965) associada ao grau de cobertura do solo pelas plantas. No entanto, devido a sua maior disponibilidade em relação a DPM, ampla e aceita utilização em sistemas de previsão e alerta fitossanitário, foi utilizado o tempo (h) com umidade relativa do ar superior a 90% (UR>90) como padrão para a determinação do tempo de molhamento foliar em girassol, embora ocorram condições em que o início e o final do período de molhamento por orvalho se apresentam com UR entre 80 e 90% (HELDWEIN, 1993; STRECK, 2006).

A consideração do valor de umidade relativa do ar acima de 90% como indicador do molhamento foliar é determinada como um método adequado e utilizada em trabalhos semelhantes (HAMADA et al., 2008; KIM et al., 2002; SANTOS, 2006; SENTELHAS;

PEDRO JÚNIOR; FELÍCIO, 1993; REIS, 2004; FELÍCIO, 1993; SENTELHAS et al., 1996; STRECK, 2006; SUTTON; GILLESPIE; HILDEBRAND, 1992), para estimativa do período de molhamento foliar, uma vez que que na condição de UR maior ou igual a 90% dificilmente um dossel de plantas não se apresenta com molhamento folhar (HELDWEIN, 1993). Além disto, a sua utilização é facilitada devido a disponibilidade destes dados na rede de estações automáticas da superfície do INMET, que estão instaladas por todo o país, disponíveis online, e não necessitam manutenção realizada por parte do produtor rural, além da ampla utilidade de uma possível compra de estação meteorológica portátil. No teste desta metodologia comparada a outras três estimativas de DPM Sentelhas (2004) demonstrou que esta simplificação resultou em exatidão semelhante ao do método da Depressão do Ponto de Orvalho, dos modelos da Árvore de Classificação e Regressão e da Resistência Aerodinâmica, e ainda maior precisão e menor erro máximo na mesma comparação.

Radons (2009) também utilizou a umidade relativa do ar superior a 90% como indicador da presença de água livre sobre as plantas, e Reis (2004) relatou que a DPM possui maior correlação com a severidade das doenças do que a precipitação pluvial. Magarey et al. (2005) verificaram que em condições de ambiente controlado o período de molhamento é mais relacionado com a umidade relativa do ar do que com outros elementos meteorológicos como velocidade do vento, temperatura do ar e saldo de radiação, demonstrando assim ser um bom indicativo da DPM, embora seja rara a ocorrência de molhamento folhar sob condições de ambiente controlado ou parcialmente modificado quando estes são corretamente manejados. Esta variável meteorológica é indicadora determinante do molhamento foliar, sendo indicada também em decorrência da dificuldade de utilização de sensores, que possuem uso restrito, devido a seu preço de compra e dificuldades no manuseio, operação e manutenção, além da aquisição dos dados (KIM et al., 2002).

Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) relatam que apesar do molhamento foliar ser a variável mais importante na ocorrência de doenças, o binômio temperatura-DPM são os fatores que irão efetivamente condicionar tanto a infecção quanto o desenvolvimento dos patógenos. Portanto, a interação entre temperatura do ar e duração do período em que existe água livre na superfície foliar são determinantes da severidade das manchas foliares. Devido a esta percepção Leite e Amorim (2002a) desenvolveram um trabalho em que elucidam este questionamento, demonstrando que, por exemplo, a temperatura mínima para o desenvolvimento da mancha de alternária em girassol ocasionada por *Alternaria helianthi* é de 13 °C e em 12h de DPM ocorre o ponto de inflexão da curva, aumentando a severidade e

densidade relativa de lesões, assim como Allen; Brown e Kochman (1983a) relataram que esta mesma DPM de 12h é suficiente para o máximo de infecção a 25 °C.

### 3.5 Análise estatística

A análise estatística dos resultados foi realizada de duas formas. Os valores de severidade calculada acumulados (VSCA) para cada subperíodo e ciclo total, após transformação raiz quadrada, foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de significância, considerando-se como fonte de variação as datas de semeadura, para a duração dos subperíodos e do ciclo. Para todos os procedimentos descritos acima foi utilizado o software SISVAR. Esta análise também foi feita em separado para anos classificados em Neutros, de La Niña e El Niño, conforme classificação no Anexo B.

Os VSCA obtidos para cada data de semeadura e subperíodo foram submetidos à análise de distribuição de probabilidade e aos testes de verificação da qualidade do ajuste das funções, para verificar qual a função de probabilidade que melhor representa a distribuição destes dados.

As funções de melhor ajuste aos dados foram inicialmente diferenciadas visualmente, através da interpretação da distribuição de dados plotados. Na segunda etapa foram testados os ajustes das funções de distribuição de probabilidade (fdp): normal, lognormal, exponencial, gama e Weibull, reduzidas a dois parâmetros, conforme recomendam Campos (1979), Assis, Arruda e Pereira (1996) e Catalunha et al. (2002). Foram utilizados os testes de aderência, através de algoritmos escritos no software estatístico SAS (SILVA, 2008; TRENTIN, 2009; MALDANER, 2012). O critério para a escolha das melhores funções para cada situação foi o nível de significância de 10% para pelo menos um dos testes de aderência, de Chi-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov (SILVA, 2008). Quando houve mais de uma função de distribuição ajustada, para cada caso, foi selecionada aquela que resultou em maior nível de significância indicado pelo teste do Chi-Quadrado (SILVA, 2008). Nesses dois testes utilizados, a hipótese nula ( $H_0$ ) foi que não há diferença entre a frequência relativa empírica e a frequência relativa teórica, definida matematicamente pela fdp. Portanto, nesse caso não se objetiva rejeitar a

hipótese nula. Quando houve caso de rejeição para todas as fdp testadas, foi utilizada a frequência empírica.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 VSCA das manchas foliares em análise de 43 anos

A análise dos valores de severidade calculada acumulados (VSCA) é importante para demonstrar, com valores prováveis estatisticamente, quais são as datas de semeadura (DS) com menor severidade das manchas foliares de alternária e septória em Santa Maria e municípios vizinhos. Estas manchas foliares são responsáveis pela redução na produtividade do girassol, apontadas como um limitador a expansão da cultura e, segundo Guse (2009), a cada unidade percentual da área foliar afetada no final do ciclo tem-se a redução de produção de aquênios de  $49,7 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Durante o ciclo completo do girassol as primeiras seis datas de semeadura apresentaram os menores valores médios de severidade calculada acumulados (Tabela 3), mantendo-se sempre abaixo de 25,1 VSCA. Os VSCA foram crescentes com o adiamento das semeaduras, chegando aos valores máximos para as DS de início de janeiro a início de fevereiro. A última DS demonstrou diferença significativa das três anteriores, com menor VSCA, devido a influência da temperatura do ar no desenvolvimento das manchas foliares de alternária e septória no girassol. Radons et al. (2009) encontraram em experimentos a campo de safra e safrinha no ano agrícola 2008/09 maiores severidades observadas na data de semeadura de safrinha (15/02/2009), do que de safra (17/09/2008), sendo atribuído a maior quantidade a ocorrência de precipitações no cultivo verão-outono. A influência da precipitação na mancha de alternária foi descrita por Sentelhas et al. (1996) e a da temperatura e do molhamento foliar exemplificada por Leite e Amorim (2002a).

Tabela 3- Valores médios de severidade calculada acumulada (VSCA) ao longo do ciclo de desenvolvimento do girassol, da emergência das plântulas ao estágio R6, e dentre os estádios R1 e R6, em 14 datas de semeadura, desde 1968 a 2011. Santa Maria, RS, 2014.

DS	VSCA		
	Ciclo	Em-R6	R1-R6
01/ago	22,82 a*	17,09 a	8,89 a
16/ago	23,53 a	17,78 a	8,51 a
01/set	24,33 a	18,20 a	8,20 a
16/set	24,23 a	17,76 a	7,49 a
01/out	24,50 a	17,54 a	7,81 a
16/out	25,03 a	17,61 a	8,11 a
01/nov	26,10 b	17,67 a	8,78 a
16/nov	28,31 b	18,65 a	9,66 a
01/dez	30,86 c	20,72 a	11,03 b
16/dez	33,39 c	23,35 b	12,69 c
01/jan	35,41 d	25,65 c	13,07 c
16/jan	36,35 d	27,02 c	12,79 c
01/fev	35,51 d	27,58 c	12,46 c
16/fev	33,19 c	26,34 c	11,46 b
Média	26,56	20,93	10,07
CV (%)	13,87	15,07	18,72

\*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade de erro. Em-R6: emergência ao final da antese; R1-R6: início da fase reprodutiva ao final da antese.

Na figura 5 visualiza-se, na média, a que mês cada subperíodo corresponde para a respectiva data de semeadura avaliada. Por exemplo, verifica-se que as DS a partir de 01/jan terão pelo menos parte do subperíodo R1-R6 no mês de março em diante, com o ciclo alongado. Nesse período, devido à menor disponibilidade de radiação solar e ao déficit de saturação do ar mais baixo, aliada a maior quantidade de inóculo no ambiente, as manchas foliares de alternária e septória irão resultar em maiores danos a área foliar do girassol. Nas observações a campo durante os anos de experimentos de 2007 a 2012, verificou-se que após o estágio R6, após finalizada a polinização de todas as flores do capítulo, a senescência das

folhas ocorreu mais rapidamente, bem como a infecção pelos patógenos foi facilitada. Este fato também foi observado por Allen et al. (1983a), Godoy e Fernandes (1985) e Pereyra e Escande (1994).

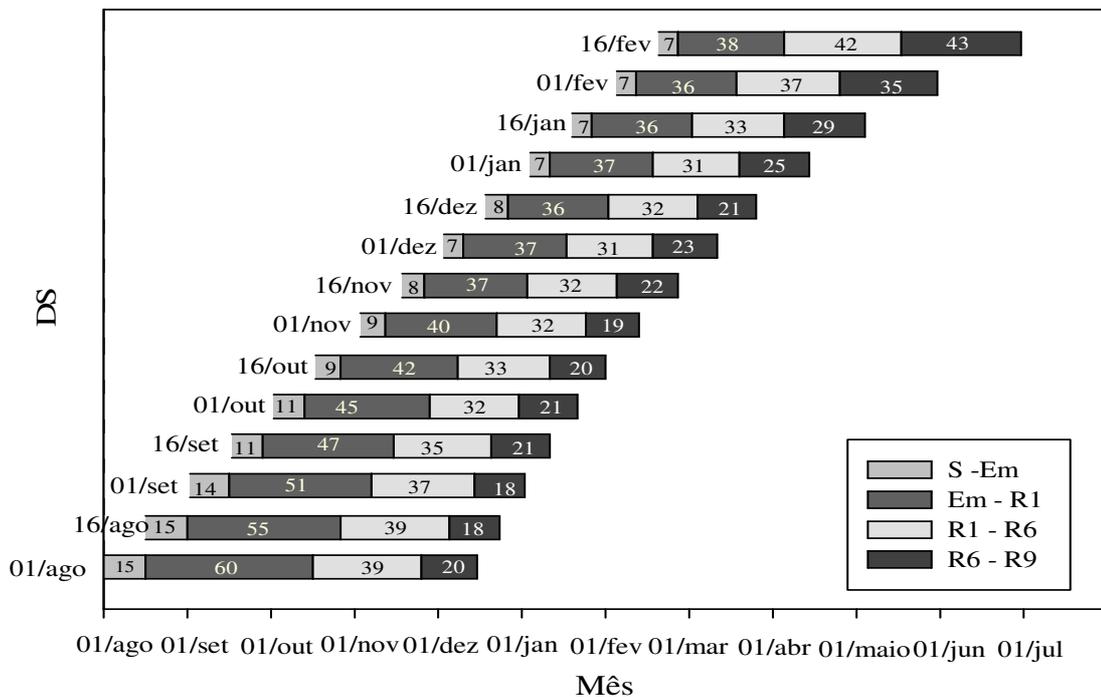


Figura 5- Datas de semeadura do girassol e os meses de ocorrência dos subperíodos avaliados, com os valores de duração, em dias, dos subperíodos. Santa Maria, RS, 2014. Duração média dos subperíodos conforme Maldaner (2012).

Observando os valores médios de severidade acumulada desde a emergência (Em) até o final da antese (R6) no girassol (Tabela 3), verifica-se que para as DS da metade de dezembro em diante pelo menos 20% da área foliar é danificada pelas manchas foliares de septória e alternária, sendo próxima aos 25 VSCA nas quatro últimas datas de semeadura. Em trabalho com injúria foliar em girassol aplicada no estágio R6, Lucas (2011) encontrou resultados que demonstram redução de 10% a 25% na potencial produtividade da cultura, para os anos agrícolas de 2009/10 e 2010/11, respectivamente.

Dentre as nove primeiras datas de semeadura não houve diferença significativa, estando a severidade abaixo dos 20,7 VSCA de área foliar afetada em R6. Deste modo, a

semeadura em qualquer uma destas datas é a mais apropriada para o girassol, em termos médios de ocorrência de manchas foliares, na região incluída no estudo. Neste subperíodo (Em-R6) as maiores severidades ocorreram nas últimas quatro DS, não havendo diferença significativa entre elas, e desta maneira demonstrando divergência da análise realizada para o ciclo completo, em que a DS de 16/fev registrou menor VSCA do que as 3 anteriores.

Por meio da visualização da diferença entre os  $VSCA_{ciclo}$  e  $VSCA_{Em-R6}$  (Tabela 3) verifica-se percentuais próximos a 10% de incremento de VSCA nas DS entre 16/nov e 16/jan, percebendo-se o quão favoráveis às manchas foliares de septória e alternária são os dias compreendidos entre estas datas. Nestas DS os períodos favoráveis às manchas foliares apresentam seu ápice do início de fevereiro ao final de abril. Esta favorabilidade é decorrente da interação entre a temperatura do ar e o molhamento foliar, responsáveis conjuntamente pelos processos de germinação e infecção, a temperatura atuando isoladamente na colonização e esporulação (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). A influência da interação entre temperatura e molhamento foliar foi percebida por Capone et al. (2012), que encontraram baixa severidade da mancha de alternária com temperatura adequada ao seu desenvolvimento, porém atribuíram isso a ausência de molhamento foliar e baixa umidade relativa do ar em Formoso do Araguaia. Porém em Gurupi com valores de UR média diária próximos aos 80% e em condições chuvosas a mancha foliar se alastrou e expressou seu potencial de dano, sendo responsável pela diminuição na produtividade de aquênios.

O estágio de desenvolvimento R6 é caracterizado pela finalização da polinização completa do capítulo do girassol e o murchamento das pétalas. Nesse período os conídios de *Alternaria helianthi*, quando misturados ao pólen do girassol, são estimulados a germinar (GOMES; FERNANDES, 1985; PEREYRA; ESCANDE, 1994), favorecendo a infecção pelo patógeno (ALLEN; BROWN; KOCHMAN, 1983b). O subperíodo compreendido entre o início da fase reprodutiva (R1) e o final da antese (R6) do girassol possui duração variável conforme a soma térmica acumulada, e de acordo com Maldaner (2012) é maior nas DS de 01/ago a 16/set e 16/jan a 16/fev com aproximadamente 36 dias (Figura 5), sendo que em relação às demais, a menor duração, em torno de 31 dias, se dá para as DS de 01/out a 01/jan. Portanto, existe um subperíodo de 30 a 35 dias em que, para as mesmas condições ambientais e potencial de inóculo, a infecção tende a ser mais provável e de maior intensidade.

Quando se observam altos valores de VSCA durante este subperíodo (R1-R6), é possível afirmar que as condições meteorológicas determinantes do desenvolvimento das manchas foliares são propícias ao desenvolvimento dos patógenos. A análise das condições

meteorológicas determinantes das manchas foliares de alternária e septória por 43 safras no atual trabalho permite inferir que nos meses em que o VSCA entre o início do período reprodutivo (R1) e o final da antese (R6) são maiores, as condições ambientais são predominantemente favoráveis às manchas foliares. As maiores severidades neste subperíodo são observadas nas DS de 16/dez a 01/fev (Tabela 3), para as quais o subperíodo reprodutivo coincide com o início de fevereiro até o final do mês de abril (Figura 5). Deste modo, percebe-se novamente, bem como na análise da diferença entre  $VSCA_{ciclo}$  e  $VSCA_{Em-R6}$ , a influência destes meses compreendidos no subperíodo crítico da cultura (ALLEN; BROWN; KOCHMAN, 1983b; LEITE, 2002a) no aumento da severidade das manchas. Chattopadhyay (1999) em um trabalho com mancha de alternária relatou que a infecção entre o final da fase vegetativa e a emissão do botão floral resultou em maior redução da produtividade.

#### **4.2 Influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul nas manchas foliares**

Os anos com influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) em sua fase quente (El Niño) são caracterizados pela elevação na temperatura da superfície do Oceano Pacífico, que tem correlação com a ocorrência de chuvas em abundância na Região Sul do Brasil (BERLATO; FONTANA, 2003). De acordo com Streck et al. (2009) oscilações como a que ocorreram em fevereiro de 1989 em que não houve chuva, e os 615 mm registrados em abril de 1941 são decorrentes, respectivamente, da influência de La Niña e El Niño. Em anos de El Niño ocorrem chuvas em quantidades superiores a média em todos os meses do ano, porém com destaque para outubro, novembro e dezembro, e um “repique” ocorrente em maio e junho (FONTANA; BERLATO, 1997). Observando a tabela 4 verifica-se que os anos com registro de EN são os que apresentam maiores VSCA acumulados ao longo do ciclo da cultura. Este fato decorre das condições meteorológicas predominantes nestas safras, com chuvas frequentes, alta umidade relativa e temperatura do ar. O VSCA médio das 14 DS nos anos de El Niño é de 31,47 VSCA, 4,91 VSCA a mais que a média de todos os anos (Tabela 3), e estatisticamente superior às médias dos anos de La Niña e Neutros (Tabela 4).

Tabela 4- Valores médios de severidade calculada acumulada ao longo do ciclo de desenvolvimento do girassol em série histórica de 43 anos, subdivididos sob diferentes influências da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, em 14 datas de semeadura. Santa Maria, RS, 2014.

DS	Neutro (16 anos)	La Niña (13 anos)	El Niño (14 anos)
01/ago	23,27aA*	19,56 aA	25,34 aA
16/ago	24,17 aA	20,39 aA	25,71 aA
01/set	24,97 aA	21,09 aA	26,60 aA
16/set	24,32 aB	20,47 aA	27,62 aB
01/out	23,55 aA	21,16 aA	28,67 aB
16/out	22,74 aA	22,80 aA	29,71 aB
01/nov	23,21 aA	25,38 bA	30,07 aB
16/nov	24,28 aA	29,41 bB	31,91 bB
01/dez	26,37 aA	32,95 cB	34,07 bB
16/dez	28,66 bA	36,25 cB	36,15 bB
01/jan	31,17 bA	38,72 cB	37,18 bB
15/jan	33,25 bA	39,21 cA	37,23 bA
01/fev	33,42 bA	37,24 cA	36,30 bA
16/fev	32,25 bA	33,50 bA	34,00 bA
Média	26,83A	28,44B	31,47C
CV (%)		13,16	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Nos anos de El Niño as DS a partir de 16/nov apresentaram diferença significativa para as anteriores no teste de comparação de médias de Scott-Knott, com VSCA superiores a 31,9 VSCA (Tabela 4) em todas elas em anos de El Niño. Isto decorre da abundância das chuvas, características do EN e do “repique” que ocasiona precipitações no período final de enchimento dos grãos e do ciclo das últimas três épocas, subperíodo em que as condições ideais ao girassol são contrárias a estas (EMBRAPA, 1997). Com isto identificam-se as DS anteriores a 16/nov (Tabela 4) como adequadas a semeadura do girassol em anos com previsão de EN em relação à ocorrência de manchas foliares. Porém nestes anos ocorrem chuvas em abundância durante o período de outubro, novembro e dezembro, prejudiciais ao

girassol em razão do excesso hídrico na emergência das plântulas (HINNAH et al., 2011a; LOOSE, 2013). Em experimentos conduzidos na safra 2009/10 com ocorrência de EN, Hinnah et al. (2011a) constataram que as épocas do início de janeiro e dezembro resultaram em severidade final observada de 35,45% e 36,21%, respectivamente, sendo estes valores próximos aos VSCA deste trabalho nas respectivas DS.

Como um cultivo agrícola depende de diversos fatores além da ocorrência de doenças, estes devem ser observados. Assim, analisando conjuntamente os resultados da severidade de manchas foliares, excedente hídrico na semeadura e produtividade em anos de EN verifica-se que nas primeiras DS Hinnah et al. (2011a) não obtiveram sucesso no cultivo, pois não ocorreu estabelecimento adequado do estande inicial do girassol. Isto ocorreu porque as semeaduras de início de outubro e novembro tiveram maior severidade devido a limitação da expansão da área foliar decorrente de provável hipoxia (MALDANER, 2009), em que as manchas ocuparam proporcionalmente maior área foliar, diminuindo a fotossíntese total do girassol. As produtividades neste trabalho foram menos reduzidas nas semeaduras de dezembro e janeiro, com severidade das manchas foliares de alternária e septória superior a 35%. Anos de EN possuem menor insolação no RS (CUSTÓDIO; BERLATO; FONTANA, 2009), o que é fator importante de influencia negativa na produtividade de girassol. Assim, devido às adversidades meteorológicas e culturais ao manejo do girassol em anos de El Niño, condições essas mais propícias à maiores produtividades da soja e do milho, pode ser proposto não utilizar o girassol no sistema de rotação de culturas em anos com previsão desse fenômeno.

Em anos de ENOS caracterizados pela fase fria (La Niña), o fenômeno é assim denominado em função da temperatura da superfície do mar (TSM) apresentar valores inferiores a média histórica. Além disto, o ENOS decorre da interação entre a TSM e a pressão atmosférica medida nas ilhas de Darwin e Taiti, sendo o índice de oscilação sul (IOS) decorrente do cálculo utilizando as anomalias normalizadas dessa variável nestes locais (BERLATO; FONTANA, 2003). A fase positiva deste índice determina a condição de LN, enquanto que a fase negativa determina a ocorrência de EN, sendo caracterizadas a partir da ocorrência de 5 meses consecutivos com valores de índices inferiores ou superiores a 0,5 (BERLATO; FONTANA, 2003; ROPELEWSKI; HALPERT, 1996). O fenômeno LN está associado a alta probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no RS (BERLATO; FONTANA, 2003), fato confirmado em análise numérica para a cultura do girassol na região central (MALDANER, 2009), sendo responsável por grande queda na produção de grãos.

Para as manchas foliares, as DS preferenciais em anos LN mostraram-se as de 01/ago até 16/out (Tabela 4), pois apresentam menor VSCA ao final do ciclo. As DS de 01/dez ou mais tardias apresentaram os maiores valores calculados, sempre superiores a 32 VSCA. Os anos de LN resultam em maior VSCA do que em situações de anos NT, com diferença estatística significativa, para a análise de ciclo completo, porém com diferença do VSCA médio de apenas 1,61. Após 16/nov as sementeiras em anos de LN não diferiram significativamente dos anos com EN, demonstrando a importância do molhamento foliar por formação de orvalho, devido ao resfriamento noturno com consequente aumento do tempo com UR>90% em anos de LN.

Tabela 5- Valores médios de severidade calculada acumulada da emergência ao final da antese em girassol em série histórica de 43 anos, subdivididos sob diferentes influências da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, em 14 datas de sementeira. Santa Maria, RS, 2014.

DS	Neutro (16 anos)	La Niña (13 anos)	El Niño (14 anos)
01/ago	17,25 aA*	15,75 aA	18,14 aA
16/ago	18,32 aA	15,84 aA	18,97 aA
01/set	18,89 aB	15,25 aA	20,14aB
16/set	18,71 aB	13,90 aA	20,15aB
01/out	18,17 aB	13,81 aA	20,26aB
16/out	17,19 aA	14,43 aA	21,06aB
01/nov	16,47 aA	15,56 aA	21,00aB
16/nov	15,90 aA	18,72 aA	21,75aB
01/dez	17,06 aA	22,47 bB	23,29aB
16/dez	19,17 aA	25,60bB	26,05bB
01/jan	22,10 bA	27,99cB	27,55bB
16/jan	24,04 bA	29,28cB	28,33bB
01/fev	25,46 bA	29,74cA	28,00bA
16/fev	25,00 bA	27,58cA	26,72bA
Média	19,55A	20,42A	22,96B
CV (%)		14,14	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Maldaner (2012) relatou ser preferencial a DS de início de agosto em anos de LN para o girassol, pois há menor probabilidade de déficit hídrico durante a fase reprodutiva. Na tabela 5 verificam-se os VSCA para os anos NT, LN e EN durante o subperíodo compreendido da emergência ao final da antese. Para todos os anos o VSCA foi maior conforme o adiamento da sementeira, resultando em maior valor médio para os anos de EN. Neste subperíodo os anos NT e de LN não apresentaram diferença significativa, e as DS de 01/dez a 16/jan de anos LN foram iguais estatisticamente aos anos EN.

O mês de novembro é mais impactado pelas reduções de chuva na ocorrência do fenômeno LN, com precipitação média para o RS de apenas 75 mm, enquanto que a normal climatológica é de 110 mm, e que na presença de EN atinge a média dos 150 mm (BERLATO; FONTANA, 2003; FONTANA; BERLATO, 1997). Os anos neutros demonstraram VSCA com valor significativamente maior em relação a LN e EN apenas na DS de 16/set. Portanto, nestes a sementeira do girassol apresenta maior potencial produtivo em relação a menores danos ocasionados pelas manchas foliares de septória e alternária.

Para a análise realizada apenas durante o subperíodo de maior suscetibilidade do girassol (R1-R6), novamente os anos EN tiveram os maiores VSCA, com diferença significativa para os demais (Tabela 6). Nos anos NT tem-se maior frequência dos melhores resultados com os menores valores para as manchas foliares. Por outro lado, os anos de LN tem os menores valores de VSCA nas DS de 01/ago a 01/out, pois este subperíodo ocorre nos meses de novembro a janeiro, que são os de menos chuva na região (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009). Nos anos EN os menores valores de VSCA são nas DS de 16/set a 16/out, porém ao serem visualizados em comparação aos NT e LN, verifica-se que seus valores são os maiores.

Tabela 6- Valores médios de severidade calculada acumulada do início da fase reprodutiva ao final da antese em girassol em série histórica de 43 anos, subdivididos sob diferentes influências da ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul, em 14 datas de semeadura. Santa Maria, RS, 2014.

DS	Neutro (16 anos)	La Niña (13 anos)	El Niño (14 anos)
01/ago	9,10Ab*	7,10aA	10,32aB
16/ago	9,11aB	6,03aA	10,13aB
01/set	8,22aB	5,50aA	10,66aB
16/set	8,04aB	5,13aA	9,06aB
01/out	7,89 aA	6,51aA	8,93aA
16/out	7,78 aA	7,84bA	8,74aA
01/nov	6,89 aA	9,29bB	10,47aB
16/nov	7,33aA	10,76cB	11,29bB
01/dez	8,71 aA	12,66dB	12,16bB
16/dez	11,17bA	13,84dA	13,36bA
01/jan	11,97bA	13,93dA	13,53bA
16/jan	11,64bA	13,92dA	13,04bA
01/fev	11,89bA	13,60cA	12,05bA
16/fev	11,37bA	11,65cA	11,40bA
Média	9,37A	9,84A	11,08B
CV (%)		17,49	

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observando os resultados de déficit hídrico obtidos por Maldaner (2012), as deficiências hídricas são maiores para o subperíodo R1–R6, o mais crítico para redução da produtividade (ANAHOSUR, 1978; LEITE, 2002a), nas datas de semeadura de 01/out, 16/out e 01/nov, bem como no ciclo completo. Nos resultados das análises presentes no atual trabalho, estas mesmas DS apresentam-se como as de menores VSCA. Observando estes dados percebe-se a relação entre ocorrência de precipitações e a evolução das manchas foliares do girassol (MALDANER, 2012). Porém, provavelmente pelo fato de o girassol ser uma espécie originada de clima semi-árido, na safra 2011/12 (ano marcado por déficit hídrico e quebra de safra no RS, decorrente do fenômeno La Niña) nos experimentos com épocas de

semeadura do girassol no Departamento de Fitotecnia, a semeadura do início do mês de novembro foi a que apresentou a menor produtividade, mas mesmo assim alcançou 1.732,8 kg ha<sup>-1</sup> com o maior déficit hídrico dentre as DS. Estes valores de produtividade, associados com menores VSCA nos anos de La Niña torna o girassol uma espécie indicada para quando houver previsão de maior probabilidade de ocorrência de seca nesse Estado.

As semeaduras do tarde (01/jan em diante) apresentam os maiores valores de VSCA devido ao aumento no período de molhamento foliar no subperíodo reprodutivo, que ocorre em função da diminuição da demanda atmosférica e aumento da duração das noites. A produtividade da cultura para estas épocas tende a ser menor, devido a menor disponibilidade de radiação solar e temperaturas abaixo das ótimas às maiores taxas fotossintéticas da espécie, visto que a temperatura ótima do girassol é de 27 °C (FAGUNDES et al., 2007), valor superior ao médio desta época do ano.

De acordo com Maldaner (2012), a deficiência hídrica do girassol foi maior nas semeaduras de 16/nov a 01/jan para o subperíodo semeadura-emergência, com potencial de diminuição do estande inicial de plantas pela falta de água. Além deste déficit inicial, ocorre maior severidade de doenças para estas datas de semeadura. Desta maneira pode ser uma medida agrônômica razoável a preterição delas para a semeadura, na maioria dos anos. Porém, restringe-se esta preterição aos anos Neutros ou de La Niña, pois, de acordo com Hinnah et al. (2011a), no ano agrícola 2009/10, caracterizado por forte El Niño, as épocas de início de dezembro e janeiro, resultaram respectivamente, em 1.981,0 kg ha<sup>-1</sup> e 2.515,8 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que as de início de outubro e novembro resultaram em alta severidade de doenças, dificuldade no estabelecimento do estande e gerando produtividade inferior a 1.600 kg ha<sup>-1</sup>.

### **4.3 Redução da produtividade de aquênios em função das manchas foliares**

Devido às observações realizadas nos experimentos de épocas de semeadura conduzidos no Departamento de Fitotecnia da UFSM durante seis anos, foi possível perceber as diferenças dos anos em que ocorrem variações nas condições meteorológicas predominantes. Em anos de ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul em sua fase quente (El Niño) ou em sua fase fria (La Niña) percebeu-se diferenças marcantes na emergência das plântulas, severidade das manchas foliares e na produtividade de aquênios

(BORTOLUZZI et al., 2011; HINNAH et al., 2011a). As manchas foliares representaram menor relevância quando ocorreram períodos mais curtos de molhamento foliar e chuva, fatores responsáveis pela germinação e infecção dos fungos de *Alternaria helianthi* e *Septoria helianthi* e sua dispersão. O contrário ocorreu quando havia registro de EN, pois as temperaturas médias mínimas são mais altas (BERLTATO; FONTANA, 2003), e como as manchas são dependentes da interação temperatura-DPM, durante o período de molhamento foliar, a tendência é de favorecimento dos patógenos.

Em avaliação da produtividade final de aquênios e a severidade observada em estágio R6, verifica-se que existe correlação negativa entre a severidade das manchas foliares e a produtividade do girassol (Figura 6). Nesta figura foram utilizados apenas os valores de severidade observados no final da antese (estádio R6) porque até este momento do ciclo a avaliação visual das manchas é precisa, visto que posteriormente, devido a senescência foliar a avaliação é dificultada, aumentando o erro experimental.

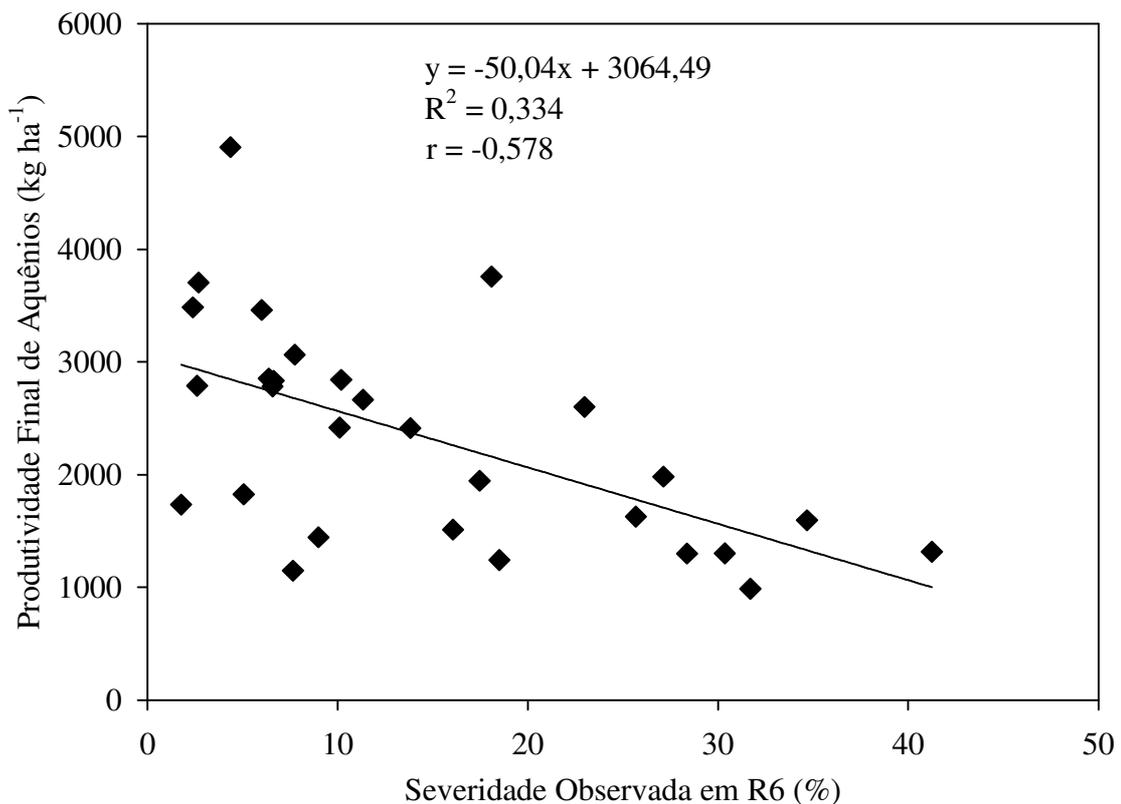


Figura 6- Relação entre a severidade real observada das manchas foliares do girassol no estágio R6, nas sete datas de semeadura e a produtividade de aquênios, em Santa Maria, RS. Santa Maria, RS, 2014.

Embora o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) possa ser considerado baixo (0,334), o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) retrata uma correlação considerada moderada. A equação linear da reta demonstra que para cada valor unitário do percentual da área foliar do girassol em estágio R6 ocorre redução de 50,04 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade. Nos experimentos de datas de semeadura foram controlados os fatores externos relacionados ao manejo fitossanitário de plantas daninhas e pragas, mas não foram controlados os efeitos de déficit e excesso hídrico e incidência de doenças manifestadas por ocorrência natural decorrente das condições meteorológicas predominantes. Devido a este fato, o  $R^2$  é de 0,334, porém a tendência da influência negativa das manchas foliares na produtividade é clara. Quatro dos pontos representados na figura 6 são responsáveis por diminuir o  $R^2$  a este valor. Estes pontos são representativos de épocas em que houve déficit hídrico superior a 60 mm até o estágio R6. No caso de sua exclusão do conjunto de dados o valor do coeficiente de determinação é de 0,59, demonstrando mais claramente a tendência negativa de diminuição da produtividade, e o melhor ajuste dos dados. Na figura 7 é apresentada a correlação entre a produtividade de aquênios e a severidade observada em R6 para as DS de início de dezembro, janeiro e fevereiro, isto é, para as DS tardias. Para as condições ambientais destes meses um bom ajuste da equação é obtido, com  $R^2$  de 0,607 e coeficiente de determinação de Pearson igual -0,779 demonstrando correlação moderada entre as variáveis.

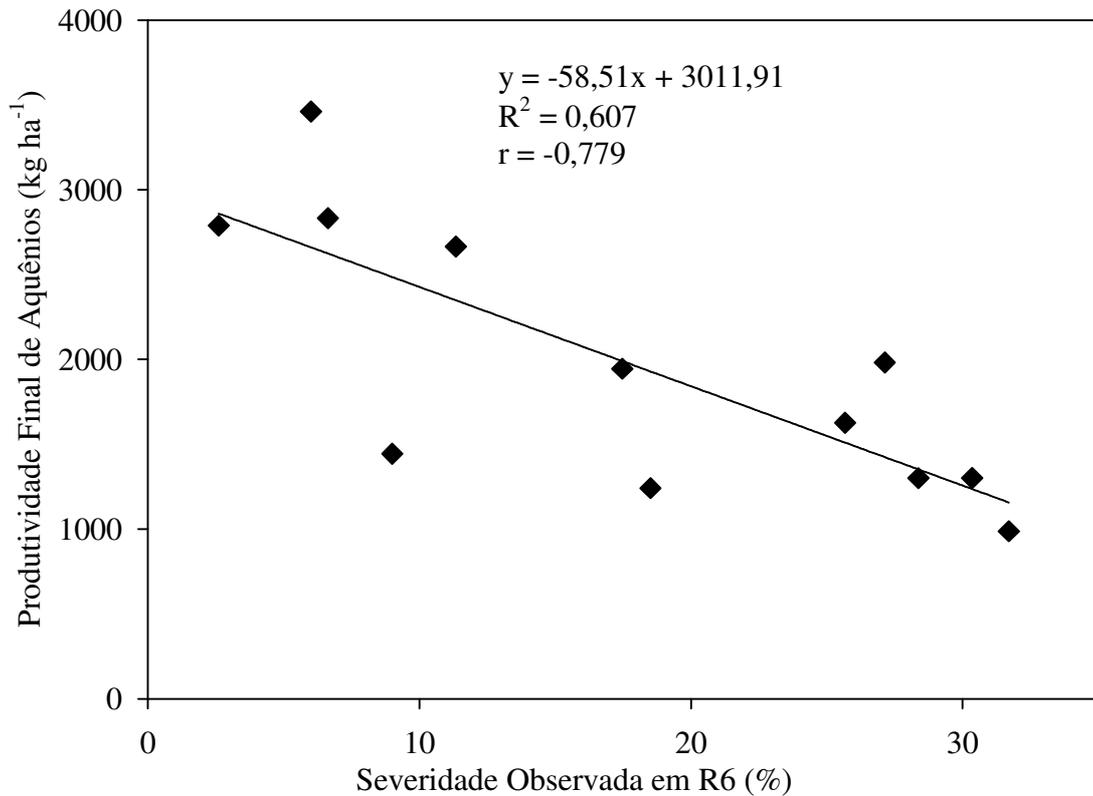


Figura 7- Relação entre a severidade das manchas foliares do girassol nas datas de semeadura de dezembro, janeiro e fevereiro, e a produtividade de aquênios, em Santa Maria, RS. Santa Maria, RS, 2014.

Nas semeaduras tardias, a redução da produtividade do girassol é mais explicada pela severidade das manchas foliares (Figura 7). Isto ocorre porque as condições meteorológicas são mais favoráveis às doenças do que a ocorrência de déficit hídrico, pois em todas as DS abrangidas por esta janela de semeadura, o ciclo se estende, em parte, durante o período mais favorável às manchas foliares, que é de início de fevereiro até o final de abril. Além disto, devido à menor temperatura, ocorre aumento do ciclo conforme a DS é mais tardia a partir de janeiro. Desta maneira as temperaturas do ar são mais distantes da ótima do girassol e possibilitam desenvolvimento das doenças devido à interação temperatura do ar-DPM ser mais favorável.

#### 4.4 VSCA nas diferentes datas no decorrer do ciclo: Análise de probabilidade

A determinação das probabilidades de máxima severidade das manchas de alternária e septória em girassol é de essencial importância na determinação das datas de semeadura com menor probabilidade de perdas na produtividade devido às doenças. Os elementos meteorológicos possuem variação temporal e espacial, de escala diária a anual. Como para a geração das probabilidades utilizou-se 43 anos de dados meteorológicos diários horários, pode-se considerar que nela está incluída toda a variação possível por este conjunto representativo das condições reais do local de estudo. Assim, a partir do cálculo dos VSCA para cada data de semeadura, em cada ano observado, gerou-se funções de distribuição de probabilidade (fdp), sendo testadas as funções gama, lognormal, normal, Weibull e exponencial cujos resultados estão apresentados na tabela 7.

A fdp exponencial não apresentou ajuste em nenhuma das DS para o ciclo e para os subperíodos Em-R6 e R1-R6. A função Weibull foi a que apresentou maior número de ajustes, com 57,1% das DS avaliadas em ciclo completo, e 46,4% dos subperíodos (Tabela 7). Na sequência a fdp normal apresentou ajuste em 14,3% dos casos de ciclo completo e 25% dos subperíodos, enquanto a função lognormal teve ajuste em 21,4% dos casos de ciclo completo e 10,7% dos subperíodos. A função gama apresentou o menor número de ajustes no total, em apenas 7,1% do ciclo completo e 14,3% dos subperíodos. Apenas para a DS de 16/jan no subperíodo Em-R6 não se obteve ajuste de nenhuma das funções anteriormente citadas, procedendo-se então a obtenção da probabilidade empírica.

Tabela 7- Frequência de casos com ajuste estatisticamente significativos das funções de distribuição de probabilidades (fdp) Gama, Lognormal, Normal e Weibull para ciclo completo e subperíodos, simulados de 1968 a 2011. Santa Maria, RS, 2014.

fdp	Frequência (%) Ciclo	Frequência (%) Subperíodos
Gama	7,1	14,3
Lognormal	21,4	10,7
Normal	14,3	25
Weibull	57,1	46,4
SA	-	3,6
Total	100 (n=14)	100 (n=28)

\* Total de fdp ajustadas em % e em número de casos (n=x). SA= Sem ajuste.

Os resultados de severidade máxima provável nas probabilidades de 95, 90, 75, 50 e 25% de ocorrência, calculados após a seleção de todas as fdps são apresentados na figura 8. Verifica-se que em 95% dos casos, ou seja, em 95 de cada 100 anos, a severidade observada será de no máximo 36,43 VSCA na DS de 01/out. A interpretação das outras probabilidades nas demais DS ocorre da mesma forma. Assim, tem-se que em metade dos anos a severidade final não será superior a 28,65% quando a semeadura for realizada em 16/nov. As épocas com menor probabilidade de ocorrência de valores elevados de severidade são até a DS de 16/nov, enquanto que a maior severidade ocorre na DS de 16/jan, com no máximo 50,13 VSCA, em 95% dos anos. Estes valores são os extremos máximos que podem ocorrer nestes casos, pois se for analisada a probabilidade de 75%, ou seja, três a cada quatro anos, verifica-se que o valor máximo será de 27,45 VSCA de severidade na DS de 16/ago.

Tabela 8- Funções de distribuição de probabilidade (fdp) selecionadas e seus parâmetros para determinar a severidade de manchas foliares máxima para o ciclo completo da cultura do girassol para 14 datas de semeadura (DS), simuladas para a série histórica de 1968 a 2011. Santa Maria, RS, 2014.

DS	Ciclo			Subperíodo					
	fdp	a*	b	Em-R6			R1-R6		
				fdp	a*	B	fdp	a*	b
01/ago	LogNormal	3,090	0,279	Normal	4,4475		Gama	1,244	7,149
16/ago	Gama	1,717	13,701	Gama	1,2594	14,121	Lognormal	2,045	0,457
01/set	LogNormal	3,159	0,258	LogNormal	2,8616	0,286	Gama	1,710	4,794
16/set	LogNormal	3,146	0,291	LogNormal	2,8234	0,330	Weibull	8,476	2,388
01/out	Normal	24,50	7,257	Gama	1,9177	9,146	Normal	7,81	3,021
16/out	Weibull	27,693	3,807	Weibull	19,608	3,430	Normal	8,11	2,717
01/nov	Weibull	28,758	4,160	Normal	17,67	5,6460	Weibull	9,900	2,807
16/nov	Weibull	31,126	4,430	Weibull	20,637	3,948	Weibull	10,884	2,809
01/dez	Weibull	34,003	4,314	Normal	20,73	6,4268	Weibull	12,274	3,604
16/dez	Weibull	36,725	4,359	Normal	23,35	7,0729	Weibull	14,003	4,190
01/jan	Weibull	38,597	5,217	Weibull	28,186	4,519	Normal	13,07	3,671
16/jan	Normal	36,35	8,377	**	**	**	Weibull	14,001	4,658
01/fev	Weibull	38,705	5,168	Weibull	30,085	5,036	Weibull	13,792	3,848
16/fev	Weibull	36,239	5,027	Weibull	28,748	4,977	Weibull	12,726	3,688

\* Os parâmetros das fdp gama, Weibull e lognormal são denominados escalar e de forma, ao invés de média e desvio-padrão, como os parâmetros da função normal. \*\*Valores determinados pela distribuição empírica.

Na figura 8 visualizam-se os valores máximos de severidade das manchas foliares para o ciclo completo e para os subperíodos Em-R6 e R1-R6. Verifica-se que durante o ciclo completo os maiores valores são atingidos na data de semeadura de 16/jan, com as maiores severidades em todas as semeaduras a partir de 16/dez. Em metade dos anos em que o girassol for semeado a severidade será de no máximo 28,65 VSCA ao final do ciclo para as DS de 01/ago até 16/nov, demonstrando que as semeaduras até o início de dezembro são desfavoráveis as doenças. Estes valores de severidade são inferiores aos das demais datas de semeadura porque a temperatura do ar é amena e, mesmo havendo molhamento foliar os processos de germinação e infecção não são favorecidos ou são mais lentos. As temperaturas mais favoráveis a infecção de alternária são de 25 a 30 °C, enquanto que a de septória 22 a 25 °C (GÓMEZ et al., [200-]). A importância dos elementos meteorológicos no desenvolvimento das doenças como a temperatura e o molhamento foliar é vista nos trabalhos de Leite e Amorim (2002a) e Hinnah et al. (2011b), em que nos tratamentos com pouco molhamento ou temperaturas baixas ocorre mínimo desenvolvimento das manchas de alternária e septória.

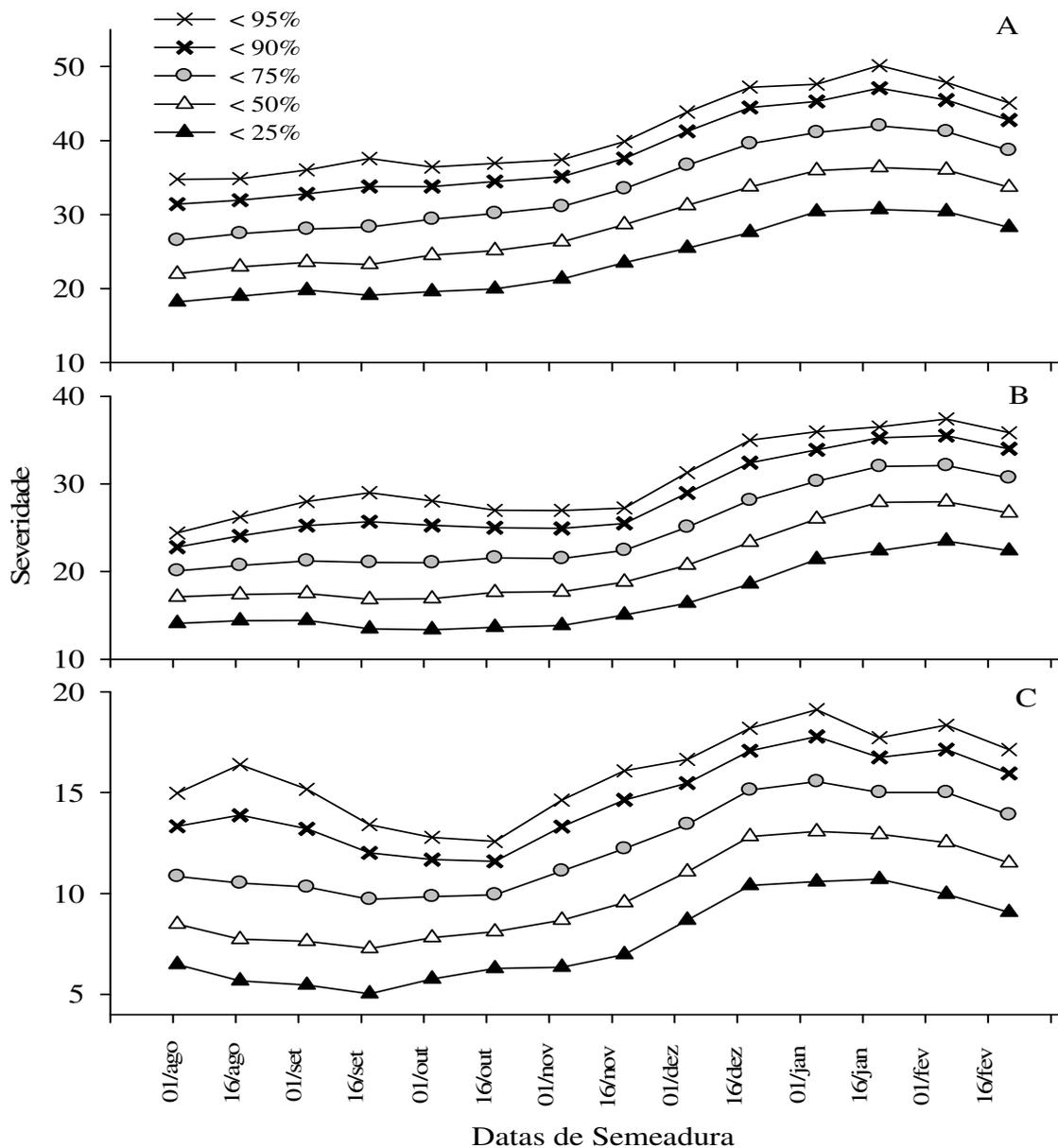


Figura 8- Severidade máxima das manchas de alternária e septória a 95, 90, 75, 50 e 25% de probabilidade, para o ciclo completo da cultura do girassol (A), no subperíodo da emergência ao final da antese (B) e do início da fase reprodutiva ao final da antese (C), em 14 datas de semeadura, simuladas para a série histórica de 1968 a 2011. Santa Maria, RS, 2014.

Para o subperíodo R1-R6, considerado crítico ao girassol devido a proximidade do florescimento, determinante da produtividade, as datas de semeadura de 01/ago até 16/out são as que apresentaram menores valores de severidade. Em 95% dos anos a DS de 16/out apresenta no máximo 12,58 VSCA de severidade neste subperíodo, e ainda dentre as DS com menor severidade, a de 16/ago resultará em no máximo 16,39 VSCA. As DS após 01/dez

apresentam elevação dos valores de severidade, iniciando em 16,64 VSCA na referida DS, com valor máximo para o subperíodo na DS de 01/jan (19,11 VSCA) e a última DS com 17,13 VSCA. Estes valores são devido às condições meteorológicas predominantes neste subperíodo para as variadas datas de semeadura. A DS de 16/ago em 95% dos anos resulta em severidade máxima de 16,39 VSCA e para o ciclo completo em mesma probabilidade o valor máximo é de 34,87 VSCA, demonstrando que nesta semeadura o subperíodo em que as condições meteorológicas são mais favoráveis as manchas foliares é do início da fase reprodutiva ao final da antese. Prathuangwong, Charleepraom e Sommartya (1989), em zonas de produção na Tailândia, também relataram a ocorrência de alternária quando as condições eram de chuva e alta umidade do ar.

Neste subperíodo (Figura 8C) verificam-se as maiores variações relativas da severidade em cada DS, pois apesar da sua duração ser menor do que a compreendida entre a emergência ao R1 e de R6 a R9, geralmente as condições meteorológicas dos meses em que este subperíodo ocorre são propícias para o desenvolvimento das manchas foliares. Nas DS a partir de 01/jan tem-se diminuição da severidade do subperíodo R1-R6 em todos os percentis avaliados. Isto ocorre porque as temperaturas nas últimas semeaduras é menor, com pequeno acúmulo de VSCA. Observando a figura 8 para os subperíodos ou ciclo completo verifica-se um aumento gradual da severidade provável em todos os percentis, com decréscimo a partir da semeadura de 16/jan para o ciclo completo e R1-R6 e 01/fev para Em-R6.

Além da maior severidade calculada para as manchas foliares, as plantas das DS mais tardias são mais expostas a serem atacadas por *Sclerotinia sclerotiorum*, fungo polífago causador do mofo branco em feijão, canola, soja, tomate, fumo, batata, dentre outras culturas, com estruturas de sobrevivência denominadas escleródios, com viabilidade e poder patogênico mantidos por até 11 anos no solo (LEITE, 2005). A mesma autora relata a temperatura de desenvolvimento máximo de micélio de 18 °C a 25 °C e para a liberação dos ascósporos aponta que ela ocorre em temperaturas próximas a 20 °C e UR acima de 70%, condições ocorrentes principalmente nas últimas DS, a partir da metade de janeiro. Assim, com a avaliação das manchas foliares de alternária e septória, acrescidas da informação a cerca dos problemas ocasionados por *Sclerotinia sclerotiorum*, pode-se afirmar que as semeaduras do tarde são desfavoráveis ao girassol. Além disto Echarte, Puntel e Aguirrezabal (2013) demonstraram a importância da radiação solar incidente em grande quantidade no subperíodo reprodutivo anterior a antese no percentual de óleo, situação inversa a ocorrente nas semeaduras tardias do RS.

## 5 CONCLUSÕES

As manchas de alternária e septória em girassol apresentam variação na sua severidade de acordo com as condições meteorológicas predominantes durante o ciclo da cultura. As sementeiras até a data de 16 de outubro apresentam os menores valores prováveis de severidade, e as DS a partir de 01/dez resultam em valores elevados de severidade. As datas de sementeira de 01 e 16 de janeiro e 01 de fevereiro resultam nos maiores valores de severidade das manchas foliares, superiores a 35 valores de severidade calculada acumulados ao final do ciclo da cultura.

O período de início de fevereiro ao final de abril é o de maior risco de ocorrência das manchas de alternária e septória, devido às temperaturas elevadas associadas ao molhamento foliar proporcionado pela alta umidade do ar, prejudicando principalmente as DS de 16/nov a 16/jan.

Diferentes condições meteorológicas decorrentes dos fenômenos ENOS resultam em menores valores de severidade calculada acumulada para anos Neutros, seguido por anos La Niña e, com os maiores valores, para os anos El Niño. Assim as DS de 01/ago a 01/dez, e 01/ago a 16/out são indicadas para as sementeiras de girassol em anos Neutros e de La Niña, respectivamente. Em anos EN não recomenda-se a sementeira desta espécie.

As distribuições de probabilidade Weibull, lognormal e normal apresentam maior frequência de ajuste aos valores de severidade calculada acumulada das 14 datas de sementeira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONIN, A. N. et al. 2008. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds. <[http://www.agroatlas.ru/en/content/diseases/Olee/Olee\\_Septoria\\_helianthi](http://www.agroatlas.ru/en/content/diseases/Olee/Olee_Septoria_helianthi)>. Acesso em: 17/06/2013.

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

AGUIRREZÁBAL, L. A. N. et al. Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. **Unidad Integrada Balcarce: INTA-Facultad de Ciencias Agrarias-UNMP**, 1996. 196 p.

AGUIRREZÁBAL, L. A. N. et al. La implantación del cultivo. In: **Girassol - Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento**. INTA, Buenos Aires, Argentina, 2001, p. 16-23.

ALLEN, S. J.; BROWN, J. F.; KOCHMAN, J. K. Effects of Temperature, Dew Period, and Light on the Growth and Development of *Alternaria helianthi*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 73, p. 893-896, 1983a.

ALLEN, S. J.; BROWN, J. F.; KOCHMAN, J. K. The infection process sporulation and survival of *Alternaria helianthi* on sunflower. **Annals of Applied Biology**, London, v.102, n.3, p.413-419, 1983b.

AMORIM, L. REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 2011. 704 p.

ANAHOSUR, K. H. *Alternaria triticina* - CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. **Commonwealth Mycological Institute**, Kew, n. 582, 1978.

ASAGIR. Asociación Argentina de Girasol. Disponível em: <<http://www.agritotal.com/0/vnc/nota.vnc?id=245#gallery1v45979v2>> Acesso em: 16 out. 2013.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatísticas à climatologia: Teoria e Prática**. Pelotas: Editora Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161p.

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, 1996.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Porto Alegre, v. 40, n.5, p. 423-432, 2005.

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. 110 p.

BLOCK, C. C. Evaluation of wild *Helianthus annuus* for resistance to Septoria leaf blight. In: **Proceedings 27th Sunflower Research Workshop**, Fargo, ND, Jan. 2005. p. 12-13.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos da estiagem na produção agrícola. In: Bergamaschi, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada a irrigação**. Porto Alegre: Ed. Universidade, 1992. p. 11-24.

BONACIC, I. et al. Principales enfermedades foliares y del tallo em girasol en el Noroeste durante las campañas 2006/2007 y 2007/2008. **INTA**, Buenos Aires, Documentos, 2008.

BORTOLUZZI, et al. Excesso hídrico e produtividade do girassol em Santa Maria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17, 2011, Guarapari-ES. **Anais...** Guarapari: SESC, Centro de Turismo de Guarapari, 2011.

BRITTO, L. Óleo de girassol: todo amputado deve ter em casa. Disponível em: <<http://passofirme.wordpress.com/2012/09/29/oleo-de-girassol-todo-amputado-deve-ter-em-casa/>>. Acesso em 23/12/2013.

BROWN, J.; OGLE, H.; DALE, M. Disease management: general concepts. In: BROWN, J.; OGLE, H. **Plant pathogens and plant diseases**. Rockvale publications, Armidale, NSW, Australia, p.343-358, 1997.

CADORIN, A. M. R. et al. Características de plantas de girassol, em função da época de semeadura, na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1738-1743, 2012.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica**. Piracicaba: ESALQ, 1979. 343p.

CAPONE, A. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de girassol no sul do Estado do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. Gurupi, v. 3, n. 3, p. 13-23, aug. 2012.

CARDOSO, C. D. V. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nos solos da região Central do Estado do Rio Grande do Sul**. 2005. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CASTRO, C. et al. **A cultura do girassol**. EMBRAPA/CNPSo. (Circular Técnica, 13). Londrina, Paraná, 1997.

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.

CATALUNHA, M. J. et al. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.153-162, 2002.

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, p. 15-21, 1999.

CHO, H. S.; YU, S. H. Three *Alternaria* species pathogenic to sunflower. **The Plant Pathology Journal**, London, v. 16, n. 6, p. 331-334, 2000.

CLIMATE PREDICTION CENTER. Online. Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis-monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>>. Acesso em: 29 jan. 2014.

CQFS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 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.

CUSTÓDIO, M. de S.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Nebulosidade diurna no Rio Grande do Sul, Brasil: climatologia e tendência temporal. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 45-52, 2009.

DALL'AGNOL, A; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. Origem e histórico do girassol no Brasil. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 2005, cap.1, p. 1-14.

DARDANELLI, J. L. et al. Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam Haplustoll. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 29-38, ago, 1997.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yields responde to water**. Rome: FAO, 1979. 306 p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 33).

ECHARTE, M. M.; PUNTEL, L. A.; AGUIRREZABAL, L. A. N. Assessment of the critical period for the effect of intercepted solar radiation on sunflower oil fatty composition. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 149, p.213-222, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: Embrapa - Soja, 1997. 24 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.

EVANS, K. J.; NYQUIST, W. E.; LATIN, R. X. A model based on temperature and leaf wetness duration for establishment of *Alternaria* leaf blight of muskmelon. **Ecology and Epidemiology**, Manhattan, KS, v. 82, n. 8, p. 890-895, 1992.

FAGUNDES, J. D. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.987-993, jul-ago, 2007.

FAGUNDES, M. H. Sementes de girassol: alguns comentários. **Brasília, DF: MAPA/Conab/SUGOF**, 2002.

FAOSTAT. **STATISTIC DIVISION OF FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.htm>>. Acesso em: 16 maio 2013.

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, 2002.

FRANC, G. D.; HARRISON, M. D.; LAHAN, L. K. A simple day-degree model for initiating chemical control of potato early blight in Colorado. **Plant Disease**, St. Paul, outubro, p. 851, 1988.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

GILLESPIE, T. J.; SUTTON, J. C. A predictive scheme for timing fungicide applications to control alternaria leaf blight in carrots. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, n.1, p. 95-99, 1979.

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

GODOY, J. R. de.; FERNANDES, N. G. *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishihara em girassol (*Helianthus annuus* L.): influência da idade da planta na suscetibilidade e na infecção das sementes. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 11, p. 186-197, 1985.

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

GÓMEZ, D. E. et al. Efecto de las variables climáticas sobre las fases de los ciclos de algunas de las enfermedades de girasol en condiciones de campo. [200-]

GRASSINI, P. et al. Responses to short-term waterlogging during grain filling in sunflower. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.101, p.352-363, 2007.

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.

GULYA, T.; RASHID, K. Y.; MASIREVIC, S. M. Sunflower diseases. In: \_\_\_\_\_. Sunflower technology and production. **American Society of Agronomy**, 1ª ed. Madison: 1997. cap. 6. 263-379.

GUSE, F. I. **Produtividade, severidade de mancha de Alternária e deficiência hídrica em diferentes épocas de semeadura do girassol em Santa Maria - RS**. 2009. 50 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HAMADA, E. et al. Spatial and temporal variability of leaf wetness duration in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. spe, p. 26-31, 2008.

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

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

HELDWEIN, A. B. Princípios para implementar alertas agrometeorológicos fitossanitários. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E PREVISÃO DE EPÍFITIAS EM BATATA, 2006. Santa Maria. Anais... Santa Maria: UFSM, 2006. p. 56-89.

HINNAH, F. D. et al. Produção de girassol relacionada à severidade de doenças em anos chuvosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17, 2011, Guarapari-ES. **Anais...** Guarapari: SESC, Centro de Turismo de Guarapari, 2011a.

HINNAH, F. D. et al. Influência da duração do molhamento foliar na severidade da mancha de septória em girassol. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 26, 2011, Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria, UFSM, 2011b.

IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil.** Setembro 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201304.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304.pdf)>. Acesso em 27 maio 2013.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas.** Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 05 jul. 2013.

INTA. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria. Resultados evaluación de cultivares tradicionales, calidades especiales y Clearfield ® em Reconquista e Villa Campo. **Revista Voces y Ecos**, Buenos Aires, n. 8, p. 8-13, 2013.

ISLAM, U.; MARIC, A. Contribution to the studies on the biology, epidemiology and resistance of sunflower to *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki. Nishihara. **Zastita bilja**, Zagreb, v. 31, n. 1, p. 35-49, 1980.

JANSSEN, P. H. M.; HEUBERGER, P. S. C. Calibration of process – oriented models. **Ecological Modelling**, Towson, v. 83, n. 1-2, p. 55-56, 1995.

KHAN, S. N.; *Macrophomina phaseolina* as causal agent for charcoal rot of sunflower. **Institute of Mycopatology & Plant Pathology**, Lahore, v. 5, n. 2, 2007.

KIM, K. S. et al. Model to enhance site-specific estimation of leaf wetness duration. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 2, p. 179-185, 2002.

LEITE, R. M. V. B. C.; Doenças do girassol. In: KIMATI, H.; AMORIM, L. BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. Volume 2: doenças das plantas cultivadas. 3 ed. São Paulo, Agrônômica Ceres, 2005, cap. 40, p.409-422.

LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo da mancha de *Alternária* em girassol. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 193-200, 2002a.

LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Elaboração e validação de escala diagramática para mancha de *Alternária* em girassol. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.28, p.14-19, 2002b.

LEITE, R. M. V. B. de C.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Relationships of disease and leaf area variables with yield in the *Alternaria helianthi*–sunflower pathosystem. **Plant Pathology**, London, v. 55, n. 1, p. 73-81, 2006.

LEITE, R. M. V. B. de C.; OLIVEIRA, M. C. N. de; Agrupamento de genótipos de girassol pela reação à mancha de *Alternaria (Alternaria helianthi)* e produtividade. In: Reunião Nacional da Pesquisa do Girassol, 18, 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p. 59-65.

LEITE, R. M. V. B. de C. Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja. Londrina: **Embrapa Soja. Comunicado Técnico**, v. 76, 2005.

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

LENTZ, D. L. et al. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, Nova Iorque, v. 55, n. 3, p. 370-376, 2001.

LOOSE, L. H. et al. Influência da duração do molhamento foliar na severidade da mancha de septória em girassol. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 26, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2011. 1 CD-ROM.

LOOSE, L. H. et al. Severidade de ocorrência das manchas de alternária e septoriose em girassol semeado em diferentes épocas no Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 282-289, 2012.

LOOSE, L. H. Emergência e crescimento inicial de plantas de girassol sob excesso hídrico. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

LOS, C. J. Mensagem pessoal. Mensagem recebida por <fhinnah@bol.com.br> em 18 out. 2013.

LUCAS, D. D. P. et al. Produtividade de girassol em diferentes épocas de semeadura em Santa Maria – RS. In: Reunião Nacional da Pesquisa do Girassol, 18, 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p. 266-273.

LUCAS, D. D. P. **Simulação de injúria foliar por granizo em diferentes estágios fenológicos de plantas de girassol e seu efeito na produção.** 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MADDEN, L.; PENNYPACKER, S. P.; MACNAB, A. A. FAST, a Forecast System for *Alternaria solani* in Tomato. **Disease Control and Pest Management**, St. Paul, v.68, p. 1354-1358, n. 9, 1978.

MAGAREY, R. D. et al. Surface wetness duration under controlled environmental conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v.128, p.111-122, 2005.

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

MALDANER, I. C. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica na cultura do girassol na região Central do Rio Grande do Sul.** 2012. 141 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

MALDANER, I. C. et al. Primeiro relato de Septoria helianthi em girassol no Brasil. In: Reunião Nacional da Pesquisa do Girassol, 18, 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p. 282-287.

MALDANER, R. L. et al. Estimativa da temperatura base da emergência - início da antese em girassol. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 26, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2011. 1 CD-ROM.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Agrícola para a cultura de girassol no Estado do Rio Grande do Sul, ano-safra 2013/2014**. Portaria nº 110, de 12 de julho de 2013. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/anexos/arquivos/1196654.pdf>>.

MATHIVANAN, N.; PRABAVATHY, V. R. Effect of carbendazim and mancozeb combination on *Alternaria* leaf blight and seed yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, Berlin, v. 40, n. 2, p. 90-96, 2007.

MESTA, R. K. **Epidemiology and management of *Alternaria* blight of sunflower caused by *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki and Nishihara**. 2006. Tese (Doutorado) - University Of Agricultural Sciences, Dharwad, Índia.

MONTEITH, J. L. Evaporation and environment: the state and movement of water in living organisms. **Symposium Society for Experimental Biology**, Nova Iorque, 19, 205–234, 1965.

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

MORAIS, D. C. M. et al.. Ação cicatrizante de substâncias ativas: d-pantenol, óleo de girassol, papaína, própolis e fator de crescimento de fibroblastos. **Foco: Caderno de Estudos e Pesquisas**, Mogi Guaçu, v. 4, p. 83-98, 2013.

MOREIRA, M. A. B. et al. Ocorrência de doenças fúngicas associadas a diferentes genótipos de girassol no estado do Rio Grande do Norte. In: Reunião Nacional da Pesquisa do Girassol, 18, 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p. 317-323.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: Mecanismos de Resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.) **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 820-828.

PASCHOLATI, S. F.; Fitopatógenos: Arsenal Enzimático. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.) **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 820-828.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia. Fundamentos e Aplicações Práticas**. Livraria e Editora Agropecuária, 1 ed. Piracicaba: Guaíba, 2001. 478 p.

PEREYRA, V. R.; ESCANDE, A. R. **Enfermedades del girasol en la Argentina: manual de reconocimiento**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1994.

PRATHUANGWONG, S.; CHARLEEPRAOM, W.; SOMMARTYA, T. Sunflower diseases in some growing areas of Thailand. **Kasetsart Journal**, Bangkok, v. 23, n. 3, p. 287-304, 1989.

RADONS, S. Z. et al. Chuva, irrigação e severidade de ocorrência de mancha de septória em girassol. In: Reunião Nacional da Pesquisa do Girassol, 18, 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p. 317-323.

RADONS, S. Z. **Severidade de ocorrência de mancha de septória e produtividade do girassol irrigado**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

RADONS, M. Z. et al. Severidade de doenças e produtividade do girassol em função do controle de doenças gerenciado pelo sistema SP-SEPTG. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 25, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2010. 1 CD-ROM.

RADONS, S. Z. **Análise numérica de risco climático de ocorrência de requeima na cultura da batata na região central do rio grande do sul**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2012.

REIS, E. M (Org.). **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004, 316 p.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; FORCELINI, C. A. Fitopatometria. In: REIS, E. M (Org.) **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004, cap. V, p. 141–153.

RIBEIRO, M. de F. dos S.; RAIHER, A. P. Desempenho econômico da cultura do girassol em sistemas de agricultura familiar do sudeste paranaense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 786-791, mai, 2013.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Quantifying sothern oscillation-precipitation relationships. **Journal of Climate**, Boston, v.9, p.1043,1059, 1996.

SALUSTIANO, M. E.; MACHADO, J. da C.; PITTIS, J. E. Pathogenicity of *Alternaria helianthi* (Hansf.) and *Alternaria zinniae* (Pape) on sunflower seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 138-143, 2005.

SCALOPPI, E. A. G. **Desenvolvimento de um sistema de previsão de septoriose do tomateiro – PREVSEPT.** 1999. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1999.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p. 901-903, nov/dez, 1981.

SENTELHAS, P. C. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais da sua medida, variabilidade espacial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith.** 2004. 162 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2004.

SENTELHAS, P. C.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; FELÍCIO, J. C. Estimativa da duração do período de molhamento para o trigo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.117-122, 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. et al. Aspectos climáticos relacionados a mancha de alternaria em cultivares de girassol. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 464-469, 1996.

SHEAFFER, C. C.; McNEMAR, J. H.; CLARK, N. A. Potential of sunflowers for silage in double-cropping systems following small grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.4, p.543-546, 1977.

SILVA, J. R. da. et al. Quantificação da severidade de mancha de septória conforme o número de horas de molhamento foliar. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 27, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2012.

SILVA, M. R. da. et al. Desempenho de cultivares de girassol em área irrigada sob semeadura direta em Barra – BA. In: Reunião Sulamericana para manejo e sustentabilidade da Irrigação em Regiões Áridas e Semiáridas, 2, 2011, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas, BA, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011.

SILVA, J. C. et al. Funções de distribuição de probabilidade decendial e mensal para a deficiência hídrica no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p.1893-1899, 2008.

SILVA, R. A. et al. Defesa de plantas contra o ataque de fitopatógenos. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia. Documentos**, v. 250, 2008.

SKORIC, D. Achievements and future directions of sunflower breeding. **Field Crops Research**, Madison, v. 30, n. 3, p. 231-270, 1992.

SMIDERLE, O. J. et al. Época de plantio de girassol nos cerrados de Roraima. IN: XVI REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL; IV SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL. **Anais...** Embrapa Documentos 261, Embrapa Soja, p. 98-100, 2005.

STEFFLER, L. J. **Previsão e controle da mancha-púrpura da cebola**. 2001. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Passo Fundo, Passo Fundo, 2001, 69p.

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

STRECK, L. **Determinação da duração do período de molhamento foliar em cultivos de batata**. 2006. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

STRECK, N. A. et al. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1553-1561, dez, 2009.

SUTTON, J. C.; GILLESPIE, T. J.; HILDEBRAND, P. D. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Plant Disease**, St. Paul, v. 30, n. 1, p. 553-577, 1984.

THOMAZ, G. L. et al. Produção do girassol e teor de óleo nas sementes em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 203-208, 2012a.

THOMAZ, G. L. et al. Produção do girassol e teor de óleo nos aquênios em função da temperatura do ar, precipitação pluvial e radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 8, p. 1380-1385, 2012b.

THOMAZ, G. L. **Comportamento de cultivares de girassol em função da época de semeadura na região de Ponta Grossa, PR**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

TRENTIN, G. **Parâmetros de irrigação por análise numérica para a cultura do milho na região central do Rio Grande do Sul.** 2009. 192f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

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. 203-220.

WEBSTER, J. **Introduction to fungi.** 2 ed. Cambridge:UK, Cambridge University Press, 1986.

YASUMOTO, S.; et al. Effects of high water table and short-term flooding on growth, yield and seed quality of sunflower. **Plant Production Science**, Nagoya, v.14, n.3, p.233-248, 2011.

## APÊNDICES

Apêndice A- Identificação do patógeno *Alternaria helianthi* dos experimentos a campo no Departamento de Fitotecnia. Realizada no Laboratório de Fitopatologia da UFSM.

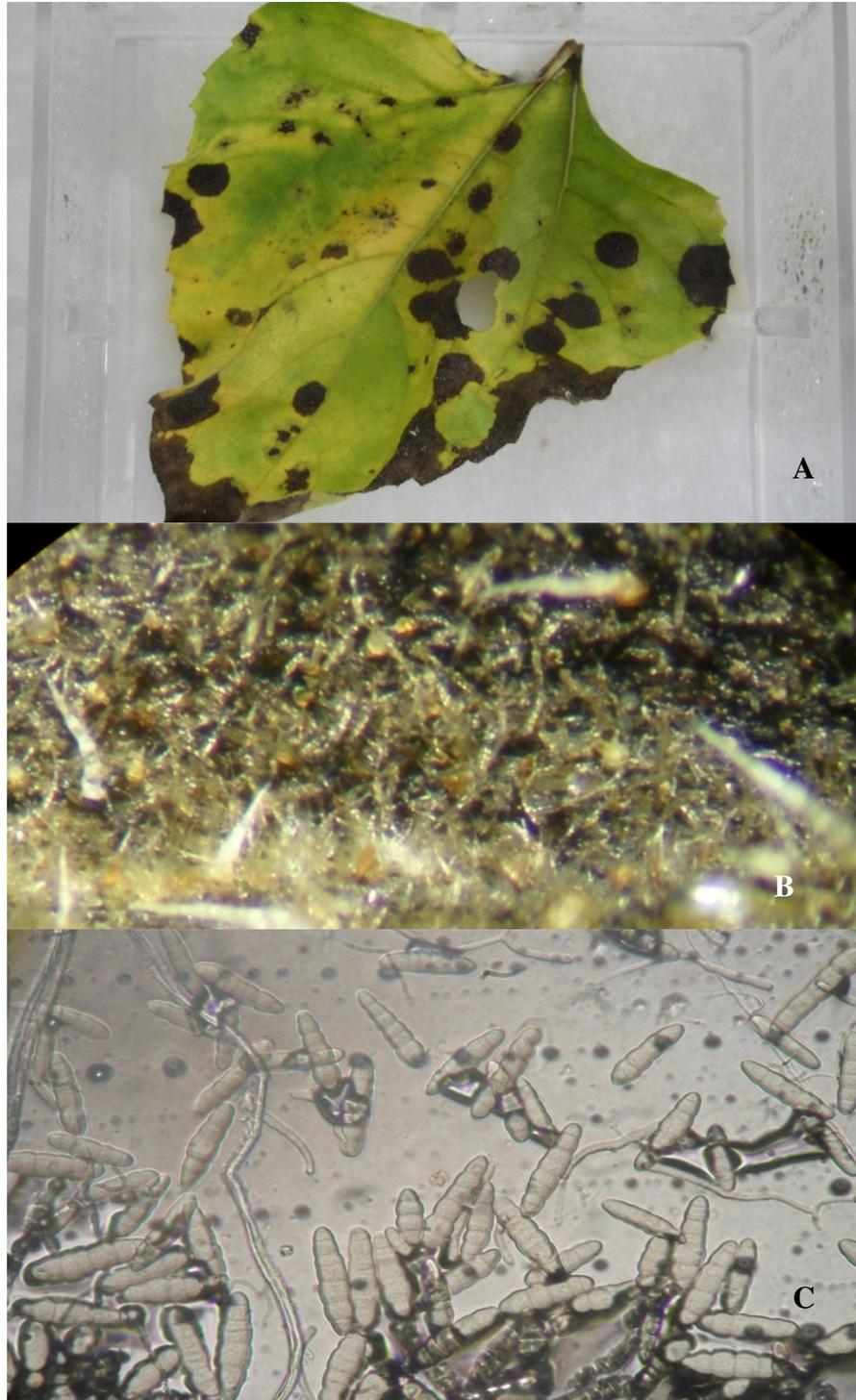


Figura 9- Aspecto da folha de girassol com sintomas de mancha de alternária, apresentando manchas similares a um alvo, características do patógeno (A). Visualização dos conídios em lupa com aumento de 20x (B). Visualização dos conídios em microscópio óptico com aumento de 400x (C). Fonte: HINNAH, F. D. (2012).

**Apêndice B- Identificação do patógeno *Septoria helianthi* dos experimentos a campo no Departamento de Fitotecnia. Realizada no Laboratório de Fitopatologia da UFSM.**



Figura 10- Sintomas de mancha de septória em folha de girassol (A). Visualização de conídios de *Septoria helianthi* em microscópio ótico com 400x de aumento (B). Fonte: HINNAH, F. D. (2012).

## **Apêndice C- Geração e teste dos modelos de estimativa da severidade das manchas foliares causadas por *Alternaria helianthi* e *Septoria helianthi* em girassol.**

Para a geração do modelo de previsão das manchas foliares de alternária e septória em girassol foram utilizados dados provenientes de seis experimentos de épocas de semeadura, em Santa Maria. Todos os experimentos foram realizados no Departamento de Fitotecnia da UFSM, sendo iniciados no ano agrícola 2007/2008, e finalizados no ano agrícola 2012/2013. Dados provenientes destes experimentos, conduzidos primeiramente por Guse (2009) e posteriormente pelos demais membros do grupo de estudos foram gentilmente cedidos para a realização deste trabalho. Resultados a cerca destes podem ser encontrados em Loose et al. (2012), Lucas et al. (2009), Maldaner et al. (2011), Hinnah et al. (2011a e b).

Os experimentos constaram de sete datas de semeadura, sendo as semeaduras realizadas sempre no início dos meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, totalizando 42 datas de semeadura nos seis anos agrícolas. Em cada uma das semeaduras realizou-se a adubação e correção do solo com base na análise química do solo (CQFS, 2004). Outras medidas foram realizadas nos experimentos, como pode ser aferido em Loose et al. (2012), para determinações de outras variáveis relacionadas as manchas foliares. Para a quantificação da severidade das manchas de alternária e septória procedeu-se a avaliação visual realizada com o auxílio da escala diagramática desenvolvida por Leite e Amorim (2002b)(Anexo A). Quatro plantas por parcela foram avaliadas com um intervalo máximo de sete dias, totalizando dezesseis plantas por data de semeadura. As plantas avaliadas foram marcadas ao acaso, das fileiras centrais de cada uma das unidades experimentais, para que houvesse homogeneidade quanto às condições micrometeorológicas. Em cada uma das plantas observou-se, separadamente, os terços inferior, mediano e superior, aos quais foi atribuído um valor percentual de área foliar afetada. A partir destes valores realizou-se a média de cada planta, e em sequencia obteve-se a média de cada parcela e posteriormente a média dos híbridos.

Do total de quarenta e duas datas de semeadura (devido a diferentes condições adversas à germinação, emergência ou estabelecimento inicial das plantas, ou danos por granizo ou acamamento por vendaval) obteve-se um total de 30 datas de semeadura em que as plantas foram avaliadas durante todo o ciclo e que então foram utilizadas na geração ou no teste do modelo, separadamente. Das avaliações destas 30 datas, 14 foram utilizadas na

geração do modelo, e as demais 16 abrangeram o teste para sua validação. Na figura 11 são apresentados os testes realizados nas diferentes datas de semeadura. Para a semeadura de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro obteve-se um total de 2, 4, 5, 6, 5, 4 e 4 repetições, respectivamente.

Com a experiência de outros trabalhos como o de Leite e Amorim (2002a), Sentelhas et al. (1996), Hinnah et al. (2011a), Hinnah et al. (2011b), Radons (2010) e Radons et al. (2010) e das instruções de Reis (2004), em que percebeu-se a interação entre o molhamento foliar e a temperatura do ar como determinantes destas manchas foliares, resolveu-se utilizar como base o sistema FAST (MADDEN; PENNYPACKER; McNAB, 1978) desenvolvido para tomateiro, adaptando-o para as manchas de alternária e septória. O sistema FAST utiliza valores horários em que a umidade relativa do ar é maior do que 90% ( $UR > 90\%$ ) como determinadores do tempo de molhamento foliar, e a temperatura durante este período para determinar a severidade provável das manchas foliares. Além destas variáveis meteorológicas, também incluiu-se a chuva como agente dispersante da doença, e amplificador de sua agressividade devido as observações de Sentelhas (1996) e Radons (2010), além de uma proposta de modelização para previsão de severidade de manchas de septória para girassol obtidos por Radons et al. (2010). Então gerou-se um algoritmo que utilizou as condicionantes apresentadas na tabela 1 (pg. 32) para acumular os valores de severidade calculada acumulados (VSCA), acrescido de um fator adimensional de potencialização em 1,5 em casos de precipitação pluvial superior a 20 mm em 24h. Portanto, nos dias em que a precipitação pluvial foi superior a 20 mm, o VSCA conforme a tabela 1 foi multiplicado por 1,5, ou seja, aumentado em 50%.

Posteriormente seguiu-se a validação deste algoritmo, para que o mesmo pudesse ser utilizado no cálculo dos VSCA desde o ano de 1968 até 2011, na região de Santa Maria. Realizou-se os cálculos da raiz do quadrado médio do erro (RQME) (JANSSEN; HEUBERGER, 1995) para as observações entre o valor calculado e o real observado no estádio fenológico R6 (final da antese) e com a severidade final observada. Os valores de RQME obtidos foram de 9,01 e 14,87, respectivamente.

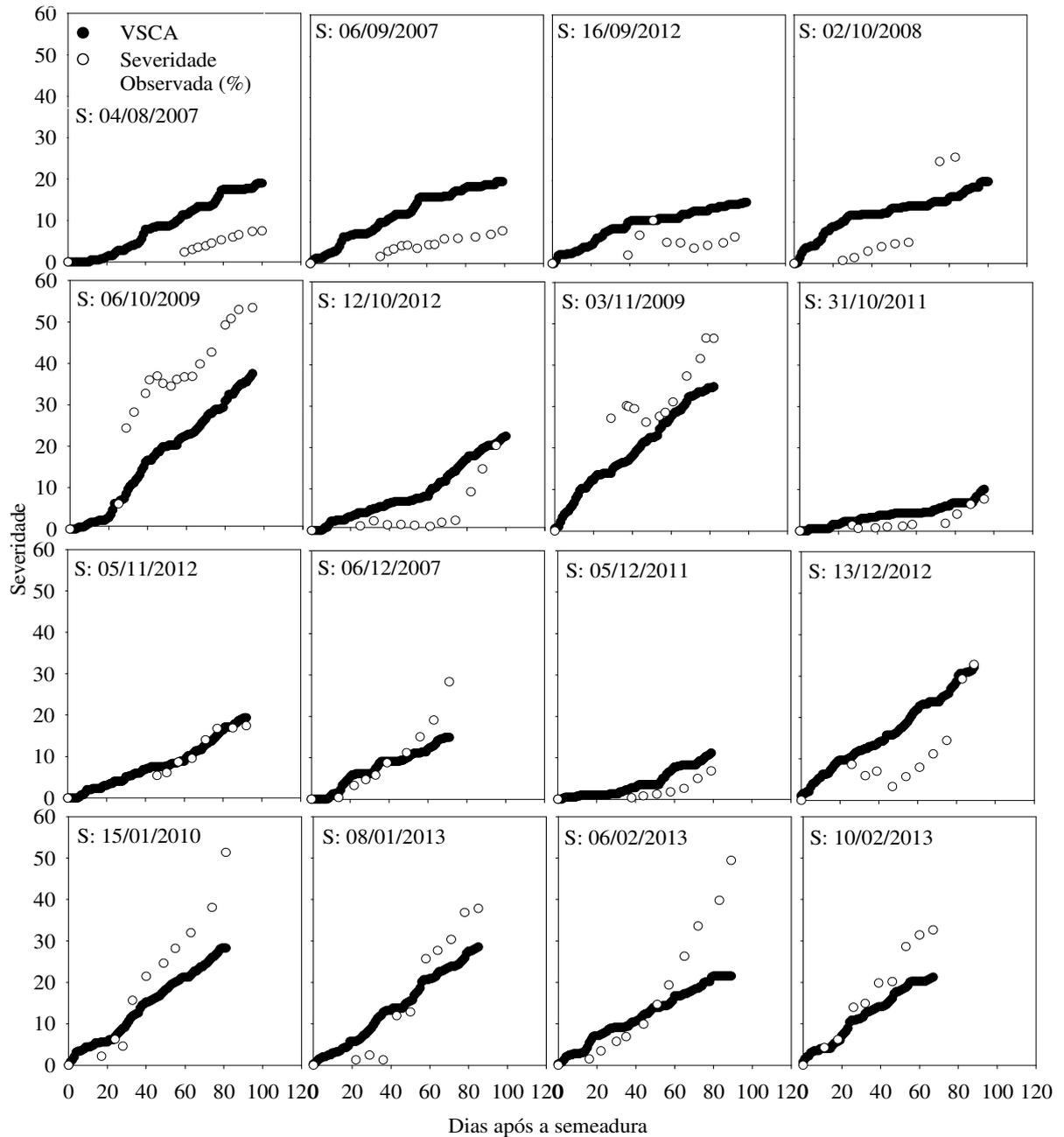
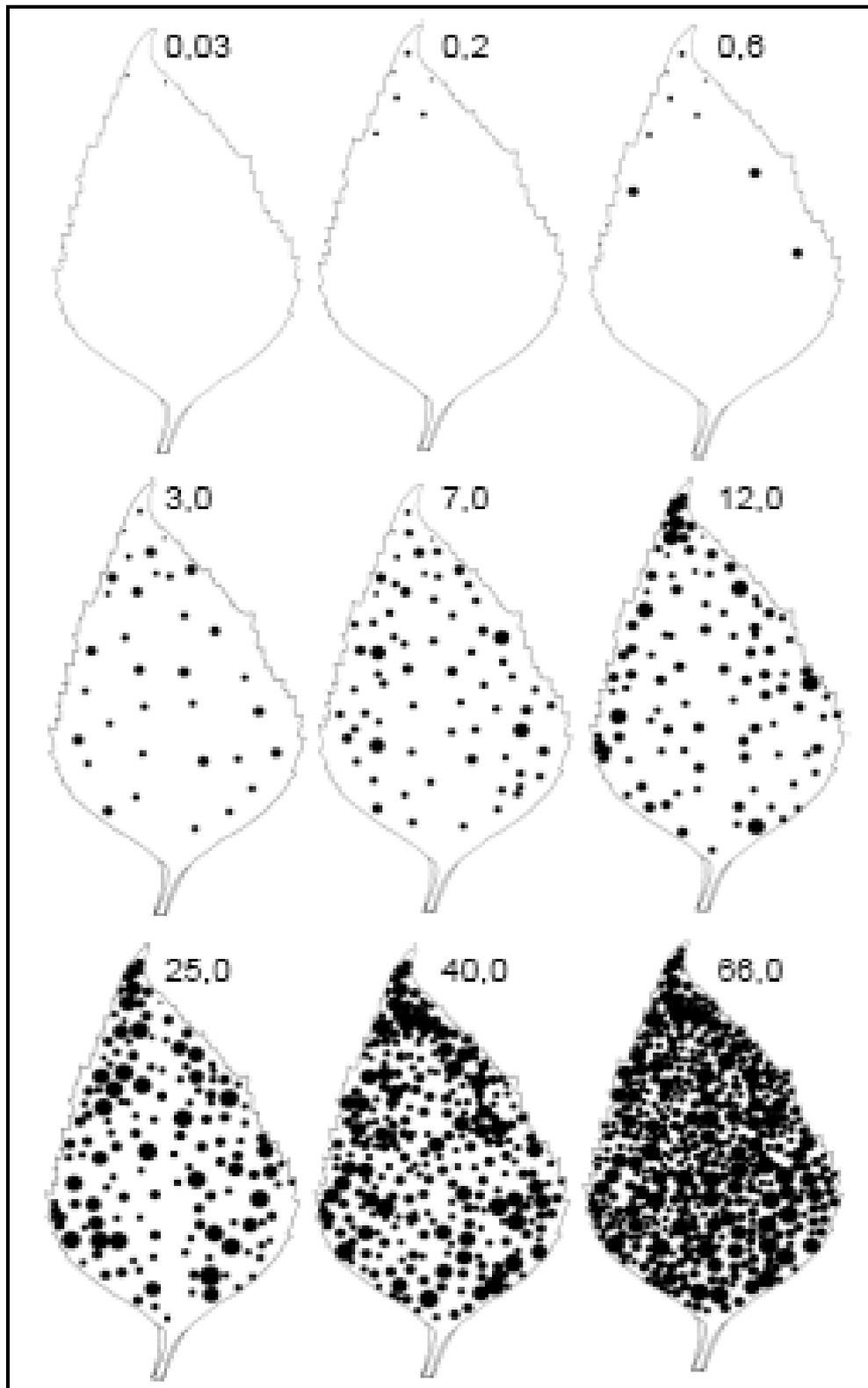


Figura 11-Testes do modelo de previsão de manchas foliares em girassol, a partir da interação entre dados de molhamento foliar ( $UR > 90\%$ ), temperatura do ar durante o molhamento foliar e precipitação pluvial. Santa Maria, RS, 2014.

## ANEXOS

Anexo A- Escala diagramática para avaliação da mancha de alternária em girassol. Valores em porcentagem da área foliar com sintomas (lesões necróticas e halo clorótico). (LEITE; AMORIM, 2002b).



**Anexo B- Classificação dos anos agrícolas em função dos fenômenos ENOS no período de 1968 a 2013. Santa Maria, RS, 2014.**

Ano <sup>1</sup>	Classificação <sup>2</sup>	Ano	Classificação	Ano	Classificação
1968-1969	EN	1983-1984	NT	1998-1999	LN
1969-1970	EN	1984-1985	LN	1999-2000	LN
1970-1971	LN	1985-1986	NT	2000-2001	LN
1971-1972	LN	1986-1987	EN	2001-2002	NT
1972-1973	EN	1987-1988	EN	2002-2003	EN
1973-1974	LN	1988-1989	LN	2003-2004	NT
1974-1975	LN	1989-1990	NT	2004-2005*	NT
1975-1976	LN	1990-1991	NT	2005-2006	NT
1976-1977	EN	1991-1992	EN	2006-2007	EN
1977-1978	EN	1992-1993	NT	2007-2008	LN
1978-1979	NT	1993-1994	NT	2008-2009	NT
1979-1980	NT	1994-1995	EN	2009-2010	EN
1980-1981	NT	1995-1996	LN	2010-2011	LN
1981-1982	NT	1996-1997	NT	2011-2012	LN
1982-1983	EN	1997-1998	EN	2012-2013	LN

<sup>1</sup> De julho de um ano até junho do ano seguinte; <sup>2</sup> La niña (LN), El niño (EN) e Neutro (NT); \*O ano em questão classificado como El Niño, porém como registrou condições meteorológicas de escassez de chuva, foi utilizado nas análises como NT. Fonte: Climate Prediction Center (2014).