

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

**Angélica Marian da Silva**

**VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS RELACIONADAS AO INÍCIO DA  
EPIDEMIA CAUSADA POR *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA**

**Santa Maria, RS  
2018**



Angélica Marian da Silva

**VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS RELACIONADAS AO INÍCIO DA  
EPIDEMIA CAUSADA POR *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, RS  
2018

Silva, Angélica Marian da  
Variáveis meteorológicas relacionadas ao início da  
epidemia causada por *Phakopsora pachyrhizi* em soja /  
Angélica Marian da Silva.- 2018.  
179 f.; 30 cm

Orientador: Alessandro Dal'Col Lúcio  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2018

1. Ferrugem asiática 2. Temperatura 3. Precipitação 4.  
Análise de trilha 5. Análise de componentes principais  
I. Lúcio, Alessandro Dal'Col II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Angélica Marian da Silva. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Santo Hilário, n. 236, Bairro Camobi, Santa Maria, RS. CEP: 97105-370

Fone: (55) 9 9987.1658; E-mail: agronomaangelica@gmail.com

Angélica Marian da Silva

**VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS RELACIONADAS AO INÍCIO DA EPIDEMIA  
CAUSADA POR *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

**Aprovado em 02 de março de 2018:**

  
Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

  
Ivan Francisco Dressler da Costa, Dr. (UFSM)

  
Ricardo Silveiro Balardin, Dr. (UFSM)

  
Claiton Ruviaro, Dr. (URI - Campus Santiago)

  
Marcelo Grippa Madalosso, Dr. (URI - Campus Santiago)

Santa Maria, RS  
2018



## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Irineo e Roseli, exemplos de amor, trabalho, dedicação e fé!*





## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelas oportunidades, pela força e coragem para sempre seguir em frente.

A minha família, em especial aos meus pais, Irineo José da Silva e Roseli Marian da Silva, e ao meu irmão Gabriel, pelo apoio incondicional, pelas palavras de conforto e incentivo nos momentos difíceis e pelo carinho a cada reencontro.

Ao meu noivo Reges Stefanello, pelo amor, companheirismo, paciência e por tornar meus dias infinitamente mais leves e alegres.

Aos meus orientadores Alessandro Dal'Col Lúcio e Ricardo Silveiro Balardin, pela orientação, por todos os ensinamentos transmitidos, pelo apoio e por terem contribuído na minha formação profissional e pessoal.

À Universidade Federal de Santa Maria, aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia e à Capes, pelo suporte e apoio financeiro para a realização deste trabalho.

À Clarice Rubin Balardin, diretora do Instituto Phytus e à brilhante equipe de funcionários e colaboradores por toda ajuda, não só na realização do trabalho, mas também, por todos os momentos compartilhados durante esses cinco anos.

Aos queridos amigos, Cássio Vielmo Bem, obrigada pela grande amizade e lealdade em todos esses anos, ao Juliano Claro Kurz, pela amizade, palavras de incentivo e pela tua motivação de sempre, ao Giovanni Facco, Caroline Peixoto e Tiago Olivoto pela disponibilidade, ajuda e contribuições.

Aos professores membros da banca, Claiton, Marcelo e Ivan, pela disponibilidade e pela contribuição que cada um de vocês teve para que eu chegasse até aqui.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho. Muito obrigada!



*Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.*

*(Marthin Luther King)*



## RESUMO

### VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS RELACIONADAS AO INÍCIO DA EPIDEMIA CAUSADA POR *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA

AUTORA: Angélica Marian da Silva  
ORIENTADOR: Alessandro Dal'Col Lúcio

A ferrugem asiática da soja é causada pelo patógeno *Phakopsora pachyrhizi* que se desenvolve e dissemina-se rapidamente em condições ambientais ideais de umidade e temperatura. A literatura carece de informações sobre a relação existente entre esses fatores e o aparecimento do primeiro sintoma da doença devido, principalmente, a dificuldade de realização deste tipo de experimento a campo. Com auxílio das metodologias estatísticas de correlação de Pearson ( $r$ ), análise de trilha e análise de componentes principais (ACP) o objetivo desse trabalho foi identificar quais variáveis meteorológicas são determinantes para o aparecimento do primeiro sintoma visível da doença utilizando períodos de dias anteriores a sua identificação a campo. O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, na estação experimental do Instituto Phytus, localizada no município de Itaara, RS. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com quatro repetições, em um fatorial 5x2. O fator A constituído por cinco épocas de semeadura e o fator C por duas cultivares de soja. As observações meteorológicas referentes a precipitação e temperatura, foram obtidas diariamente com auxílio da estação meteorológica de superfície automática. As variáveis explicativas avaliadas, referentes a precipitação, foram: precipitação acumulada em milímetros (mm) (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm) e referentes a temperatura, foram avaliadas: temperatura mínima média do período (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15-25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperaturas mínimas inferiores a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperaturas mínimas superiores a 25°C (NdTemp>25°C), e por fim, a umidade relativa média (URMédia). A variável principal utilizada foi a data do aparecimento do primeiro sintoma, expressa em dias após a emergência (DAE). Os períodos utilizados no cálculo das variáveis meteorológicas foram 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias anteriores ao aparecimento do primeiro sintoma da doença. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Genes, Microsoft OfficeExcel e Minitab. Verificou-se que as cultivares não apresentaram diferenças expressivas quanto as variáveis analisadas. As observações meteorológicas que compreenderam períodos superiores a 10 dias foram as que melhor caracterizaram o início da epidemia. A precipitação favoreceu a antecipação dos sintomas de forma direta e indiretamente através Ndm1mm, Nd26-50mm e a temperatura mínima média foi determinante na safra 2016/17 atuando direta e indiretamente sobre a variável principal. As variáveis meteorológicas de maior contribuição para o aparecimento do primeiro sintoma de *P. pachyrhizi* na cultura da soja, identificadas pela técnica de componentes principais, foram o número de dias sem precipitação, número de dias com menos de um mm, número de dias com precipitação entre 1 e 25mm e 26 e 50mm e número de dias com temperatura entre 15 e 25°C.

**Palavras-chave:** Ferrugem asiática. Temperatura. Precipitação. Análise de trilha. Análise de componentes principais.



## ABSTRACT

### ANALYSIS OF METEOROLOGICAL OBSERVATIONS RELATED TO THE APPEARANCE OF THE FIRST SYMPTOM CAUSED BY *Phakopsora pachyrhizi* IN SOYBEAN

AUTHOR: Angélica Marian da Silva  
ADVISOR: Alessandro Dal'Col Lúcio

Asian soybean rust is caused by the pathogen *Phakopsora pachyrhizi* that develops and spreads rapidly under ambient conditions of humidity and temperature. The literature lacks information about the relationship between these factors and the appearance of the first symptom of the disease due mainly to the difficulty of performing this type of field experiment. The objective of this work was to identify which meteorological variables are determinant for the appearance of the first visible symptom of the disease using periods of days prior to Pearson (r) correlation, track analysis and principal component analysis field. The experiment was carried out in the agricultural years of 2015/16 and 2016/17, at the experimental station of the Phytus Institute, located in the municipality of Itaara, RS. The experiment was conducted in randomized blocks, with four replicates, in a factorial 5x2. Factor A consisting of five sowing seasons and factor C by two soybean cultivars. The meteorological observations concerning precipitation and temperature were obtained daily with the help of the automatic surface meteorological station. The cumulative precipitation in mm (PrecAcum), number of days without precipitation (NdSP), number of days with less than one mm (NdM1mm), number of days with precipitation between 1 and 25mm (Nd1-25mm), number of days with precipitation between 26 and 50mm (Nd26-50mm), number of days with precipitation between 51 and 75mm (Nd51-75mm) and referring to temperature were evaluated: mean temperature (NdTemp <15°C), number of days with minimum temperatures above 15°C (NdTemp >15°C), number of days with minimum temperatures between 15-25°C (NdT15-25°C), number of days with minimum temperatures below 25°C (NdTemp <25°C), and, finally, the average relative humidity (URMédia). The main variable used was the date of the appearance of the first symptom, expressed in days after the emergency (AED). The periods used in the calculation of the meteorological variables were 5, 7, 8, 10, 11, 14 and 20 days prior to the appearance of the first symptom of the disease. Statistical analyzes were performed using Genes, Microsoft Office Excel and Minitab software. It was verified that the cultivars did not present expressive differences as the variables analyzed. The meteorological observations that included periods longer than 10 days were the ones that best characterized the beginning of the epidemic. The precipitation favored the anticipation of the symptoms directly and indirectly through Ndm1mm, Nd26-50mm and the average temperature was determinant in the 2016/17 crop, acting directly and indirectly on the main variable. The meteorological variables of greatest contribution to the appearance of the first symptom of *P. pachyrhizi* in the soybean crop, identified by the main components technique, were the number of days without precipitation, number of days with less than one mm, number of days with precipitation between 1 and 25mm and 26 and 50mm and number of days with a temperature between 15 and 25°C.

**Keywords:** Asian rust. Temperature. Precipitation. Path analysis. Principal component analysis.





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mínimo, máximo, média e coeficiente de variação (CV%) para a variável dias após a emergência (DAE) do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	42
Figura 2 - Mínimo, máximo e média para a variável precipitação acumulada (PrecAcum) em mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	44
Figura 3 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias sem precipitação (NdSP), nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	45
Figura 4 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com menos de 1mm (Ndm1mm) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR na safra 2015/16 .....	46
Figura 5 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com precipitação entre 1-25mm nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	47
Figura 6 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com precipitação entre 26-50mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	48
Figura 7 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com precipitação entre 51-75mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	49
Figura 8 - Mínimo, máximo e média para a variável temperatura mínima média, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	50
Figura 9 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com temperatura entre 15 e 25°C, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	51

Figura 10 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com temperatura inferior a 15 °C, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11,14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	52
Figura 11 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com temperatura superior 25 °C nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11,14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR na safra 2015/16 e 2016/17 .....	53
Figura 12 - Mínimo, máximo e média para a variável umidade relativa média do ar nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11,14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17 .....	54

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Data de semeadura e emergência em cinco épocas e duas safras agrícolas .....	38
Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra de 2015/16 em 5 épocas de semeadura e duas cultivares de soja.....	57
Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima maior que 25°C (NdTemp>25°C), umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra de 2016/17 em 5 épocas de semeadura e duas cultivares de soja.....	61
Tabela 4 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a primeira época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16 ....	65
Tabela 5 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C	

(NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima menor que 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima maior que 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a segunda época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16 ... 68

Tabela 6 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a terceira época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16 ... 72

Tabela 7 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quarta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16 .. 75

Tabela 8 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quinta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16 ... 80

Tabela 9 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C

(NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia), referente a primeira época de semeadura das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17 .....84

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia), referente a segunda época de semeadura das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17 .....88

Tabela 11 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia), referente a terceira época de semeadura das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17 .....91

Tabela 12 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quarta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17 ....98

Tabela 13 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quinta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17 ..103

## CAPÍTULO II

Tabela 1 - Data de semeadura e emergência em cinco épocas e duas safras agrícolas .....	114
Tabela 2 - Pesos das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na primeira e segunda épocas de semeadura da safra de 2015/16 em duas cultivares de soja .....	117
Tabela 3 - Peso das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na terceira, quarta e quinta épocas de semeadura da safra de 2015/16 em duas cultivares de soja .....	123
Tabela 4 - Peso das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima maior que 25°C (NdTemp>25°C), umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na primeira e segunda épocas de semeadura da safra de 2016/17 em duas cultivares de soja .....	127
Tabela 5 - Peso das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11,	

14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi* na terceira, quarta e quinta épocas de semeadura da safra de 2016/17 em duas cultivares de soja ..... 131





## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACP	Análise de Componentes Principais
CV	Coefficiente de variação
DAAPSV	Dias anteriores ao aparecimento do primeiro sintoma visível
DAE	Dias após a emergência
g	Grama
há	Hectare
Kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
NdM1mm	Número de dias com menos de 1mm
NdTemp<15°C	Número de dias com temperatura inferior a 15°C
NdT15-25°C	Número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C
NdTemp>25°C	Número de dias temperatura superior a 25°C
Nd1-25mm	Número de dias com precipitação entre 1 e 25mm
Nd26-50mm	Número de dias com precipitação entre 26 e 50mm
Nd51-75mm	Número de dias com precipitação entre 51 e 75mm
NdSP	Número de dias sem precipitação
PrecAcum	Precipitação acumulada
S	Sul
TempMédia	Temperatura média
URMédia	Umidade relativa média do ar
W	Oeste
°C	Graus celsius



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>27</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>29</b>
2.1	FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA .....	29
2.1.1	Origem e importância econômica .....	29
2.1.2	Etiologia e sintomatologia .....	29
2.2	CICLO DA DOENÇA.....	30
2.2.1	Sobrevivência e disseminação.....	30
2.2.2	Infecção, colonização e reprodução .....	31
2.3	EPIDEMIOLOGIA .....	31
2.3.1	Efeito da umidade no desenvolvimento da epidemia.....	32
2.3.2	Efeito da temperatura no desenvolvimento da epidemia.....	32
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO I – ANÁLISE DE TRILHA ENTRE OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS E O APARECIMENTO DO PRIMEIRO SINTOMA PROVOCADO POR <i>PHAKOPSORA PACHYRHIZI</i> EM SOJA</b> .....	<b>35</b>
3.1	RESUMO .....	35
3.2	ABSTRACT.....	35
3.3	INTRODUÇÃO.....	36
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	41
3.6	CONCLUSÕES.....	106
3.7	REFERÊNCIAS .....	106
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO II – VARIABILIDADE DE OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS RELACIONADAS AO APARECIMENTO DO PRIMEIRO SINTOMA PROVOCADO POR <i>PHAKOPSORA PACHYRHIZI</i> EM SOJA</b> .....	<b>111</b>
4.1	RESUMO .....	111
4.2	ABSTRACT.....	111
4.3	INTRODUÇÃO.....	112
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	113
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	116
4.6	CONCLUSÕES.....	135
4.7	REFERÊNCIAS .....	136
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>139</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>141</b>
	<b>APÊNDICE A - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL PRECIPITAÇÃO ACUMULADA</b> .....	<b>149</b>
	<b>APÊNDICE B - FLUTUAÇÃO TEMPORAL DE ESPOROS DE <i>PHAKOPSORA PACHYRHIZI</i> NA ÁREA EXPERIMENTAL SAFRA 2015/16</b> .....	<b>151</b>
	<b>APÊNDICE C - FLUTUAÇÃO TEMPORAL DE ESPOROS DE <i>PHAKOPSORA PACHYRHIZI</i> NA ÁREA EXPERIMENTAL SAFRA 2016/17</b> .....	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE D - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS SEM PRECIPITAÇÃO</b> .....	<b>155</b>
	<b>APÊNDICE E - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM MENOS DE UM MM NOS PERÍODOS</b> .....	<b>157</b>
	<b>APÊNDICE F - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ENTRE 1 E 25MM</b> .....	<b>159</b>
	<b>APÊNDICE G - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ENTRE 26 E 50MM</b> .....	<b>161</b>

APÊNDICE H - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ENTRE 51 E 75MM .....	163
APÊNDICE I - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA .....	165
APÊNDICE J - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM TEMPERATURA MÍNIMA ENTRE 15 E 25°C....	167
APÊNDICE K - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM TEMPERATURA MÍNIMA INFERIOR A 15°C....	169
APÊNDICE L - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM TEMPERATURA MÍNIMA SUPERIOR A 25°C..	171
APÊNDICE M - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL UMIDADE RELATIVA MÉDIA .....	173
APÊNDICE N - RESUMO DAS ANÁLISES DE TRILHA REFERENTE A SAFRA 2015/16.....	175
APÊNDICE O - RESUMO DAS ANÁLISES DE TRILHA REFERENTE A SAFRA 2016/17 .....	177

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma das principais oleaginosas cultivadas no mundo. No Brasil, a expansão e consolidação das novas fronteiras agrícolas no Centro Oeste e Norte do país impulsiona constantemente o setor econômico. O crescente aumento de produtividade da cultura está associado aos avanços científicos e às de novas tecnologias disponíveis aos produtores. Entretanto, alguns fatores interferem na sua produção, como a ocorrência de doenças, dentre elas a ferrugem asiática da soja, capaz de causar perdas que variam de 10 a 80% no rendimento de grãos (YORINORI et al., 2005).

A ferrugem asiática é uma doença policíclica, causada pelo parasita biotrófico *Phakopsora pachyrhizi*. É considerada uma das principais ameaças à produtividade da cultura, devido a sua rápida disseminação e elevado potencial de dano. A doença provoca a queda prematura das folhas, deficiências na formação das vagens e enchimento dos grãos, impactando diretamente na produção da cultura (SOARES et al., 2004; YORINORI; YUYAMA; SIQUERI, 2009).

O estabelecimento e desenvolvimento da doença são processos totalmente dependentes de condições meteorológicas favoráveis, destacando-se, principalmente, precipitação, temperatura e a umidade relativa do ar. E sua disseminação ocorre através do vento, o que facilita a propagação de seus esporos por longas distâncias e acelera ainda mais o processo de infecção (MARCHETTI; MELCHING; BROMFIELD, 1976; ALVES; FURTADO; BERGAMIN, 2006).

A literatura carece de informação sobre a relação existente entre a precipitação e temperatura do ar com o aparecimento do primeiro sintoma da doença. Esse fato está relacionado, principalmente, à dificuldade na condução de experimentos realizados a campo com essa finalidade. A grande maioria dos experimentos são realizados em condições de casa de vegetação, com objetivo de avaliar o efeito das condições ambientais sobre a severidade da doença.

As ferramentas estatísticas, análise de correlação de Pearson ( $r$ ) e análise de trilha são utilizadas quando o objetivo é avaliar o grau de relacionamento entre duas variáveis e analisar as relações de causa e efeito existentes, respectivamente. A primeira ferramenta indica a magnitude e o sentido da correlação, se positivo ou negativo, e a segunda ferramenta possibilita o desdobramento do coeficiente em seus efeitos diretos e indiretos, auxiliando, portanto, na interpretação e na conclusão do

estudo (CRUZ; CARNEIRO, 2003). A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica da estatística multivariada que permite a redução de um grande conjunto de dados com a menor perda possível de informação. Essa análise agrupa os indivíduos do mais explicativo para o menos explicativo, de acordo com sua variação dentro da população (VICINI, 2005).

Diante do exposto acima, o objetivo geral deste trabalho é identificar quais variáveis meteorológicas são determinantes para o início da epidemia de ferrugem asiática na cultura da soja e, ainda, qual o intervalo de dias que representa o início da infecção.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

#### 2.1.1 Origem e importância econômica

A ferrugem asiática é considerada a principal doença da cultura da soja. Causada pelo agente etiológico *Phakopsora pachyrhizi*, descrito pela primeira vez em 1902 no Japão, o fungo rapidamente atingiu os demais continentes. Em 1914, atingiu o continente asiático (REIS; BRESOLIN, 2004). Posteriormente, detectou-se sua presença em países da África do Sul. No Brasil, o fungo entrou através do Paraguai, onde disseminou-se por todas as regiões produtoras de soja, sendo diagnosticado a título de epidemia na safra 2001/02 (YORINORI et al., 2005).

Perdas pela doença foram relatadas em todos os países em que o patógeno foi encontrado (TAN; YU; YANG, 1996; LEVY, 2005). No Brasil, em epidemias severas, os danos foram estimados em até 80% (Yorinori et al., 2005), devido a sua ocorrência generalizada facilmente são registrados elevados níveis de severidade sob condições favoráveis e ausência de controle (AKAMATSU et al., 2013).

O principal dano causado pela ferrugem asiática é a queda prematura das folhas e, conseqüentemente, redução na fotossíntese, crescimento da planta e produção de grãos (JULIATTI; HABE; POLIZEL, 2004). Atualmente, reduções da produtividade pela doença ocorrem em menor magnitude devido as medidas de controle adotadas pelos produtores, como, por exemplo, antecipação da semeadura da soja, adoção de cultivares menos sensíveis ao patógeno, vazio sanitário e uso de fungicidas (SCHERM et al., 2009; GODOY et al., 2012).

#### 2.1.2 Etiologia e sintomatologia

A ferrugem é uma doença policíclica e manifesta-se de forma irregular. É causada pelo fungo pertencente ao gênero *Phakopsora*, divisão Basidiomycota e ordem Uredinales. Duas espécies do gênero *Phakopsora* são descritas como causadoras da ferrugem asiática da soja: *Phakopsora pachyrhizi* e *Phakopsora meibomiae*, sendo essa última causadora da ferrugem americana, a qual ocorre em temperaturas amenas e raramente causa perdas econômicas (SINCLAIR; HARTMAN,

1999). Entretanto, a *Phakopsora pachyrhizi*, devido a sua maior agressividade nas condições ambientais do Brasil, é responsável por grandes reduções na produtividade da soja desde o seu surgimento.

Os uredósporos são produzidos na fase assexual do ciclo de vida do fungo, possuem coloração amarelo-amarronzados, com tamanho entre 18-38µm de comprimento por 13-29µm de largura e parede celular medindo aproximadamente 1µm de espessura (GOELLNER et al., 2010).

A doença pode se manifestar em qualquer estágio fenológico da cultura. Os primeiros sintomas iniciam pelo terço inferior ou médio, evoluindo gradativamente até o topo da planta. Os sintomas característicos da doença são denominados de lesões e são frequentemente encontrados na região da folha mais próxima ao pecíolo, onde há maior acúmulo de orvalho ou água da chuva (RUPE; SCONYERS, 2008). Caracterizam-se por pequenos pontos com cerca de um milímetro de diâmetro e de coloração pardo avermelhada na parte superior da folha. Nas lesões podem existir várias urédias salientes com um poro central de onde são liberados os uredósporos (REIS et al., 2012). Na parte inferior da folha, a lesão apresenta uma pequena elevação no centro com coloração castanho-clara a castanho-escura, que se constitui na pústula (ALMEIDA et al., 1997).

Ao contrário da maioria dos agentes etiológicos de ferrugens, o *P. pachyrhizi* apresenta penetração direta na cutícula com a formação de apressório (BONDE; MELCHING; BROMFIELD, 1976; KOCH; EBRAHIN-NESBAT; HOPPE, 1983). O período de incubação do patógeno leva em torno de 9 a 10 dias, onde se formam as urédias. Os uredósporos são produzidos após três semanas (BALARDIN, 2002).

## 2.2 CICLO DA DOENÇA

### 2.2.1 Sobrevivência e disseminação

*P. pachyrhizi* é um parasita biotrófico, o qual necessita de célula hospedeira viva para sobreviver (GOELLNER et al., 2010). No período de entressafra, sua sobrevivência ocorre em plantas voluntárias ou em hospedeiros alternativos, visto que mais de 105 espécies de plantas já foram relatadas como hospedeiras do fungo (RUPE; SCONYERS, 2008).



Sua disseminação ocorre através dos uredósporos. Contudo, não há um mecanismo de ejeção e a principal forma de liberação e transporte do inóculo é o vento e, também, o impacto das gotas de chuva (ISARD et al., 2005). Em condições controladas, sua sobrevivência é relativamente longa quando comparada ao ambiente, onde os fatores meteorológicos, como temperatura, umidade relativa do ar e a radiação solar, limitam sua sobrevivência (DEL PONTE; ESKER, 2008). A chuva ou mesmo a umidade relativa do ar elevada é responsável pela deposição dos esporos em suspensão sobre a superfície das folhas (ISARD et al., 2005; BARNES; SZABO; BOWERSOX, 2009).

### **2.2.2 Infecção, colonização e reprodução**

Após sua deposição na superfície foliar, no momento em que as condições de temperatura e umidade do ar forem favoráveis, inicia-se o processo de germinação. Forma-se, então, o tubo germinativo. Aproximadamente 6 horas após a infecção, suas extremidades aumentam de tamanho formando o apressório (MELCHING et al., 1989). Este, por sua vez, penetra através da cutícula da folha formando a hifa. Posteriormente à penetração da hifa primária ocorre o colapso das células epidérmicas, o que resultará em pontos necróticos, possibilitando a visualização dos sintomas.

O período latente pode variar de 5 a 12 dias após a infecção (MILES; LEVY; MOREL, 2007; ZAMBENEDETTI et al., 2007). Após 4 semanas haverá toda a produção de urédias oriundas do inóculo primário, após 8 semanas as urédias secundárias e assim sucessivamente, caracterizando uma doença policíclica (MILES; LEVY; MOREL, 2007).

## **2.3 EPIDEMIOLOGIA**

Dentre as condições meteorológicas que mais influenciam o desenvolvimento das doenças em plantas destacam-se a temperatura, a umidade relativa do ar e o molhamento foliar (VALE; JESUS JR.; ZAMBOLIM, 2004). Para o estabelecimento da infecção por *Phakopsora pachyrhizi*, a sequência de eventos que se inicia com germinação dos esporos, crescimento do tubo germinativo, formação do apressório e penetração no hospedeiro para nova infecção são etapas da doença afetadas pelas variáveis meteorológicas (SENTELHAS et al., 2006).

### 2.3.1 Efeito da umidade no desenvolvimento da epidemia

Um dos principais fatores meteorológicos que interferem no progresso da epidemia causada por *P. pachyrhizi* é o molhamento foliar, dado que a umidade é essencial para a germinação e desenvolvimento dos uredósporos (MARCHETTI; MELCHING; BROMFIELD, 1976). Períodos de névoa que favorecem o aparecimento de orvalho são condições extremamente propícias para a infecção (KOCHMAN, 1979).

O patógeno possui uma faixa considerável de temperatura adequada para infecção, sendo assim, a duração do período de molhamento foliar é a variável ambiental que pode limitar a ocorrência do processo de infecção (ALVES; FURTADO; BERGAMIN, 2006). De acordo com Melching et al. (1989), são necessárias no mínimo seis horas de molhamento foliar para que ocorra a germinação dos esporos. Também, Juliatti, Habe e Polizel (2004) descrevem que as condições ideais para o desenvolvimento do fungo são temperaturas em torno de 15 a 20°C e umidade relativa do ar em torno de 75 a 80%.

Já Alves, Furtado e Bergamin (2006) observaram maior intensidade da doença em um período de molhamento foliar superior a 15 horas e temperatura próxima a 20°C. Del Ponte et al. (2006b) observaram forte correlação entre a chuva e a severidade final da doença. Li et al. (2010) também observaram que precipitações e temperatura amena são as condições favoráveis ao desenvolvimento do fungo.

Por outro lado, em temperaturas extremas de 15 e 30° C e umidade relativa elevada (95%) não houve desenvolvimento de ferrugem (CALDWELL et al., 2005). Em condições de campo, as chances de infecção geralmente são maiores durante a noite e início da manhã, pois a umidade relativa e a duração do período de molhamento foliar são maiores durante a noite (PIVONIA; YANG, 2006).

### 2.3.2 Efeito da temperatura no desenvolvimento da epidemia

A temperatura também é um fator importante para o início da epidemia causada por *P. pachyrhizi* e diversos autores já observaram o seu efeito no processo de infecção. Marchetti, Melching e Bromfield (1976) citam que em temperaturas entre 20 e 25°C eram necessárias e, no mínimo, seis horas de molhamento foliar para ocorrência da infecção. Já Melching et al. (1989), em trabalho avaliando o efeito da

temperatura e do período de molhamento foliar em relação a germinação dos uredósporos, mostraram que o fungo foi capaz de germinar entre as temperaturas de 10 e 28°C, com faixa ótima de 16 a 26,5°C. Infecções ocorreram com temperaturas entre 16 e 26,5°C e com, no mínimo, seis horas de molhamento foliar, sendo que taxas de infecções máximas ocorreram entre 10 a 12 horas de molhamento.

Temperaturas inferiores a 10°C limitam a sobrevivência do fungo, no entanto não são comuns no período de cultivo da soja no Brasil (PARK et al., 2008). De acordo com Kochman (1979), temperaturas acima de 28,5°C por período de 8 horas são prejudiciais ao patógeno, diminuindo sua capacidade de germinação, mesmo se submetido a condições ideais quanto a outros fatores. Bonde, Nester e Berner (2012) observaram que temperaturas superiores a 33°C foram prejudiciais, já que diminuíram o tamanho e número de urédias por lesão.

Ainda, de acordo com Furtado et al. (2011), dias nublados podem prolongar a viabilidade do patógeno, visto que minimizam a variação das altas temperaturas e da incidência da radiação solar.



### 3 CAPÍTULO I – ANÁLISE DE TRILHA ENTRE OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS E O APARECIMENTO DO PRIMEIRO SINTOMA PROVOCADO POR *PHAKOPSORA PACHYRHIZI* EM SOJA

#### 3.1 RESUMO

O objetivo desse trabalho foi investigar, por meio de correlações de Pearson ( $r$ ) e análise de trilha, as observações meteorológicas de períodos anteriores ao aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, a fim de identificar as variáveis meteorológicas determinantes para a infecção em duas cultivares de soja, e qual o intervalo de dias que representa o seu início. O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, na estação experimental do Instituto Phytus, localizada no município de Itaara, RS. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em um fatorial 5x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por cinco épocas de semeadura e o segundo fator por duas cultivares de soja. As épocas de semeadura foram determinadas com objetivo de submeter as plantas a diferentes níveis de inóculo e as cultivares por apresentarem diferentes níveis de sensibilidade ao ataque do patógeno DM 6563 RSF e a BMX TORNADO RR. As observações meteorológicas referentes a precipitação e temperatura, foram obtidas diariamente com auxílio da estação meteorológica de superfície automática. Foram analisadas seis variáveis meteorológicas relacionadas a precipitação e quatro referentes a temperatura, além da umidade relativa média, em sete períodos de dias anteriores ao aparecimento do sintoma. A análise de correlação de Pearson identificou o período de dias com maior número de correlações negativas significativas que, por meio da análise de trilha, tiveram seus efeitos desdobrados em efeitos diretos e indiretos. As cultivares não apresentaram diferenças expressivas em relação as variáveis analisadas. As observações meteorológicas que compreenderam períodos superiores a 10 dias foram as que melhor caracterizam o início da epidemia. A precipitação favoreceu a antecipação dos sintomas de forma direta e indiretamente através do número de dias com menos de um mm, número de dias com precipitação entre 26 e 50 mm. A temperatura mínima média foi determinante na safra 2016/17, atuando direta e indiretamente sobre a variável principal.

**Palavras-chave:** Precipitação. Temperatura. Path analysis. Ferrugem asiática.

#### 3.2 ABSTRACT

The objective of this work was to investigate the meteorological observations of periods prior to the appearance of the first symptom caused by *Phakopsora pachyrhizi*, by means of Pearson correlation ( $r$ ) and track analysis, in order to identify the meteorological variables determining the infection in two soybean cultivars and which interval of days that characterizes its beginning. The experiment was carried out in the agricultural years of 2015/16 and 2016/17, at the experimental station of the Phytus Institute, located in the municipality of Itaara, RS. The experimental design was in randomized blocks, in a 5x2 factorial arrangement, with four replications. Factor A was composed of five sowing times and factor C by two soybean cultivars. The sowing times were determined with the objective of subjecting the plants to different levels of inoculum and the cultivars because they presented different levels of sensitivity to the

attack of the DM 6563 RSF pathogen and the BMX TORNADO RR. The meteorological observations concerning precipitation and temperature were obtained daily with the help of the automatic surface meteorological station. We analyzed 5 meteorological variables related to precipitation and 4 referring to temperature in addition to the average relative humidity, in 7 periods of days before the appearance of the symptom. Pearson correlation analysis identified the period of days with the highest number of significant negative correlations that through path analysis had their effects deployed in direct and indirect effects. The cultivars did not present significant differences in relation to the analyzed variables. The meteorological observations that included periods longer than 10 days were the ones that best characterize the early epidemic. The precipitation favored the anticipation of the symptoms directly and indirectly through the number of days with less than one mm and the number of days with precipitation between 26 and 50 mm and the average temperature was determinant in the 2016/17 crop, acting directly and indirectly on the main variable.

**Keywords:** Precipitation. Temperature. Path analysis. Asian rust.

### 3.3 INTRODUÇÃO

Dentro do ciclo de desenvolvimento da ferrugem asiática da soja, o processo de infecção é totalmente dependente de condições de umidade na superfície foliar e temperatura favorável, para que ocorra a germinação dos uredósporos, formação de tubo germinativo e posteriormente do apressório. Além de atuar sobre a liberação e dispersão dos esporos, a temperatura afeta todas as etapas do processo infeccioso e está relacionada com a velocidade com que eles ocorrem.

Para a variável umidade, diferentemente da maioria dos trabalhos realizados que estudam seu efeito na forma de molhamento foliar, Del Ponte et al. (2006b) avaliaram o efeito da precipitação na severidade da doença e seus resultados indicaram que a precipitação foi mais fortemente correlacionada com a doença do que as variáveis de temperatura. Os mesmos autores observaram que os uredósporos do fungo *Phakopsora pachyrhizi* também são liberados pelas gotas de chuva, através do seu impacto sobre as folhas da planta de soja (DEL PONTE et al., 2006b). Segundo Bergamin Filho (2006), a epidemia é constantemente suprida com novas urédias, independente da temperatura.

Já Marchetti, Melching e Bromfield (1976) acreditam que o molhamento da superfície foliar é fundamental para a ocorrência da doença, já que a presença de água livre possibilita a germinação dos esporos e, conseqüentemente, a ocorrência de infecção. Entretanto, esse fator é variável, pois em temperaturas extremas de 15 e

30°C, com 95% de umidade relativa do ar, o fungo *P. pachyrhizi* não se desenvolveu (CALDWELL et al., 2005).

Estudos realizados com a variável temperatura mostram uma ampla faixa de valores, que variam conforme a umidade. Sinclair e Backman (1989) citam o intervalo ótimo para a infecção entre 20 a 25°C. Nessas condições e havendo disponibilidade de água livre sobre a superfície da planta a infecção ocorre no período de 6 horas após a deposição do esporo, sendo que, quanto maior a duração do molhamento foliar, maiores serão as chances de sucesso no estabelecimento da infecção. Bonde et al. (2007) em estudo com isolados de *P. Pachyrhizi* de diferentes regiões, como Taiwan, Zimbábue, Havaí e Brasil, encontraram o intervalo de temperatura ótimo para os processos de germinação e crescimento do tubo germinativo, sendo 17 a 28°C.

Visto a importância das condições climáticas para o desenvolvimento da ferrugem asiática da soja, é interessante a utilização de metodologias estatísticas que facilitem a compreensão das relações que se estabelecem e que culminam para o estabelecimento da epidemia. As correlações entre caracteres são medidas de associação utilizadas em diversas áreas do conhecimento. O coeficiente de correlação linear de Pearson é uma associação entre duas variáveis, que possibilita quantificar a magnitude e o sentido da associação, se positiva ou negativa, porém sem conclusões sobre causa e efeito (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Sendo assim, faz-se necessário realizar o desdobramento dos coeficientes de correlação, em efeitos diretos e indiretos, por meio de análise de trilha (“*path analysis*”) desenvolvida por Wright (1921). Essa análise permite verificar o efeito de um grupo de variáveis independentes (X) sobre uma variável principal (Y).

Com base no exposto, o trabalho teve como objetivo analisar, por meio de correlações de Pearson (r) e análise de trilha, as observações meteorológicas de períodos anteriores ao aparecimento do primeiro sintoma da doença, a fim de identificar as variáveis meteorológicas determinantes para a infecção em duas cultivares de soja e qual o intervalo de dias que representa o seu início.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, nas instalações da estação experimental do Instituto Phytus, localizada no município de Itaara, região central do Rio Grande do Sul, em latitude 29°35' S, longitude 53°48' W

e altitude de 444 metros. A classificação climática é do tipo Cfa (Köppen), caracterizada pela ocorrência de precipitações entre 1.700 e 1.800 milímetros anuais bem distribuídos em todos os meses e por possuir a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio entre -3 e 18°C (MORENO, 1961).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em um fatorial 5x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por cinco épocas de semeadura e o segundo fator por duas cultivares de soja. Cada unidade experimental foi constituída de cinco linhas de semeadura, com 5,0m de comprimento e 2,5m de largura, equivalente a uma área de 12,5m<sup>2</sup>, com área útil de 10m<sup>2</sup>. O experimento foi realizado no mesmo local em ambas as safras agrícolas.

O fator épocas de semeadura teve como objetivo indireto submeter as plantas a diferentes níveis de inóculo do patógeno *P. Pachyrhizi* ao longo da safra. Na tabela 1 encontram-se descritas as datas de semeadura com suas respectivas emergências.

Tabela 1 - Data de semeadura e emergência em cinco épocas e duas safras agrícolas

Época	Safr 2015/16		Safr 2016/17	
	Semeadura	Emergência	Semeadura	Emergência
1º	22/11/2015	30/11/2015	21/11/2016	29/11/2016
2º	04/12/2015	12/12/2015	02/12/2016	10/12/2016
3º	17/12/2015	25/12/2015	16/12/2016	25/12/2016
4º	28/12/2015	04/01/2016	06/01/2017	27/01/2017 (DM 6563 RFS) 15/01/2017 (BMX Tornado RR)
5º	08/01/2016	16/01/2016	23/01/2017	01/02/2017

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

A cultivar DM 6563 RFS apresentou problemas de emergência na 4º época de semeadura do segundo ano de execução do experimento, sendo necessário o replantio das parcelas o que, conseqüentemente, ocasionou data de emergência diferentes entre cultivares.

As cultivares utilizadas foram determinadas a partir de ensaios preliminares realizados na safra 2014/15, onde foi possível identificar cultivares com diferentes níveis de sensibilidade à doença, baseados no período de latência do fungo. Dessa forma, utilizou-se a DM 6563 RSF como cultivar menos sensível ao ataque do patógeno (latência 12,5 dias) e a BMX TORNADO RR como mais sensível (latência 8,0 dias) (MADALOSSO, 2017).



A semeadura foi realizada com uma semeadora marca Semeato SHM 11/13 (cinco linhas), com espaçamento entre linhas de 0,5m, em sistema de semeadura direta. A adubação utilizada foi calculada conforme resultado da análise de solo, utilizando 200Kg.ha<sup>-1</sup> do fertilizante 05-20-20 e a população final de plantas utilizadas foi de 270.000 plantas por ha<sup>-1</sup>. O tratamento de sementes utilizado foi Imidacloprido (150g/L) + Tiodicarbe (450g/L) em 500ml/100Kg de sementes, e Carbendazin (500g/L) na dose de 200ml/100Kg de sementes. E, no momento da semeadura foi realizada a inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (150mL/50Kg de semente).

Os manejos de pragas e plantas daninhas foi realizado conforme as recomendações técnicas da Comissão de Pesquisa da Soja da Região Sul quando necessário, com exceção da aplicação de fungicidas.

As observações meteorológicas referentes a precipitação e temperatura foram obtidas diariamente com auxílio da estação meteorológica de observação de superfície automática, localizada próxima ao local do experimento.

As variáveis independentes explicativas foram definidas de acordo com experimento realizado por Lerner (2016), que testou um algoritmo baseado em modelos empíricos, onde utilizam-se as relações de diferentes variáveis ambientais e o surgimento da doença. Referentes à precipitação, avaliaram-se as seguintes variáveis: precipitação acumulada em mm (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de 1mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm). E, referentes a temperatura, temperatura mínima média do período (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15-25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e, por fim, a umidade relativa média (URMédia). A variável principal utilizada foi a data do aparecimento do primeiro sintoma visível, expressa em dias após a emergência (DAE).

As variáveis meteorológicas definidas devem compreender períodos anteriores ao aparecimento do sintoma como forma de identificar qual deles melhor caracteriza a infecção por *P. pachyrhizi*. Sendo assim, estabeleceu-se os seguintes períodos: 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias anteriores ao aparecimento do primeiro sintoma visível da doença (DAAPSV) para estudo, baseado no período de latência do fungo para essas

cultivares, abrangendo períodos antes e depois ao número de dias encontrado no ensaio de latência das cultivares.

Para determinação da ocorrência do primeiro sintoma visível, foram realizadas avaliações diárias, a partir da emergência das plantas. Avaliaram-se dez plantas por repetição, totalizando 40 plantas por tratamento. Para quantificar o número de esporos do fungo presentes na área utilizou-se um coletor de esporos do tipo armadilha. As leituras das lâminas eram feitas em microscópio óptico, duas vezes por semana.

Essas avaliações foram realizadas em parcelas testemunhas, ou seja, sem aplicação de fungicida. O experimento proposto resulta em um cenário de diversas possibilidades, que garantem credibilidade aos resultados e às interpretações apresentadas.

Para cada variável definida, foram calculadas as seguintes estatísticas descritivas: mínimo, máximo, média e coeficiente de variação. Após, foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson ( $r$ ) e realizada a análise de trilha entre a variável dependente primeiro sintoma, expressa em dias após a emergência (DAE), e as variáveis independentes explicativas, observações meteorológicas. Ambas as análises foram realizadas para todos os períodos anteriores ao aparecimento do sintoma, porém só foram apresentadas as análises de trilha referentes aos períodos com maior número de correlações negativas significativas.

Antes da análise de trilha, realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade entre as variáveis independentes explicativas. Esse procedimento é necessário para evitar que haja uma superestimativa dos coeficientes de correlação, gerando valores superiores a 1 e sem sentido biológico, conforme observado pelos autores Bizeti et al. (2004), na cultura da soja, e Carvalho et al. (2001) e Toebe e Cargnelutti Filho (2013), na cultura do milho.

Quando é verificado elevado grau de multicolinearidade, recomenda-se realizar a análise de trilha em crista, com acréscimo de um valor  $k$  aos elementos da diagonal da matriz de correlação. Carvalho (1999) ressalta que esse valor deve ser o menor possível, para estabilizar os coeficientes de trilha, em todas as variáveis explicativas. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Genes (CRUZ, 2013) e Microsoft Office Excel®.

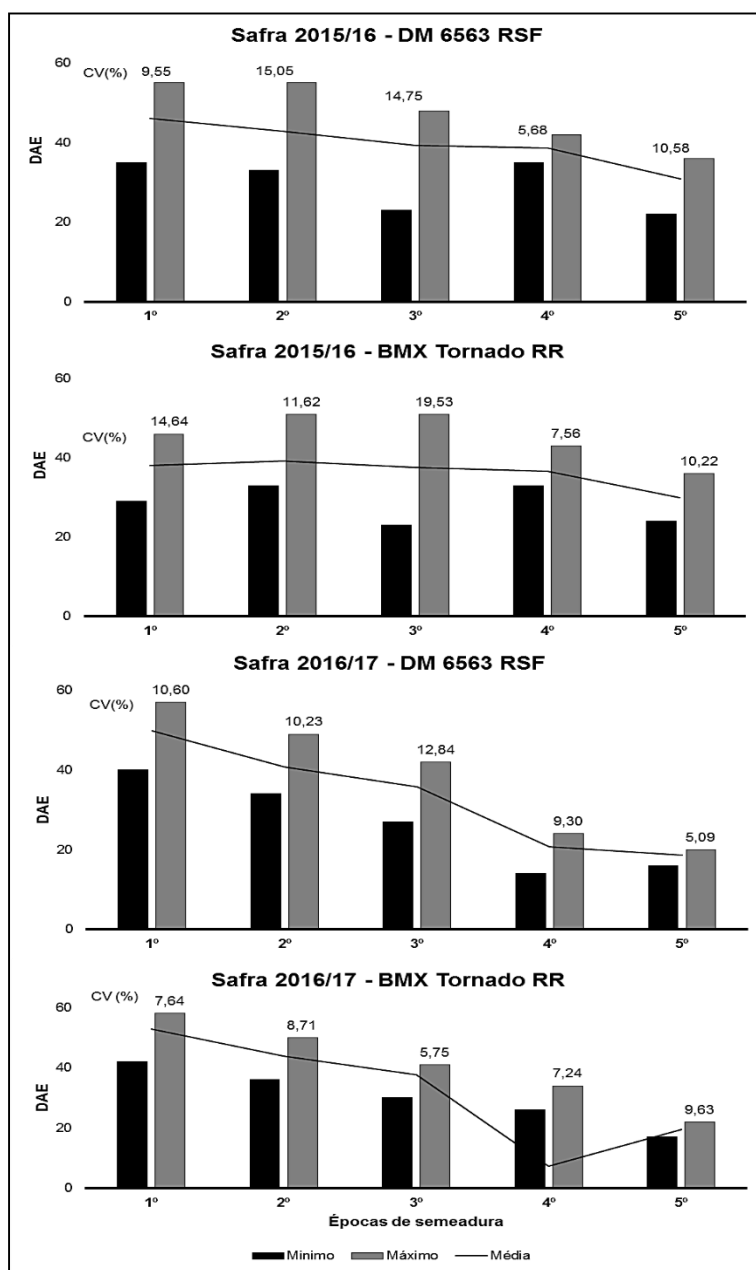
### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 1 encontram-se os dados referentes à data do aparecimento do primeiro sintoma visível de *Phakopsora pachyrhizi*, expressa em dias após a emergência (DAE). Observou-se que a data de identificação dos sintomas foi diminuindo ao longo das épocas, em ambas as cultivares. Esse comportamento é consequência da maior pressão de inóculo a que são submetidas as sementes tardias, ou seja, aquelas realizadas no final do período recomendado para a cultura (GODOY et al., 2003), que, conseqüentemente, apresentam os sintomas da doença precocemente em relação ao estágio de desenvolvimento da cultura da soja.

Na safra 2015/16, o primeiro sintoma visível foi encontrado aos 29 DAE, na cultivar BMX Tornado RR e aos 35 DAE na cultivar DM 6563 RSF (1ª época). No entanto, na safra 2016/17, os sintomas foram identificados mais tardiamente, aos 42 DAE na cultivar BMX Tornado RR e aos 40 DAE na cultivar DM 6563 RSF. A diferença varietal quanto ao ataque do patógeno foi mais evidente na safra 2015/16, onde registrou-se seis dias entre cultivares. Martins et al. (2007) determinaram o período latente médio de 68 cultivares de soja, em casa de vegetação, e não observaram grandes variações. Os autores atribuíram esse fato às condições climáticas favoráveis a que foram submetidas as plantas de soja durante a condução do experimento (MARTINS et al., 2007).

Na safra 2016/17, novamente observou-se o aparecimento gradativo dos sintomas ao longo das épocas. Destaca-se que, na safra 2016/17, na quarta época de semeadura da cultivar DM 6563 RSF, o sintoma da doença foi identificado aos 14 DAE. O patógeno *P. pachyrhizi*, por ser um fungo biotrófico, inicia sua multiplicação nas primeiras épocas de semeadura, portanto, aquelas realizadas mais tardiamente estão sujeitas ao ataque ainda no início do ciclo de desenvolvimento (OLIVEIRA; GODOY; MARTINS, 2005).

Figura 1 - Mínimo, máximo, média e coeficiente de variação (CV%) para a variável dias após a emergência (DAE) do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Ambas as safras avaliadas sofreram a influência do fenômeno climático *El Niño*, responsável por provocar chuvas em maior frequência e intensidade na região Sul do Brasil (FONTANA; BERLATO, 1997). Na área experimental, esse comportamento confirmou-se em ambas as safras, exceto em alguns períodos específicos registrados

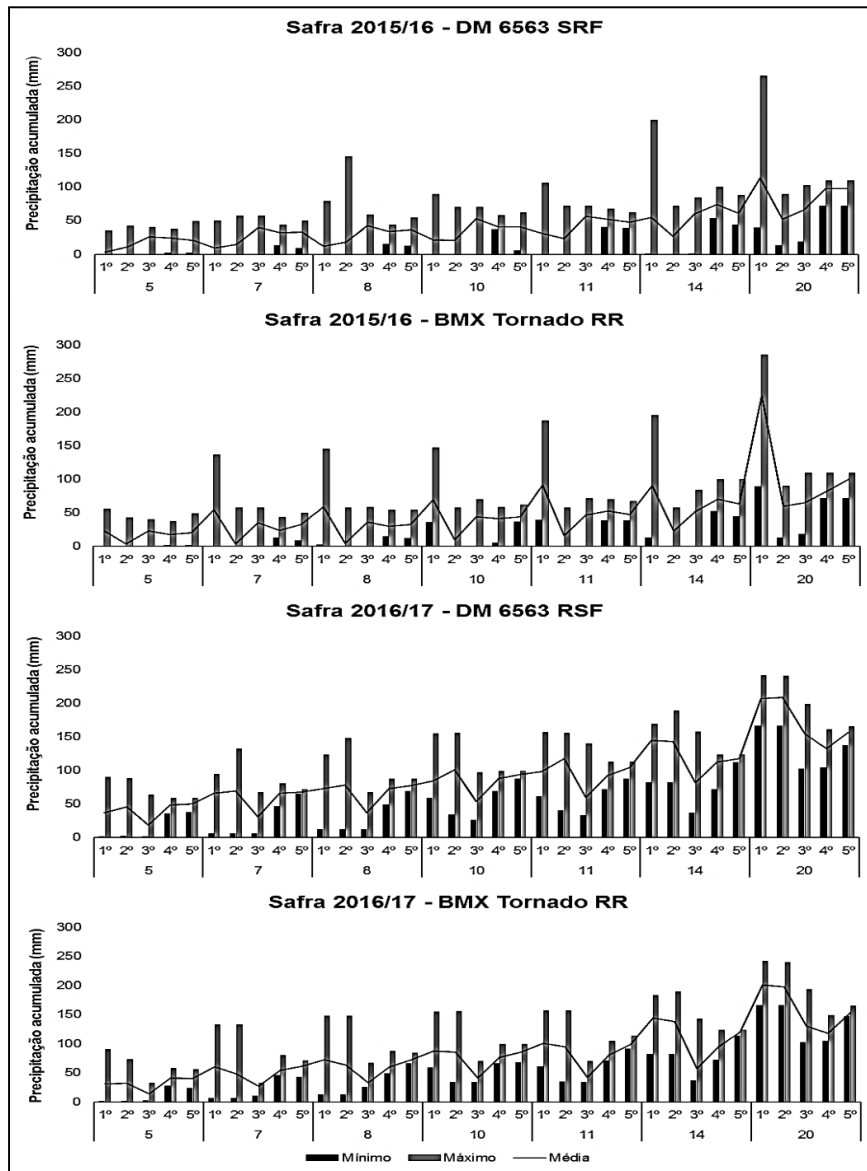
nos meses de dezembro e janeiro em que houve ausência de precipitação por até 17 dias, dependendo da época de semeadura e do período de dias avaliado.

A precipitação acumulada (mm) (PrecAcum), de maneira geral, apresentou valores superiores na safra 2016/17, principalmente na primeira e segunda épocas. Na safra 2015/16, no período de 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em ambas as cultivares, registraram-se volumes superiores a 250mm na primeira época. Na cultivar BMX Tornado RR, observou-se que, desde a primeira época de semeadura, os volumes foram superiores a 50mm, já aos 5 DAAPSV (Figura 2).

Megeto et al. (2014) utilizaram os dados do Consórcio Antiferrugem na avaliação da influência de variáveis meteorológicas sobre as ocorrências de casos da doença através da indução de árvores de decisão e confirmaram a relação positiva entre ambos. Quando estudada a influência do fenômeno *El Niño* associada a incidência da ferrugem asiática da soja, na entressafra, também confirmaram a importância da precipitação acumulada no período e sua relação com ocorrência da doença (MINCHIO; CANTERI; FANTIN, 2016).

Del Ponte et al. (2006b) sugerem que a precipitação acumulada no períodos de 30 dias após a detecção do sintoma da doença poderia ser utilizada como preditora da severidade final da doença. Por meio do número de dias sem precipitação (NdSP) observou-se que, na safra 2015/16, em ambas as cultivares, na maioria das situações, foi registrado pelo menos um dia sem a ocorrência de chuva. Os valores máximos indicaram até 17 dias com ausência de precipitação, na segunda e terceira épocas de semeadura, no período de 20 DAAPSV, em ambas as cultivares.

Figura 2 - Mínimo, máximo e média para a variável precipitação acumulada (PrecAcum) em mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17

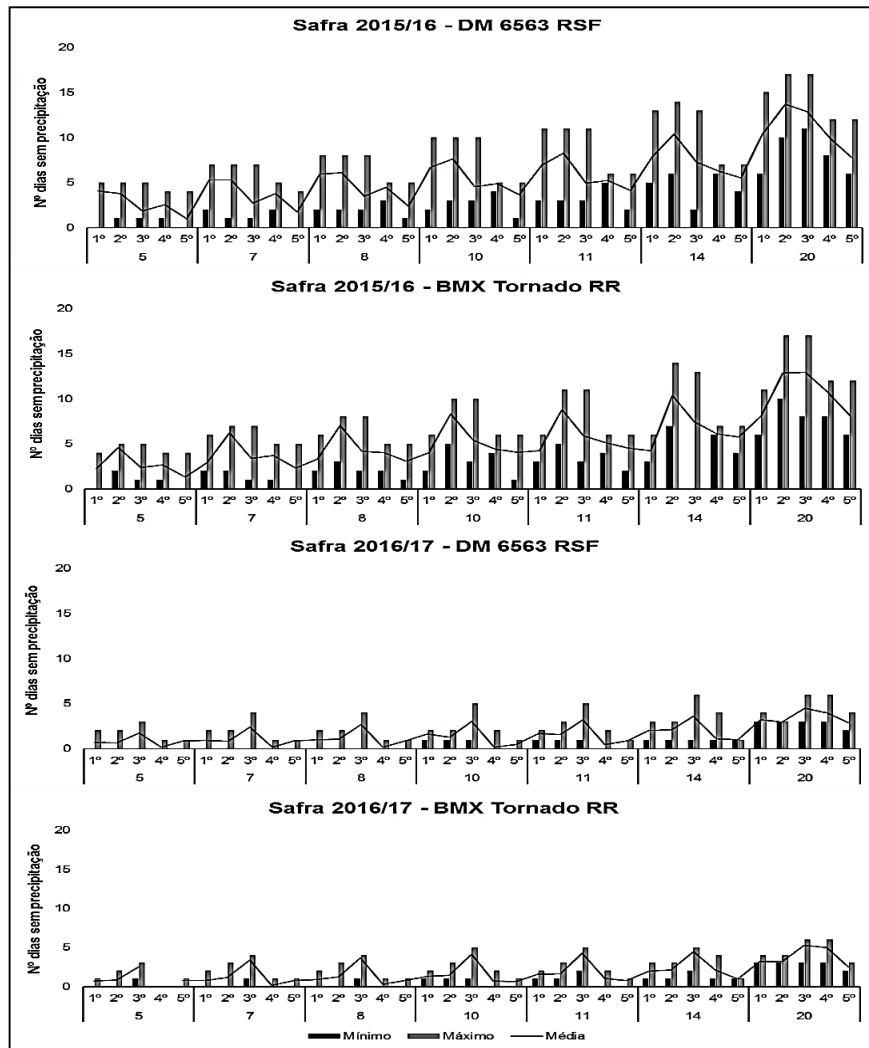


\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice A.

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

No segundo ano, registraram-se precipitações superiores a safra 2015/16, conseqüentemente, o NdSP foi observado com menos frequência. Foram contabilizados entre 5 e 6 dias sem precipitação, dependendo do período (Figura 3).

Figura 3 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias sem precipitação (NdSP), nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



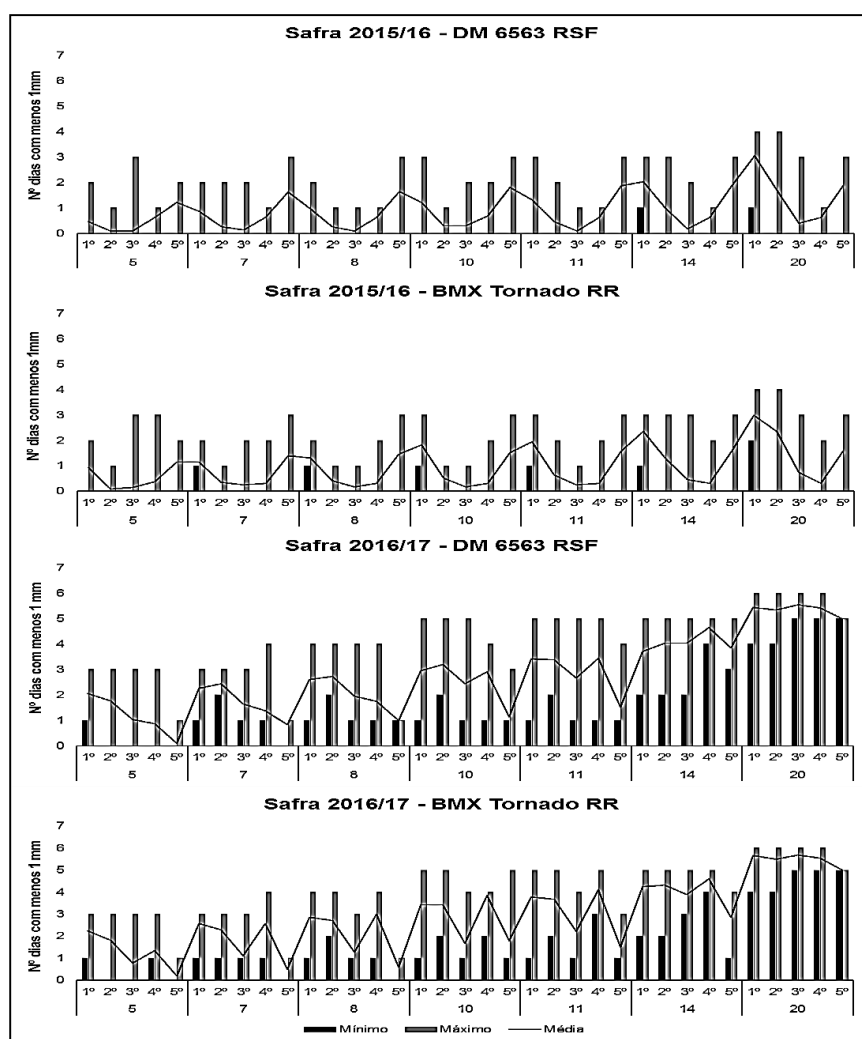
\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice D.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

A análise dessa variável é importante, a fim de compreender se a ausência de precipitação retarda o desenvolvimento do fungo e, com isso, o aparecimento dos sintomas. Observou-se que na flutuação temporal dos esporos de *Phakopsora pachyrhizi* (apêndices B e C) os períodos que registraram o maior número de esporos no ar correspondem aqueles com ausência de precipitação, em ambas as safras. A chuva favorece a deposição dos esporos em suspensão sobre as folhas das plantas de soja, sendo assim, os períodos secos teriam favorecido sua movimentação e posterior captura pela armadilha (ISARD et al., 2005). Lerner (2016) obteve correlação

significativa entre o número de dias em precipitação e o aparecimento do primeiro sintoma da doença.

Em relação a variável número de dias com menos de 1mm (NdM1mm), os valores máximos mostram que em ambas as safras, em todas as épocas de semeadura e todos os períodos de dias antes do aparecimento do primeiro sintoma ocorreram dias com menos de 1mm. Na safra 2015/16, o valor máximo foi de quatro dias em ambas as cultivares. Na safra 2016/17 registrou-se até seis dias com precipitações abaixo de 1mm (Figura 4).

Figura 4 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com menos de 1mm (NdM1mm) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR na safra 2015/16



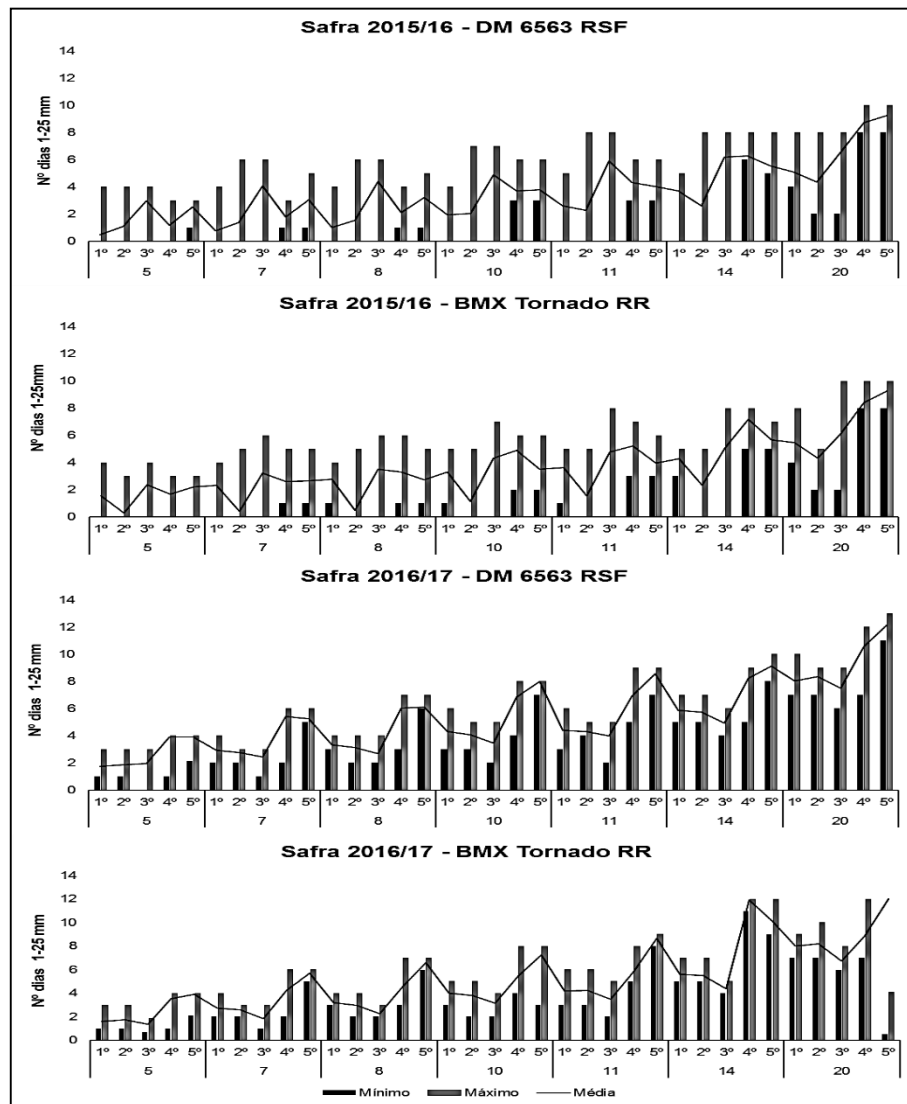
\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice E.

Fonte: Da autora. Itaara, RS, 2017.



A variável de precipitação número de dias entre 1-25mm (Nd1-25mm) foi a registrada com maior frequência em ambas as safras. Na safra 2015/16, observam-se períodos de 4 a 10 dias com esse volume. No segundo ano, os valores mínimos registrados foram superiores à safra 2015/16, devido ao volume total acumulado ser superior (Figura 5).

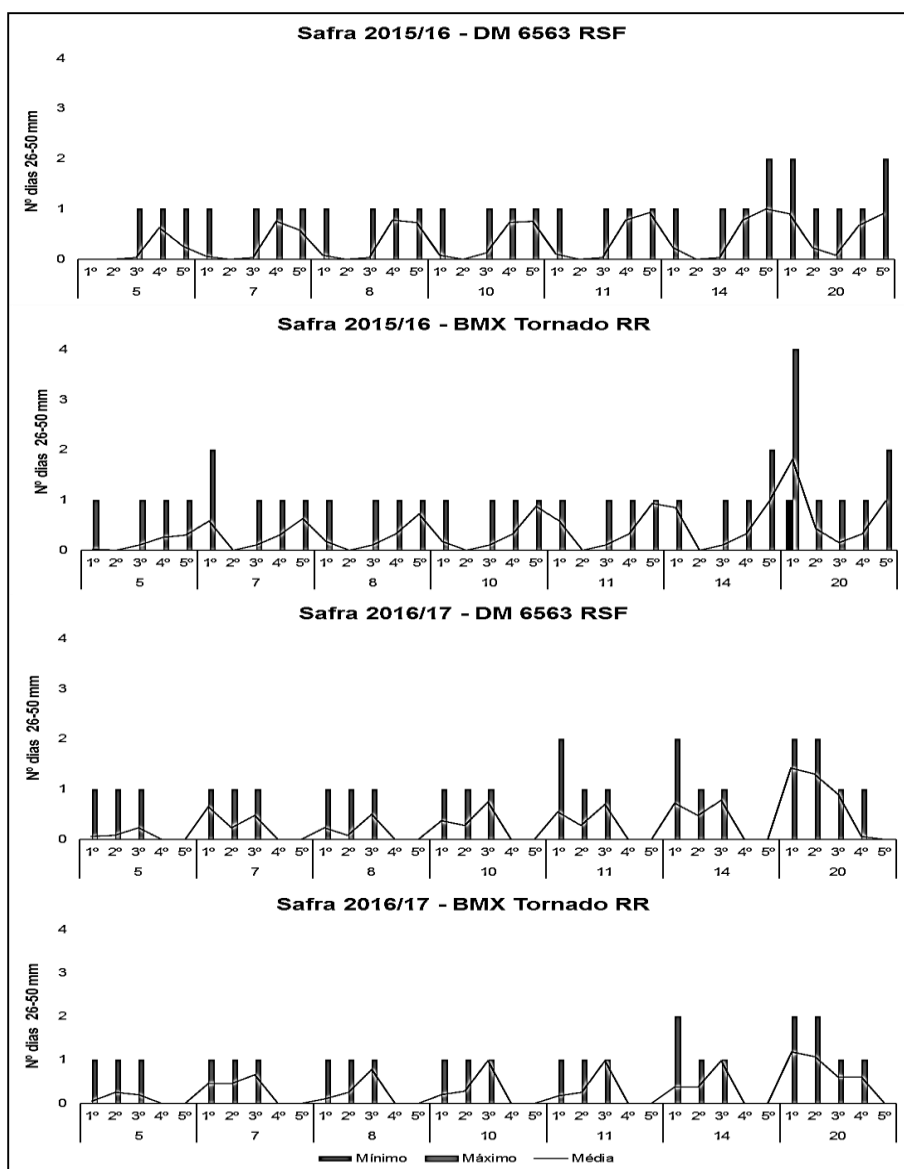
Figura 5 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com precipitação entre 1-25mm nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice F.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

As demais variáveis referentes à precipitação (Nd26-50 e Nd51-75mm), apresentaram uma frequência inferior quando comparadas a variável anterior, nas duas safras. E, em alguns períodos, não houve registro (Figura 6).

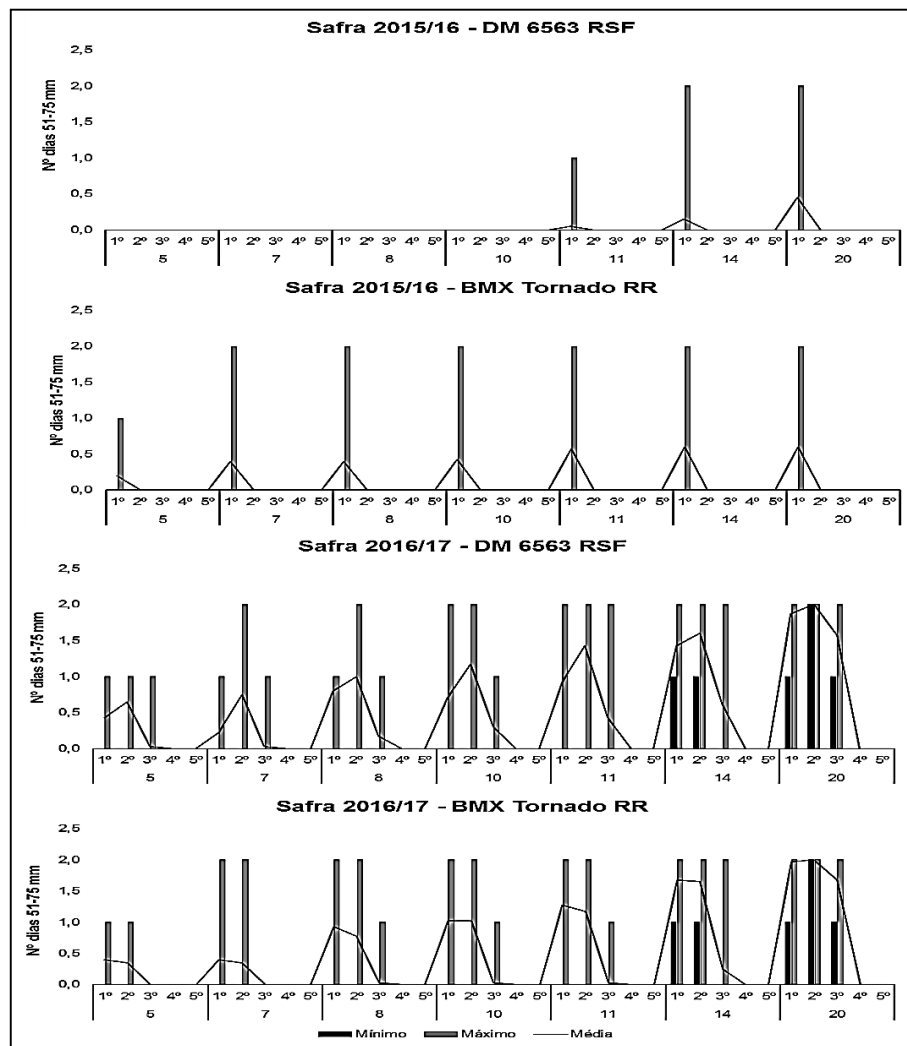
Figura 6 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com precipitação entre 26-50mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice G.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

O Nd51-75mm, na safra 2015/16, só foi observado na primeira época de semeadura, a partir dos 11 DAAPSV na cultivar DM 6563 RSF. Na BMX Tornado RR, registrou-se desde a primeira época (Figura 7). Na safra seguinte (2016/17), observou-se uma frequência maior dessa variável ao longo das épocas, exceto na quarta e quinta épocas que não houve registro, em nenhum dos períodos analisados. Em ambas as safras, o valor máximo observado foi de dois dias.

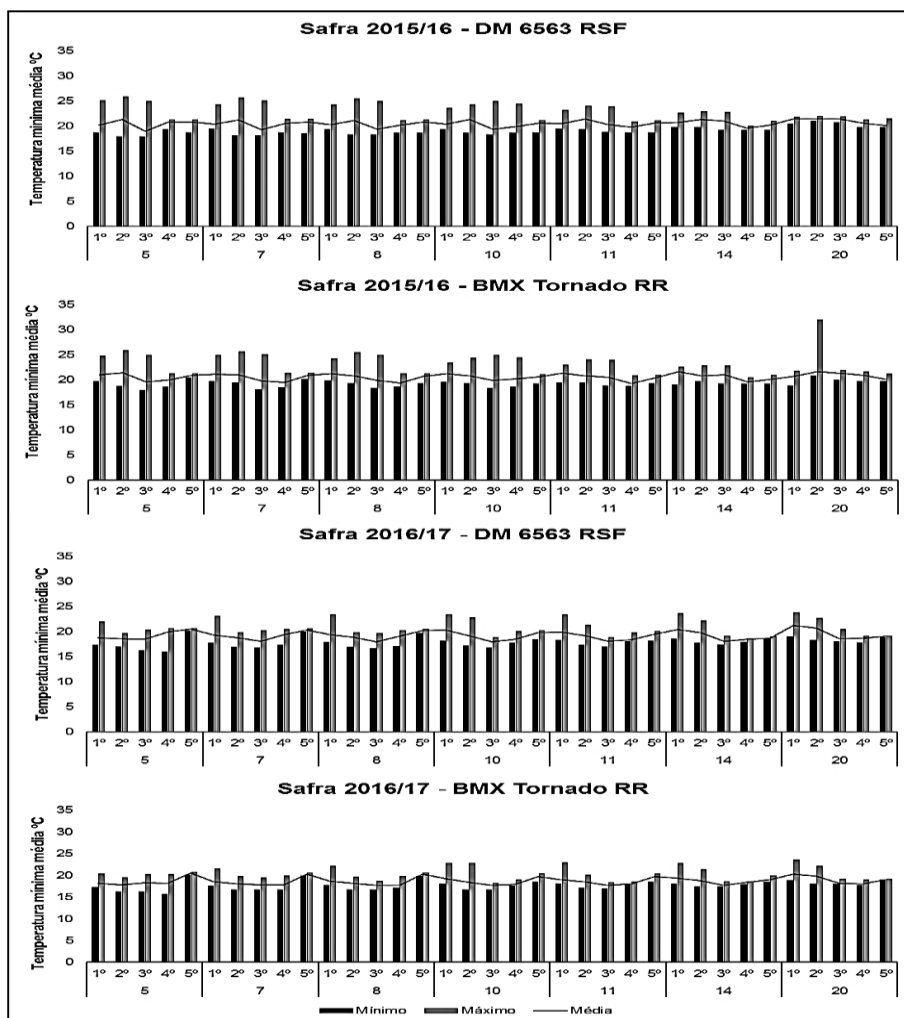
Figura 7 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com precipitação entre 51-75mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice H.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Em um primeiro momento, a temperatura não foi um impedimento para o desenvolvimento e estabelecimento da ferrugem asiática. A temperatura mínima média (TempMédia) de todas as épocas de semeadura, na safra 2015/16, ficou em torno de 20°C para ambas. Na segunda safra, registram-se temperaturas ligeiramente inferiores, na cultivar DM 6563 RSF em torno de 19°C e na BMX Tornado 18°C (Figura 8). No entanto, uma investigação detalhada correlacionando os valores registrados e o aparecimento do primeiro sintoma visível da doença poderá revelar consequências não percebidas até o momento.

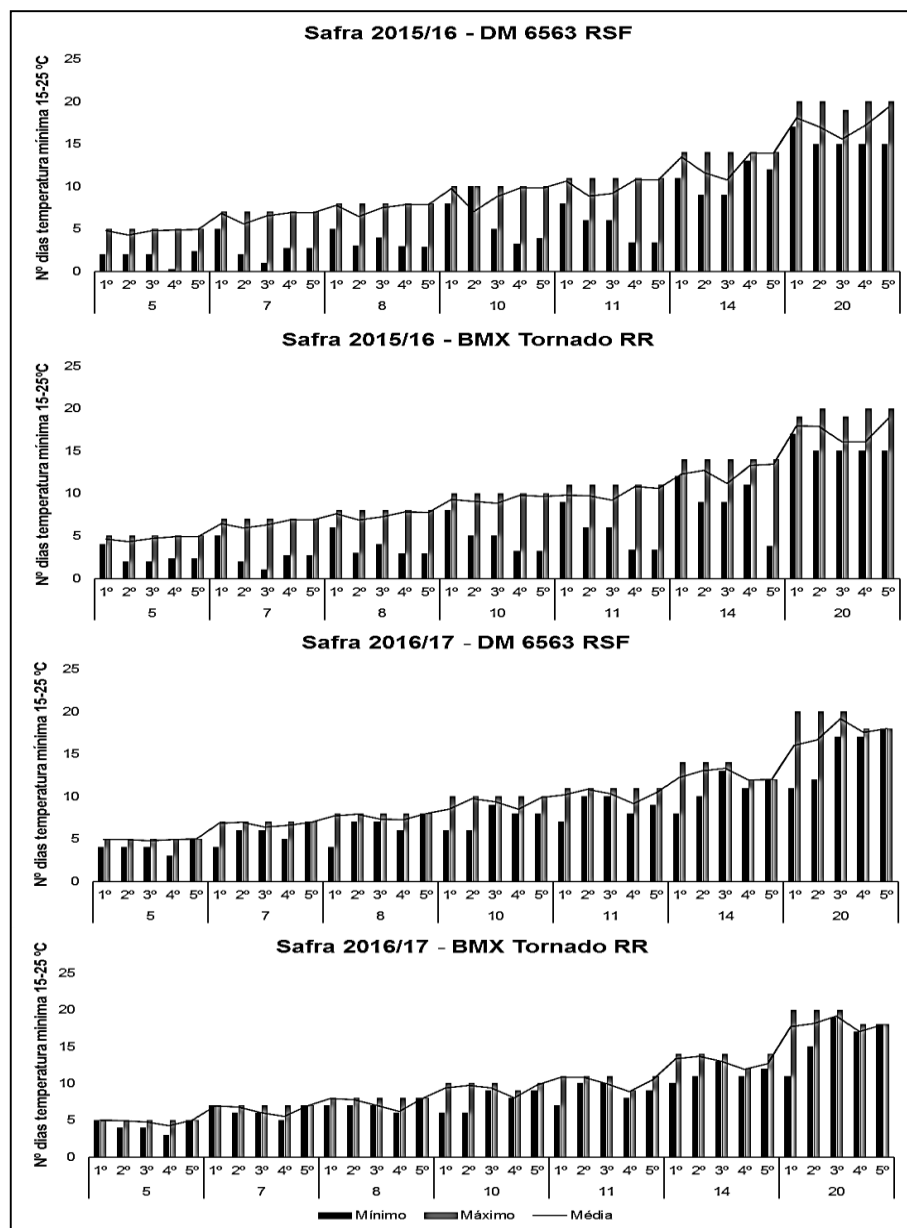
Figura 8 - Mínimo, máximo e média para a variável temperatura mínima média, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice I.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

O intervalo de dias que compreende valores de temperatura mínima entre 15 e 25°C (NdT15-25°C) correspondeu ao maior número de registros em ambas as safras (Figura 9), corroborando com os dados de temperatura mínima média.

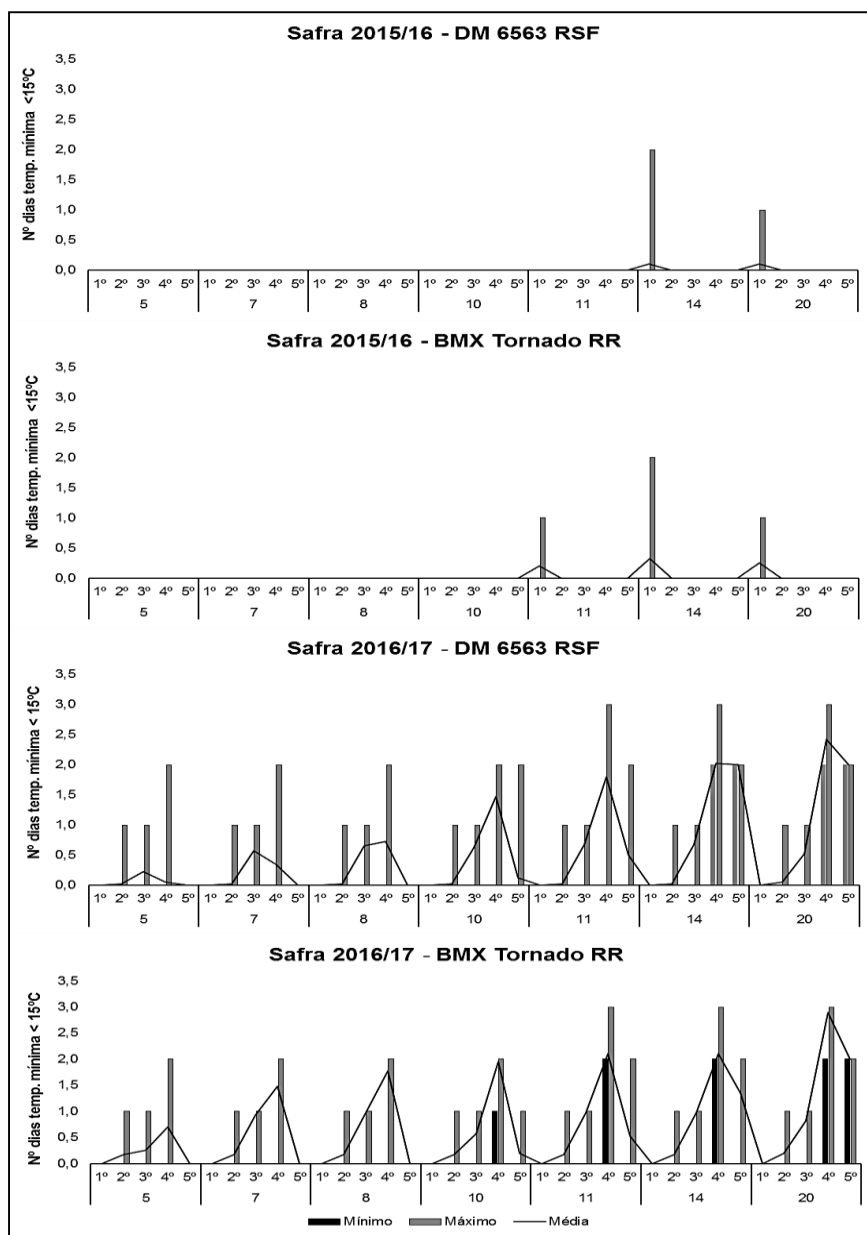
Figura 9 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com temperatura entre 15 e 25°C, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice J.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

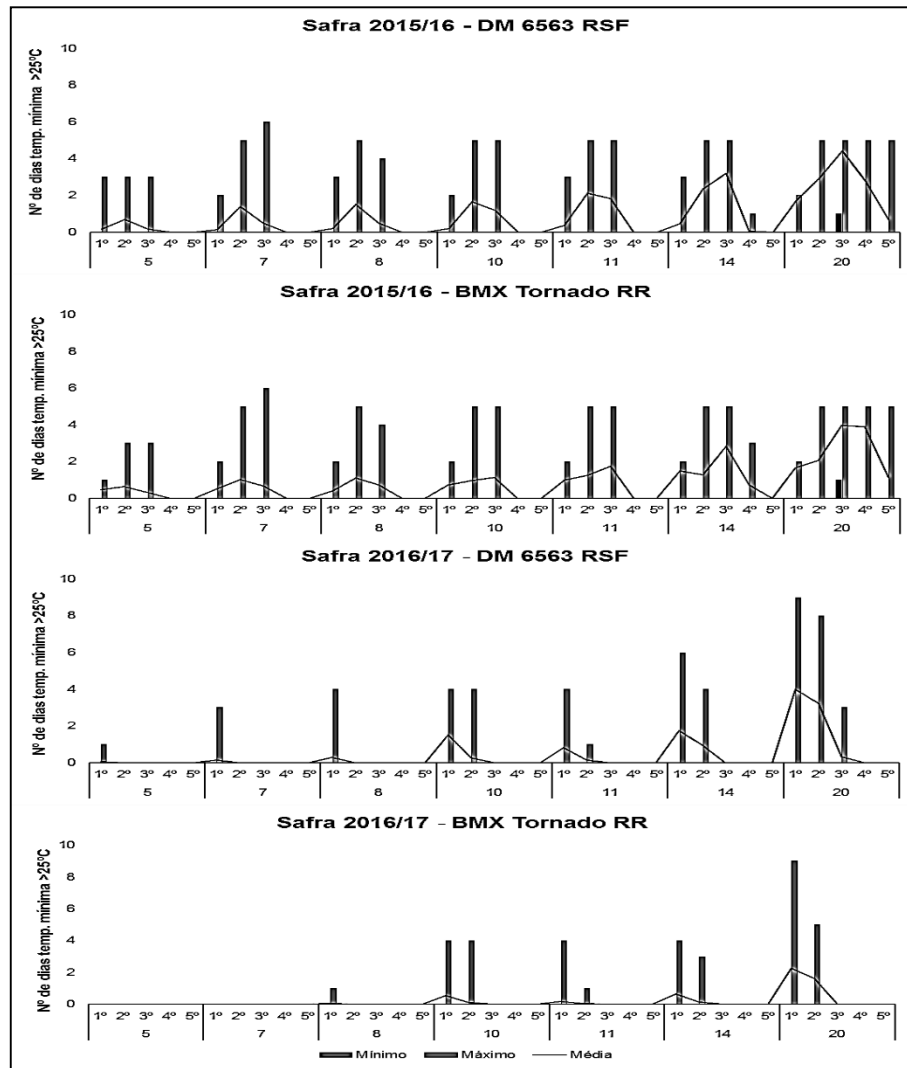
Na safra 2016/17, registrou-se com maior frequência a variável número de dias com temperatura inferior a 15°C (NdTemp<15°C), conseqüentemente, na safra 2015/16 a frequência mais observada foi da temperatura superior a 25°C (NdTemp>25°C) (Figuras 10 e 11).

Figura 10 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com temperatura inferior a 15 °C, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11,14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice K.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

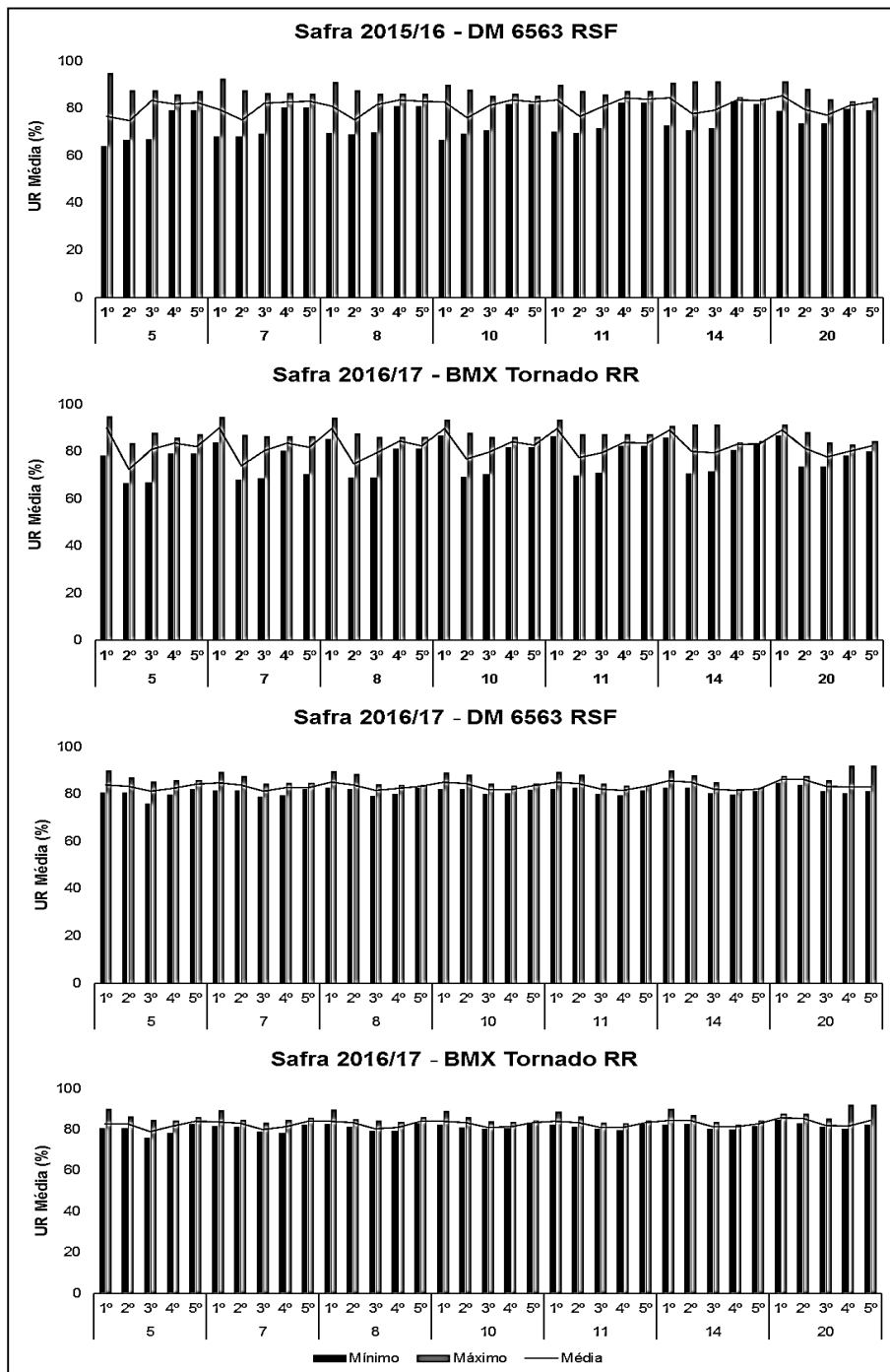
Figura 11 - Mínimo, máximo e média para a variável número de dias com temperatura superior 25 °C nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR na safra 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice L.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Quanto à umidade relativa média do ar (URMédia), na safra 2015/16, observou-se que os valores mínimos registrados foram menores do que na safra 2016/17. No entanto, a média geral, nas duas safras, de todas as épocas e períodos analisados, foi em torno de 80% (safra 2015/16) e 83% (safra 2016/17) (Figura 12).

Figura 12 - Mínimo, máximo e média para a variável umidade relativa média do ar nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi*, em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17



\* Os valores dos coeficientes de variação (CV%) encontram-se no apêndice M.  
 Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Em todas as variáveis onde os dados são provenientes de contagem, foram observados valores de coeficientes de variação (CV) considerados altos e muitos



altos, conforme classificação proposta por Pimentel-Gomes (2000), ou seja, acima de 20%. Essa variação pode ser atribuída a presença de valores zero dentro do conjunto de dados. Esse comportamento também foi observado por Chiba, Filho e Vieira (2010) em trabalho avaliando a distribuição espacial de plantas daninhas.

No que se refere às correlações de Pearson ( $r$ ), tem que se considerar as correlações negativas, para inferir quais condições favorecem o aparecimento da doença. A única variável a ser considerada com correlação positiva é o número de dias sem precipitação, para concluir se os dias sem chuva atrasaram ou não o surgimento da ferrugem asiática.

Na safra 2015/16, na primeira época de semeadura, com emergência em 30/11/2015, a cultivar DM 6563 RSF apresentou, aos 11 e 20 DAAPSV, o mesmo número de correlações negativas significativas.

A maior correlação foi observada para a variável PrecAcum, com uma magnitude de -0,93 e -0,91, respectivamente, considerada forte, conforme classificação proposta por Carvalho, Lorencetti e Benin (2004). A menor magnitude, foi verificada na variável NdTemp>25°C, -0,36 e -0,40, respectivamente. Em ambos os períodos, o NdSP apresentou correlação positiva forte, indicando que a ausência de chuva favoreceu o atraso da doença. Nessa época, todas as classes de precipitação foram negativamente significativas em ambos os períodos.

A cultivar BMX Tornado RR também apresentou o maior número de correlações negativas significativas aos 11 DAAPSV, porém em um número menor de variáveis. A magnitude dos coeficientes também indicou a importância da PrecAcum no processo de infecção por *Phakopsora pachyrhizi*. Nessa cultivar, a variável NdSP não foi significativa e o Nd51-75mm apresentou maior magnitude dentre as variáveis relacionadas a precipitação.

Na segunda época de semeadura, com emergência no dia 12/12/2015, ambas as cultivares apresentam o maior número de correlações negativas significativas no período de 20 DAAPSV e comportamento semelhante, em relação a magnitude das correlações. Observou-se que o NdM1mm associado a URMédia favoreceu a antecipação da doença nas duas cultivares. Em ambas, o NdSP foi positivamente significativo, sugerindo que a ausência de chuva atrasa o desenvolvimento da epidemia.

Na terceira época de semeadura, com data de emergência no dia 25/12/2015, novamente o período de 20 DAAPSV correspondeu ao maior número de correlações

negativas significativas nas duas cultivares, entretanto, com número reduzido de variáveis, em relação às épocas anteriores. O NdM1mm foi a variável de maior magnitude em ambas as cultivares, -0,87 e -0,80, respectivamente. Com relação a temperatura, observou-se a influência do NdT15-25°C. Nesta época, o NdSP não foi significativo no período em nenhuma cultivar.

A quarta época de semeadura emergiu no dia 04/01/2016. O resultado da análise de correlação de Pearson (r) revelou um número ainda menor de variáveis com correlações negativas significativas nessa época. Com o avanço da safra, as datas de aparecimento do primeiro sintoma acabaram sendo muito próximas nas duas épocas finais, o que acabou dificultando a análise. Esse mesmo comportamento também foi verificado em experimento realizado por Lerner (2016).

Na cultivar DM 6563 RSF foram identificados os períodos de 11 e 14 DAAPSV, com apenas três correlações significativas. Aos 11 DAAPSV, foram significativos a PrecAcum, o Nd1-25mm e o NdSP. Aos 14 DAAPSV, a PrecAcum, Nd1-25mm e NdTemp>25°C. Na cultivar BMX Tornado RR, o período de 10 DAAPSV apresentou a maior média dos coeficientes, ressaltando que os períodos de 11 e 14 DAAPSV também apresentaram o mesmo número de correlações significativas. Aos 10 DAAPSV, as magnitudes foram representadas pelo Nd1-25mm e URMédia. O NdSP também foi significativo nessa cultivar. Nessa situação, observou-se a necessidade de um menor volume de chuva (1-25mm) para dar início à epidemia provocada por *P. pachyrhizi*.

A quinta época da safra 2015/16 emergiu dia 16/01/2016. Ambas as cultivares apresentaram correlações significativas para as mesmas variáveis, TempMédia (-0,55 e -0,65) e NdTemp>25°C (-0,85 e -0,87) no período de 20 DAAPSV. É interessante salientar que o número de dias sem precipitação (NdSP) apresentou correlação negativa em todos os intervalos de dias estudados, indicando que, em épocas tardias, a chuva torna-se secundária no processo de infecção por *Phakopsora pachyrhizi* (Tabela 2).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi* na safra de 2015/16 em 5 épocas de semeadura e duas cultivares de soja

Safra 2015/16														
Variáveis	1º Época DM 6563 RSF						1º Época BMX Tornado RR							
	5	7	8	10	11	14	20	5	7	8	10	11	14	20
PrecAcum	-0,42 <sup>ns</sup>	-0,85*	-0,89*	-0,85*	-0,93*	-0,91*	-0,91*	-0,68*	-0,93*	-0,91*	-0,87*	-0,95*	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,81*
NdSP	0,87*	0,87*	0,86*	0,86*	0,86*	0,91*	0,85*	0,11 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>
NdM1mm	-0,70*	-0,78*	-0,82*	-0,91*	-0,84*	-0,82*	-0,45*	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,50*	0,82*
ND1-25mm	-0,72*	-0,70*	-0,71*	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,52*	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,46*	0,32*	0,70*	0,40*	0,46*	0,54*	0,52*	0,51*
Nd26-50mm	-	-0,58*	-0,68*	-0,68*	-0,73*	-0,82*	-0,78*	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup> *	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,76*	-0,53*	-0,93*
Nd51-75mm	-	-	-	-	-0,58*	-0,63*	-0,82*	-0,82*	-0,82*	-0,82*	-0,84*	-0,92*	-0,66*	-0,07 <sup>ns</sup>
TempMédia	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,33*	-0,43*	-0,59*	-0,64*	-0,63*	0,18 <sup>ns</sup>	-0,61*	-0,39*	-0,25 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,37*	0,97*
NdT15-25°C	-0,20 <sup>ns</sup>	0,67*	-0,10 <sup>ns</sup>	0,62*	0,32*	0,46*	0,57*	0,87*	0,69*	0,81*	0,66*	0,84*	0,61*	-0,38*
NdTemp<15°C	-	-	-	-	-	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,73*	-	-	-	-	-0,83*	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>
NdTemp>25°C	0,14 <sup>ns</sup>	-0,67*	0,03 <sup>ns</sup>	-0,60*	-0,36*	-0,38*	-0,40*	-0,77*	-0,74*	-0,84*	-0,69*	-0,56*	-0,54*	0,82*
URMédia	-0,75*	-0,78*	-0,80*	-0,81*	-0,86*	-0,93*	-0,79*	-0,36*	-0,48*	-0,54*	-0,80*	-0,90*	-0,63*	0,58*
2º Época DM 6563 RSF														
2º Época BMX Tornado RR														
PrecAcum	0,87*	0,88*	0,79*	0,66*	0,53**	0,40*	-0,40*	0,75*	0,72*	0,62*	0,37 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,31*	-0,77*
NdSP	-0,84*	-0,80*	-0,71*	-0,46*	-0,32*	-0,04 <sup>ns</sup>	0,62*	-0,61*	-0,43*	-0,25 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,40*	0,63*	0,93*
NdM1mm	-0,47*	-0,49*	-0,61*	-0,73*	-0,79**	-0,80*	-0,96*	-0,40*	-0,73*	-0,78*	-0,79*	-0,79*	-0,67*	-0,92*
ND1-25mm	0,91*	0,86*	0,80*	0,55*	0,44**	0,52*	0,11 <sup>ns</sup>	0,78*	0,72*	0,56*	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,72*
Nd26-50mm	-	-	-	-	-	-	-0,69*	-	-	-	-	-	-	-0,78*
TempMédia	-0,16 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,33*	0,50**	0,69*	0,28 <sup>ns</sup>	0,47	0,68*	0,77	0,83*	0,88*	0,85*	0,19 <sup>ns</sup>
NdT15-25°C	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,35*	-0,42*	-0,57*	-0,73**	-0,87*	-0,83*	-0,47*	-0,76*	-0,82*	-0,80*	-0,92	-0,93*	-0,65*
NdTemp>25°C	0,08 <sup>ns</sup>	0,36*	0,44*	0,60*	0,45*	0,88*	0,85*	0,46*	0,79*	0,85*	0,80*	0,92*	0,93*	0,72*
URMédia	0,59*	0,24 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,59*	-0,91*	0,14 <sup>ns</sup>	-0,36*	-0,51*	-0,67*	-0,72*	-0,79*	-0,98*

(Continua)

Safrá 2015/16														
Variáveis	3º Época DM 6563 RSF						3º Época BMX Tornado RR							
	5	7	8	10	11	14	20	5	7	8	10	11	14	20
PrecAcum	0,49*	0,46*	0,59*	0,72*	0,82*	0,77*	0,15 <sup>ns</sup>	0,87*	0,53*	0,80*	0,76*	0,86*	0,78*	0,40*
NdSP	-0,59*	-0,63*	-0,72*	-0,77*	-0,77*	-0,49*	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,79*	-0,80*	-0,80*	-0,82*	-0,81*	-0,60*	-0,29 <sup>ns</sup>
NdM1mm	0,19 <sup>ns</sup>	-0,37*	-0,57*	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,57*	-0,72*	-0,87*	0,36*	0,03 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,42*	-0,50*	-0,80*
Nd1-25mm	0,47*	0,67*	0,77*	0,54*	0,74*	0,70*	0,70*	0,46*	0,70*	0,77*	0,39*	0,66*	0,74*	0,74*
Nd26-50mm	0,24 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	-0,80*	0,49*	0,49*	0,49*	0,49*	0,49*	0,49*	-0,32*
TempMédia	-0,31*	-0,40*	-0,41*	-0,37*	-0,33*	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,41*	-0,37*	-0,39*	-0,33*	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
NdT15-25°C	0,35*	0,34	0,33*	0,27 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,67*	0,29 <sup>ns</sup>	0,33*	0,31*	0,11 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,61*
NdTemp>25°C	-0,35*	-0,36*	-0,34*	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,67*	-0,29 <sup>ns</sup>	0,67*	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,38*	-0,35*	-0,67*	-0,21 <sup>ns</sup>	0,41*	0,61*
URMédia	0,87*	0,86*	0,82*	0,66*	0,56*	0,04 <sup>ns</sup>	-0,37*	0,88*	0,88*	0,87*	0,76*	0,72*	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,38*
4º Época DM 6563 RSF														
4º Época BMX Tornado RR														
PrecAcum	0,44*	0,55*	0,46*	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,67*	-0,55*	0,82*	0,62*	0,69*	0,28 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,70*	-0,44*	0,91*
NdSP	-0,92*	-0,70*	-0,51	0,26 <sup>ns</sup>	0,32*	-0,72*	-0,98*	-0,74*	-0,28 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,68*	0,51*	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,90*
NdM1mm	0,86*	0,81	0,86*	0,79*	0,87*	0,87*	0,86*	0,65*	0,95*	0,95*	0,96*	0,96*	0,96*	0,95*
ND1-25mm	0,55*	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,43*	-0,86*	-0,78*	-0,71*	0,90*	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,68*	-0,82*	-0,94*	-0,92*	-0,94*	0,88*
Nd26-50mm	0,29 <sup>ns</sup>	0,61*	0,72*	0,66*	0,73*	0,73*	0,71*	0,71*	0,90*	0,93*	0,93*	0,93*	0,93*	0,93*
TempMédia	0,77*	0,90*	0,98*	0,97*	0,96*	0,93*	-0,99*	0,90*	0,97*	0,97*	0,99*	0,97*	0,24 <sup>ns</sup>	-0,99*
NdT15-25°C	0,12 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,39*	0,98*	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,77*	0,97*
NdTemp>25°C	-	-	-	-	-	-0,39*	-0,98*	-	-	-	-	-	-0,80*	-0,96*
URMédia	-0,82*	-0,75*	-0,79*	-0,90*	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,87*	-0,91*	-0,87*	-0,92*	-0,83*	-0,02 <sup>ns</sup>	0,70*	0,97*
5º Época DM 6563 RSF														
5º Época BMX Tornado RR														
PrecAcum	0,19 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,41*	0,22 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,42*	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,40*	0,23 <sup>ns</sup>
NdSP	-0,65*	-0,77*	-0,80*	-0,74*	-0,79*	-0,80*	-0,88*	-0,87*	-0,77*	-0,91*	-0,83*	-0,81*	-0,93*	-0,93*
NdM1mm	0,57*	0,62*	0,61*	0,76*	0,93*	0,89*	0,90*	0,79	0,72*	0,74*	0,80*	0,89*	0,89*	0,90*
ND1-25mm	0,49*	0,60*	0,46*	0,21 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,88*	0,00 <sup>ns</sup>	0,81*	0,81*	0,70*	0,36*	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,89*	0,44*
Nd26-50mm	-0,37*	-0,47*	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	0,69*	0,79*	0,31*	-0,38*	-0,60*	-0,18 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,55*	0,69*	0,70*
TempMédia	0,29 <sup>ns</sup>	0,42*	0,63*	0,62*	0,83*	0,89*	-0,56*	0,06 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,68*	0,84*	0,90*	0,98*	-0,66*
NdT15-25°C	-0,00 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	-0,00 <sup>ns</sup>	0,57*	0,83*	0,31*	0,31*	0,29 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	0,87*
NdTemp>25°C	-	-	-	-	-	-	-0,85*	-	-	-	-	-	-	-0,88*
URMédia	0,36*	0,40*	0,24 <sup>ns</sup>	-0,31*	-0,33*	0,26 <sup>ns</sup>	0,94*	0,55*	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,94*

\* Coeficiente de correlação significativo a 5% de significância pelo teste t; ns: não significativo.

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Analisando o comportamento da safra 2015/16 constatou-se que o período de 20 DAAPSV apresentou maior número de correlações significativas ao longo das épocas. Ressaltando que os períodos inferiores a 10 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma não foram suficientes para caracterizar a epidemia causada por *P. pachyrhizi*, dado que apresentaram um número reduzido de correlações significativas. Esse resultado corrobora com os obtidos por Lerner (2016), que verificou em seu estudo que o período de sete dias não foi suficiente para ser utilizado no cálculo das variáveis meteorológicas que precedem a epidemia.

Del Ponte e Esker (2008) relatam que, diferentemente do que é observado em experimentos realizados em ambientes controlados, em situações de campo, sob condições ideais para o desenvolvimento do fungo, são necessários pelo menos 20 dias para a detecção dos sintomas. Young et al. (2011), em estudo realizado na Flórida (USA), também encontraram o maior número de correlações significativas em período superior a 20 dias anteriores ao aparecimento do sintoma da doença.

No que se refere às variáveis que mais influenciaram o desenvolvimento da epidemia, na safra 2015/16, não foram observadas diferenças entre as cultivares. Destacaram-se, principalmente nas três primeiras épocas, o NdM1mm e a URMédia. No mesmo estudo realizado por Young et al. (2011), foi observado comportamento distinto com relação ao NdM1mm, os autores encontraram forte correlação com volumes acumulados maiores que um milímetro, além da temperatura e a umidade relativa não apresentarem correlação direta com a primeira detecção da doença.

Na safra 2016/17, a primeira época de semeadura emergiu dia 29/11/2016. Na cultivar DM 6563 RSF, o período de 10 DAAPSV apresentou o maior número de correlações negativas significativas. Na BMX Tornado RR, 10 e 14 DAAPSV apresentaram o mesmo número de variáveis correlacionadas significativamente. Em todos os períodos, o NdSP apresentou correlação negativa. A variável Nd26-50mm foi a que exibiu a maior correlação dentre as classes de precipitação, juntamente com TempMédia, NdTemp>25°C e URMédia.

Na segunda época, com data de emergência 10/12/2016, o período de dias com maior número de correlações significativas foi aos 14 DAAPSV, na cultivar DM 6563 RSF, e aos 11 DAAPSV, na cultivar BMX Tornado RR. Na DM 6563 RSF, verificou-se que, dentre as variáveis relacionadas à precipitação, o Nd26-50mm apresentou a maior magnitude. Destacaram-se também a TempMédia e a URMédia. Na cultivar BMX Tornado RR, as maiores magnitudes corresponderam a PrecAcum,

TempMédia e URMédia. O NdSP apresentou correlação positiva somente na BMX Tornado RR.

Na terceira época, com emergência dia 25/12/2017, os períodos de 14 e 20 DAAPSV destacaram-se em relação ao maior número de correlações significativas na cultivar DM 6563 RSF. Apresentaram coeficientes de elevada magnitude as variáveis: PrecAcum, Nd51-75mm, TempMédia e NdT15-25°C. A variável NdSP foi positiva. Na cultivar BMX Tornado RR, o período de maior número de correlações foi aos 14DAAPSV, contudo, com um número inferior de variáveis significativas. As maiores magnitudes foram observadas no Nd51-75mm e NdM1mm.

Como registrado na primeira safra, na quarta e quinta épocas de semeadura o número de variáveis significativas foi reduzido, novamente devido à proximidade das datas de aparecimento dos primeiros sintomas.

Na quarta época de semeadura, na cultivar DM 6563 RSF, foram significativas as variáveis NdSP, NdM1mm e NdTemp<15°C aos 5, 7, 8 DAAPSV e aos 20 DAAPSV o NdM1mm, Nd26-50mm e NdTemp<15°C. Na cultivar BMX Tornado RR, também foram significativas as variáveis NdM1mm e NdTemp<15°C aos 5, 7, 8 e 10 DAAPSV e aos 20 DAAPSV o Nd26-50mm e NdTemp<15°C.

Na quinta época, a cultivar DM 6563 RSF apresentou aos 5 DAAPSV o maior número de variáveis significativas e a cultivar BMX Tornado RR aos 10 e 11 DAAPSV, ambas registraram as mesmas variáveis. No NdSP e no NdM1mm verificaram-se altas magnitudes, como observado em outras épocas, indicando sua participação na antecipação dos sintomas (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima maior que 25°C (NdTemp>25°C), umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi* na safra de 2016/17 em 5 épocas de semeadura e duas cultivares de soja

Safra 2016/17														
Variáveis	1º Época DM 6563 RSF						1º Época BMX Tornado RR							
	5	7	8	10	11	14	20	5	7	8	10	11	14	20
PrecAcum	-0,55*	-0,44*	-0,42*	-0,40*	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,39*	-0,67*	-0,70*	-0,65*	-0,49*	-0,52*	-0,46*	-0,74*
NdSP	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,57*	-0,62*	-0,64*	-0,54*	-0,40*	0,13 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,46*	-0,38*	-0,46*	0,18 <sup>ns</sup>
NdM1mm	0,81*	0,96*	0,72*	0,80*	0,81*	0,77*	0,54*	0,44*	0,79*	0,63*	0,64*	0,67	0,90*	0,57*
Nd1-25mm	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,52*	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,71*	-0,52*	-0,36*	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,40*	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,41*	0,07 <sup>ns</sup>
Nd26-50mm	-0,43*	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,76*	-0,69*	-0,93*	-0,96*	-0,90*	0,29 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,51*	-0,78*	-0,77*	-0,80*
Nd51-75mm	-0,31*	-0,11 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,65*	0,56*	0,71*	0,62*	-0,62*	-0,38*	-0,36*	0,30 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,43*
TempMédia	-0,96*	-0,95*	-0,95*	-0,91*	-0,96*	-0,99*	-0,99*	-0,34*	-0,97*	-0,96*	-0,89*	-0,94*	-0,98*	-0,98*
NdT15-25°C	0,28 <sup>ns</sup>	0,43*	0,54*	0,81*	0,77*	0,96*	0,98*	-0,09 <sup>ns</sup>	0,33*	0,43*	0,72*	0,56*	0,89*	0,95*
NdTemp>25°C	-0,43*	-0,43*	-0,58*	-0,83*	-0,77*	-0,96*	-0,97*	-	-	-0,43*	-0,73*	-0,56*	-0,91*	-0,93*
URMédia	-0,68*	-0,75*	-0,82*	-0,92*	-0,96*	-0,95*	-0,63*	-0,41*	-0,63*	-0,68*	-0,75*	-0,86*	-0,90*	-0,88*
2º Época DM 6563 RSF														
2º Época BMX Tornado RR														
PrecAcum	-0,57*	-0,79*	-0,72*	-0,70*	-0,61*	-0,44*	-0,92*	-0,50*	-0,73*	-0,80*	-0,81*	-0,83*	-0,77*	-0,74*
NdSP	0,04 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,47*	-0,57*	-0,48*	-0,00 <sup>ns</sup>	0,54*	0,56*	0,70*	0,52*	0,56*	0,17 <sup>ns</sup>	0,39*
NdM1mm	0,39*	0,65*	0,68*	0,62*	0,72*	0,84*	0,61*	-0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,60*	0,47*	0,61*	0,70*
ND1-25mm	0,01 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,34*	0,39*	-0,38*	-0,59*	-0,67*	-0,68*	-0,52*	-0,66*	-0,48*
Nd26-50mm	0,49*	0,20 <sup>ns</sup>	0,49*	-0,34*	-0,47*	-0,58*	-0,81*	0,76*	0,45*	0,76*	0,61*	0,44*	0,26 <sup>ns</sup>	-0,51*
Nd51-75mm	-0,72*	-0,57*	-0,65*	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,74*	-0,65*	-0,81*	-0,71*	-0,65*	-0,54*	0,03 <sup>ns</sup>
TempMédia	-0,31*	-0,95*	-0,97*	-0,86*	-0,97*	-0,97*	-0,99*	-0,31*	-0,97*	-0,98*	-0,92*	-0,98*	-0,97*	-0,98*
NdT15-25°C	-0,31*	-0,31*	-0,29 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,46*	0,80*	0,93*	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,68*	-0,68*	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,69*	0,04 <sup>ns</sup>	0,80*
NdTemp<15°C	0,31*	0,31*	0,31*	0,31*	0,31*	0,32*	0,42*	0,68*	0,68*	0,68*	0,68*	0,69*	0,68*	0,72*
NdTemp>25°C	-	-	-	-0,38*	-0,62*	-0,85*	-0,94*	-	-	-	-0,33*	-0,47*	-0,51*	-0,90*
URMédia	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,65*	-0,71*	-0,79*	-0,84*	-0,94*	-0,96*	-0,39*	-0,62*	-0,67*	-0,74*	-0,76*	-0,87*	-0,97*

(Continua)

Safrá 2016/17														
Variáveis	3º Época DM 6563 RSF							3º Época BMX Tornado RR						
	5	7	8	10	11	14	20	5	7	8	10	11	14	20
PrecAcum	0,04 <sup>ns</sup>	-0,63*	-0,66*	-0,54*	-0,61*	-0,89*	-0,85*	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,62*	0,27 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,71*	-0,71*
NdSP	0,72*	0,80*	0,88*	0,91*	0,90*	0,98*	0,86*	0,22 <sup>ns</sup>	0,58*	0,69*	0,63*	0,64*	0,87*	0,64*
NdM1mm	-0,80*	-0,91*	-0,88*	-0,87*	-0,87*	-0,89*	-0,69*	-0,68*	-0,78*	-0,63*	-0,80*	-0,84*	-0,84*	-0,65*
Nd1a25mm	0,40*	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-0,64*	-0,34*	0,51*	0,12 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,40*	0,37*	-0,07 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Nd26a50mm	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,52*	0,11 <sup>ns</sup>	0,70*	0,87*	0,82*	0,01 <sup>ns</sup>	-0,61*	-0,45*	-0,34*	0,57*	0,57*	0,58*	-0,10 <sup>ns</sup>
Nd51a75mm	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,75*	-0,87*	-0,82*	-0,95*	-0,80*	-	-	-0,57*	-0,57*	-0,57*	-0,86*	-0,65*
TempMédia	0,67*	0,43*	0,17 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,64*	-0,85*	0,80*	0,78*	0,75*	0,49*	0,57*	0,16 <sup>ns</sup>	-0,45*
NdT15-25°C	0,22 <sup>ns</sup>	-0,59*	-0,80*	-0,81*	-0,89*	-0,89*	0,41*	0,60*	-0,05 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,57*	-0,58*	0,18 <sup>ns</sup>
NdTemp<15°C	-0,03 <sup>ns</sup>	0,59*	0,80*	0,81*	0,89*	0,89*	0,48*	-0,60*	0,05 <sup>ns</sup>	0,57*	0,08 <sup>ns</sup>	0,57*	0,58*	-0,18 <sup>ns</sup>
NdTemp>25°C	-	-	-	-	-	-	-0,71*	-	-	-	-	-	-	-
URMédia	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,81*	-0,90*	-0,56*	-0,56*	-0,84*	-0,85*	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,60*	-0,57*	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,56*	-0,46*
4º Época DM 6563 RSF														
4º Época BMX Tornado RR														
PrecAcum	0,53*	0,56*	0,58*	0,87*	0,75*	0,85*	0,88*	0,37*	0,77*	0,47*	0,85*	0,70*	0,96*	0,54*
NdSP	0,62*	0,37*	0,37*	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,324*	-0,61*	-0,93*	-	-0,70*	-0,81*	-0,87*	-0,78*	-0,92*	-0,86*
NdM1mm	-0,79*	-0,83*	-0,87*	-0,87*	-0,78*	-0,75*	-0,79*	-0,70*	-0,93*	-0,69*	-0,60*	-0,17 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
ND1-25mm	0,56*	0,53*	0,72*	0,95*	0,93*	0,89*	0,95*	0,69*	0,95*	0,90*	0,92*	0,71*	0,86*	0,80*
Nd26-50mm	-	-	-	-	-	-	-0,56*	-	-	-	-	-	-	-0,80*
TempMédia	0,89*	0,92*	0,89*	0,84*	0,70*	0,78*	0,94*	0,96*	0,84	0,68*	0,26 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	0,48*	0,89*
NdT15-25°C	0,56*	0,82*	0,82*	0,76*	0,74*	0,56*	0,79*	0,83*	0,85*	0,64*	0,02 <sup>ns</sup>	0,57*	0,57*	0,61*
NdTemp<15°C	-0,56*	-0,81*	-0,82*	-0,75*	-0,69*	-0,56*	-0,79*	-0,85*	-0,84*	-0,64*	-0,47*	-0,57*	-0,57*	-0,61*
URMédia	0,60*	0,64*	0,75*	0,81*	0,79*	0,48*	0,41*	0,38*	0,85*	0,49*	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	0,59*	0,40*
5º Época DM 6563 RSF														
5º Época BMX Tornado RR														
PrecAcum	-0,44*	-0,37*	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,66*	0,27 <sup>ns</sup>	-0,47*	0,94*	-0,88*	-0,87*	-0,68*	-0,92*	-0,48*	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>
NdSP	0,67*	0,67*	0,67*	0,08 <sup>ns</sup>	0,67*	0,20 <sup>ns</sup>	-0,76*	0,70*	0,70*	0,70*	0,70*	0,70*	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,81*
NdM1mm	-0,67*	-0,66*	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,68*	-0,92*	-0,76*	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,70*	-0,89*	-0,87*	-0,70*	-0,83*	-0,93*	-0,10 <sup>ns</sup>
ND1-25mm	-0,20 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,67*	0,45*	0,88*	0,76*	0,76*	0,19 <sup>ns</sup>	0,36*	0,30 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,83*	0,93*	0,89*
TempMédia	0,77*	0,97*	0,97*	0,96*	0,97*	0,74*	0,40*	0,78*	0,95*	0,96*	0,94*	0,94*	0,94*	0,82*
NdT15-25°C	-0,33*	0,15 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,68*	0,91*	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,70*	0,83*	0,87*	-0,00 <sup>ns</sup>
NdTemp<15°C	-	-	-	-0,69*	-0,91*	-0,08 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	-	-	-	-0,70*	-0,84*	-0,74*	0,09 <sup>ns</sup>
URMédia	0,73*	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,72*	0,86*	0,93*	0,92*	-0,38*	0,68*	0,57*	0,70*	0,42*	0,87*	0,98*	-0,68*

\* Coeficiente de correlação significativo a 5%de significância pelo teste t; ns: não significativo.

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.



O comportamento observado nas duas safras foi semelhante em relação ao período de dias que antecede o aparecimento dos sintomas e a presença do maior número de correlações significativas. Períodos superiores a 10 dias foram os que apresentam o maior número de correlações significativas, em todas as épocas. As situações em que foram identificados períodos inferiores, como na quarta e quinta épocas, necessitam de mais investigação, pois foram comportamentos isolados dentro do conjunto de dados. Apesar disso, também não foi observado comportamento distinto entre as cultivares.

É interessante ressaltar a presença frequente da temperatura mínima média e da umidade relativa média do ar, com correlações elevadas em todas as épocas. No entanto, utilizar somente a magnitude das correlações simples como forma de seleção pode não ser muito eficiente e provocar equívocos na escolha. Embora seja de grande importância o conhecimento das mesmas como forma de quantificar e ver a direção da correlação, é necessário cuidado, dado que elas não são medidas diretas de causa e efeito (COIMBRA et al., 2004).

O teste de multicolinearidade dos dados revelou multicolinearidade de alta a severa. Diante disso, para estimação dos parâmetros, utilizou-se a metodologia de análise de trilha em crista, que consiste na adição de uma constante  $k$  à diagonal da matriz  $X'X$ . Que, por sua vez, foi determinada pelo exame do traço da crista, para cada tratamento, por meio da construção de um gráfico, onde foram plotados os coeficientes de trilha em razão dos valores de  $k$  no intervalo de  $0 < k < 1$  (CARVALHO et al., 2001). O valor da constante  $k$  adotada variou conforme necessidade de cada situação estudada.

Na primeira época de semeadura da safra 2015/16, a análise de correlação de Pearson ( $r$ ) identificou os períodos de 11 e 20 DAAPSV na cultivar DM 6563 RSF e 11 DAAPSV na cultivar BMX Tornado RR (Tabela 2). Na DM 6563 RSF, a variável PrecAcum apresentou correlação de maior magnitude (-0,93) aos 11 DAAPSV, resultado de seu efeito direto sobre a variável principal dias após a emergência (DAE), o que confirma sua importância para o processo de infecção por *P. pachyrhizi*, aliado ao efeito indireto do NdM1mm (-0,28) e NdT15-25°C (-0,23). Essa mesma variável, na cultivar BMX Tornado RR, apresentou efeito direto de baixa magnitude, porém as variáveis NdTemp<15°C, URMédia e NdT15-25°C, através dos seus efeitos indiretos negativos (-0,22, -0,22, -0,16, respectivamente), foram as promotoras do efeito total (-0,95).

A variável NdSP foi positiva e de elevada magnitude tanto aos 11 como aos 20 DAAPSV na cultivar DM 6563 RSF. Aos 11 DAAPSV, verificou-se baixo efeito direto sobre DAE, no entanto observou-se o efeito indireto, principalmente, via PrecAcum (0,42) e NdM1mm (0,29). Aos 20 DAAPSV, a magnitude da correlação também ocorreu devido ao efeito indireto, sobretudo, da variável URMédia (0,20). Na cultivar BMX Tornado, não foi verificado efeito significativo.

No que se refere ao comportamento da variável NdM1mm, o efeito total negativo foi superior aos 11 DAAPSV (-0,84), na DM 6563 RSF. Além do seu efeito direto sobre o DAE (-0,41), verificou-se, também, a contribuição da PrecAcum (-0,37) e do Nd26-50mm (-0,14), via efeito indireto. Na cultivar BMX Tornado RR, a correlação para essa variável foi positiva e não significativa. O Nd1-25mm apresentou efeito total negativo superior aos 11 DAAPSV (-0,53), na cultivar DM 6563 RSF, destacando-se pela sua contribuição, via efeito indireto à variável PrecAcum (-0,24). Na BMX Tornado RR, o efeito total para essa variável foi positivo.

O Nd26-50mm apresentou efeito total negativo superior na cultivar DM 6563 RSF, aos 20 DAAPSV (-0,78), resultado do seu efeito direto sobre o DAE. Na BMX Tornado RR, a magnitude da correlação ocorreu devido aos efeitos indiretos das variáveis NdT15-25°C (-0,18) e URMédia (-0,12).

A variável Nd51-75mm, na cultivar DM 6563 RSF, apresentou correlação de maior magnitude (-0,82) aos 20 DAAPSV. Além do efeito direto sobre DAE (-0,17), os efeitos indiretos que mais contribuíram para o efeito total foram o das variáveis NdTemp<15°C (-0,18) e URMédia (-0,15). Na BMX Tornado RR, aos 11 DAAPSV, as variáveis de temperatura NdT15-25°C (-0,14) e NdTemp<15°C (-0,21) contribuíram via efeito indireto juntamente com a URMédia (-0,23).

Quanto à TempMédia, na cultivar DM 6563 RSF, novamente o período de 11 DAAPSV apresentou efeito total superior (-0,64). Essa magnitude foi possível devido ao efeito indireto via PrecAcum (-0,45), NdM1mm (-0,32) e Nd26-50mm (-0,19). Na cultivar BMX Tornado RR, seu efeito total foi positivo e não significativo. O mesmo observou-se em relação à variável NdT15-25°C, seu efeito foi positivo em ambas as cultivares.

A cultivar DM 6563 RSF registrou a variável NdTemp<15°C somente aos 20 DAAPSV. O efeito total foi negativo e de elevada magnitude (-0,73), resultado do seu efeito direto sobre DAE. Comportamento semelhante observou-se na BMX Tornado RR, aliado ao efeito indireto da URMédia (-0,23).

No que diz respeito ao NdTemp>25°C, as correlações foram de baixa magnitude, porém significativas. Na cultivar DM 6563 RSF, o período de 20 DAAPSV registrou efeito total de -0,40. Praticamente não houve efeito direto da variável sobre DAE e esse comportamento ocorreu devido aos efeitos indiretos da URMédia (-0,17) e do Nd26-50mm (-0,13). Na cultivar BMX Tornado RR, observou-se, além do efeito direto (-0,12), o efeito indireto via NdT15-25°C (-0,19).

Em relação à URMédia, o período de 11 DAAPSV apresentou efeito total de elevada magnitude em ambas as cultivares que, na cultivar DM 6563 RSF, deveu-se ao efeito indireto da PrecAcum (-0,43) e do NdM1mm (-0,27). Na cultivar BMX Tornado RR, por sua vez, observou-se o efeito direto sobre DAE (-0,26), bem como o indireto da variável NdTemp<15°C (-0,23) (Tabela 4).

Tabela 4 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a primeira época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM 6563 RSF		BMX Tornado RR
		11DAAPSV	20DAAPSV	11DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	-0,54	-0,14	-0,08
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	-0,15	-0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,28	-0,04	0,04
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,05	0,07	-0,05
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,20	-0,14	-0,07
	Efeito indireto via 51-75mm	-0,03	-0,17	-0,08
	Efeito indireto via TempMédia	-0,04	0,00	-0,03
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,23	0,01	-0,16
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,19	-0,22
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,14	0,00	-0,06
	Efeito indireto via URMédia	0,06	-0,19	-0,22
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,93</b>	<b>-0,91</b>	<b>-0,95</b>
NdSP	Efeito direto sobre DAE	0,04	0,16	0,05
	Efeito indireto via PrecAcum	0,42	0,13	0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	0,29	0,06	0,00
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,09	-0,09	-0,05
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,10	0,13	0,04
	Efeito indireto via 51-75mm	0,01	0,15	0,00

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM 6563 RSF		BMX Tornado RR
		11DAAPSV	20DAAPSV	11DAAPSV
NdSP	Efeito indireto via TempMédia	0,02	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,02	-0,01	0,08
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	0,14	0,04
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,02	0,00	0,05
	Efeito indireto via URMédia	-0,07	0,20	0,06
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,86</b>	<b>0,85</b>	<b>0,25</b>
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	-0,41	-0,10	-0,08
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,37	-0,05	0,04
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	-0,10	0,00
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,02	0,04	-0,03
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,14	-0,08	0,01
	Efeito indireto via 51-75mm	-0,03	-0,05	0,03
	Efeito indireto via TempMédia	-0,03	0,00	0,06
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,18	0,00	0,01
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	0,01	0,17
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,11	0,00	-0,03
	Efeito indireto via URMédia	0,05	-0,12	0,09
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,84</b>	<b>-0,45</b>	<b>0,28</b>	
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	-0,11	0,13	0,11
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,24	-0,08	0,04
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	-0,12	-0,03
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,09	-0,03	0,02
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,00	-0,06	0,04
	Efeito indireto via 51-75mm	0,01	-0,09	0,06
	Efeito indireto via TempMédia	0,00	0,00	0,00
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,06	0,01	0,09
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,05	0,06
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,03	0,00	0,04
	Efeito indireto via URMédia	0,07	-0,17	0,10
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,53</b>	<b>-0,46</b>	<b>0,54</b>	
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	-0,24	-0,21	-0,09
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,43	-0,09	-0,06
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	-0,10	-0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,23	-0,04	0,00
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,00	0,03	-0,04
	Efeito indireto via 51-75mm	-0,04	-0,07	-0,05
	Efeito indireto via TempMédia	-0,03	0,00	0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,19	0,02	-0,18
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,14	-0,11
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,13	0,00	-0,10
	Efeito indireto via URMédia	0,03	-0,17	-0,12
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,73</b>	<b>-0,78</b>	<b>-0,76</b>	
Nd51-75mm	Efeito direto sobre DAE	-0,05	-0,17	-0,09
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,35	-0,13	-0,07
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	-0,14	0,00
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,23	-0,03	0,03
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,02	0,07	-0,07
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,17	-0,09	-0,05
	Efeito indireto via TempMédia	-0,02	0,00	-0,04
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,13	0,01	-0,14
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,18	-0,21
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,09	0,00	-0,04

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM 6563 RSF		BMX Tornado RR
		11DAAPSV	20DAAPSV	11DAAPSV
Nd51-75mm	Efeito indireto via URMédia	0,02	-0,15	-0,23
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,58	-0,82	-0,92
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,04	-0,01	0,08
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,45	0,03	0,03
	Efeito indireto via NdSP	-0,02	0,00	-0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,32	-0,02	-0,06
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,01	0,02	0,00
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,19	-0,03	-0,02
	Efeito indireto via Nd51a75mm	-0,03	0,06	0,04
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,25	0,00	-0,04
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	0,17	0,19
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,16	0,00	-0,07
	Efeito indireto via URMédia	0,02	-0,05	0,13
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,64	0,18	0,26
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,29	-0,02	0,21
	Efeito indireto via PrecAcum	0,43	0,08	0,06
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,07	0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	0,25	-0,01	-0,01
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,02	-0,03	0,05
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,17	0,14	0,08
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,02	0,07	0,06
	Efeito indireto via TempMédia	0,04	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	0,16	0,12
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,18	0,00	0,11
	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,12	0,15
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,32	0,57	0,84
NdTemp<15°C	Efeito direto sobre DAE	-	-0,29	-0,26
	Efeito indireto via PrecAcum	-	-0,09	-0,07
	Efeito indireto via NdSP	-	-0,07	-0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	-	0,00	0,05
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-	0,02	-0,02
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-	-0,10	-0,04
	Efeito indireto via Nd51a75mm	-	-0,11	-0,08
	Efeito indireto via TempMédia	-	0,00	-0,06
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-	0,01	-0,10
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,00	-0,01
	Efeito indireto via URMédia	-	-0,10	-0,23
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-	-0,73	-0,83
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	0,18	0,01	-0,12
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,43	-0,04	-0,04
	Efeito indireto via NdSP	0,00	-0,05	-0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,25	-0,02	-0,02
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,02	0,04	-0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,17	-0,13	-0,07
	Efeito indireto via Nd51a75mm	-0,03	-0,01	-0,03
	Efeito indireto via TempMédia	-0,04	0,00	0,05
	Efeito indireto via NdTemp15-25°C	0,28	0,01	-0,19
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,04	-0,02
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,17	-0,06
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,36	-0,40	-0,57

(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM 6563 RSF		BMX Tornado RR
		11DAAPSV	20DAAPSV	11DAAPSV
URMédia	Efeito direto sobre DAE	0,08	-0,26	-0,26
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,43	-0,10	-0,07
	Efeito indireto via NdSP	-0,04	-0,12	-0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,27	-0,04	0,03
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,09	0,08	-0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,08	-0,14	-0,04
	Efeito indireto via Nd51a75mm	-0,01	-0,10	-0,08
	Efeito indireto via TempMédia	-0,01	0,00	-0,04
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,02	0,01	-0,12
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,11	-0,23
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,01	0,00	-0,03
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,86</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,90</b>
Coeficiente de determinação		0,94	0,95	0,98
Valor de K usado na análise		0,38	5,63 <sup>-02</sup>	5,44 <sup>-02</sup>
Efeito variável residual		0,24	0,2	0,12

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Na segunda época de semeadura, baseado nas correlações de Pearson (r), serão apresentados os efeitos diretos e indiretos, via análise de trilha, do período de 20 DAAPSV, em ambas as cultivares (Tabela 5).

Tabela 5 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima menor que 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima maior que 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a segunda época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM 6563 RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdSP	-0,04	-0,11
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,06	-0,26
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,16	0,15
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,14	-0,14
	Efeito indireto via TempMédia	-0,01	0,01
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,04	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,05	-0,08

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM 6563 RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
PrecAcum	Efeito indireto via URMédia	-0,21	-0,30
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,40	-0,77
NdSP	Efeito direto sobre DAE	0,05	0,13
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	0,12	0,31
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,15	-0,15
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,12	0,13
	Efeito indireto via TempMédia	-0,02	-0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,10	0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,11	0,13
	Efeito indireto via URMédia	0,28	0,34
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,62	0,93
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	-0,21	-0,32
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	-0,12
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,04	0,15
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,10	-0,11
	Efeito indireto via TempMédia	0,02	0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,15	-0,03
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,16	-0,13
	Efeito indireto via URMédia	-0,28	-0,33
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,96	-0,92
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	0,22	0,17
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	-0,11
	Efeito indireto via NdM1mm	0,03	-0,29
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,04	-0,11
	Efeito indireto via TempMédia	0,01	0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,01	-0,11
	Efeito indireto via URMédia	-0,08	-0,28
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,11	-0,72
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	-0,16	-0,15
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdSP	-0,04	-0,11
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,13	-0,24
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,06	0,13
	Efeito indireto via TempMédia	-0,02	0,00
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,06	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,08	-0,07
	Efeito indireto via URMédia	-0,26	-0,30
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,69	-0,78
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,07	-0,07
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	0,00
	Efeito indireto via NdSP	0,01	0,03
	Efeito indireto via NdM1mm	0,07	0,10
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,04	-0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,04	0,00
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,13	0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,13	0,10

(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM 6563 RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
TempMédia	Efeito indireto via URMédia	0,08	0,06
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,28	0,19
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,18	-0,04
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	0,00
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	-0,07
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,18	-0,20
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,00	0,07
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,05	-0,02
	Efeito indireto via TempMédia	0,05	0,03
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,19	-0,21
	Efeito indireto via URMédia	-0,25	-0,20
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,83	-0,65
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	0,19	0,21
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	0,01
	Efeito indireto via NdSP	0,03	0,08
	Efeito indireto via NdM1mm	0,18	0,20
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,01	-0,09
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,06	0,05
	Efeito indireto via TempMédia	-0,05	-0,03
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,18	0,04
	Efeito indireto via URMédia	0,26	0,23
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,85	0,72
URMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,33	-0,37
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdSP	-0,04	-0,12
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,18	-0,29
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,06	0,13
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,13	-0,12
	Efeito indireto via TempMédia	0,02	0,01
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,14	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,15	-0,13
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,91	-0,98
Coeficiente de determinação		0,95	0,94
Valor de K usado na análise		7,73 <sup>-02</sup>	0,16
Efeito variável residual		0,20	0,23

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Nas duas cultivares o efeito direto da variável PrecAcum sobre DAE foi praticamente nulo. Dessa forma, na cultivar DM 6563 RSF, as variáveis URMédia (-0,21) e Nd26-50mm (-0,14), através de seus efeitos indiretos negativos, promoveram o efeito total de -0,40. Comportamento semelhante foi constatado na cultivar BMX Tornado RR, onde os efeitos indiretos negativos da URMédia (-0,30), NdM1mm (-0,26) e Nd26-50mm (-0,14) contribuíram para o efeito total (-0,77).



A variável NdSP apresentou correlação positiva em ambas as cultivares, indicando que quanto mais dias ocorrerem sem precipitação maior é o número de dias após a emergência até o aparecimento do primeiro sintoma da doença.

Em relação ao NdM1mm, observou-se correlação de alta magnitude em ambas as cultivares (-0,96 e -0,92). Verificou-se que, além do efeito direto sobre DAE, a variável URMédia exerceu seu efeito indiretamente sobre a variável principal (-0,28 e -0,33).

O Nd1-25mm não foi significativo na cultivar DM 6563 RSF. No entanto, na cultivar BMX Tornado RR, apresentou correlação de -0,72 e, apesar do baixo efeito direto sobre DAE, o Nd1-25mm exerceu seu efeito indiretamente via NdM1mm (-0,29) e URMédia (-0,28). A variável Nd26-50mm também expressou seu efeito sobre DAE indiretamente via URMédia e NdM1mm, em ambas as cultivares.

As variáveis TempMédia e NdTemp>25°C apresentaram correlação positiva. Por outro lado, a variável NdT15-25°C exerceu seu efeito indiretamente via URMédia, NdTemp>25°C e NdM1mm, em ambas as cultivares.

Em relação à URMédia, observou-se que a magnitude do valor da correlação, resultou do efeito direto sobre DAE associado, principalmente, ao efeito indireto do NdM1mm, em ambas as cultivares.

Na terceira época de semeadura, o período de 20 DAAPSV destacou-se novamente, em ambas as cultivares (Tabela 6). As variáveis PrecAcum, Nd1-25mm e NdTemp>25°C apresentaram efeito total positivo. E o NdSP e a TempMédia não foram significativos em nenhuma cultivar avaliada.

Tabela 6 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a terceira época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM 6563 RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	0,21	0,23
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,11
	Efeito indireto via NdM1mm	0,00	-0,25
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,08	0,33
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,22	0,01
	Efeito indireto via TempMédia	0,06	-0,07
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,02	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,02	0,00
	Efeito indireto via URMédia	0,05	-0,03
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,15	0,40
NdSP	Efeito direto sobre DAE	-0,01	-0,11
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,19	-0,22
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,01	0,31
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,08	-0,33
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,20	-0,01
	Efeito indireto via TempMédia	-0,06	0,08
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,03	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°	0,03	-0,01
	Efeito indireto via URMédia	-0,06	0,03
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,15	-0,29
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	-0,27	-0,71
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	0,08
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,05
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,07	0,00
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,44	0,02
	Efeito indireto via TempMédia	0,01	-0,03
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,07	0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°	-0,07	0,01
	Efeito indireto via URMédia	0,05	-0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,87	-0,80
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	0,11	0,41
	Efeito indireto via PrecAcum	0,15	0,19
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,09
	Efeito indireto via NdM1mm	0,17	-0,01
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,14	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	0,04	-0,05
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,03	0,00

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM 6563 RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
Nd1-25mm	Efeito indireto via NdTemp>25°	0,03	0,00
	Efeito indireto via URMédia	0,02	-0,01
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,70	0,74
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	-0,55	0,02
	Efeito indireto via PrecAcum	0,08	0,12
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,06
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,22	-0,48
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,02
	Efeito indireto via TempMédia	0,02	-0,06
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,07	0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,07	0,01
	Efeito indireto via URMédia	0,06	-0,04
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,80	-0,32	
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,09	0,12
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,14	-0,14
	Efeito indireto via NdSP	0,00	-0,08
	Efeito indireto via NdM1mm	0,02	0,16
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,05	-0,16
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,12	-0,01
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,05	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,05	-0,01
	Efeito indireto via URMédia	-0,05	0,04
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,10	-0,05	
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,09	0,02
	Efeito indireto via PrecAcum	0,05	0,04
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,20	-0,51
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	-0,09
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,39	0,01
	Efeito indireto via TempMédia	0,05	-0,09
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,09	0,02
	Efeito indireto via URMédia	0,05	-0,05
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,67	-0,61	
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	0,09	-0,02
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,05	-0,04
	Efeito indireto via NdSP	0,00	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	0,20	0,51
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,03	0,09
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,39	-0,01
	Efeito indireto via TempMédia	-0,05	0,09
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,09	-0,02
	Efeito indireto via URMédia	-0,05	0,05
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,67	0,61	
URMédia	Efeito direto sobre DAE	0,08	-0,05
	Efeito indireto via PrecAcum	0,13	0,12
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,07
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,17	-0,50
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,02	0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,39	0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,05	0,01

(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM 6563 RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
URMédia	Efeito indireto via NdT>25°C	-0,05	0,01
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,37	-0,38
Coeficiente de determinação		0,88	0,98
Valor de K usado na análise		5,60	0,28
Efeito variável residual		0,33	0,11

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Em relação ao NdM1mm, verificou-se alta correlação em ambas. Na cultivar DM 6563 RSF, além do efeito direto sobre DAE (-0,27), o Nd26-50mm contribuiu via efeito indireto. Na cultivar BMX Tornado RR, a magnitude da correlação (-0,80) deveu-se, especialmente, ao efeito direto dessa variável sobre DAE (-0,71).

O Nd26-50mm apresentou correlação negativa, em ambas, no entanto, na DM 6563 RSF a magnitude foi superior (-0,80) à cultivar BMX Tornado RR. O efeito direto foi significativo (-0,55), bem como o efeito indireto via NdM1mm (-0,22). Na cultivar BMX Tornado RR, também houve efeito indireto via NdM1mm sobre o efeito total.

Em relação à variável NdT15-25°C, na cultivar DM 6563 RSF, os efeitos indiretos das variáveis Nd26-50mm (-0,39) e NdM1mm (-0,20), e na cultivar BMX Tornado RR, o NdM1mm (-0,51) contribuíram para a magnitude das correlações.

Quanto ao comportamento da URMédia, observou-se efeito significativo, porém de baixa magnitude. Na cultivar DM 6563 RSF, o efeito indireto do Nd26-50mm (-0,39) foi o responsável pela magnitude da correlação. Na cultivar BMX Tornado RR, esse comportamento atribuiu-se, basicamente, ao NdM1mm (-0,50), via efeito indireto.

Na quarta época de semeadura, na cultivar DM 6563 RSF, tanto aos 11 como aos 14 DAAPSV, verificou-se o mesmo número de correlações negativas significativas. Na cultivar BMX Tornado RR, verificaram-se três períodos: 10, 11 e 14 DAAPSV (Tabela 7).

Tabela 7 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quarta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha				
		DM6563RSF		BMX Tornado RR		
		11 DAAPSV	14 DAAPSV	10 DAAPSV	11 DAAPSV	14 DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	-0,17	-0,21	0,04	-0,16	-0,15
	Efeito indireto via NdSP	0,01	-0,05	0,00	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,07	-0,06	0,00	-0,13	-0,06
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,06	0,03	0,00	-0,11	-0,04
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,02	0,04	0,00	-0,11	-0,05
	Efeito indireto via TempMédia	-0,03	-0,25	0,02	-0,21	-0,04
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,00	-	-	-0,02
	Efeito indireto via URMédia	0,02	-0,04	0,00	0,04	-0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,55</b>	<b>0,06</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,44</b>
NdSP	Efeito direto sobre DAE	-0,03	-0,10	0,02	-0,01	-0,10
	Efeito indireto via PrecAcum	0,08	-0,10	0,00	0,10	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	0,05	-0,11	0,14	0,10	-0,03
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,09	-0,06	0,14	0,12	0,03
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,07	-0,11	0,10	0,13	-0,04
	Efeito indireto via TempMédia	0,07	-0,26	0,27	0,13	-0,05
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,01	-	-	0,06

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha				
		DM6563RSF		BMX Tornado RR		
		11 DAAPSV	14 DAAPSV	10 DAAPSV	11 DAAPSV	14 DAAPSV
NdSP	Efeito indireto via URMédia	-0,02	0,01	0,00	-0,05	0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,32</b>	<b>-0,72</b>	<b>0,68</b>	<b>0,51</b>	<b>-0,08</b>
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	0,11	0,12	0,25	0,18	0,13
	Efeito indireto via PrecAcum	0,12	0,09	0,00	0,12	0,07
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	0,09	0,01	-0,01	0,03
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,11	0,12	0,15	0,15	0,15
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,15	0,15	0,14	0,20	0,27
	Efeito indireto via TempMédia	0,40	0,27	0,37	0,32	0,05
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,02	0,00	0,00	0,09
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,02	-	-	0,09
	Efeito indireto via URMédia	-0,01	-0,03	0,00	-0,02	0,07
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,87</b>	<b>0,87</b>	<b>0,96</b>	<b>0,96</b>	<b>0,96</b>	
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	-0,12	-0,19	-0,16	-0,16	-0,17
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,09	0,03	0,00	-0,12	-0,04
	Efeito indireto via NdSP	0,02	-0,03	-0,02	0,01	0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,10	-0,08	-0,23	-0,17	-0,11
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,17	-0,20	-0,14	-0,20	-0,28
	Efeito indireto via TempMédia	-0,32	-0,16	-0,37	-0,30	-0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	-0,05	0,00	0,00	-0,12
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	-0,05	-	-	-0,12
	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,04	0,00	0,03	-0,09
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,78</b>	<b>-0,71</b>	<b>-0,94</b>	<b>-0,92</b>	<b>-0,94</b>	
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	0,21	0,22	0,15	0,22	0,30
	Efeito indireto via PrecAcum	0,02	-0,03	0,00	0,09	0,02
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	0,05	0,02	-0,01	0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	0,08	0,09	0,23	0,17	0,12
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,10	0,18	0,16	0,15	0,16
	Efeito indireto via TempMédia	0,31	0,19	0,36	0,31	0,04

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha				
		DM6563RSF		BMX Tornado RR		
		11 DAAPSV	14 DAAPSV	10 DAAPSV	11 DAAPSV	14 DAAPSV
Nd26-50mm	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,03	0,00	0,00	0,10
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,03	-	-	0,10
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,03	0,00	-0,01	0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,73	0,73	0,93	0,93	0,93
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	0,54	0,36	0,39	0,35	0,11
	Efeito indireto via PrecAcum	0,11	0,15	0,00	0,10	0,06
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,07	0,02	-0,01	0,05
	Efeito indireto via NdM1mm	0,08	0,09	0,24	0,17	0,05
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,07	0,09	0,15	0,13	0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,12	0,11	0,14	0,19	0,09
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,06
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,01	-	-	-0,04
	Efeito indireto via URMédia	-0,01	0,03	0,00	0,00	-0,07
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,96	0,93	0,99	0,97	0,24	
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	0,00	0,07	-0,01	-0,01	0,15
	Efeito indireto via PrecAcum	0,05	-0,01	0,00	0,01	0,02
	Efeito indireto via NdSP	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	0,02	0,04	0,03	0,02	0,08
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,01	0,14	0,00	0,02	0,13
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,02	0,09	0,02	0,02	0,19
	Efeito indireto via TempMédia	0,07	0,04	0,01	0,00	-0,05
	Efeito indireto via NdT>25°C	-	0,07	-	-	0,14
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,03	0,00	-0,01	0,13
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,13	0,39	0,04	0,04	0,77	
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	-	-0,07	-	-	-0,14
	Efeito indireto via PrecAcum	-	0,01	-	-	-0,03
	Efeito indireto via NdSP	-	0,02	-	-	0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	-	-0,04	-	-	-0,08

(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha				
		DM6563RSF		BMX Tornado RR		
		11 DAAPSV	14 DAAPSV	10 DAAPSV	11 DAAPSV	14 DAAPSV
NdTemp>25°C	Efeito indireto via Nd1-25mm	-	-0,14	-	-	-0,14
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-	-0,09	-	-	-0,21
	Efeito indireto via TempMédia	-	-0,04	-	-	0,04
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-	-0,07	-	-	-0,15
	Efeito indireto via URMédia	-	0,03	-	-	-0,12
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-	-0,39	-	-	-0,80
URMédia	Efeito direto sobre DAE	0,03	-0,10	0,00	0,11	0,13
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,12	-0,08	0,00	-0,06	0,02
	Efeito indireto via NdSP	0,02	0,01	-0,01	0,01	-0,03
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,03	0,03	-0,22	-0,03	0,07
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,05	0,07	-0,14	-0,04	0,12
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,00	0,07	-0,12	-0,02	0,17
	Efeito indireto via TempMédia	-0,09	-0,10	-0,34	0,00	-0,06
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,02	-	-	0,15
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,02	0,00	0,00	0,13
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,24	-0,05	-0,83	-0,02	0,70	
Coeficiente de determinação		0,97	0,97	0,94	0,96	0,98
Valor de K usado na análise		6,78 <sup>-02</sup>	6,78 <sup>-02</sup>	0,14	0,10	5,60 <sup>-02</sup>
Efeito variável residual		0,18	0,16	0,25	0,20	0,13

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.



A variável PrecAcum apresentou efeito total superior no período de 11 DAAPSV em ambas as cultivares (-0,67) e (-0,70). Na cultivar DM 6563 RSF o efeito direto sobre o DAE (-0,17) contribuiu para a magnitude da correlação. Na cultivar BMX Tornado RR, as variáveis TempMédia, NdM1mm, Nd1-25mm e Nd26-50mm, através dos seus efeitos indiretos negativos (-0,21,-0,13, -0,11,-0,11, respectivamente) foram as promotoras do efeito total de -0,70.

Quanto ao NdSP, na cultivar DM 6563 RSF, seu comportamento foi positivo aos 11 DAAPSV, porém com baixas magnitudes. Na cultivar BMX Tornado RR, os efeitos totais foram positivos aos 10 e 11 DAAPSV, sendo que a mais elevada magnitude foi observada aos 10 DAAPSV (0,68), influenciada pelo efeito indireto da TempMédia (0,27). O NdM1mm apresentou efeito total positivo em todos os períodos, em ambas as cultivares.

Em relação ao Nd1-25mm, também aos 11 DAAPSV, foi observado efeito total superior (-0,78) na cultivar DM 6563 RSF, tendo a variável TempMédia (-0,32) associada ao Nd26-50mm (-0,17) e contribuído para essa magnitude, via efeito indireto. Na cultivar BMX Tornado RR, tanto aos 10 como aos 14 DAAPSV, verificou-se a mesma magnitude na correlação (-0,94). Aos 10 DAAPSV, observou-se que a TempMédia (-0,37) e a NdM1mm (-0,23) contribuíram via efeito indireto e, aos 14 DAAPSV, esse resultado atribuiu-se, principalmente, ao efeito indireto do Nd26-50mm (-0,28).

Quanto ao NdTemp>25°C, somente foi registrada aos 14 DAAPSV em ambas as cultivares. Na cultivar DM 6563 RSF, a magnitude da correlação deveu-se ao efeito indireto expresso via Nd1-25mm (-0,14) e, na BMX Tornado RR, o Nd26-50mm (-0,21) e o NdT15-25°C (-0,15) contribuíram via efeito indireto sobre DAE.

Na URMédia, a maior magnitude foi observada aos 11 DAAPSV na cultivar DM 6563 RSF. O efeito total foi baixo, porém significativo (-0,24), e teve o efeito indireto da PrecAcum (-0,12) e da TempMédia (-0,09). Na cultivar BMX Tornado RR, o efeito total foi superior aos 10 DAAPSV, resultado do efeito indireto da TempMédia (-0,34) e do NdM1mm (-0,22). Nas variáveis Nd26-50mm, TempMédia e NdT15-25°C, todos os períodos apresentam efeito total positivo.

Na quinta época de semeadura, a análise de correlação selecionou o período de 20 DAAPSV em ambas as cultivares, no entanto com um número reduzido de variáveis significativas.

As variáveis PrecAcum, NdM1mm, Nd1-25mm, Nd26-50mm, NdT15-25°C e URMédia apresentaram correlações positivas e não significativas em ambas as cultivares (Tabela 8). O NdSP apresentou correlação negativa, não sendo determinante para o surgimento da epidemia neste caso.

Tabela 8 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quinta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2015/16

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM6563RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	0,43	0,47
	Efeito indireto via NdSP	-0,06	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,70	-0,61
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,04	0,02
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,05	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	0,21	0,08
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,06	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,00	0,03
	Efeito indireto via URMédia	0,00	0,01
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,20	0,23
NdSP	Efeito direto sobre DAE	0,15	0,10
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,18	-0,17
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,75	-0,66
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,02	-0,03
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,03	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	-0,26	-0,10
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,11	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,01	-0,07
	Efeito indireto via URMédia	-0,01	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,88	-0,93
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	0,91	0,78
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,33	-0,37
	Efeito indireto via NdSP	-0,13	-0,09
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,00
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,01	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	-0,05	0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,08	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,01	0,04

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM6563RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
NdM1mm	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,06
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	0,06	0,04
	Efeito indireto via PrecAcum	0,30	0,23
	Efeito indireto via NdSP	-0,06	-0,07
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,50	0,02
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,01	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	0,21	0,10
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,05	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,00	0,05
	Efeito indireto via URMédia	0,00	0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,44</b>
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	0,07	0,00
	Efeito indireto via PrecAcum	0,28	0,33
	Efeito indireto via NdSP	-0,06	-0,06
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,13	0,25
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,01	0,01
	Efeito indireto via TempMédia	0,16	0,08
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,06	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,00	0,05
	Efeito indireto via URMédia	0,00	0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,31</b>	<b>0,70</b>
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,36	-0,13
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,25	-0,28
	Efeito indireto via NdSP	0,11	0,08
	Efeito indireto via NdM1mm	0,13	-0,10
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	-0,03
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,03	0,00
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,12	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,01	-0,07
	Efeito indireto via URMédia	-0,01	-0,05
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,56</b>	<b>-0,66</b>
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,13	0,00
	Efeito indireto via PrecAcum	0,20	0,22
	Efeito indireto via NdSP	-0,14	-0,09
	Efeito indireto via NdM1mm	0,60	0,45
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,02	0,03
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,04	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	0,33	0,13
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,01	0,07
	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,83</b>	<b>0,87</b>
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	0,01	-0,07
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,14	-0,17
	Efeito indireto via NdSP	0,13	0,09
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,62	-0,47
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,02	-0,03
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,03	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	-0,31	-0,12
Efeito indireto via NdT15-25°C	0,12	0,00	

(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM6563RSF	BMX Tornado RR
		20DAAPSV	20DAAPSV
NdTemp>25°C	Efeito indireto via URMédia	-0,01	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,85</b>	<b>-0,88</b>
URMédia	Efeito direto sobre DAE	0,01	0,07
	Efeito indireto via PrecAcum	0,10	0,09
	Efeito indireto via NdSP	-0,14	-0,10
	Efeito indireto via NdM1mm	0,81	0,64
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,01	0,02
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,02	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	0,25	0,10
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,11	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,01	0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>
Coeficiente de determinação		0,88	0,94
Valor de K usado na análise		0,68	0,58
Efeito variável residual		0,34	0,22

\* O resumo das análises de trilha referente a safra 2015/16 encontra-se no apêndice I.  
Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

A variável TempMédia foi negativa em ambas as cultivares, com magnitudes próximas, -0,56 e -0,66. Nas duas cultivares, além do efeito direto sobre DAE, observou-se o efeito indireto via PrecAcum (-0,25 e -0,28). Sobre o NdTemp>25°C, o efeito total de -0,85 registrado na cultivar DM 6563 RSF deveu-se ao efeito indireto do NdM1mm (-0,62) e da TempMédia (-0,31). Na cultivar BMX Tornado RR, a magnitude da correlação resultou dos efeitos indiretos das variáveis NdM1mm (-0,47) e PrecAcum (-0,17).

Em resumo, as variáveis que se destacaram na safra 2015/16 foram NdM1mm e o Nd26-50mm, direta ou indiretamente influenciaram a variável principal reduzindo o número de dias após a emergência para o aparecimento do primeiro sintoma da doença, nas três primeiras épocas de semeadura. Divergindo do que foi observado por Young et al. (2011), onde os autores atribuíram a antecipação no aparecimento dos sintomas aos dias com chuvas superiores a um mm, associado ao aumento das horas de molhamento foliar.

A umidade relativa média do ar expressou seu efeito indiretamente através do NdM1mm. Os valores referentes à umidade relativa média do ar (Figura 12) permaneceram na faixa de 80% ao longo das épocas, valor considerado satisfatório para o processo de infecção por *P. pachyrhizi* (JULIATTI et al., 2005). Como esta não foi um limitante, registros inferiores a um mm devido à névoa, orvalho ou chuva leve

proporcionaram umidade suficiente para que o fungo germinasse, visto que a presença de água livre na superfície foliar é fundamental para a ocorrência da doença (MARCHETTI; MELCHING; BROMFIELD, 1976; CALDWELL et al., 2005).

A ausência de precipitação (NdSP) expressou-se indiretamente através do NdM1mm, da URMédia e da TempMédia, porém seu comportamento não apresentou uma tendência ao longo das épocas. O efeito da temperatura também foi observado de forma indireta, sobretudo, através das variáveis URMédia, NdM1mm e Nd26-50mm. Tschanz (1982) e Del Ponte et al. (2006a) descrevem a precipitação como o fator mais importante no progresso da doença.

O valor da temperatura mínima média observado ao longo das épocas foi de 20°C (Figura 9), o qual, segundo Hartman, Sikora e Rupe (2015), encontra-se dentro da faixa ótima para germinação dos esporos. Registros de temperaturas prejudiciais ao desenvolvimento do patógeno, conforme descrito por Kochman (1979), Caldwell et al. (2005) e Alves, Furtado e Bergamin Filho (2006), como menores que 15°C e maiores que 25°C, ocorreram, no entanto não foram suficientes para atrasar ou impedir a sua germinação e desenvolvimento.

Del Ponte et al. (2006b), referindo-se à predição da severidade máxima da doença, também não observaram limitações provocadas por eventuais ocorrências de temperaturas superiores a 30°C, desde que fossem registradas precipitações.

Na safra 2016/17, conforme resultado obtido na análise de correlação de Pearson ( $r$ ), na primeira época de semeadura o maior número de variáveis com correlações negativas foi observado no período de 10 DAAPSV, para a cultivar DM 6563 RSF, e 10 e 14 DAAPSV, na BMX Tornado RR (Tabela 2).

Na cultivar DM 6563 RSF, a magnitude do efeito total da variável PrecAcum resultou do efeito indireto da URMédia (-0,26) e da TempMédia (-0,14). O mesmo foi observado na cultivar BMX Tornado RR, no mesmo período, associado à contribuição, via efeito direto, da PrecAcum sobre DAE (-0,18).

O NdSP apresentou correlação negativa em todos os períodos, diferentemente do observado no NdM1mm, em que todos os períodos das duas cultivares avaliadas apresentaram correlações positivas para essa variável.

Na cultivar DM 6563 RSF, as variáveis URMédia (-0,45) e TempMédia (-0,32), através dos seus efeitos indiretos negativos, foram promotoras do efeito total de -0,71 da variável Nd1-25mm. Na BMX Tornado RR, aos 14 DAAPSV, registrou-se a maior magnitude, via efeito indireto, principalmente da variável TempMédia (-0,14).

Quanto ao Nd26-50mm, verificou-se que, na cultivar DM 6463 RSF, as variáveis URMédia (-0,38) e TempMédia (-0,34) através dos seus efeitos indiretos negativos foram responsáveis pelo efeito total de -0,69. Na cultivar BMX Tornado RR, o período de 14 DAAPSV apresentou efeito total de maior magnitude (-0,77) e as variáveis TempMédia (-0,27) e NdTemp>25°C (-0,14) contribuíram via efeito indireto.

A TempMédia apresentou efeito total elevado em ambas as cultivares. Contribuíram para esse resultado o efeito direto e a URMédia, em ambas. Comportamento semelhante observou-se na variável NdTemp>25°C, que teve a contribuição TempMédia, via efeito indireto, em ambas as cultivares, juntamente com a URMédia, na cultivar DM 6563 RSF.

Como na safra anterior, a URMédia apresentou alta correlação em ambas as cultivares. Nas duas cultivares a TempMédia, via efeito indireto, foi a responsável pela elevada magnitude observada, além do efeito direto dessa variável sobre o DAE, na cultivar BMX Tornado RR (Tabela 9). O Nd51-75mm e NdT15-25°C foram positivos em todos os períodos e em ambas as cultivares.

Tabela 9 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia), referente a primeira época de semeadura das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM6563RSF	BMX Tornado RR	
		10 DAAPSV	10 DAAPSV	14 DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	-0,06	-0,18	-0,22
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	0,02	0,00
	Efeito indireto via NdM1mm	0,03	0,05	-0,03
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,03	0,04	0,01
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,05	0,03	0,00
	Efeito indireto via 51-75mm	0,00	-0,05	-0,02
	Efeito indireto via TempMédia	-0,14	-0,18	-0,10
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,01	0,00	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,01	-0,01	-0,02

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM6563RSF	BMX Tornado RR	
		10 DAAPSV	10 DAAPSV	14 DAAPSV
PrecAcum	Efeito indireto via URMédia	-0,26	-0,19	-0,06
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,46</b>
NdSP	Efeito direto sobre DAE	-0,12	-0,11	-0,03
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,01	0,03	0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	0,03	0,03	-0,08
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,02	0,00	0,03
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,07	0,10	-0,02
	Efeito indireto via 51-75mm	0,00	0,05	0,01
	Efeito indireto via TempMédia	-0,26	-0,34	-0,17
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,03	-0,06	-0,06
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,04	-0,07	-0,10
	Efeito indireto via URMédia	-0,29	-0,08	-0,03
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,64</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,46</b>
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	-0,05	-0,09	0,11
	Efeito indireto via PrecAcum	0,04	0,10	0,05
	Efeito indireto via NdSP	0,07	0,04	0,02
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,06	-0,11	0,04
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,09	-0,16	0,03
	Efeito indireto via 51-75mm	0,00	-0,02	-0,01
	Efeito indireto via TempMédia	0,33	0,45	0,31
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,04	0,06	0,10
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,04	0,08	0,15
	Efeito indireto via URMédia	0,49	0,31	0,10
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,80</b>	<b>0,64</b>	<b>0,90</b>	
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	0,07	0,14	-0,11
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,03	-0,05	0,03
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	0,00	0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	0,04	0,08	-0,04
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,07	0,11	0,00
	Efeito indireto via 51-75mm	0,00	0,03	0,01
	Efeito indireto via TempMédia	-0,32	-0,34	-0,14
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,04	-0,05	-0,04
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,04	-0,07	-0,05
	Efeito indireto via URMédia	-0,45	-0,26	-0,07
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,71</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,41</b>	
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	0,12	0,23	-0,04
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,02	-0,02	-0,03
	Efeito indireto via NdSP	-0,07	-0,05	-0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	0,04	0,06	-0,09
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,04	0,07	-0,01
	Efeito indireto via Nd51-75mm	0,00	0,06	0,01
	Efeito indireto via TempMédia	-0,34	-0,46	-0,27
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,05	-0,08	-0,09
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,05	-0,10	-0,14
	Efeito indireto via URMédia	-0,38	-0,25	-0,09
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,69</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,77</b>	
Nd51-75mm	Efeito direto sobre DAE	0,00	-0,09	-0,03
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,01	-0,09	-0,15
	Efeito indireto via NdSP	0,06	0,06	0,01

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM6563RSF	BMX Tornado RR	
		10 DAAPSV	10 DAAPSV	14 DAAPSV
Nd51-75mm	Efeito indireto via NdM1mm	-0,03	-0,03	0,05
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,04	-0,05	0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,08	-0,15	0,02
	Efeito indireto via TempMédia	0,35	0,39	0,14
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,05	0,08	0,06
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,05	0,10	0,09
	Efeito indireto via URMédia	0,29	0,09	0,03
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,65	0,30	0,27
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,41	-0,62	-0,33
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,02	-0,05	-0,07
	Efeito indireto via NdSP	-0,08	-0,06	-0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	0,04	0,07	-0,10
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,06	0,08	-0,05
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,10	0,17	-0,03
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,00	0,06	0,01
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,05	-0,09	-0,10
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,06	-0,11	-0,16
	Efeito indireto via URMédia	-0,45	-0,27	-0,12
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,91	-0,89	-0,98	
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	0,05	0,09	0,11
	Efeito indireto via PrecAcum	0,01	0,01	0,02
	Efeito indireto via NdSP	0,07	0,06	0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,04	-0,06	0,10
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,05	-0,08	0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,10	-0,19	0,03
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,00	-0,07	-0,02
	Efeito indireto via TempMédia	0,40	0,58	0,32
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,06	0,12	0,16
	Efeito indireto via URMédia	0,41	0,24	0,10
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,81	0,72	0,89	
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,06	-0,12	-0,16
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,01	-0,01	-0,03
	Efeito indireto via NdSP	-0,07	-0,07	-0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	0,04	0,06	-0,10
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,06	0,08	-0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,10	0,19	-0,03
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,00	0,07	0,02
	Efeito indireto via TempMédia	-0,40	-0,59	-0,32
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,05	-0,09	-0,11
	Efeito indireto via URMédia	-0,42	-0,24	-0,10
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,83	-0,73	-0,91	
URMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,54	-0,36	-0,13
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,03	-0,09	-0,09
	Efeito indireto via NdSP	-0,06	-0,02	-0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	0,05	0,08	-0,08
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,06	0,10	-0,05
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,08	0,16	-0,02
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,00	0,02	0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,34	-0,46	-0,29
Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,04	-0,06	-0,08	



(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM6563RSF	BMX Tornado RR	
		10 DAAPSV	10 DAAPSV	14 DAAPSV
URMédia	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,05	-0,08	-0,13
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,92	-0,75	-0,90
Coeficiente de determinação		0,88	0,85	0,96
Valor de K usado na análise		9,83 <sup>-02</sup>	9,83 <sup>-02</sup>	6,78 <sup>-02</sup>
Efeito variável residual		0,33	0,37	0,17

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Na segunda época de semeadura foram selecionados o período de 14 DAAPSV, na cultivar DM 6563 RSF, e de 11 DAAPSV, na BMX Tornado RR. É interessante ressaltar a participação da variável TempMédia em praticamente todas as relações de causa e efeito nessa época.

A magnitude da correlação na variável PrecAcum resultou do efeito direto em ambas, associado ao efeito indireto da URMédia (-0,13), na DM 6563 RSF, e, na BMX Tornado RR, da TempMédia (-0,49).

Em relação à TempMédia, observou-se, na cultivar DM 6563 RSF, além do efeito direto sobre DAE (-0,29), a contribuição da URMédia (-0,19) e do NdTemp>25°C (-0,18), via efeito indireto. Na cultivar BMX Tornado RR, também verificou-se o efeito direto da TempMédia sobre DAE (-0,58), aliado ao indireto via PrecAcum (-0,22).

As variáveis NdSP e Nd26-50mm, na cultivar DM 6563 RSF, Nd51-75mm, na BMX Tornado RR, e Nd1-25mm, NdTemp>25°C e URMédia, em ambas, foram influenciadas pela TempMédia, via efeito indireto, sozinha ou associada à PrecAcum, URMédia e NdTemp>25°C, em alguns casos (Tabela 10).

Na terceira época de semeadura, em ambas as cultivares, os períodos com maior número de correlações negativas significativas foram identificadas aos 14 e 20 DAAPSV (Tabela 11).

Tabela 10 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia), referente a segunda época de semeadura das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM6563RSF	BMX Tornado RR
		14 DAAPSV	11 DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	-0,18	-0,26
	Efeito indireto via NdSP	0,00	0,05
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,03	0,04
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,02	0,05
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,00	-0,01
	Efeito indireto via 51-75mm	-0,04	0,04
	Efeito indireto via TempMédia	-0,07	-0,49
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,01	-0,03
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,02	-0,03
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,00	-0,02
	Efeito indireto via URMédia	-0,13	-0,12
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,83</b>
NdSP	Efeito direto sobre DAE	-0,05	-0,07
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	0,20
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,09	-0,03
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,04	-0,06
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,04	0,01
	Efeito indireto via 51-75mm	0,02	-0,04
	Efeito indireto via TempMédia	-0,17	0,36
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,08	0,03
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,00	0,03
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,12	0,02
	Efeito indireto via URMédia	-0,09	0,10
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,48</b>	<b>0,56</b>
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	0,11	-0,06
	Efeito indireto via PrecAcum	0,05	0,19
	Efeito indireto via NdSP	0,04	-0,03
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,00	-0,06
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,04	0,00
	Efeito indireto via 51-75mm	-0,01	-0,02
	Efeito indireto via TempMédia	0,25	0,30
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,10	0,01
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,01	0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,15	0,02
	Efeito indireto via URMédia	0,18	0,12
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,84</b>	<b>0,47</b>
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	-0,11	0,07
	Efeito indireto via PrecAcum	0,04	-0,19

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM6563RSF	BMX Tornado RR
		14 DAAPSV	11 DAAPSV
Nd1-25mm	Efeito indireto via NdSP	0,02	0,05
	Efeito indireto via NdM1mm	0,00	0,05
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,01	-0,01
	Efeito indireto via 51-75mm	0,02	0,03
	Efeito indireto via TempMédia	-0,10	-0,35
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,04	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,02	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,06	-0,02
	Efeito indireto via URMédia	-0,07	-0,12
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,52</b>
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	0,05	0,02
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,02	0,13
	Efeito indireto via NdSP	-0,04	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,09	0,00
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,02	-0,02
	Efeito indireto via Nd51-75mm	0,02	-0,04
	Efeito indireto via TempMédia	-0,19	0,30
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,09	0,04
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,01	0,04
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,13	-0,01
Efeito indireto via URMédia	-0,13	0,03	
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,58</b>	<b>0,44</b>	
Nd51-75mm	Efeito direto sobre DAE	-0,05	0,04
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,15	-0,23
	Efeito indireto via NdSP	0,02	0,06
	Efeito indireto via NdM1mm	0,03	0,03
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,03	0,04
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,02	-0,01
	Efeito indireto via TempMédia	0,09	-0,41
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,08	-0,04
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,02	-0,04
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,1	-0,01
Efeito indireto via URMédia	-0,01	-0,09	
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,65</b>	
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,29	-0,58
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,05	-0,22
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,10	0,03
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,04	0,05
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,03	-0,01
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,02	0,03
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,12	-0,04
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,02	-0,04
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,18	-0,04
Efeito indireto via URMédia	-0,19	-0,12	
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,97</b>	<b>-0,98</b>	
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	0,13	-0,05
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,02	-0,16
	Efeito indireto via NdSP	0,03	0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	0,08	0,01
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,03	-0,01

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha	
		DM6563RSF	BMX Tornado RR
		14 DAAPSV	11 DAAPSV
NdT15-25°C	Efeito indireto via Nd51a75mm	-0,03	0,03
	Efeito indireto via TempMédia	0,26	-0,44
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,00	-0,05
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,19	-0,02
	Efeito indireto via URMédia	0,15	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,80	-0,69
NdTemp<15°C	Efeito direto sobre DAE	0,08	0,05
	Efeito indireto via PrecAcum	0,04	0,16
	Efeito indireto via NdSP	0,00	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	0,02	-0,01
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,02	-0,03
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,01	0,01
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,01	-0,03
	Efeito indireto via TempMédia	0,07	0,44
	Efeito indireto via NdTemp15-25°C	0,00	0,05
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	0,02	0,02
	Efeito indireto via URMédia	0,04	0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,32	0,69
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,19	-0,08
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	-0,08
	Efeito indireto via NdSP	-0,03	0,02
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,09	0,01
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,02
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,03	0,00
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,03	0,00
	Efeito indireto via TempMédia	-0,27	-0,26
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,13	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,01	-0,01
	Efeito indireto via URMédia	-0,16	-0,08
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,85	-0,47
URMédia	Efeito direto sobre DAE	-0,22	-0,15
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,1	-0,22
	Efeito indireto via NdSP	-0,02	0,05
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,09	0,04
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,06
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,03	0,00
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,00	0,03
	Efeito indireto via TempMédia	-0,25	-0,46
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,09	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,01	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,14	-0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,94	-0,76
Coeficiente de determinação		0,97	0,88
Valor de K usado na análise		6,20 <sup>-02</sup>	0,16
Efeito variável residual		0,15	0,34

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Tabela 11 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia), referente a terceira época de semeadura das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha			
		DM6563RSF		BMX Tornado RR	
		14 DAAPSV	20 DAAPSV	14 DAAPSV	20 DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	-0,12	-0,14	0,00	-0,28
	Efeito indireto via NdSP	-0,20	-0,10	-0,24	-0,15
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,17	-0,11	-0,12	-0,05
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,00	0,00	0,04
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,10	0,00	-0,06	-0,06
	Efeito indireto via Nd51-75mm	-0,17	-0,17	-0,20	-0,05
	Efeito indireto via TempMédia	0,04	-0,21	-0,01	-0,04
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,07	-0,01	-0,06	0,00
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,07	-0,01	-0,06	0,00
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	-0,03	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,07	0,05	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>		<b>-0,89</b>	<b>-0,85</b>	<b>-0,71</b>
NdSP	Efeito direto sobre DAE	0,22	0,11	0,28	0,17
	Efeito indireto via PrecAcum	0,10	0,12	0,00	0,25
	Efeito indireto via NdM1mm	0,23	0,09	0,23	0,02
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,03	0,00	0,00	-0,08
	Efeito indireto via Nd26-50mm	0,10	0,00	0,05	0,05
	Efeito indireto via 51-75mm	0,17	0,14	0,18	0,02
	Efeito indireto via TempMédia	-0,03	0,24	0,03	0,12
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,08	0,00	0,05	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,08	0,02	0,05	-0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	0,03	-	-

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha			
		DM6563RSF		BMX Tornado RR	
		14 DAAPSV	20 DAAPSV	14 DAAPSV	20 DAAPSV
NdSP	Efeito indireto via URMédia	0,00	0,09	-0,05	0,08
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,98</b>	<b>0,86</b>	<b>0,87</b>	<b>0,64</b>
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	-0,26	-0,15	-0,34	-0,24
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,08	-0,11	0,00	-0,06
	Efeito indireto via NdSP	-0,19	-0,07	-0,19	-0,01
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	-0,01	0,00	0,00	-0,08
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,08	0,00	-0,04	0,05
	Efeito indireto via 51-75mm	-0,14	-0,19	-0,12	-0,24
	Efeito indireto via TempMédia	0,02	-0,11	-0,04	0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,07	0,00	-0,04	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,07	0,00	-0,04	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	-0,01	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,04	0,01	0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,89</b>	<b>-0,69</b>	<b>-0,85</b>	<b>-0,65</b>
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	-0,04	0,00	-0,01	0,13
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,08	-0,03	0,00	-0,09
	Efeito indireto via NdSP	-0,16	-0,07	-0,13	-0,11
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,09	0,03	0,08	0,16
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-0,09	0,00	-0,03	-0,06
	Efeito indireto via 51-75mm	-0,11	0,02	-0,05	0,16
	Efeito indireto via TempMédia	0,04	-0,18	0,07	-0,14
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,06	0,00	-0,03	0,03
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,06	-0,02	-0,03	0,03
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	-0,02	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,07	0,04	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,64</b>	<b>-0,34</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,07</b>
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	0,13	0,01	0,13	-0,09
	Efeito indireto via PrecAcum	0,09	-0,03	0,00	-0,19
	Efeito indireto via NdSP	0,17	0,00	0,12	-0,10
	Efeito indireto via NdM1mm	0,17	0,03	0,11	0,14
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,03	0,00	0,00	0,09

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha			
		DM6563RSF		BMX Tornado RR	
		14 DAAPSV	20 DAAPSV	14 DAAPSV	20 DAAPSV
Nd26-50mm	Efeito indireto via Nd51-75mm	0,14	0,03	0,11	0,14
	Efeito indireto via TempMédia	-0,05	-0,01	-0,14	-0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,07	-0,01	0,13	0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,07	0,00	0,13	0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	-0,01	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,01	-0,02	-0,06
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,82</b>	<b>0,01</b>	<b>0,58</b>	<b>-0,10</b>
Nd51-75mm	Efeito direto sobre DAE	-0,17	-0,20	-0,21	-0,24
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,11	-0,12	0,00	-0,06
	Efeito indireto via NdSP	-0,21	-0,08	-0,25	-0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,20	-0,14	-0,19	-0,24
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,02	0,00	0,00	-0,08
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,10	0,00	-0,06	0,05
	Efeito indireto via TempMédia	0,03	-0,16	-0,04	0,02
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,07	-0,01	-0,06	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,07	0,00	-0,06	-0,02
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	-0,02	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,05	0,04	0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,95</b>	<b>-0,80</b>	<b>-0,86</b>	<b>-0,65</b>
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	0,05	-0,37	0,23	-0,33
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,08	-0,08	0,00	-0,03
	Efeito indireto via NdSP	-0,13	-0,07	0,03	-0,06
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,10	-0,04	0,07	0,01
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,00	0,00	0,05
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,11	0,00	-0,08	-0,01
	Efeito indireto via Nd51a75mm	-0,11	-0,09	0,04	0,01
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,07	-0,02	-0,08	0,01
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,07	-0,02	-0,08	0,01
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-	-0,05	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	-0,08	0,00	-0,05
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,64</b>	<b>-0,85</b>	<b>0,16</b>	<b>-0,45</b>

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha			
		DM6563RSF		BMX Tornado RR	
		14 DAAPSV	20 DAAPSV	14 DAAPSV	20 DAAPSV
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,09	0,03	-0,13	0,04
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,09	0,04	0,00	-0,02
	Efeito indireto via NdSP	-0,19	0,01	-0,12	-0,05
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,20	0,02	-0,11	0,13
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,02	0,00	0,00	0,08
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,10	0,00	-0,13	-0,03
	Efeito indireto via Nd51a75mm	-0,14	0,06	-0,11	0,13
	Efeito indireto via TempMédia	0,04	0,19	0,14	-0,11
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,09	-0,01	-0,13	0,04
	Efeito indireto NdTemp>25°C	-	0,04	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	0,02	0,02	-0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>		<b>-0,89</b>	<b>0,41</b>	<b>-0,58</b>
NdTemp<15°C	Efeito direto sobre DAE	0,09	0,03	0,13	-0,04
	Efeito indireto via PrecAcum	0,09	0,04	0,00	0,02
	Efeito indireto via NdSP	0,19	0,06	0,12	0,05
	Efeito indireto via NdM1mm	0,20	0,01	0,11	-0,13
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,02	0,00	0,00	-0,08
	Efeito indireto via Nd26a50mm	0,10	0,00	0,13	0,03
	Efeito indireto via Nd51a75mm	0,14	0,02	0,11	-0,13
	Efeito indireto via TempMédia	-0,04	0,22	-0,14	0,11
	Efeito indireto via NdTemp15-25°C	0,09	-0,01	0,13	-0,04
	Efeito indireto NdTemp>25°C	-	0,02	-	-
	Efeito indireto via URMédia	0,00	0,07	-0,02	0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>		<b>0,89</b>	<b>0,48</b>	<b>0,58</b>
NdTemp>25°C	Efeito direto sobre DAE	-	-0,05	-	-
	Efeito indireto via PrecAcum	-	-0,07	-	-
	Efeito indireto via NdSP	-	-0,05	-	-
	Efeito indireto via NdM1mm	-	-0,03	-	-
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-	0,00	-	-
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-	0,00	-	-
	Efeito indireto via Nd51a75mm	-	-0,07	-	-
	Efeito indireto via TempMédia	-	-0,33	-	-



(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha			
		DM6563RSF		BMX Tornado RR	
		14 DAAPSV	20 DAAPSV	14 DAAPSV	20 DAAPSV
NdTemp>25°C	Efeito indireto via NdT15-25°C	-	-0,02	-	-
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,01	-	-
	Efeito indireto via URMédia	-	-0,07	-	-
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-	-0,71	-	-
URMédia	Efeito direto sobre DAE	0,00	-0,10	0,06	-0,09
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,11	-0,11	0,00	-0,21
	Efeito indireto via NdSP	-0,20	-0,10	-0,24	-0,16
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,15	-0,06	-0,08	0,05
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,00	0,00	0,10
	Efeito indireto via Nd26a50mm	-0,09	0,00	-0,04	-0,06
	Efeito indireto via Nd51-75mm	-0,16	-0,10	-0,17	0,05
	Efeito indireto via TempMédia	0,03	-0,31	-0,01	-0,17
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,07	-0,01	-0,04	0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,02	-	-
	Efeito indireto via NdTemp>25°C	-0,07	-0,04	-0,04	0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,84	-0,85	-0,56	-0,46
	Coeficiente de determinação	0,97	0,94	0,94	0,85
Valor de K usado na análise	5,44 <sup>-02</sup>	9,83 <sup>-02</sup>	0,1	0,25	
Efeito variável residual	0,16	0,25	0,23	0,39	

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Para a variável PrecAcum, na cultivar DM 6563 RSF, o efeito total apresentou magnitude superior aos 14 DAAPSV (-0,89). O efeito direto foi negativo, no entanto de baixa magnitude (-0,12). Com isso, contribuíram para o efeito total as variáveis NdSP (-0,20), NdM1mm e Nd51-75mm (-0,17), via efeito indireto. Na cultivar BMX Tornado RR, a magnitude do efeito total foi igual em ambos os períodos (-0,71).

Aos 14 DAAPSV, as variáveis NdSP (-0,24) e Nd51-75mm (-0,20) foram responsáveis pela magnitude da correlação. Aos 20 DAAPSV, essa magnitude deveu-se, principalmente, ao efeito direto (-0,28), associado com o efeito indireto do NdSP (-0,15).

Em todos os períodos, nas duas cultivares o efeito total da variável NdSP foi positivo, porém aos 14 DAAPSV apresentou as maiores magnitudes. Em ambas as cultivares esse comportamento resultou do efeito direto sobre DAE associado ao efeito indireto da variável NdM1mm.

Quanto ao NdM1mm, novamente o efeito total foi superior aos 14 DAAPSV nas duas cultivares e, em ambas, além do seu efeito direto, verificou-se também o efeito indireto da variável NdSP.

Para a variável Nd1-25mm, na cultivar DM 6563 RSF, a magnitude mais elevada (-0,64) foi registrada aos 14 DAAPSV. As variáveis NdSP (-0,16) e Nd51-75mm (-0,11) contribuíram via efeito indireto. Entretanto, a cultivar BMX Tornado RR não apresentou correlação negativa significativa em nenhum período avaliado.

Quanto ao Nd26-50mm, os efeitos totais foram positivos ou não significativos. O Nd51-75mm, apresentou aos 14 DAAPSV as correlações mais elevadas, em ambas as cultivares. Além dos efeitos diretos, à magnitude das correlações deveu-se também os efeitos indiretos do NdSP (-0,21) e do NdM1mm (-0,20), em ambas.

Na variável TempMédia, o período de 20 DAAPSV apresentou maior magnitude no efeito total, tendo o efeito direto sobre o DAE colaborado para este resultado, nas duas cultivares. O NdT15-25°C apresentou magnitude superior aos 14 DAAPSV, em ambas as cultivares. Na DM 6563 RSF, o efeito direto dessa variável foi praticamente nulo, contudo verificou-se o efeito indireto via NdM1mm (-0,20) e NdSP (-0,19). Na cultivar BMX Tornado RR, as variáveis Nd26-50mm (-0,13), NdTemp<15°C (-0,13) e NdSP (-0,12), através dos seus efeitos indiretos negativos, promoveram o efeito total de -0,58.

Em relação ao NdTemp<15°C, os efeitos totais foram positivos, exceto aos 20 DAAPSV na cultivar BMX Tornado RR, porém sem significância. O NdTemp>25°C

somente foi registrado aos 20 DAAPSV, na cultivar DM 6563 RSF, e apresentou alta correlação (-0,71), que deveu-se ao efeito indireto da variável TempMédia (-0,33).

Por fim, observou-se que, na URMédia, os períodos apresentaram magnitudes semelhantes na cultivar DM 6563 RSF (-0,84 e -0,85). Porém, aos 20 DAAPSV, verificou-se o efeito indireto mais forte da TempMédia (-0,31).

Na cultivar BMX Tornado RR, aos 14DAAPSV, registrou-se a magnitude mais elevada (-0,56). O baixo efeito direto indicou a importância dos efeitos indiretos das variáveis NdSP (-0,24) e Nd51-75mm (-0,17).

Na quarta época de semeadura, vários períodos apresentaram o mesmo número de correlações significativas. Na cultivar DM 6563 RSF aos 5, 7, 8 e 20 DAAPSV, registraram-se três variáveis significativas e, na cultivar BMX Tornado RR, aos 5, 7, 8, 10 e 20 DAAPSV, registrou-se apenas duas variáveis significativas (Tabela 12).

Tabela 12 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quarta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha									
		DM 6563 RSF					BMX Tornado RR				
		5	7	8	20	5	7	8	10	20	
		DAAPSV					DAAPSV				
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	0,08	-0,14	-0,34	0,21	0,12	0,01	-0,33	0,05	0,3	
	Efeito indireto via NdSP	0,03	-0,01	0,00	0,31	-	0,06	0,18	0,24	0,18	
	Efeito indireto via NdM1mm	0,02	0,32	0,39	0,00	0,02	0,14	0,11	0,17	-0,09	
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,00	0,11	0,33	0,22	0,02	0,14	0,31	0,37	0,13	
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0	
	Efeito indireto via TempMédia	0,38	0,22	0,45	0,17	0,17	0,14	0,14	0,01	0,16	
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,05	0,09	0,09	0	-0,04	
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,00	-0,08	-0,06	0,00	0,05	0,08	0,07	0,02	-0,04	
	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,16	-0,19	-0,07	-0,09	0,1	-0,09	-0,02	-0,07	
	<b>TOTAL (r=coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,53	0,57	0,58	0,88	0,37	0,77	0,47	0,85	0,54	
NdSP	Efeito direto sobre DAE	0,19	0,42	0,20	-0,33	-	-0,16	-0,51	-0,31	-0,24	
	Efeito indireto via PrecAcum	0,01	0,00	0,01	-0,20	-	0	0,12	-0,04	-0,22	
	Efeito indireto via NdM1mm	0,13	-0,01	0,09	0,00	-	-0,09	-0,04	-0,08	0,05	
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,00	-0,08	-0,08	-0,23	-	-0,13	-0,28	-0,35	-0,19	
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	-0,08	-	-	-	-	-0,19	
	Efeito indireto via TempMédia	0,29	0,09	0,23	-0,17	-	-0,04	-0,05	0	-0,22	
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-0,03	-0,03	0	0,05	
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,00	-0,01	-0,02	0,00	-	-0,03	-0,02	-0,01	0,05	
	Efeito indireto via URMédia	0,01	-0,08	-0,07	0,08	-	-0,13	0,04	-0,05	0,07	
	<b>TOTAL (r=coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,63	0,38	0,38	-0,93	-	-0,70	-0,81	-0,87	-0,86	

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha								
		DM 6563 RSF				BMX Tornado RR				
		5	7	8	20	5	7	8	10	20
		DAAPSV				DAAPSV				
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	-0,14	-0,39	-0,46	0,00	-0,17	-0,15	-0,13	-0,23	0,22
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,01	0,11	0,29	-0,18	-0,02	-0,01	0,26	-0,04	-0,12
	Efeito indireto via NdSP	-0,17	0,01	-0,04	-0,26	-	-0,09	-0,16	-0,11	-0,05
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,02	-0,13	-0,35	-0,21	-0,17	-0,17	-0,37	-0,3	-0,09
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	-0,05	-	-	-	-	0,12
	Efeito indireto via TempMédia	-0,53	-0,30	-0,55	-0,16	-0,27	-0,14	-0,18	-0,02	-0,05
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,02	0,01	-0,01	0,00	-0,07	-0,09	-0,1	0	0,02
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,02	0,10	0,07	0,00	-0,08	-0,08	-0,08	-0,02	0,02
	Efeito indireto via URMédia	-0,01	-0,19	0,21	0,07	0,11	-0,11	0,07	0,16	0,04
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,79	-0,84	-0,88	-0,80	-0,70	-0,93	-0,69	-0,60	0,12
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	-0,04	0,16	0,38	0,23	0,17	0,17	0,41	0,4	0,20
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	-0,1	-0,29	0,20	0,02	0,01	-0,25	0,05	0,18
	Efeito indireto via NdSP	0,01	-0,22	-0,04	0,32	-	0,12	0,35	0,27	0,23
	Efeito indireto via NdM1mm	0,07	0,34	0,43	0,00	0,17	0,15	0,12	0,17	-0,09
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	0,10	-	-	-	-	0,21
	Efeito indireto via TempMédia	0,63	0,21	0,46	0,17	0,27	0,13	0,15	0,01	0,22
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,04	-0,01	0,01	0,00	0,07	0,08	0,09	0	-0,05
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,04	-0,08	-0,06	0,00	0,08	0,07	0,07	0,01	-0,05
	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,21	-0,18	-0,08	-0,11	0,13	-0,07	-0,05	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,56	0,53	0,72	0,95	0,70	0,95	0,91	0,92	0,80
Nd26-50mm	Efeito direto sobre DAE	-	-	-	-0,20	-	-	-	-	-0,36
	Efeito indireto via PrecAcum.	-	-	-	-0,05	-	-	-	-	0,00
	Efeito indireto via NdSP	-	-	-	-0,13	-	-	-	-	-0,13
	Efeito indireto via NdM1mm	-	-	-	0,00	-	-	-	-	-0,07
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-	-	-	-0,12	-	-	-	-	-0,12
	Efeito indireto via TempMédia	-	-	-	-0,08	-	-	-	-	-0,16
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-	-	-	0,00	-	-	-	-	0,03
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-	-	0,00	-	-	-	-	0,03
	Efeito indireto via URMédia	-	-	-	0,01	-	-	-	-	0,01
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-	-	-	-0,56	-	-	-	-	-0,80

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha								
		DM 6563 RSF				BMX Tornado RR				
		5	7	8	20	5	7	8	10	20
		DAAPSV				DAAPSV				
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	0,76	0,33	0,56	0,17	0,38	0,16	0,20	0,02	0,24
	Efeito indireto via PrecAcum	0,04	-0,09	-0,27	0,20	0,05	0,01	-0,23	0,03	0,20
	Efeito indireto via NdSP	0,07	0,11	0,08	0,31	-	0,04	0,12	-0,01	0,23
	Efeito indireto via NdM1mm	0,1	0,36	0,45	0,00	0,12	0,14	0,12	0,2	-0,04
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,03	0,10	0,31	0,23	0,12	0,13	0,32	0,17	0,19
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	0,08	-	-	-	-	0,24
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,03	-0,01	0,01	0,00	0,13	0,1	0,12	0,01	-0,06
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,03	-0,10	-0,07	0,00	0,14	0,09	0,09	0,02	-0,06
	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,18	-0,22	-0,07	-0,07	0,1	-0,07	-0,18	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de Correlação de Pearson)</b>	0,90	0,92	0,90	0,94	0,96	0,84	0,68	0,26	0,89
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,04	-0,01	0,02	0,00	0,15	0,1	0,12	0,02	-0,07
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	-0,12	-0,28	0,18	0,04	0,01	-0,25	0	0,2
	Efeito indireto via NdSP	0,01	0,04	0,05	0,26	-	0,05	0,13	-0,03	0,18
	Efeito indireto via NdM1mm	0,07	0,38	0,45	0,00	0,08	0,15	0,11	0,06	-0,08
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,04	0,12	0,33	0,21	0,08	0,15	0,31	0,03	0,16
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	0,05	-	-	-	-	0,14
	Efeito indireto via TempMédia	0,63	0,31	0,55	0,16	0,34	0,16	0,19	0,01	0,21
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,04	-0,10	-0,07	0,00	0,16	0,09	0,09	0,01	-0,07
	Efeito indireto via URMédia	0,01	0,19	-0,22	-0,07	-0,04	0,1	-0,08	-0,07	-0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,56	0,82	0,83	0,80	0,83	0,85	0,64	0,02	0,61
NdTemp<15°C	Efeito direto sobre DAE	0,04	0,10	0,07	0,00	-0,16	-0,09	-0,09	-0,02	0,07
	Efeito indireto via PrecAcum	0,00	0,12	0,28	-0,18	-0,04	-0,01	0,24	-0,04	-0,2
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	-0,05	-0,06	-0,26	-	-0,05	-0,13	-0,08	-0,18
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,07	-0,38	-0,45	0,00	-0,08	-0,14	-0,11	-0,2	0,08
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,04	-0,12	-0,33	-0,21	-0,08	-0,14	-0,31	-0,25	-0,16
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	-0,05	-	-	-	-	-0,14
	Efeito indireto via TempMédia	-0,63	-0,31	-0,55	-0,16	-0,34	-0,16	-0,19	-0,02	-0,21
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,04	0,01	-0,02	0,00	-0,15	-0,1	-0,12	-0,01	0,07
	Efeito indireto via URMédia	-0,01	-0,19	0,22	0,07	0,04	-0,1	0,08	0,15	0,07
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,56	-0,82	-0,83	-0,80	-0,85	-0,84	-0,64	-0,47	-0,61

(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha								
		DM 6563 RSF				BMX Tornado RR				
		5	7	8	20	5	7	8	10	20
		DAAPSV				DAAPSV				
URMédia	Efeito direto sobre DAE	0,02	0,25	-0,23	-0,14	-0,15	0,15	-0,11	-0,23	-0,11
	Efeito indireto via PrecAcum	0,05	-0,09	-0,27	0,11	0,07	0,01	-0,27	0	0,19
	Efeito indireto via NdSP	0,08	-0,13	0,06	0,20	-	0,13	0,21	-0,05	0,17
	Efeito indireto via NdM1mm	0,07	0,30	0,43	0,00	0,12	0,11	0,09	0,15	-0,08
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-0,01	0,13	0,31	0,14	0,12	0,15	0,28	0,08	0,13
	Efeito indireto via Nd26-50mm	-	-	-	0,02	-	-	-	-	0,04
	Efeito indireto via TempMédia	0,44	0,24	0,53	0,09	0,17	0,1	0,12	0,01	0,15
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,01	-0,01	0,01	0,00	0,04	0,07	0,09	0	-0,05
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-0,01	-0,08	-0,07	0,00	0,04	0,06	0,07	0,01	-0,05
	<b>TOTAL (r=coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,61	0,64	0,76	0,42	0,38	0,85	0,49	-0,04	0,40
	Coeficiente de determinação	0,88	0,87	0,85	0,93	0,92	0,85	0,95	0,84	0,93
Valor de K usado na análise	5,44 <sup>-02</sup>	9,83 <sup>-02</sup>	5,07 <sup>-02</sup>	5,45 <sup>-02</sup>	5,63 <sup>-02</sup>	0,5	6,97 <sup>-02</sup>	0,14	5,82 <sup>-02</sup>	
Efeito variável residual	0,34	0,36	0,39	0,26	0,29	0,38	0,23	0,39	0,26	

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

No que se refere à PrecAcum é interessante ressaltar que todos os períodos apresentaram efeito total positivo, sugerindo que essa variável não foi determinante para o aparecimento da doença, em ambas as cultivares, nessa época.

Quanto ao NdSP, aos 5, 7 e 8 DAAPSV, o mesmo apresentou efeito positivo significativo na cultivar DM 6563 RSF, no entanto o efeito total foi superior aos 5 DAAPSV. A baixa magnitude do efeito direto (0,19) revelou a contribuição da variável TempMédia (0,29), via efeito indireto. Na cultivar BMX Tornado RR, todos os períodos apresentaram correlações negativas para essa variável.

Em relação ao NdM1mm, na cultivar DM 6563 RSF, todos os períodos apresentaram efeito total elevado, que deveu-se principalmente ao efeito indireto da TempMédia. Na cultivar BMX Tornado RR, a maior magnitude registrou-se aos 7 DAAPSV (-0,93), onde, além do efeito direto, observou-se também o efeito indireto, basicamente, do Nd1-25mm (-0,17).

Quanto ao comportamento das variáveis Nd1-25mm, TempMédia, NdT15-25°C e URMédia, todas apresentam efeito total positivo em todos os períodos avaliados.

A variável Nd26-50mm somente foi registrada no período de 20 DAAPSV em ambas as cultivares. A magnitude da correlação deveu-se, sobretudo, ao efeito direto dessa variável sobre o DAE, em ambas.

O NdTemp<15°C, na cultivar DM 6563 RSF, apresentou, aos 8 DAAPSV, o maior efeito total. Observou-se o efeito indireto promovido pela TempMédia, NdM1mm e Nd1-25mm. Na BMX Tornado RR, o período de 5 DAAPSV correspondeu à maior correlação, também promovida pelo efeito indireto da TempMédia.

Na quinta época de semeadura, na cultivar DM 6563 RSF, as correlações mais elevadas foram identificadas aos 5 DAAPSV e, na cultivar BMX Tornado RR, aos 10 e 11 DAAPSV.

Em relação à PrecAcum, na cultivar DM 6563 RSF, observou-se que o efeito direto (-0,50) foi o promotor da magnitude da correlação. Na cultivar BMX Tornado RR, aos 10 DAAPSV, a alta magnitude (-0,92) também deveu-se ao efeito direto sobre a variável principal (-0,43) associado ao indireto da variável TempMédia (-0,32).

O NdSP apresentou correlação positiva, devido ao efeito indireto das variáveis URMédia (0,20) e TempMédia (0,19), na cultivar DM 6563 RSF. Na cultivar BMX Tornado RR, ambos os períodos apresentam a mesma magnitude (0,70), devido a contribuição indireta da variável TempMédia.



A variável NdM1mm, na DM 6563 RSF, apresentou correlação de -0,67, que deveu-se ao efeito indireto da URMédia (-0,20) e da TempMédia (-0,19). Na BMX Tornado RR, a maior magnitude foi observada aos 11 DAAPSV (-0,83), consequência do efeito indireto da TempMédia (-0,37).

O Nd1-25mm, na cultivar DM 6563 RSF, não foi significativo. Na cultivar BMX Tornado RR também não foi significativo aos 10 DAAPSV e aos 11 DAAPSV apresentou efeito total positivo. Comportamento semelhante foi verificado nas variáveis TempMédia e na URMédia.

Em relação ao NdT15-25°C, foi negativo aos 5 DAAPSV na cultivar DM 6563 RSF e a magnitude da correlação foi devido ao efeito indireto da variável PrecAcum (-0,23). Na cultivar BMX Tornado RR, ambos os períodos apresentaram correlação positiva. O NdTemp<15°C só foi registrado na cultivar BMX Tornado RR, aos 10 e 11 DAAPSV, entretanto, aos 11 DAAPSV, as magnitudes foram superiores e, mais uma vez, observou-se o efeito indireto da TempMédia (-0,37) juntamente com o Nd1-25mm (-0,20) (Tabela 13).

Tabela 13 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes da análise de trilha, obtidos a partir da correlação entre o aparecimento do primeiro sintoma provocado por *Phakopsora pachyrhizi* e as observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdT15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) referente a quinta época de semeadura, das cultivares DM 6563 RSF e BMX Tornado RR, na safra 2016/17

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM 6563RSF		BMX Tornado RR
		5 DAAPSV	10 DAASV	11 DAAPSV
PrecAcum	Efeito direto sobre DAE	-0,50	-0,43	-0,33
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	-0,08	0,00
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,01	-0,00	0,00
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,00	-0,00	-0,01
	Efeito indireto via TempMédia	0,04	-0,32	-0,11
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-0,02	-0,00	0,00
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,00	0,00
	Efeito indireto via URMédia	0,10	0,00	0,01
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-0,44	-0,92	-0,48

(Continua)

(Continuação)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM 6563RSF	BMX Tornado RR	
		5 DAAPSV	10 DAASV	11 DAAPSV
NdSP	Efeito direto sobre DAE	0,11	0,16	-0,05
	Efeito indireto via PrecAcum	0,04	0,22	0,01
	Efeito indireto via NdM1mm	0,11	0,00	0,09
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,00	0,00	0,15
	Efeito indireto via TempMédia	0,19	0,27	0,34
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,00	0,09
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	0,00	0,11
	Efeito indireto via URMédia	0,20	-0,00	-0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,67</b>	<b>0,70</b>	<b>0,70</b>
NdM1mm	Efeito direto sobre DAE	-0,11	-0,00	-0,10
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,04	-0,22	-0,01
	Efeito indireto via NdSP	-0,11	-0,10	0,05
	Efeito Indireto via Nd1-25mm	0,00	0,00	-0,20
	Efeito indireto via TempMédia	-0,19	-0,35	-0,37
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	-0,00	-0,10
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,00	-0,12
	Efeito indireto via URMédia	-0,20	0,00	0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,67</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,83</b>
Nd1-25mm	Efeito direto sobre DAE	-0,02	0,01	0,21
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,07	0,01	0,01
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	0,03	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,01	-0,00	0,09
	Efeito indireto via TempMédia	-0,03	-0,00	0,35
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	-0,00	0,09
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	-0,00	0,11
	Efeito indireto via URMédia	-0,07	-0,00	-0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,05</b>	<b>0,83</b>
TempMédia	Efeito direto sobre DAE	0,24	0,40	0,39
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,09	0,35	0,09
	Efeito indireto via NdSP	0,09	0,11	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	0,09	0,00	0,09
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,00	-0,00	0,19
	Efeito indireto via NdT15-25°C	0,00	0,00	0,09
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	0,00	0,11
	Efeito indireto via URMédia	0,42	-0,00	-0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>0,77</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>
NdT15-25°C	Efeito direto sobre DAE	-0,04	0,00	0,10
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,23	0,22	0,01
	Efeito indireto via NdSP	-0,01	0,10	-0,05
	Efeito indireto via NdM1mm	-0,01	0,00	0,10
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,00	-0,00	0,20
	Efeito indireto via TempMédia	-0,01	0,35	0,37
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	-	0,00	0,12
	Efeito indireto via URMédia	-0,03	-0,00	-0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	<b>-0,33</b>	<b>0,70</b>	<b>0,83</b>
NdTemp<15°C	Efeito direto sobre DAE	-	-0,00	-0,12
	Efeito indireto via PrecAcum	-	-0,22	-0,01
	Efeito indireto via NdSP	-	-0,10	0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	-	-0,00	-0,10
	Efeito indireto via Nd1-25mm	-	0,00	-0,20

(Conclusão)

Variável	Vias de associação	Coeficientes de Trilha		
		DM 6563RSF	BMX Tornado RR	
		5 DAAPSV	10 DAASV	11 DAAPSV
NdTemp<15°C	Efeito indireto via TempMédia	-	-0,35	-0,37
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-	-0,00	-0,10
	Efeito indireto via URMédia	-	0,00	0,02
	<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	-	-0,70	-0,84
URMédia	Efeito direto sobre DAE	0,49	-0,00	-0,02
	Efeito indireto via PrecAcum	-0,10	0,21	0,11
	Efeito indireto via NdSP	0,05	0,04	-0,04
	Efeito indireto via NdM1mm	0,05	0,00	0,09
	Efeito indireto via Nd1-25mm	0,00	0,00	0,18
	Efeito indireto via TempMédia	0,20	0,18	0,37
	Efeito indireto via NdT15-25°C	-	0,00	0,09
	Efeito indireto via NdTemp<15°C	0,00	0,00	0,11
<b>TOTAL (r= coeficiente de correlação de Pearson)</b>	0,73	0,42	0,87	
Coeficiente de determinação		0,93	0,90	0,90
Valor de K usado na análise		9,83 <sup>-02</sup>	0,16	9,83 <sup>-02</sup>
Efeito variável residual		0,26	0,31	0,31

\* O resumo das análises de trilha referente a safra 2016/17 encontra-se no apêndice J.  
 Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

O comportamento das variáveis referente à safra 2016/17 revelou que a TempMédia foi a variável observada com maior frequência dentro do conjunto de dados. De acordo com Del Ponte e Esker (2008), se a precipitação não for limitante, a temperatura tem papel importante no processo de infecção.

Na primeira e segunda épocas de semeadura, a TempMédia exerceu sobre a variável principal efeito direto e indireto associado, principalmente, à URMédia. Diferentemente do que foi observado por Young et al. (2011), onde os autores não encontraram correlação direta entre temperatura e umidade relativa sobre o primeiro sintoma de ferrugem asiática, mas atribuíram seu efeito as correlações indiretas desta variável com o molhamento foliar. Nas demais épocas, registrou-se somente o efeito direto dessa variável sobre o DAE.

Entretanto, a análise das datas de identificação do primeiro sintoma da doença nas unidades experimentais permitiu identificar que a variável TempMédia, na primeira e segunda épocas, não difere significativamente das demais e sua importância deve-se ao comportamento conjunto das variáveis PrecAcum e URMédia. Na primeira e segunda épocas na média de todas os períodos (DAAPSV) significativos analisados, ambas as variáveis foram superiores, 50mm e 3%, respectivamente, quando

comparadas à quarta e quinta épocas. Sendo assim, essa associação de fatores favoreceu o aparecimento dos sintomas nas duas épocas iniciais.

Na terceira época de semeadura, as condições de TempMédia e URMédia assemelham-se a quarta e quinta épocas, porém, de acordo com a análise de trilha, o aparecimento dos sintomas deveu-se ao efeito indireto do NdSP, NdM1mm, Nd51-75mm e TempMédia.

### 3.6 CONCLUSÕES

Independente das cultivares avaliadas, as observações meteorológicas que compreenderam períodos superiores a 10 dias foram as que melhor caracterizam o início da infecção. Favoreceram a antecipação dos sintomas as variáveis número de dias com menos de um mm e número de dias com precipitação entre 26 e 50mm e a temperatura mínima média atou direta e indiretamente via umidade relativa média sobre a variável principal dias após a emergência.

### 3.7 REFERÊNCIAS

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Ferrugem asiática da soja**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 37-59.

BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia comparativa: ferrugem da soja e outras doenças. In: ENCONTRO SOBRE MANEJO INTEGRADO: FERRUGEM DA SOJA E DOENÇAS QUARENTENÁRIAS DOS CITROS, 8., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 1-9.

BIZETI, H. S. et al. Path analysis under multicollinearity in soybean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 5, p. 669-676, set. 2004.

BLUM, M. M. C. et al. In vitro effect of substrate, temperature and photoperiod on *Phakopsora pachyrhizi* urediniospore germination and germ tube growth. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 2, p. 101-106, 2015.

BONDE, M. R. et al. Effects of temperature on urediniospore germination, germ tube growth, and initiation of infection in soybean by *Phakopsora isolates*. **Phytopathology**, St Paul, v. 97, n. 8, p. 997-1003, ago. 2007.

CALDWELL, P. M. et al. Development of *Phakopsora pachyrhizi* at different temperatures, relative humidities and leaf wetness duration. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY, 9., Landerneau, 2005. **Proceedings**. Bordeaux: Societé Francaise de Phytopathologie, 2005.

CARVALHO, C. G. P. et al. Path analysis under multicollinearity in S0 x S0 maize hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 3, p. 263-270, 2001.

CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004.

CHIBA, M. K.; FILHO, O. G.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial e temporal de plantas daninhas em latossolo vermelho argiloso sob semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 735-742, 2010.

COIMBRA, J. L. M. et al. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1421-1428, 2004.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. v. 2.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994.

DEL PONTE, E. M. et al. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 533- 544, 2006a.

DEL PONTE, E. M. et al. Predicting severity of asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006b.

DEL PONTE, E. M.; ESKER, P. D. Meteorological factors and Asian soybean rust epidemics: a systems approach and implications for risk assessment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. esp., p. 88-97, dez. 2008.

DUFAULT, N. S. et al. Removal of wet deposited *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by subsequent rainfall. **Plant Disease**, v. 94, n. 11, p. 1336-1340, 2010.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000.

GODOY, C. V. et al. Análise temporal do progresso da ferrugem da soja em Londrina (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 36., 2003, Uberlândia. **Suplemento...** Uberlândia: EDUFU, 2003. p. 386.

HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L. et al. **Compendium of soybean diseases**. 5. ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.

JULIATTI, F. C. Perdas causadas por doenças na cultura da soja, com ênfase na ferrugem asiática. In: VALE, F. X. R. (Org.). **I Workshop de epidemiologia de doenças de plantas**: quantificação de perdas no manejo de doenças de plantas. 1. ed. Viçosa: UFV/DFP, 2004. p. 81-94.

JULIATTI, F. C. et al. Ferrugem da soja: epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, n. 1, p. 351-395, 2005.

KOCHMAN, J. K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 30, n. 2, p. 273-277, 1979.

LERNER, M. A. **Algoritmo para predição de risco de epidemia de *Phakopsora pachyrhizi* em soja**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

LI, C. C. **Path analysis – a primer**. Boxwood: Pacific Grove, 1975.

MADALOSSO, M. G. Por que o alto potencial de dano da ferrugem na safra 2016/17 não ocorreu. **Phytus Club**, 15 mai. 2017. Disponível em: <<https://phytusclub.com/materiais-didaticos/slides-da-palestra-quotpor-que-o-alto-potencial-de-dano-da-ferrugem-na-safra-201617-nao-ocorreuquot/>>. Acesso em: 05 set. 2017.

MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospore's of *Phakopsora pachyrhizi*, **Phytopathology**, Sait Paul, v. 66, p. 461-463, 1976.

MARTINS, J. A. S. et al. Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 364-371, 2007.

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

OLIVEIRA, A. C. B.; GODOY, C. V.; MARTINS, M. C. Avaliação de tolerância de cultivares de soja à ferrugem asiática no Oeste da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 658-662, 2005.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: F. Pimentel-Gomes, 2000.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. Infectious diseases: rust. In: SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 3. ed. St. Paul: APS Press, 1989. p. 24-27.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Multicollinearity in path analysis of maize (*Zea mays* L). **Journal of Cereal Science**, v. 57, n. 3, p. 453-462, mai. 2013.

TSCHANZ, A. T. **Soybean rust epidemiology**: final report. Shanhou, Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, 1982.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.

WRIGHT S. Theory of path coefficients. **Genetics**, New York, v. 8, p. 239-285, 1923.

YORINORI, J. T. et al. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **The American Phytopathological Society**, v. 89, n. 6, p. 675-677, jun. 2005.

YORINORI, J. T.; YUYAMA, M. M.; SIQUERI, F. V. **Doenças da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2009. p. 180-222. (Boletim de Pesquisa de Soja, 13).

YOUNG, H. M. et al. Epidemiology of soybean rust in soybean sentinel plots in Florida. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 95, n. 6, p. 744-750, jun. 2011.





## 4 CAPÍTULO II – VARIABILIDADE DE OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS RELACIONADAS AO APARECIMENTO DO PRIMEIRO SINTOMA PROVOCADO POR *PHAKOPSORA PACHYRHIZI* EM SOJA

### 4.1 RESUMO

O objetivo desse trabalho foi identificar as variáveis meteorológicas que mais influenciam a variabilidade do aparecimento do primeiro sintoma visível da ferrugem asiática em soja. O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, na estação experimental do Instituto Phytus, localizada no município de Itaara, RS. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. O fator A foi composto por cinco épocas de semeadura e o fator C por duas cultivares de soja. As épocas de semeadura foram determinadas com objetivo de submeter as plantas a diferentes níveis de inóculo e as cultivares por apresentarem diferentes níveis de sensibilidade ao ataque do patógeno DM 6563 RSF e a BMX TORNADO RR. As observações meteorológicas referentes a precipitação e temperatura, foram obtidas diariamente com auxílio da estação meteorológica de superfície automática. Foram analisadas 6 variáveis meteorológicas relacionadas a precipitação e 4 referentes a temperatura além da umidade relativa média, em 7 períodos de dias anteriores ao aparecimento do sintoma. As variáveis meteorológicas de maior contribuição para o aparecimento do primeiro sintoma de *P. pachyrhizi* na cultura da soja identificadas pela técnica de componentes principais foram o número de dias sem precipitação, número de dias com menos de um mm, número de dias com precipitação entre 1 e 25mm e 26 e 50mm e número de dias com temperatura entre 15 e 25°C.

**Palavras-chave:** Ferrugem asiática. Precipitação. Temperatura. Análise de componentes principais.

### 4.2 ABSTRACT

The objective of this work was to identify the meteorological variables that most influence the variability of the appearance of the first visible symptom of Asian soybean rust. The experiment was carried out in the agricultural years of 2015/16 and 2016/17, at the experimental station of the Phytus Institute, located in the municipality of Itaara, RS. The experimental design was in randomized blocks, in a 5x2 factorial arrangement, with four replications. Factor A was composed of five sowing times and factor C by two soybean cultivars. The sowing times were determined with the objective of subjecting the plants to different levels of inoculum and the cultivars because they presented different levels of sensitivity to the attack of the DM 6563 RSF pathogen and the BMX TORNADO RR. The meteorological observations concerning precipitation and temperature were obtained daily with the help of the automatic surface meteorological station. We analyzed 7 meteorological variables related to precipitation and 4 referring to temperature in addition to the average relative humidity, in 7 periods of days before the appearance of the symptom. The meteorological variables of greatest contribution to the appearance of the first symptom of *P. pachyrhizi* in the soybean crop identified by the technique of principal components were the number of days without precipitation, number of days with less than one mm, number of days with

precipitation between 1 and 25mm and 26 and 50mm and number of days with a temperature between 15 and 25°C.

**Keywords:** Asian rust. Precipitation. Temperature. Principal component analysis.

### 4.3 INTRODUÇÃO

É através da associação de diversos fatores que se inicia a epidemia provocada pelo patógeno *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. Dentre eles, podem-se citar como mais importantes aqueles relacionados ao clima, como precipitação e temperatura. O entendimento do papel destas variáveis no processo infeccioso é fundamental para a compreensão das relações que se estabelecem entre a planta e o patógeno e que culminam no aparecimento do primeiro sintoma da doença, para, a partir daí, traçar estratégias de controle, definir formas de manejo e, ainda, desenvolver sistemas de alerta ou de previsão da doença.

Del Ponte e Esker (2008) também relatam a necessidade do desenvolvimento de sistemas baseados em dados reais de campo, visto que a maioria do que se tem foi obtido em ambiente controlado ou situações específicas que não permitem sua ampla aplicabilidade.

Nesse sentido, técnicas de análise multivariada, como a análise de componentes principais (ACP), pode ser uma ferramenta útil na interpretação de dados climáticos. Esta metodologia consiste em reduzir a dimensão do conjunto de dados, retendo a maior quantidade de informação possível em um menor número de componentes e tem o objetivo de facilitar a interpretação dos resultados, principalmente quando se tem um grande número de variáveis (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, independentes entre si, e estimados com o propósito de reter, em ordem decrescente, o máximo de informação contida no conjunto de dados original. Assim, a importância relativa de um componente é avaliada pela porcentagem da variância total que ele explica (JOHNSON; WICHERN, 2007; HONGYU, 2015).

Segundo Baker et al. (1988), através dos componentes principais é possível observar relações não identificadas previamente, que auxiliam na interpretação dos dados. Essa técnica é frequentemente utilizada no melhoramento genético, mas também pode ser utilizada com a finalidade de identificar as variáveis que menos

contribuem para a variabilidade de qualquer conjunto de dados em diversas áreas do conhecimento (REGAZZI, 2002).

Jeger, Jones e Griffiths (1983) utilizaram essa técnica para caracterizar genótipos de trigo quanto à resistência parcial a *Septoria nodorum*, avaliando 11 componentes de resistência. Lalancette, Hickei e Cole Jr. (1987) também utilizaram essa análise para determinar a similaridade de isolados de *Venturia inaequalis* resistentes e sensíveis ao fungicida benomyl. Koga et al. (2008) utilizaram, dentre outros métodos de análise multivariada, os componentes principais com o objetivo de identificar grupos de genótipos mais resistentes à infecção por *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja.

Dessa forma, objetivou-se identificar as variáveis meteorológicas que mais influenciam a variabilidade do aparecimento do primeiro sintoma visível da ferrugem asiática em soja.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, nas instalações da estação experimental do Instituto Phytus, localizada no município de Itaara, região central do Rio Grande do Sul, em latitude 29°35' S, longitude 53°48' W e altitude de 444 metros. A classificação climática é do tipo Cfa (Köppen), caracterizada pela ocorrência de precipitações entre 1.700 e 1.800 milímetros anuais bem distribuídos em todos os meses e por possuir a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio entre 3 e 18°C (MORENO, 1961).

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com quatro repetições, em um fatorial 5x2; o fator A, constituído por cinco épocas de semeadura, e o fator C, por duas cultivares de soja. Cada unidade experimental foi constituída de cinco linhas de semeadura, com 5,0 m de comprimento e 2,5 m de largura, equivalente a uma área de 12,5 m<sup>2</sup>, com área útil de 10 m<sup>2</sup>.

As épocas de semeadura foram determinadas com objetivo de submeter as plantas a diferentes níveis de inóculo do patógeno, compreendendo o período recomendado pelo zoneamento agrícola da cultura e uma época tardia. Na tabela 1 encontram-se descritas as datas de semeadura com suas respectivas emergências.

Tabela 1 - Data de semeadura e emergência em cinco épocas e duas safras agrícolas

Época	Safrá 2015/16		Safrá 2016/17	
	Semeadura	Emergência	Semeadura	Emergência
1º	22/11/2015	30/11/2015	21/11/2016	29/11/2016
2º	04/12/2015	12/12/2015	02/12/2016	10/12/2016
3º	17/12/2015	25/12/2015	16/12/2016	25/12/2016
4º	28/12/2015	04/01/2016	06/01/2017	27/01/2017 (DM 6563 RFS) 15/01/2017 (BMX Tornado RR)
5º	08/01/2016	16/01/2016	23/01/2017	01/02/2017

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

A cultivar DM 6563 RFS apresentou problemas de emergência na 4º época de semeadura do segundo ano de execução do experimento, sendo necessário o replantio das parcelas, o que, conseqüentemente, ocasionou data de emergência diferentes entre cultivares.

As cultivares utilizadas foram determinadas a partir de ensaios preliminares realizados na safra 2014/15, onde foi possível identificar cultivares com diferentes níveis de sensibilidade à doença, baseados no período de latência do fungo. Dessa forma, utilizou-se a DM 6563 RSF como cultivar menos sensível ao ataque do patógeno (latência 12,5 dias) e a BMX TORNADO RR como mais sensível (latência 8,0 dias) (MADALOSSO, 2017).

A semeadura foi realizada com uma semeadora marca Semeato SHM 11/13 (cinco linhas), com espaçamento entre linhas de 0,5m, em sistema de semeadura direta. Na adubação de base foi utilizado 200 kg.ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 05-20-20. O manejo de pragas e plantas daninhas foi realizado conforme as recomendações técnicas da Comissão de Pesquisa da Soja da Região Sul.

As observações meteorológicas referentes a precipitação e temperatura foram obtidas diariamente com auxílio da estação meteorológica de observação de superfície automática, localizada próxima ao local do experimento.

As variáveis explicativas foram definidas de acordo com Lerner (2016), precipitação acumulada em mm (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de 1mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm). E, referentes a temperatura, criaram-se temperatura média do período (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15-25°C (NdT15-25°C),

número de dias com temperaturas mínimas inferiores à 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperaturas mínimas superiores à 25°C (NdTemp>25°C) e, por fim, a umidade relativa média (URMédia). A variável principal utilizada foi a data do aparecimento do primeiro sintoma, expressa em dias após a emergência (DAE).

As variáveis meteorológicas definidas devem compreender períodos anteriores ao aparecimento do sintoma como forma de identificar qual deles melhor caracteriza a infecção por *Phakopsora pachyrhizi*. Sendo assim, estabeleceu-se os seguintes períodos: 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias anteriores ao aparecimento do primeiro sintoma visível da doença para estudo.

Para determinação da ocorrência do primeiro sintoma visível, foram realizadas avaliações diárias, a partir da emergência das plantas. Avaliaram-se dez plantas por repetição, totalizando 40 plantas por tratamento. Essas avaliações foram realizadas em parcelas testemunhas, ou seja, sem aplicação de fungicida.

O experimento proposto resulta em um cenário de diversas possibilidades, composto pelas 5 épocas de semeadura e 2 cultivares de soja, em duas safras, que garantem credibilidade aos resultados e às interpretações apresentadas.

A análise de componentes principais consiste em, a partir da matriz de correlação, transformar um conjunto original de variáveis em outro conjunto, de dimensões equivalentes, mas com propriedades importantes de grande interesse para o estudo (REGAZZI, 2002). As variáveis obtidas não são correlacionadas entre si e são ordenadas em ordem decrescente de sua contribuição para a variabilidade total dos dados.

Foram apresentados os três primeiros componentes principais, de acordo com Hair Jr. et al. (2005), onde cada componente representa uma parte do percentual da variância. Contudo, o ideal é que a parte relevante dessa variabilidade seja representada por, no máximo, três componentes. As variáveis de maior contribuição na variabilidade existente no banco de dados são aquelas que apresentam os maiores autovetores e pesos nos três primeiros componentes (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Para cada época de semeadura foi processada a matriz de correlação das variáveis originais, obtendo-se os autovalores. Para cada componente, todas as variáveis têm um conjunto de autovetores correspondentes, sendo que os valores elevados, em módulo, indicam quais são as variáveis mais significativas.

As análises foram processadas com auxílio dos softwares Genes (CRUZ, 2013), Minitab 18 e Office Excel®

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de componentes principais, realizada a partir da matriz de correlação das observações meteorológicas avaliadas, forneceu os autovalores, os valores cumulativos (%) da variância explicada e os autovetores relativos a cada componente. Na tabela 2 encontram-se os resultados referentes à primeira e segunda época de semeadura da safra 2015/16.

Tabela 2 - Pesos das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi* na primeira e segunda épocas de semeadura da safra de 2015/16 em duas cultivares de soja

DAAPSV	Variáveis	1º Época						2º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
5	PrecAcum	0,1	-0,04	0,19	0,11	0,12	0,12	-0,15	-0,14	0,06	-0,09	-0,19	0,2
	NdSP	-0,16	0,02	-0,09	0,04	0,11	-0,2	0,12	0,17	-0,04	0,07	0,21	-0,1
	NdM1mm	0,12	0	-0,1	0,09	-0,1	-0,12	0,09	-0,06	-0,26	0,07	-0,08	-0,22
	Nd1-25mm	0,14	-0,02	0,17	-0,1	-0,08	0,19	-0,14	-0,14	0,07	-0,1	-0,18	0,16
	Nd26-50mm	-	-	-	0,04	-0,05	-0,02	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	-	-	-	0,15	0,13	0,03	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,05	0,2	0,08	0,14	-0,14	-0,05	-0,06	0,18	-0,1	-0,14	0,1	-0,21
	NdT15-25°C	0	-0,21	-0,12	-0,18	0,03	0,02	0,09	-0,12	0,16	0,14	-0,06	0,26
	NdTemp>25°C	0,01	0,21	0,1	0,15	-0,03	0,03	-0,09	0,12	-0,16	-0,14	0,06	-0,26
URMédia	0,15	-0,06	0,14	0,03	0,1	0,21	-0,06	-0,18	-0,04	-0,01	-0,18	-0,18	
7	PrecAcum	0,16	0,01	0,08	0,17	0,08	0,09	-0,13	-0,15	0,08	-0,08	-0,2	0,19
	NdSP	-0,16	0,05	-0,08	0,01	0,05	-0,25 <sup>(1)</sup>	0,1	0,18	-0,05	0,03	0,23 <sup>(1)</sup>	-0,08
	NdM1mm	0,12	-0,07	-0,19	0,06	-0,19	-0,06	0,1	-0,05	-0,31	0,14	-0,08	-0,23
	Nd1-25mm	0,14	-0,05	0,19	-0,12	-0,01	0,2	-0,12	-0,16	0,1	-0,08	-0,2	0,16
	Nd26-50mm	0,09	0,12	0,21 <sup>(1)</sup>	0,19 <sup>(1)</sup>	0,02	0	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm				0,15	0,13	0,03						

(Continua)

(Continuação)

DAAPSV	Variáveis	1º Época						2º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
7	TempMédia	0,09	0,2	0,05	0,09	-0,2	-0,01	-0,13	0,14	-0,16	-0,17	0,03	-0,18
	NdT15-25°C	-0,11	-0,13	0,2	-0,16	0,12	0,05	0,17	-0,1	0,15	0,17	0,01	0,15
	NdTemp>25°C	0,11	0,13	-0,2	0,17	-0,11	-0,04	-0,17	0,1	-0,11	-0,18 <sup>(1)</sup>	0	-0,12
	URMédia	0,14	-0,1	0,06	0,07	0,15	0,15	0,01	-0,19	-0,14	0,09	-0,18	-0,2
8	PrecAcum	0,17 <sup>(1)</sup>	0	0,06	0,17	0,09	0,08	-0,12	-0,14	0	-0,06	-0,21	0,15
	NdSP	-0,16	0,06	-0,09	0,01	-0,01	-0,25 <sup>(1)</sup>	0,08	0,19	0	-0,01	0,23 <sup>(1)</sup>	-0,07
	NdM1mm	0,13	-0,09	-0,13	-0,01	-0,17	0,04	0,13	-0,05	-0,29	0,16	-0,06	-0,14
	Nd1-25mm	0,14	-0,08	0,17	-0,12	0,05	0,19	-0,11	-0,17	0,03	-0,06	-0,21	0,08
	Nd26-50mm	0,11	0,13	-0,18	0,07	-0,2	-0,07	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	-	-	-	0,15	0,13	0,03	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,1	0,19	0,03	0,06	-0,22 <sup>(1)</sup>	0	-0,14	0,12	-0,14	-0,17	0	-0,12
	NdT15-25°C	-0,02	-0,21	-0,11	-0,17	0,06	0,03	0,17	-0,07	0,12	0,17	0,04	0,11
	NdTemp>25°C	0,03	0,22 <sup>(1)</sup>	0,09	0,18	-0,06	-0,03	-0,18	0,08	-0,08	-0,18 <sup>(1)</sup>	-0,03	-0,09
	URMédia	0,14	-0,12	0,01	0,08	0,16	0,12	0,05	-0,18	-0,17	0,11	-0,16	-0,19
10	PrecAcum	0,15	-0,03	0,02	0,16	0,08	0,06	-0,06	-0,2	0,02	0,02	-0,22	0,01
	NdSP	-0,15	0,11	-0,03	0,04	-0,02	-0,23	0,02	0,21 <sup>(1)</sup>	0,03	-0,09	0,21	0,05
	NdM1mm	0,15	-0,01	-0,08	-0,04	-0,2	0,05	0,17	-0,03	-0,15	0,16	-0,02	0
	Nd1-25mm	0,11	-0,16	0,09	-0,12	0,13	0,12	-0,05	-0,2	-0,06	0,05	-0,22	-0,09
	Nd26-50mm	0,11	0,13	-0,18	0,07	-0,2	-0,07	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	-	-	-	0,16	0,11	0,03	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,13	0,14	0,08	-0,03	-0,21	0,05	-0,17	0,08	-0,16	-0,17	-0,04	-0,09
	NdT15-25°C	-0,12	-0,16	0,1	-0,13	0,15	-0,03	0,08	-0,07	-0,11	0,15	0,1	0,05



(Continuação)

DAAPSV	Variáveis	1º Época						2º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
11	PrecAcum	0,15	0,01	-0,12	0,18	0,03	0,05	-0,03	-0,2	-0,02	0,07	-0,21	-0,06
	NdSP	-0,14	0,12	0,01	0,01	-0,02	-0,24	-0,02	0,21 <sup>(1)</sup>	0,04	-0,11	0,18	0,05
	NdM1mm	0,15	-0,04	-0,04	-0,06	-0,18	0,04	0,18	0,01	-0,04	0,16	0,01	0,06
	Nd1-25mm	0,08	-0,18	0,01	-0,14	0,12	0,1	-0,03	-0,2	-0,09	0,08	-0,21	-0,09
	Nd26-50mm	0,13	0,11	-0,11	0,13	-0,08	0,09	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	0,09	0,12	-0,21 <sup>(1)</sup>	0,19 <sup>(1)</sup>	0,02	0	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,14	0,12	0,12	-0,07	-0,2	0,08	-0,19	0,05	-0,13	-0,17	-0,06	-0,06
	NdT15-25°C	-0,09	-0,19	-0,11	-0,14	0,08	-0,1	0,20 <sup>(1)</sup>	0,01	0,07	0,17	0,09	0,02
	NdTemp<15°C	-	-	-	0,15	0,13	0,03	-	-	-	-	-	-
	NdTemp>25°C	0,1	0,18	0,11	0,09	-0,14	0,11	-0,20 <sup>(1)</sup>	-0,01	-0,07	-0,17	-0,06	-0,02
URMédia	0,13	-0,14	-0,09	0,16	0,07	0,09	0,12	-0,16	-0,14	0,16	-0,11	-0,09	
14	PrecAcum	0,15	0,04	-0,11	0,02	-0,21	0,01	0,01	-0,2	0,01	0,12	-0,17	0,08
	NdSP	-0,14	0,11	0,09	0,03	0,15	-0,14	-0,08	0,19	0,02	-0,15	0,12	-0,01
	NdM1mm	0,14	-0,08	-0,09	-0,1	-0,14	-0,02	0,12	0,07	-0,27	0,13	-0,02	-0,28 <sup>(1)</sup>
	Nd1-25mm	0,06	-0,22 <sup>(1)</sup>	-0,06	-0,14	0,07	0,11	0,04	-0,2	0,09	0,14	-0,14	0,12
	Nd26-50mm	0,16	0,01	0,1	0,07	-0,06	0,22	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	0,11	0,13	-0,18	0,15	-0,09	-0,04	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,14	0,04	0,2	-0,1	-0,1	0,11	-0,19	-0,03	-0,11	-0,15	-0,12	-0,05
	NdT15-25°C	-0,12	-0,11	-0,2	-0,08	0,07	-0,22	0,20 <sup>(1)</sup>	0,05	0,01	0,16	0,1	0
	NdTemp<15°C	0,05	-0,05	0,2	0,03	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-
	NdTemp>25°C	0,1	0,14	0,11	0,1	-0,07	0,13	-0,20 <sup>(1)</sup>	-0,05	-0,01	-0,17	-0,07	-0,01
URMédia	0,15	-0,11	-0,09	0,1	-0,12	0,16	0,18	-0,07	-0,01	0,17	-0,01	0,03	
20	PrecAcum	0,16	-0,03	0,04	0,12	-0,01	0,2	0,15	-0,12	-0,08	0,16	-0,06	-0,06
	NdSP	-0,15	0,11	-0,04	0,08	0,03	-0,23	-0,19	0,06	0,01	-0,18 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,06
	NdM1mm	0,06	-0,17	-0,08	-0,16	-0,04	-0,04	0,16	0,1	-0,13	0,15	0,1	-0,11

(Conclusão)

DAAPSV	Variáveis	1º Época						2º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
20	Nd1-25mm	0,08	-0,13	0,18	-0,14	-0,01	0,15	0,09	-0,14	0,18	0,16	-0,02	0,05
	Nd26-50mm	0,12	-0,07	-0,2	0,18	0,06	0,01	0,15	-0,06	-0,26	0,16	-0,06	-0,14
	Nd51-75mm	0,16	0,01	0,1	-0,02	-0,12	0,2	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	-0,03	-0,17	0,05	-0,18	-0,05	-0,05	-0,09	-0,11	-0,32 <sup>(1)</sup>	-0,05	-0,06	-0,23
	NdT15-25°C	-0,11	-0,04	0,04	0,07	0,2	0,01	0,17	0,11	0,09	0,1	0,18	0,12
	NdTemp<15°C	0,13	0,11	-0,11	0,03	-0,19	0,02	-	-	-	-	-	-
Autovalores	33,87	16,51	6,28	27,05	19,26	14,01	23,83	22,88	4,71	30,36	17,66	3,78	
Proporção (%)	50,56	24,65	9,38	37,58	26,76	19,47	41,81	40,15	8,27	53,33	31	6	
Proporção Acumulada (%)	50,56	75,21	84,59	37,58	64,34	83,81	41,81	81,96	90,23	53,33	84,33	90,33	

\* (1) Caracteres com maiores cargas fatoriais (escores) selecionadas dentro de cada fator.

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

No que se refere à primeira época de semeadura, da safra 2015/16, observou-se que a maior contribuição foi representada pelas variáveis NdTemp>25°C aos 8 DAAPSV e Nd1-25mm aos 14 DAAPSV, na cultivar DM 6563 RSF, e pelo NdSP aos 7 e 8 DAAPSV, na BMX Tornado RR. Na DM 6563 RSF, contribuíram, ainda, o Nd26-50mm aos 7 DAAPSV, Nd51-75mm aos 11 DAAPSV e a PrecAcum aos 8 DAAPSV. Na cultivar BMX Tornado RR, verificou-se escores elevados também na TempMédia aos 8 DAAPSV e no Nd26-50mm aos 7 DAAPSV.

Na segunda época de semeadura, em relação à cultivar DM 6563 RSF, observou-se que a maior contribuição foi representada pela TempMédia aos 20 DAAPSV. Na BMX Tornado RR, no entanto, foi o NdM1mm aos 14 DAAPSV que apresentou o maior peso.

A análise revelou, também, a contribuição das variáveis NdSP aos 7, 8, 10, 11 e 20 DAAPSV, NdT15-25°C aos 11 e 14 DAAPSV e do NdTemp>25°C aos 7, 8, 11 e 14 DAAPSV, todas em ambas as cultivares. Na DM 6563 RSF, essas variáveis foram as que apresentaram os maiores pesos nos componentes principais, que explicaram 82% da variabilidade total do conjunto de dados, e na BMX Tornado RR 84%.

Em relação à terceira época de semeadura, em ambas as cultivares, a maior contribuição foi observada na variável Nd26-50mm em praticamente todos os períodos. As variáveis URMédia, aos 20 DAAPSV, e Nd15-25°C e NdTemp>25°C, aos 14 DAAPSV, também foram identificadas com pesos elevados em ambas as cultivares e apresentaram os mesmos escores. Da mesma forma que o NdSP, aos 10 e 11 DAAPSV, e o Nd1-25mm, 11 e 14 DAAPSV, também contribuíram para a variabilidade total dos dados, em ambas as cultivares, porém com pesos menores.

Na quarta época de semeadura, a TempMédia, aos 8 e 10 DAAPSV, foi identificada com contribuições interessantes nos componentes que explicaram em torno de 56% da variabilidade total, em ambas. Entretanto, não foram aquelas com a maior contribuição, que foi apresentada pelo Nd1-25mm aos 7 DAAPSV, na cultivar DM 6563 RSF, e Nd15-25°C aos 20 DAAPSV, na BMX Tornado RR. A PrecAcum aos 14 DAAPSV, na cultivar DM 6563 RSF, e o NdSP aos 8 DAAPSV, na BMX Tornado RR, também contribuíram de forma substancial para a explicação da variabilidade total observada no conjunto de dados.

Na quinta época de semeadura, em ambas as cultivares, o maior peso foi atribuído à variável PrecAcum, aos 5 DAAPSV. Também contribuíram para a explicação da variabilidade total dos dados, na DM 6563 RSF, o Nd1-25mm aos 10 e

14 DAAPSV, NdM1mm aos 11 DAAPSV e URMédia aos 20 DAAPSV. Esta, por sua vez, também foi identificada pela análise na cultivar BMX Tornado RR, juntamente com NdSP aos 20 DAAPSV e a TempMédia aos 5 e 14 DAAPSV (Tabela 3).

Tabela 3 - Peso das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi* na terceira, quarta e quinta épocas de semeadura da safra de 2015/16 em duas cultivares de soja

DAAPSV	Variável	3º Época						4º Época						5º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
5	PrecAcum	0,08	0,17	-0,19	0,14	0,10	0,18	0,11	-0,18	-0,09	0,12	0,05	-0,11	-0,01	0,02	0,32 <sup>(1)</sup>	-0,03	0,09	-0,35 <sup>(1)</sup>
	NdSP	-0,13	-0,15	0,08	-0,16	-0,10	-0,05	-0,16	-0,11	-0,09	-0,13	-0,18	-0,07	-0,18	-0,04	0,00	-0,20	-0,02	-0,06
	NdM1mm	0,02	-0,05	-0,14	0,03	-0,08	0,16	0,17	0,03	-0,08	0,12	0,11	0,06	0,18	-0,03	0,02	0,18	0,05	0,01
	Nd1-25mm	0,11	0,17	0,01	0,13	0,13	-0,05	0,07	0,27 <sup>(1)</sup>	0,16	-0,01	0,16	0,08	0,15	0,01	-0,12	0,18	0,01	0,12
	Nd26-50mm	0,00	-0,09	-0,36	0,02	-0,13	0,31 <sup>(1)</sup>	0,08	-0,23	-0,07	0,13	-0,02	-0,08	-0,10	0,15	0,18	-0,09	0,13	-0,14
	TempMédia	-0,16	0,01	-0,03	-0,16	0,01	0,12	0,15	-0,07	-0,09	0,15	-0,14	-0,02	0,10	0,21	-0,01	0,02	0,26 <sup>(1)</sup>	0,04
	NdT15-25°C	0,13	-0,06	-0,01	0,12	-0,10	-0,10	0,03	0,17	-0,21	0,01	0,19	-0,37 <sup>(1)</sup>	-0,01	-0,03	0,27	0,07	0,14	-0,12
	NdTemp>25°C	-0,13	0,05	0,02	-0,12	0,10	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	URMédia	0,17	0,08	-0,07	0,17	0,06	0,07	-0,14	-0,11	0,07	-0,16	0,06	-0,02	0,08	-0,21	-0,02	0,12	-0,21	-0,02
7	PrecAcum	0,14	0,13	-0,07	0,17	0,08	0,05	0,11	-0,19	0,11	0,13	0,06	-0,03	0,08	0,14	-0,09	0,04	-0,16	
	NdSP	-0,16	-0,11	0,03	-0,17	-0,08	-0,03	-0,12	-0,05	-0,27	-0,05	-0,17	-0,19	0,08	0,09	-0,17	0,11	-0,07	
	NdM1mm	-0,08	-0,08	-0,12	-0,07	0,01	0,23	0,16	0,04	-0,08	0,16	0,05	0,03	0,19	-0,02	-0,09	0,16	-0,08	0,03
	Nd1-25mm	0,15	0,12	0,01	0,17	0,08	-0,03	-0,04	0,14	0,34 <sup>(1)</sup>	-0,12	0,22	0,13	0,12	-0,18	-0,01	0,17	-0,13	0,02
	Nd26-50mm	0,00	-0,09	-0,36	0,02	-0,13	0,31 <sup>(1)</sup>	0,12	-0,16	0,08	0,16	0,03	-0,01	-0,09	0,21	-0,04	-0,12	0,12	0,11
	TempMédia	-0,16	0,05	-0,04	-0,16	0,05	0,17	0,17	-0,02	0,05	0,16	-0,05	0,01	0,11	0,18	0,06	0,04	0,05	0,26
	NdT15-25°C	0,14	-0,11	0,01	0,13	-0,13	-0,11	0,03	0,17	-0,21	0,01	0,19	-0,37 <sup>(1)</sup>	-0,01	-0,03	0,27	0,07	0,14	-0,12
	NdTemp>25°C	-0,15	0,11	-0,01	-0,14	0,13	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	URMédia	0,18	0,03	-0,03	0,18 <sup>(1)</sup>	0,03	0,08	-0,14	-0,12	0,12	-0,15	0,05	0,05	0,05	-0,22	0,00	-0,02	-0,13	-0,14
8	PrecAcum	0,14	0,13	-0,13	0,17	0,07	0,08	0,10	-0,21	0,10	0,07	0,26	0,04	0,05	0,05	0,11	0,01	0,15	-0,23
	NdSP	-0,17	-0,09	0,06	-0,17	-0,06	-0,03	-0,08	-0,11	-0,26	0,04	-0,30 <sup>(1)</sup>	-0,18	-0,19	0,12	0,06	-0,19	0,08	-0,02
	NdM1mm	-0,06	-0,19	-0,09	-0,04	-0,18	0,07	0,17	0,03	-0,08	0,16	0,05	0,03	0,20	-0,02	-0,09	0,19	-0,02	0,02
	Nd1-25mm	0,15	0,13	-0,03	0,16	0,11	0,03	-0,11	0,15	0,24	-0,14	0,16	0,11	0,08	-0,22	-0,01	0,15	-0,18	0,06
	Nd26-50mm	0,00	-0,09	-0,36	0,02	-0,13	0,31	0,15	-0,17	0,00	0,16	0,01	-0,03	0,01	0,21	0,01	-0,05	0,24	-0,11
	TempMédia	-0,16	0,07	-0,05	-0,16	0,07	0,16	0,18 <sup>(1)</sup>	0,01	0,00	0,17 <sup>(1)</sup>	-0,02	0,04	0,16	0,17	0,02	0,14	0,20	0,00

(Continua)



(Conclusão)

DAAPSV	Variável	3º Época						4º Época						5º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
20	TempMédia	-0,05	0,17	0,10	0,01	0,19	-0,06	-0,18	-0,06	-0,08	-0,16	-0,01	-0,02	-0,15	-0,17	0,02	-0,15	-0,18	-0,09
	NdT15-25°C	-0,09	-0,14	-0,07	-0,11	-0,17	-0,06	0,18 <sup>(1)</sup>	0,04	0,10	0,16	0,06	0,05	0,20	0,09	0,02	0,18	0,11	0,03
	NdTemp>25°C	0,09	0,14	0,07	0,11	0,17	0,06	-0,18 <sup>(1)</sup>	-0,04	-0,10	-0,16	-0,06	-0,05	-0,20	-0,06	0,01	-0,19	-0,07	-0,05
	URMédia	-0,03	-0,22 <sup>(1)</sup>	0,07	-0,06	-0,21	-0,02	0,15	-0,02	0,18	0,15	-0,02	0,02	0,21 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,05	0,20 <sup>(1)</sup>	-0,02	0,01
Autovalores		27,91	18,57	5,87	29,1	19,83	6,8	29,8	9,53	5,69	35,57	8,55	4,52	21,16	14,69	6,07	24,05	10,9	5,72
Proporção (%)		43,62	29,03	9,18	46,2	31,48	10,8	51,3	16,44	9,83	61,34	14,76	7,8	37,13	25,79	10,65	42,19	19,14	10,04
Prop. acumulada (%)		43,62	72,65	81,83	46,2	77,68	88,48	51,3	67,74	77,57	61,34	76,1	83,9	37,13	62,92	73,57	42,19	61,33	71,37

\* (1) Caracteres com maiores cargas fatoriais (escores) selecionadas dentro de cada fator.

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Na safra 2016/17 verificou-se que, na primeira época de semeadura, em ambas as cultivares, o Nd1-25mm, aos 20 DAAPSV, apresentou o maior peso nos primeiros componentes principais. Observou-se, ainda, na DM 6563 RSF, que as variáveis NdM1mm, Nd26-50mm, URMédia, TempMédia, NdT15-25°C e NdTemp>25°C, aos 7, 11, 14 e 20 DAAPSV, e, na BMX Tornado RR, Nd51-75mm aos 8 DAAPSV e TempMédia aos 14 DAAPSV apresentaram pesos elevados nos três primeiros componentes, porém menores que os observados no Nd1-25mm.

Em relação à segunda época de semeadura, na cultivar DM 6563 RSF, os maiores pesos foram observados nas variáveis Nd1-25mm, aos 7 DAAPSV, seguida do Nd26-50mm, aos 10 DAAPSV, e da TempMédia, aos 11, 14 e 20 DAAPSV. Na BMX Tornado RR, essa mesma variável foi a que mais contribuiu para a variabilidade dos dados, contudo, não com a maior contribuição, que foi representada pelo NdTemp>25°C, aos 14 DAAPSV, juntamente com NdM1mm, aos 7 DAAPSV (Tabela 4).



Tabela 4 - Peso das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima maior que 25°C (NdTemp>25°C), umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi* na primeira e segunda épocas de semeadura da safra de 2016/17 em duas cultivares de soja

DAAPSV	Variável	1º Época						2º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
5	PrecAcum	0,10	0,18	0,05	0,13	0,14	-0,11	0,12	-0,02	0,11	0,08	0,21	-0,10
	NdSP	0,03	-0,21	0,16	0,00	-0,07	0,24	0,02	0,13	0,03	-0,13	0,02	0,13
	NdM1mm	-0,15	-0,04	0,11	-0,12	0,04	0,19	-0,08	-0,11	-0,01	0,02	-0,22	0,18
	Nd1-25mm	0,06	0,13	-0,24	0,05	-0,11	-0,28	-0,01	0,00	-0,12	0,08	0,11	-0,25
	Nd26-50mm	0,07	-0,20	-0,04	-0,02	-0,07	-0,04	-0,07	0,18	0,09	-0,14	0,10	-0,08
	Nd51-75mm	0,06	0,20	0,07	0,11	0,19	-0,10	0,14	-0,08	0,09	0,12	0,14	-0,06
	TempMédia	0,16	-0,03	0,03	0,06	0,21	0,00	0,07	-0,05	0,23	0,04	0,06	0,11
	NdT15-25°C	-0,05	0,08	-0,07	0,02	-0,02	0,04	0,05	-0,19	-0,15	0,03	-0,02	0,08
	NdTemp<15°C	0,07	-0,20	-0,04	-	-	-	-0,05	0,19	0,15	-0,14	0,12	-0,04
URMédia	0,12	0,01	-0,21	0,09	-0,06	-0,24	0,02	-0,03	-0,03	0,09	0,10	-0,23	
7	PrecAcum	0,06	0,16	0,16	0,11	0,22	0,04	0,15	-0,05	0,16	0,09	0,13	0,13
	NdSP	0,11	-0,13	0,05	0,06	-0,10	0,15	0,04	0,16	0,03	-0,13	0,13	0,01
	NdM1mm	-0,17 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,01	-0,17	0,01	0,02	-0,15	-0,09	-0,10	0,02	-0,24 <sup>(1)</sup>	0,07
	Nd1-25mm	0,10	0,16	-0,11	0,05	-0,11	-0,14	-0,02	-0,07	-0,26 <sup>(1)</sup>	0,12	-0,03	-0,06
	Nd26-50mm	0,02	-0,13	0,21	0,02	-0,08	0,21	-0,05	0,13	-0,02	-0,11	0,03	0,13
	Nd51-75mm	0,03	0,19	-0,18	0,06	0,23	-0,17	0,12	-0,11	0,19	0,11	0,12	-0,08
	TempMédia	0,16	-0,07	0,00	0,18	0,03	-0,02	0,18	-0,06	0,00	0,16 <sup>(1)</sup>	0,09	0,05
	NdT15-25°C	-0,07	0,20	0,04	-0,07	0,00	-0,13	0,05	-0,19	-0,15	0,14	-0,12	0,04
	NdTemp<15°C	0,07	-0,20	-0,04	-	-	-	-0,05	0,19	0,15	-0,14	0,12	-0,04
URMédia	0,13	0,00	-0,13	0,11	-0,03	-0,04	0,12	0,00	-0,05	0,11	-0,07	0,10	

(Continua)

DAAPSV	Variável	1º Época						2º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
8	PrecAcum	0,07	0,19	0,12	0,10	0,24	0,06	0,14	-0,06	0,18	0,12	0,06	0,17
	NdSP	0,11	-0,13	-0,04	0,07	-0,06	0,02	0,07	0,14	0,03	-0,14	0,13	-0,03
	NdM1mm	-0,14	-0,03	0,11	-0,14	-0,01	0,04	-0,15	-0,03	-0,07	-0,01	-0,19	0,00
	Nd1-25mm	0,07	0,07	-0,16	0,05	-0,18	-0,12	0,02	-0,07	-0,23	0,13	-0,04	-0,04
	Nd26-50mm	0,14	-0,04	-0,15	0,08	-0,15	-0,08	-0,07	0,18	0,09	-0,14	0,10	-0,08
	Nd51-75mm	-0,06	0,18	0,14	0,03	0,28 <sup>(1)</sup>	0,08	0,12	-0,13	0,17	0,13	-0,03	0,14
	TempMédia	0,16	-0,07	-0,03	0,18	0,01	-0,04	0,18	-0,07	-0,01	0,16 <sup>(1)</sup>	0,06	0,05
	NdT15-25°C	-0,09	0,21	0,07	-0,09	0,16	0,02	0,04	-0,07	-0,03	0,14	-0,12	0,04
	NdTemp<15°C	0,10	-0,21	-0,08	0,09	-0,16	-0,02	-0,05	0,19	0,15	-0,14	0,12	-0,04
	URMédia	0,15	-0,01	-0,07	0,14	-0,09	0,07	0,14	0,05	-0,12	0,12	-0,09	0,17
10	PrecAcum	0,08	0,19	0,01	0,10	0,19	-0,08	0,15	-0,08	0,11	0,15	0,09	-0,05
	NdSP	0,10	-0,04	0,19	0,08	-0,06	0,23	0,10	0,19	-0,10	-0,13	0,09	0,12
	NdM1mm	-0,15	-0,06	-0,04	-0,15	0,05	0,00	-0,14	-0,08	0,09	-0,10	-0,16	0,05
	Nd1-25mm	0,14	0,00	-0,01	0,11	-0,10	-0,08	0,03	-0,02	-0,15	0,14	0,02	-0,07
	Nd26-50mm	0,12	0,11	0,12	0,13	-0,11	0,07	0,08	0,20 <sup>(1)</sup>	-0,09	-0,12	0,13	-0,01
	Nd51-75mm	-0,10	0,09	-0,18	-0,07	0,17	-0,15	0,05	-0,18	0,13	0,15	-0,03	-0,07
	TempMédia	0,15	-0,01	0,12	0,17	-0,01	0,09	0,16	0,01	-0,09	0,14	0,07	0,15
	NdT15-25°C	-0,14	0,03	-0,14	-0,15	0,08	-0,13	-0,06	-0,10	0,09	0,06	-0,14	-0,16
	NdTemp<15°C	-	-	-	-	-	-	-0,05	0,19	0,15	-0,14	0,12	-0,04
	NdTemp>25°C	0,14	-0,02	0,13	0,15	-0,08	0,12	0,07	0,07	-0,13	0,02	0,09	0,21
URMédia	0,17 <sup>(1)</sup>	0,01	-0,03	0,17	-0,04	-0,02	0,17	0,06	-0,07	0,14	0,05	0,03	
11	PrecAcum	0,05	0,21	0,04	0,10	0,20	-0,15	0,12	-0,13	0,11	0,15	0,09	-0,07
	NdSP	0,09	-0,05	0,19	0,07	0,05	0,26	0,13	0,13	0,02	-0,13	0,02	0,18
	NdM1mm	-0,15	-0,11	0,04	-0,16	0,01	0,10	-0,16	-0,07	0,02	-0,08	-0,18	0,12
	Nd1-25mm	0,11	0,11	-0,17	0,09	-0,14	-0,21	-0,01	-0,01	-0,14	0,11	0,09	-0,19
	Nd26-50mm	0,16	-0,03	0,11	0,16	-0,08	0,11	0,10	0,19	-0,10	-0,12	0,16	0,07
	Nd51-75mm	-0,09	0,15	-0,03	-0,03	0,20	-0,16	0,02	-0,19	0,12	0,14	-0,03	-0,09
	TempMédia	0,17 <sup>(1)</sup>	-0,04	-0,04	0,18	-0,03	-0,01	0,19 <sup>(1)</sup>	-0,01	-0,08	0,16 <sup>(1)</sup>	0,04	0,08
	NdT15-25°C	-0,14	0,07	0,14	-0,13	0,15	0,06	-0,10	-0,15	0,06	0,14	-0,12	0,04
	NdTemp<15°C	-	-	-	-	-	-	-0,05	0,19	0,15	-0,14	0,12	-0,04
	NdTemp>25°C	0,14	-0,06	-0,15	0,13	-0,14	-0,07	0,13	0,08	-0,12	0,02	0,08	0,12
URMédia	0,17 <sup>(1)</sup>	0,01	-0,01	0,18	-0,02	-0,05	0,18	0,06	-0,05	0,13	0,14	-0,02	

(Conclusão)

DAAPSV	Variável	1º Época						2º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
14	PrecAcum	0,04	0,04	-0,08	0,05	0,21	0,01	0,08	-0,15	0,21	0,13	-0,01	0,09
	NdSP	0,07	0,01	0,25	0,10	0,05	0,19	0,12	0,10	0,05	-0,07	0,14	0,16
	NdM1mm	-0,13	-0,12	-0,15	-0,17	-0,06	-0,07	-0,18	-0,05	-0,02	-0,07	-0,22	-0,08
	Nd1-25mm	0,07	0,23 <sup>(1)</sup>	-0,09	0,08	-0,07	-0,18	0,05	-0,03	-0,24	0,12	0,11	-0,13
	Nd26-50mm	0,17 <sup>(1)</sup>	0,01	0,03	0,17	-0,01	0,04	0,14	0,14	0,08	-0,08	0,18	0,08
	Nd51-75mm	-0,13	-0,01	-0,08	-0,09	0,19	-0,02	-0,03	-0,19	0,19	0,11	-0,11	0,02
	TempMédia	0,17 <sup>(1)</sup>	0,00	0,04	0,19 <sup>(1)</sup>	0,02	0,04	0,19 <sup>(1)</sup>	0,02	-0,06	0,14	0,08	0,14
	NdT15-25°C	-0,17 <sup>(1)</sup>	0,03	-0,05	-0,18	0,05	-0,09	-0,16	-0,12	0,10	0,05	-0,17	-0,21
	NdTemp<15°C	-	-	-	-	-	-	-0,05	0,19	0,15	-0,14	0,12	-0,04
	NdTemp>25°C	0,17 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,08	0,18	-0,02	0,09	0,17	0,09	-0,09	0,03	0,11	0,27 <sup>(1)</sup>
URMédia	0,16	0,04	-0,04	0,17	0,02	-0,05	0,18	-0,02	0,05	0,13	0,16	0,02	
20	PrecAcum	0,06	0,19	0,19	0,13	0,18	0,10	0,18	0,03	0,05	0,09	0,15	0,21
	NdSP	-0,03	-0,19	0,04	-0,05	0,02	0,14	0,00	-0,03	0,11	-0,09	-0,03	0,12
	NdM1mm	-0,10	-0,11	0,19	-0,11	-0,11	0,18	-0,12	0,10	-0,11	-0,12	-0,14	0,10
	Nd1-25mm	0,03	0,08	-0,30 <sup>(1)</sup>	0,00	-0,06	-0,29 <sup>(1)</sup>	-0,08	-0,13	-0,01	0,12	0,06	-0,24
	Nd26-50mm	0,14	0,04	0,14	0,14	0,14	0,11	0,16	0,03	0,12	0,04	0,14	0,23
	Nd51-75mm	-0,11	0,18	0,10	-0,09	0,16	0,02	-0,02	0,04	-0,08	-0,01	0,06	-0,01
	TempMédia	0,17 <sup>(1)</sup>	0,02	0,03	0,18	0,07	0,02	0,19 <sup>(1)</sup>	-0,04	0,00	0,15	0,09	0,08
	NdT15-25°C	-0,17 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,02	-0,18	-0,04	0,02	-0,18	-0,01	0,02	-0,11	-0,18	-0,03
	NdTemp<15°C	-	-	-	-	-	-	-0,06	0,19	0,11	-0,14	0,12	-0,05
	NdTemp>25°C	0,17 <sup>(1)</sup>	0,01	-0,02	0,16	0,09	-0,02	0,18	-0,04	0,01	0,13	0,13	0,04
URMédia	0,10	0,16	0,17	0,15	0,16	0,04	0,18	-0,05	0,02	0,16	0,04	0,09	
Autovalores		34,31	12,15	8,84	27,60	10,30	8,44	26,67	14,60	8,34	35,75	13,25	7,13
Proporção (%)		49,02	12,64	6,20	40,59	15,15	12,43	36,04	19,73	11,27	48,98	18,16	9,77
Proporção acumulada (%)		49,02	61,66	67,86	40,59	55,74	68,17	36,04	55,77	67,04	48,98	67,14	76,91

\* (1) Caracteres com maiores cargas fatoriais (escores) selecionadas dentro de cada fator.

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

Na cultivar DM 6563 RSF, em sua terceira época de semeadura, a variável de maior peso foi o NdT15-25°C aos 20 DAAPSV. Já na BMX Tornado RR, também foi identificada essa mesma variável, porém aos 5 DAAPSV, juntamente com PrecAcum e o NdTemp<15°C, aos 5 DAAPSV. A TempMédia aos 5 DAAPSV contribuiu para a variabilidade total dos dados, em ambas. O NdSP aos 7, 8 e 11 DAAPSV, NdM1mm aos 7 e 8 DAAPSV, NdT15-25°C e NdTemp<15°C aos 11 e 14 DAAPSV e a URMédia aos 8 e 20 DAAPSV também foram identificados com pesos elevados dentro dos três primeiros componentes.

Na quarta época a URMédia, aos 11 e 14 DAAPSV, foi a variável de maior peso, em ambas as cultivares. O Nd1-25mm, aos 7, 8, 10 e 20 DAAPSV, e a TempMédia, aos 5, 8 e 20 DAAPSV, foram identificados em ambas as cultivares porém com peso menor que a URMédia. Destacaram-se, ainda, na DM 6563 RSF, o NdM1mm aos 8 DAAPSV, PrecAcum e NdSP aos 7, 8, 10 e 20 DAAPSV.

Na quinta época de semeadura, o maior peso observado na cultivar DM 6563 RSF correspondeu à variável PrecAcum aos 5 DAAPSV. Na BMX Tornado RR, por sua vez, destacaram-se o NdM1mm, Nd1-25mm e Nd26-50mm aos 10 DAAPSV. Em ambas as cultivares foi verificada a importância da TempMédia aos 7, 8, 10 e 11 DAAPSV para a variabilidade total dos dados, porém com pesos menores. A análise revelou, também, que a URMédia, aos 11 DAAPSV, e o Nd1-25mm, aos 8 DAAPSV, DM 6563 e BMX Tornado RR, respectivamente, também influenciam na variabilidade total do conjunto de dados (Tabela 5).

Tabela 5 - Peso das variáveis dos componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise multivariada das observações meteorológicas precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia) nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível provocado por *Phakopsora pachyrhizi* na terceira, quarta e quinta épocas de semeadura da safra de 2016/17 em duas cultivares de soja

DAAPSV	Variável	3º Época						4º Época						5º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
5	PrecAcum	0,01	-0,04	0,17	0,10	-0,02	0,22 <sup>(1)</sup>	0,12	0,00	0,20	0,07	-0,07	-0,02	-0,06	-0,29 <sup>(1)</sup>	-0,07	-0,17	-0,16	-0,05
	NdSP	-0,15	0,05	0,06	-0,16	-0,02	-0,08	0,10	0,18	-0,19	-0,12	-0,18	-0,10	0,18	-0,08	0,15	0,16	-0,17	0,00
	NdM1mm	0,13	0,08	-0,15	0,03	-0,15	-0,16	-0,12	-0,07	0,25	0,13	0,19	0,12	-0,18	0,08	-0,15	-0,16	0,17	0,00
	Nd1-25mm	-0,01	-0,25	0,07	0,06	0,18	0,10	0,08	-0,20	-0,19	-0,10	-0,19	-0,13	-0,04	-0,05	0,04	0,03	0,05	-0,08
	Nd26-50mm	0,02	0,17	0,27	0,06	-0,18	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	0,02	-0,06	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	-0,07	-0,25 <sup>(1)</sup>	-0,05	-0,01	0,23 <sup>(1)</sup>	0,04	0,15	-0,12	-0,09	0,12	0,13	-0,18	0,19	-0,13	-0,06	0,16	-0,12	0,19
	NdT15-25°C	-0,02	-0,14	0,05	-0,05	0,19	-0,12	0,08	-0,20	-0,19	-0,12	-0,12	0,19	-0,05	-0,14	0,03	-0,03	0,01	0,13
	NdTemp<15°C	-0,03	0,23	0,07	0,05	-0,19	0,12	-0,08	0,20	0,19	0,07	0,15	0,20	-	-	-	-	-	-
URMédia	0,09	-0,13	0,10	0,15	0,04	0,17	0,11	0,00	-0,06	0,07	0,11	0,17	0,15	-0,09	-0,22	0,14	-0,15	-0,02	
7	PrecAcum	0,10	0,07	-0,19	-0,06	-0,14	0,07	0,12	-0,09	0,06	0,16	-0,05	-0,07	-0,09	0,20	0,21	-0,16	-0,08	-0,18
	NdSP	-0,16 <sup>(1)</sup>	0,00	0,00	-0,18	0,06	-0,06	0,06	0,25 <sup>(1)</sup>	-0,11	-0,12	-0,18	-0,10	0,18	-0,08	0,15	0,16	-0,17	0,00
	NdM1mm	0,16 <sup>(1)</sup>	0,00	0,05	0,16	-0,06	-0,09	-0,15	0,12	-0,02	-0,17	-0,02	0,09	-0,10	-0,27	0,04	-0,17	-0,10	0,04
	Nd1-25mm	0,06	-0,19	-0,06	0,14	0,10	0,13	0,10	-0,23	0,07	0,18 <sup>(1)</sup>	0,08	-0,03	-0,04	0,28	-0,14	0,05	0,26	-0,04
	Nd26-50mm	0,05	0,23	0,01	-0,08	-0,19	-0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	0,01	0,01	-0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	-0,02	-0,24	-0,14	0,01	0,21	0,03	0,17 <sup>(1)</sup>	-0,02	0,05	0,15	-0,06	-0,20	0,20	0,04	-0,12	0,19	-0,05	0,00
	NdT15-25°C	0,13	-0,07	0,00	0,11	0,05	-0,07	0,16	-0,08	0,07	0,16	-0,05	-0,16	0,06	-0,07	0,11	-0,05	-0,04	0,05
	NdTemp<15°C	-0,13	0,07	0,00	-0,11	-0,05	0,07	-0,16	0,06	-0,09	-0,16	0,07	0,14	-	-	-	-	-	-
URMédia	0,15	0,02	-0,04	0,17	-0,08	0,06	0,13	-0,12	0,16	0,17	0,03	0,06	-0,07	0,22	-0,20	0,09	0,26	-0,07	
8	PrecAcum	0,10	0,06	-0,25	0,08	-0,04	-0,20	0,12	-0,07	0,19	0,12	-0,12	0,04	0,00	-0,23	-0,25	-0,13	-0,16	-0,11
	NdSP	-0,16 <sup>(1)</sup>	-0,04	0,00	-0,16	0,08	0,02	0,06	0,25 <sup>(1)</sup>	-0,11	-0,13	-0,14	0,10	0,18	-0,08	0,15	0,16	-0,17	0,00
	NdM1mm	0,16 <sup>(1)</sup>	0,03	0,01	0,15	-0,08	0,01	-0,17 <sup>(1)</sup>	0,02	-0,10	-0,16	0,10	-0,03	0,00	-0,04	0,04	-0,16	-0,15	0,04
	Nd1-25mm	0,08	-0,14	0,04	0,10	0,13	0,06	0,14	-0,12	0,14	0,18 <sup>(1)</sup>	-0,01	-0,01	-0,18	0,08	-0,15	0,04	0,29 <sup>(1)</sup>	-0,04
	Nd26-50mm	-0,06	0,19	0,13	-0,11	-0,16	-0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	0,13	0,00	-0,24	0,14	0,01	-0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Continua)

(Continuação)

DAAPSV	Variável	3º Época						4º Época						5º Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
8	TempMédia	0,02	-0,23	-0,18	-0,03	0,21	-0,06	0,17 <sup>(1)</sup>	0,04	0,08	0,15	-0,16	-0,07	0,21 <sup>(1)</sup>	0,06	0,01	0,20 <sup>(1)</sup>	-0,03	-0,01
	NdT15-25°C	0,15	-0,02	0,02	-0,01	0,06	-0,10	0,16	0,02	0,14	0,15	-0,16	0,01	0,05	-0,01	0,08	0,01	0,06	-0,05
	NdTemp<15°C	-0,15	0,02	-0,02	-0,14	-0,01	0,19	-0,16	-0,02	-0,13	-0,15	0,17	-0,01	-	-	-	-	-	-
	URMédia	0,16 <sup>(1)</sup>	0,02	0,01	0,19 <sup>(1)</sup>	-0,04	0,04	0,15	0,03	0,16	0,12	-0,13	0,07	-0,13	0,02	0,28 <sup>(1)</sup>	0,13	0,17	0,10
10	PrecAcum	0,12	-0,11	0,15	0,12	0,18	0,00	0,16	0,04	0,01	0,16	-0,06	-0,15	-0,11	-0,02	0,28 <sup>(1)</sup>	-0,18	-0,09	0,13
	NdSP	-0,15	-0,03	-0,10	-0,18	0,05	-0,05	-0,01	0,24	-0,01	-0,15	-0,09	0,15	0,02	0,18	0,28 <sup>(1)</sup>	0,15	0,05	0,03
	NdM1mm	0,14	0,13	-0,06	0,13	-0,16	0,05	-0,15	-0,14	0,03	-0,14	0,18	-0,03	-0,18	0,06	-0,17	0,03	0,12	-0,39 <sup>(1)</sup>
	Nd1-25mm	0,02	-0,19	0,17	0,04	0,19	-0,02	0,17 <sup>(1)</sup>	0,02	-0,01	0,18 <sup>(1)</sup>	-0,02	-0,06	0,11	0,01	0,13	-0,07	-0,07	0,39 <sup>(1)</sup>
	Nd26-50mm	-0,13	0,04	0,19	-0,14	-0,01	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,07	-0,39 <sup>(1)</sup>
	Nd51-75mm	0,15	-0,02	0,02	0,14	0,01	-0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,06	-0,19	-0,13	-0,03	0,19	-0,10	0,15	0,15	-0,01	0,08	-0,25	0,05	0,21 <sup>(1)</sup>	0,02	0,00	0,08	-0,11	0,35
	NdT15-25°C	0,14	0,02	0,02	-0,08	-0,02	-0,22 <sup>(1)</sup>	0,13	0,17	-0,12	0,02	-0,08	0,08	0,18	-0,06	0,17	0,16	-0,17	0,00
	NdTemp<15°C	-0,14	-0,02	-0,02	0,08	0,02	0,22 <sup>(1)</sup>	-0,12	-0,18	0,13	-0,11	0,16	-0,05	-0,18	0,06	-0,17	-0,16	0,17	0,00
URMédia	0,12	-0,08	0,23	0,18	0,07	0,04	0,15	0,11	0,08	0,04	-0,21	0,23	0,15	0,19	-0,07	0,08	-0,02	0,11	
11	PrecAcum	0,13	-0,10	0,10	0,13	0,17	0,03	0,14	0,01	-0,03	0,16	-0,04	0,03	0,09	-0,24	-0,13	-0,09	-0,23	0,03
	NdSP	-0,16 <sup>(1)</sup>	-0,03	-0,11	-0,17	0,08	-0,08	-0,08	0,19	-0,22	-0,17	-0,03	-0,07	0,18	-0,08	0,15	0,16	-0,17	0,00
	NdM1mm	0,13	0,15	-0,07	0,07	-0,21	0,00	-0,13	-0,16	0,12	-0,07	0,17	-0,01	-0,20	0,04	0,06	-0,17	0,13	0,05
	Nd1-25mm	0,04	-0,21	0,22	0,09	0,17	0,09	0,16	0,07	-0,01	0,16	-0,08	0,07	0,18	-0,01	-0,17	0,17	-0,09	-0,08
	Nd26-50mm	-0,15	0,02	-0,02	-0,14	-0,01	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	0,15	-0,01	0,11	0,14	0,01	-0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,08	-0,23	-0,12	0,03	0,22	-0,06	0,11	0,20	-0,12	-0,02	-0,27 <sup>(1)</sup>	-0,11	0,21 <sup>(1)</sup>	0,01	-0,05	0,19	-0,06	-0,04
	NdT15-25°C	0,16 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,06	0,14	0,01	-0,19	0,11	0,11	-0,23	0,10	0,19	0,13	0,20	-0,05	-0,10	0,17	-0,13	-0,05
	NdTemp<15°C	-0,16 <sup>(1)</sup>	0,01	-0,06	-0,14	-0,01	0,19	-0,10	-0,12	0,22	-0,10	-0,19	-0,13	-0,19	0,04	0,13	-0,17	0,12	0,05
URMédia	0,12	-0,08	0,23	0,16	0,04	0,12	0,15	0,13	0,07	-0,01	-0,12	0,34 <sup>(1)</sup>	0,21 <sup>(1)</sup>	-0,01	-0,02	0,18	-0,04	-0,17	
14	PrecAcum	0,15	0,06	-0,07	0,16	-0,10	0,04	0,15	-0,08	-0,04	0,17	0,07	-0,09	-0,09	0,12	0,28 <sup>(1)</sup>	-0,02	0,24	0,20
	NdSP	-0,15	-0,09	-0,03	-0,14	0,15	-0,02	-0,10	0,20	0,17	-0,15	-0,13	0,11	0,04	0,05	-0,04	-0,05	0,01	0,05
	NdM1mm	0,12	0,12	0,04	0,03	-0,17	-0,11	-0,13	-0,13	0,04	0,01	0,06	-0,32	-0,13	-0,25	-0,01	-0,17	-0,13	-0,06
	Nd1-25mm	0,13	-0,04	-0,02	0,14	0,04	0,12	0,15	-0,05	-0,14	0,16	0,11	0,04	0,13	0,25	0,01	0,17	0,13	0,06
	Nd26-50mm	-0,14	0,02	0,16	-0,14	-0,01	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nd51-75mm	0,15	0,09	-0,02	0,13	-0,15	-0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,13	-0,12	-0,15	0,09	0,16	-0,12	0,14	-0,12	0,03	0,11	0,12	0,26	0,11	0,24	-0,11	0,18	0,13	0,04
	NdT15-25°C	0,16 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,06	0,14	0,01	-0,19	0,08	-0,20	-0,19	0,10	0,19	0,13	-0,01	-0,08	-0,06	0,16	0,14	0,12
	NdTemp<15°C	-0,16 <sup>(1)</sup>	0,01	-0,06	-0,14	-0,01	0,19	-0,08	0,20	0,19	-0,10	-0,19	-0,13	-0,01	-0,08	-0,06	-0,16	-0,14	-0,12
URMédia	0,15	0,05	0,00	0,16	-0,08	0,12	0,06	-0,11	-0,27 <sup>(1)</sup>	0,10	0,20	0,12	0,18	0,14	0,02	0,19	0,08	0,02	
20	PrecAcum	0,13	0,15	0,06	0,14	-0,14	0,09	0,17 <sup>(1)</sup>	0,05	0,07	0,12	-0,06	0,16	0,18	0,05	-0,16	0,01	-0,21	-0,22
	NdSP	-0,15	-0,05	-0,13	-0,17	0,08	-0,08	-0,17 <sup>(1)</sup>	-0,03	-0,02	-0,18 <sup>(1)</sup>	0,02	-0,07	-0,13	-0,25	-0,01	-0,15	-0,12	0,04
	NdM1mm	0,08	0,21	0,06	-0,04	-0,19	-0,12	-0,15	-0,04	-0,12	-0,03	0,09	-0,31	-0,02	0,07	0,06	-0,03	0,02	0,21
	Nd1-25mm	0,10	-0,17	0,13	0,14	0,10	0,12	0,17 <sup>(1)</sup>	0,01	0,04	0,18 <sup>(1)</sup>	-0,04	0,08	0,13	0,25	0,01	0,17	0,10	-0,04
	Nd26-50mm	0,00	0,02	-0,05	0,13	0,02	0,16	-0,09	0,16	0,11	-0,13	-0,03	0,23	-	-	-	-	-	-

(Conclusão)

DAAPSV	Variável	3ª Época						4ª Época						5ª Época					
		DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM 6563 RSF			BMX Tornado RR			DM6563 RSF			BMX Tornado RR		
		CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
	Nd51-75mm	0,10	0,20	0,04	-0,04	-0,19	-0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TempMédia	0,15	-0,03	-0,15	0,13	0,05	-0,17	0,17 <sup>(1)</sup>	0,03	0,05	0,18	-0,07	-0,01	0,13	-0,15	0,18	0,17	-0,06	0,14
20	NdT15-25°C	-0,05	-0,09	0,30 <sup>(1)</sup>	0,10	0,14	0,03	0,15	0,04	0,12	0,14	-0,17	0,02	-0,02	0,05	0,05	-0,01	0,09	0,14
	NdTemp<15°C	-0,11	0,13	-0,07	-0,10	-0,14	-0,03	-0,15	-0,04	-0,12	-0,14	0,17	-0,02	0,00	0,04	-0,04	0,02	0,00	0,10
	NdTemp>25°C	0,12	-0,01	-0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	URMédia	0,16 <sup>(1)</sup>	-0,02	0,03	0,19 <sup>(1)</sup>	-0,01	0,06	0,09	0,01	0,14	0,10	-0,16	0,11	-0,12	0,11	-0,11	-0,15	0,17	-0,01
	Autovalores	37,38	12,56	5,40	26,78	18,77	12,70	32,49	11,63	7,04	28,86	11,33	7,08	22,80	10,26	7,60	26,07	10,71	5,06
	Proporção (%)	52,65	17,70	7,61	39,40	27,61	18,68	56,02	20,06	12,14	50,64	19,88	12,42	43,03	19,37	14,34	48,29	19,85	9,85
	Proporção acumulada (%)	52,65	70,35	77,96	39,40	67,01	85,69	56,02	76,08	88,22	50,64	70,52	82,94	43,03	62,40	76,74	68,14	87,99	97,84

\* (1) Caracteres com maiores cargas fatoriais (scores) selecionadas dentro de cada fator.

Fonte: Da autora. Santa Maria, RS, 2018.

A tendência observada no comportamento das variáveis referentes à precipitação, na safra 2015/16, indicou a necessidade de um volume de chuva superior (Nd26-50mm) na primeira e na terceira épocas quando comparado à quarta e quinta épocas, onde somente volumes entre 1 e 25mm foram selecionados pela análise. No entanto, na safra 2016/17, a variável Nd1-25mm destacou-se na primeira, segunda e quarta épocas de semeadura.

Kim e Cho (2015) estimaram o efeito das alterações climáticas sobre os fungos *Pyricularia grisea* e *Rhizoctonia solani* na cultura do arroz, na Coreia. Wiik e Ewaldz (2009) avaliaram o impacto da temperatura e da precipitação sobre a severidade de doenças na cultura do trigo, na Suécia, e concluíram que a precipitação se correlacionou mais fortemente do que a temperatura. No Brasil, Del Ponte et al. (2006b) avaliaram o efeito das mesmas variáveis sobre a severidade do fungo *P. pachyrhizi* na cultura da soja e observaram forte influência da precipitação, principalmente para os locais onde a temperatura é fator limitante ao desenvolvimento da doença.

Percebe-se, entretanto, a carência de informações correlacionando as variáveis meteorológicas com o aparecimento do primeiro sintoma de doenças em plantas, sobretudo, devido à dificuldade de obtenção de dados climáticos isentos de erros, quando se utiliza séries históricas (LAUNAY et al., 2014; WANG; BOWLING; CHERKAUER, 2016) e, também, na condução desse tipo de experimento a campo.

No entanto, sabe-se que precipitações acima de 45mm h<sup>-1</sup> foram responsáveis por remover até 75% dos esporos depositados sobre as folhas da soja (DUFAULT et al., 2010), por isso que volumes menores que 50mm foram mais correlacionados com o aparecimento do primeiro sintoma da doença.

O NdSP também destacou-se na safra 2015/16, em todas as épocas de semeadura, em praticamente todos os períodos avaliados e em ambas as cultivares. Como já foi mencionado, o fungo *P. pachyrhizi* é totalmente dependente de condições de umidade e temperatura favoráveis para que a infecção tenha êxito. Dessa forma, a ausência de condições ideais retarda ou até mesmo inibe esse processo. Lerner (2016) também verificou a importância dessa variável, em semeaduras realizadas em novembro, sugerindo que o aumento no número de dias sem chuva retardou o aparecimento dos sintomas.

Na safra 2016/17, verificou-se, ainda, a contribuição das variáveis TempMédia e NdM1mm. A temperatura mínima média registrada no período, que na sua grande



maioria permaneceu no intervalo de dias compreendido pela variável NdT15-25°C, favoreceu a antecipação dos sintomas em todas as épocas. Dentro dessa faixa, encontram-se os resultados obtidos por Sinclair e Backman (1989), Juliatti, Polizel e Juliatti (2004) e Alves, Furtado e Bergamin Filho (2006), todos afirmam que a faixa considerada ideal depende da disponibilidade de água livre sobre a superfície da folha da planta.

A contribuição do NdM1mm para a antecipação dos sintomas estaria associada a outros fatores, como, por exemplo, temperatura mínima média ou umidade relativa do ar e, em alguns casos, com ambos, conforme verificado pela análise que, por sua vez, não impediram o desenvolvimento do fungo. E, associados aos registros de precipitação inferiores a um milímetro, devido à névoa, orvalho ou chuva leve foram os promotores do processo de infeccioso, visto que a presença de água livre na superfície foliar é fundamental para a ocorrência da doença (MARCHETTI; MELCHING; BROMFIELD, 1976; CALDWELL et al., 2005).

Resultados diferentes foram observados por Young et al. (2011), onde os autores atribuíram a antecipação no aparecimento dos sintomas aos dias com chuvas maiores que um mm associado ao aumento das horas de molhamento foliar.

Apesar do conjunto de dados compreender cerca de 77 variáveis meteorológicas, dependendo da época de semeadura, correlacionadas com a data do aparecimento do primeiro sintoma visível da ferrugem asiática, os resultados indicaram uma contribuição significativa de três ou quatro variáveis. Guarienti et al. (2003) avaliaram, por meio da técnica de ACP, as variáveis meteorológicas que afetam a qualidade industrial e o rendimento de grãos na cultura do trigo e também verificaram que a maioria dos períodos estudados apresentam duas ou três variáveis meteorológicas, afetando simultaneamente as características de qualidade e rendimento de grãos.

#### 4.6 CONCLUSÕES

As variáveis meteorológicas de maior contribuição na variabilidade para a visualização do primeiro sintoma de *P. pachyrhizi* na cultura da soja são o número de dias sem precipitação, número de dias com menos de 1mm, número de dias com precipitação entre 1 e 25mm e 26 e 50mm e número de dias com temperatura entre 15 e 25°C.

## 4.7 REFERÊNCIAS

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Ferrugem asiática da soja**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 37-59.

BAKER, J. F. et al. Multiple regression and principal componentes analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 9, p. 2147-2158, 1988.

CALDWELL, P. M. et al. Development of *Phakopsora pachyrhizi* at different temperatures, relative humidities and leaf wetness duration. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY, 9., Landerneau, 2005. **Proceedings**. Bordeaux: Societé Francaise de Phytopathologie, 2005.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DEL PONTE, E. M.; ESKER, P. D. Meteorological factors and Asian soybean rust epidemics: a systems approach and implications for risk assessment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. esp., p. 88-97, dez. 2008.

DEL PONTE, E. M. et al. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006b.

DUFAULT, N. S. et al. Removal of wet deposited *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by subsequent rainfall. **Plant Disease**, v. 94, n. 11, p. 1336-1340, 2010.

GUARIENTI, E. L. et al. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 500-510, set./dez. 2003.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HONGYU, K. **Comparação do GGEbiplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo x ambiente**. 2015. 155 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

JEGER, M. J.; JONES, D. G.; GRIFFITHS, E. Components of partial resistance of wheat seedlings to *Septoria nodorum*. **Euphytica**, v. 32, n. 2, p. 575-584, jun. 1983.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2007.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, C. A.; JULIATTI, F. C. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja**. Uberlândia: EDUFU, 2004.

KIM, K.-H.; CHO, J. Predicting potential epidemics of rice diseases in Korea using multimodel ensembles for assessment of climate change impacts with uncertainty information. **Climatic Change**, Boston, v. 134, n. 1-2, p. 327-339, set. 2015.

KOGA, L. J. et al. Análise multivariada dos componentes da resistência à ferrugem-asiática em genótipos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1277-1286, out. 2008.

LALANCETTE, N.; HICKEI, K. D.; COLE JR, H. Parasitic fitness and intrastrain diversity of benomyl-sensitive and benomyl-sensitive subpopulations of *Venturia inequalis*. **Phytopathology**, v. 77, p. 1600-1606, 1987.

LAUNAY, M. et al. Climatic indicators for crop infection risk: Application to climate change impacts on five major foliar fungal diseases in Northern France. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 197, p. 147-158, dez. 2014.

LERNER, M. A. **Algoritmo para predição de risco de epidemia de *Phakopsora pachyrhizi* em soja**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MADALOSSO, M. G. Por que o alto potencial de dano da ferrugem na safra 2016/17 não ocorreu. **Phytus Club**, 15 mai. 2017. Disponível em: <<https://phytusclub.com/materiais-didaticos/slides-da-palestra-quotpor-que-o-alto-potencial-de-dano-da-ferrugem-na-safra-201617-nao-ocorreuquot/>>. Acesso em: 05 set. 2017.

MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospore's of *Phakopsora pachyrhizi*, **Phytopathology**, Sait Paul, v. 66, p. 461-463, 1976.

MINITAB. Mini Manual. **A beginner's guide to MINITAB statistc software**. State College, PA: Minitab, 2017.

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

REGAZZI, A. J. **Análise multivariada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. Infectious diseases: rust. In: SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 3. ed. St. Paul: APS Press, 1989. p. 24-27.

WANG, R.; BOWLING, L. C.; CHERKAUER, K. A. Estimation of the effects of climate variability on crop yield in the Midwest USA. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 216, p. 141-156, 2016.

WIİK, L.; EWALDZ, T. Impact of temperature and precipitation on yield and plant diseases of winter wheat in southern Sweden 1983–2007. **Crop Protection**, Tehran, v. 28, n. 11, p. 952-962, 2009.

YOUNG, H. M. et al. Epidemiology of soybean rust in soybean sentinel plots in Florida. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 95, n. 6, p. 744-750, jun. 2011.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

As variáveis meteorológicas discriminadas pela análise de correlação de Pearson tiveram sua importância confirmada pela análise de trilha, que, por sua vez, revelou o efeito indireto da umidade relativa média atuando sobre a temperatura mínima média, na safra 2016/17.

Foram identificadas, via análise de componentes principais, as variáveis número de dias sem precipitação, número de dias com menos de 1mm, número de dias com precipitação entre 1 e 25mm e 26 e 50mm e número de dias com temperatura entre 15 e 25°C como sendo as que mais contribuíram para a variabilidade do conjunto de dados.



## REFERÊNCIAS

- AKAMATSU, H. et al. Pathogenic diversity of soybean rust in Argentina, Brazil and Paraguay. **Journal of General Plant Pathology**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 28-40, 2013.
- ALMEIDA, A. M. R. et al. Doenças de soja (*Glycine max* L.). In: KIMATI, H. et al. (ed.). **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2. p. 642-664.
- ALMEIDA, A. M. R. et al. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Embrapa Soja. Documentos, 256).
- ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado: ferrugem da soja e doenças quarentenárias dos citros**. Viçosa: Suprema, 2006. p. 37-59.
- BAKER, J. F. et al. Multiple regression and principal componentes analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 9, p. 2147-2158, 1988.
- BALARDIN, R. S. **Doenças da soja**. Santa Maria: Ed. Autor, 2002.
- BARNES, C. W.; SZABO, L. J.; BOWERSOX, V. C. Identifying and quantifying *Phakopsora pachyrhizi* spores in rain. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 99, n. 4, p. 328-338, abr. 2009.
- BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia comparativa: ferrugem da soja e outras doenças. In: ENCONTRO SOBRE MANEJO INTEGRADO: FERRUGEM DA SOJA E DOENÇAS QUARENTENÁRIAS DOS CITROS, 8., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 1-9.
- BIZETI, H. S. et al. Path analysis under multicollinearity in soybean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 5, p. 669-676, set. 2004.
- BLUM, M. M. C. et al. In vitro effect of substrate, temperature and photoperiod on *Phakopsora pachyrhizi* urediniospore germination and germ tube growth. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 2, p. 101-106, 2015.
- BONDE, M. R.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. Histology of the susceptible-pathogen relationship between *Glycine max* and *Phakopsora pachyrhizi* the cause of soybean rust. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 66, p. 1290-1294, 1976.
- BONDE, M. R.; NESTER, S. E.; BERNER, D. K. Effects of daily temperature highs on development of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 102, n. 8, p. 761-768, 2012.
- BONDE, M. R. et al. Effects of temperature on urediniospore germination, germ tube growth, and initiation of infection in soybean by *Phakopsora isolates*. **Phytopathology**, St Paul, v. 97, n. 8, p. 997-1003, ago. 2007.

CALDWELL, P. M. et al. Development of *Phakopsora pachyrhizi* at different temperatures, relative humidities and leaf wetness duration. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY, 9., Landerneau, 2005. **Proceedings**. Bordeaux: Societ e Francaise de Phytopathologie, 2005.

CARVALHO, C. G. P. et al. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 603-613, 1999.

CARVALHO, C. G. P. et al. Path analysis under multicollinearity in S0 x S0 maize hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 3, p. 263-270, 2001.

CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implica es da correla o no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004.

CHIBA, M. K.; FILHO, O. G.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial e temporal de plantas daninhas em latossolo vermelho argiloso sob semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 735-742, 2010.

COIMBRA, J. L. M. et al. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1421-1428, 2004.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. v. 2.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. v. 2.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994.

DEL PONTE, E. M.; ESKER, P. D. Meteorological factors and Asian soybean rust epidemics: a systems approach and implications for risk assessment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. esp., p. 88-97, dez. 2008.

DEL PONTE, E. M. et al. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 533-544, 2006a.

DEL PONTE, E. M. et al. Predicting severity of asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006b.

DUFAULT, N. S. et al. Removal of wet deposited *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by subsequent rainfall. **Plant Disease**, v. 94, n. 11, p. 1336-1340, 2010.



FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, p. 127-132, 1997.

FURTADO, G. Q. et al. The infection of soybean leaves by *Phakopsora pachyrhizi* during conditions of discontinuous wetness. **Journal of Phytopathology**, Malden, v. 159, n. 3, p. 165-170, 2011.

GODOY, C. V. et al. Análise temporal do progresso da ferrugem da soja em Londrina (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 36., 2003, Uberlândia. **Suplemento...** Uberlândia: EDUFU, 2003. p. 386.

GODOY, C. V. et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2011/12**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa, 2012. (Embrapa Soja. Circular Técnica 93).

GOELLNER, K. et al. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of asian soybean rust. **Molecular Plant Pathology**, Sant Paul, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2010.

GUARIENTI, E. L. et al. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 500-510, set./dez. 2003.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J. C. Rust. In: HARTMAN, G. L. et al. **Compendium of soybean diseases**. 5. ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. **Compendium of Soybean Disease**. 4. ed. Illinois: APS Press, 1999.

HONGYU, K. **Comparação do GGEbiplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo x ambiente**. 2015. 155 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

ISARD, S. A. et al. Principles of the atmospheric pathway for invasive species applied to soybean rust. **Bioscience**, v. 55, n. 10, p. 851-861, out. 2005.

JEGER, M. J.; JONES, D. G.; GRIFFITHS, E. Components of partial resistance of wheat seedlings to *Septoria nodorum*. **Euphytica**, v. 32, n. 2, p. 575-584, jun. 1983.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2007.

JULIATTI, F. C. Perdas causadas por doenças na cultura da soja, com ênfase na ferrugem asiática. In: VALE, F. X. R. (Org.). **I Workshop de epidemiologia de doenças de plantas**: quantificação de perdas no manejo de doenças de plantas. 1. ed. Viçosa: UFV/DFP, 2004. p. 81-94.

JULIATTI, F. C.; HABE, M.; POLIZEL, C. A. Controle químico da ferrugem asiática da soja causada por diferentes fungicidas em misturas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 110-111, 2004.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, C. A.; JULIATTI, F. C. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja**. Uberlândia: EDUFU, 2004.

JULIATTI, F. C. et al. Ferrugem da soja: epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, n. 1, p. 351-395, 2005.

KIM, K.-H.; CHO, J. Predicting potential epidemics of rice diseases in Korea using multimodel ensembles for assessment of climate change impacts with uncertainty information. **Climatic Change**, Boston, v. 134, n. 1-2, p. 327-339, set. 2015.

KOCH, E.; EBRAHIN-NESBAT, F.; HOPPE, H. H. Light and electron microscopic studies on the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in susceptible soybean leaves. **Journal of Phytopathology**, v. 106, p. 302-320, 1983.

KOCHMAN, J. K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 30, n. 2, p. 273-277, 1979.

KOGA, L. J. et al. Análise multivariada dos componentes da resistência à ferrugem-asiática em genótipos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1277-1286, out. 2008.

LALANCETTE, N.; HICKEI, K. D.; COLE JR., H. Parasitic fitness and intrastain diversity of benomyl-sensitive and benomyl-resistant subpopulations of *Venturia inaequalis*. **Phytopathology**, v. 77, p. 1600-1606, 1987.

LAUNAY, M. et al. Climatic indicators for crop infection risk: Application to climate change impacts on five major foliar fungal diseases in Northern France. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 197, p. 147-158, dez. 2014.

LERNER, M. A. **Algoritmo para predição de risco de epidemia de *Phakopsora pachyrhizi* em soja**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

LEVY, C. Epidemiology and chemical control of soybean rust in Southern Africa. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 6, p. 669-674, 2005.

LI, C. C. **Path analysis** – a primer. Boxwood: Pacific Grove, 1975.

LI, X. et al. The uniqueness of the soybean rust pathosystem: an improved understanding of the risk in different regions of the world. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n. 7, p. 796-806, 2010.

MADALOSSO, M. G. Por que o alto potencial de dano da ferrugem na safra 2016/17 não ocorreu. **Phytus Club**, 15 mai. 2017. Disponível em: <<https://phytusclub.com/materiais-didaticos/slides-da-palestra-quotpor-que-o-alto-potencial-de-dano-da-ferrugem-na-safra-201617-nao-ocorreuquot/>>. Acesso em: 05 set. 2017.

MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospore's of *Phakopsora pachyrhizi*, **Phytopathology**, Sait Paul, v. 66, p. 461-463, 1976.

MARTINS, J. A. S. et al. Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 364-371, 2007.

MEGETO, G. A. S. et al. Árvore de decisão par classificação de ocorrências de ferrugem asiática em lavouras comerciais com base em variáveis meteorológicas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 590-599, 2014.

MELCHING, J. S. et al. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 73, n. 2, p. 117-122, 1989.

MILES, M. R.; LEVY, C.; MOREL, W. International fungicide efficacy trials for the management of soybean rust. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 91, n. 11, p. 1450-1458, 2007.

MINCHIO, C. A.; CANTERI, M. G.; FANTIN, L. H. Epidemias de ferrugem asiática no Rio Grande do Sul explicadas pelo fenômeno ENOS e pela incidência da doença na entressafra. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 321-326, 2016.

MINITAB. Mini Manual. **A beginner's guide to MINITAB statistc software**. State College, PA: Minitab, 2017.

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

OLIVEIRA, A. C. B.; GODOY, C. V.; MARTINS, M. C. Avaliação de tolerância de cultivares de soja à ferrugem asiática no Oeste da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 658-662, 2005.

PARK, S. et al. Viability of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores under simulated southern Louisiana winter temperature conditions. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 92, n. 10, p. 1456-1462, 2008.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: F. Pimentel-Gomes, 2000.

PIVONIA, S.; YANG, X. B. Assessment of the potential year-round establishment of soybean rust through the world. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, n. 5, p. 523-529, mai. 2004.

PIVONIA, S.; YANG, X. B. Relating epidemic progress from a general disease model to seasonal appearance time of rusts in the United States: implications for soybean rust. **Phytopathology**, v. 96, n. 4, p. 400-407, abr. 2006.

REGAZZI, A. J. **Análise multivariada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. Ferrugem da soja: revisão e aspectos técnicos. In: **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004.

REIS, E. M. et al. Ferrugem asiática. In: REIS, E. M.; CASA, R. T. **Doenças da soja**: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado. Passo Fundo: Berthier, 2012. v. 1. p. 69-104.

RUPE, J.; SCONYERS, L. Soybean rust. **The Plant Health Instructor**, 2008.  
Disponível em:  
<<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/SoybeanRust.aspx>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

SCHERM, H. et al. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, Oxford, n. 28, v. 9, p. 774-782, 2009.

SENTELHAS, P. C. et al. Evaluation of a Penman-Monteith approach to provide "reference" and crop canopy leaf wetness duration estimates. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 141, n. 2, p. 105-117, dez. 2006.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. Infectious diseases: rust. In: SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 3. ed. St. Paul: APS Press, 1989. p. 24-27.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean rust. In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 1999. p. 25-26.

SOARES, R. M. et al. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

TAN, Y. J.; YU, Z. L.; YANG, C. Y. **Soybean rust**. Beijing, China: China Agriculture Press, 1996.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Multicollinearity in path analysis of maize (*Zea mays* L). **Journal of Cereal Science**, v. 57, n. 3, p. 453-462, mai. 2013.

TSCHANZ, A. T. **Soybean rust epidemiology**: final report. Shanhau, Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, 1982.

VALE, F. X. R.; JESUS JR., W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil Editora, 2004.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. 2005. 215 f. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

WANG, R.; BOWLING, L. C.; CHERKAUER, K. A. Estimation of the effects of climate variability on crop yield in the Midwest USA. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 216, p. 141-156, 2016.

WIJK, L.; EWALDZ, T. Impact of temperature and precipitation on yield and plant diseases of winter wheat in southern Sweden 1983–2007. **Crop Protection**, Tehran, v. 28, n. 11, p. 952-962, 2009.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.

WRIGHT S. Theory of path coefficients. **Genetics**, New York, v. 8, p. 239-285, 1923.

YORINORI, J. T.; YUYAMA, M. M.; SIQUERI, F. V. **Doenças da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2009. p. 180-222. (Boletim de Pesquisa de Soja, 13).

YORINORI, J. T. et al. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **The American Phytopathological Society**, v. 89, n. 6, p. 675-677, jun. 2005.

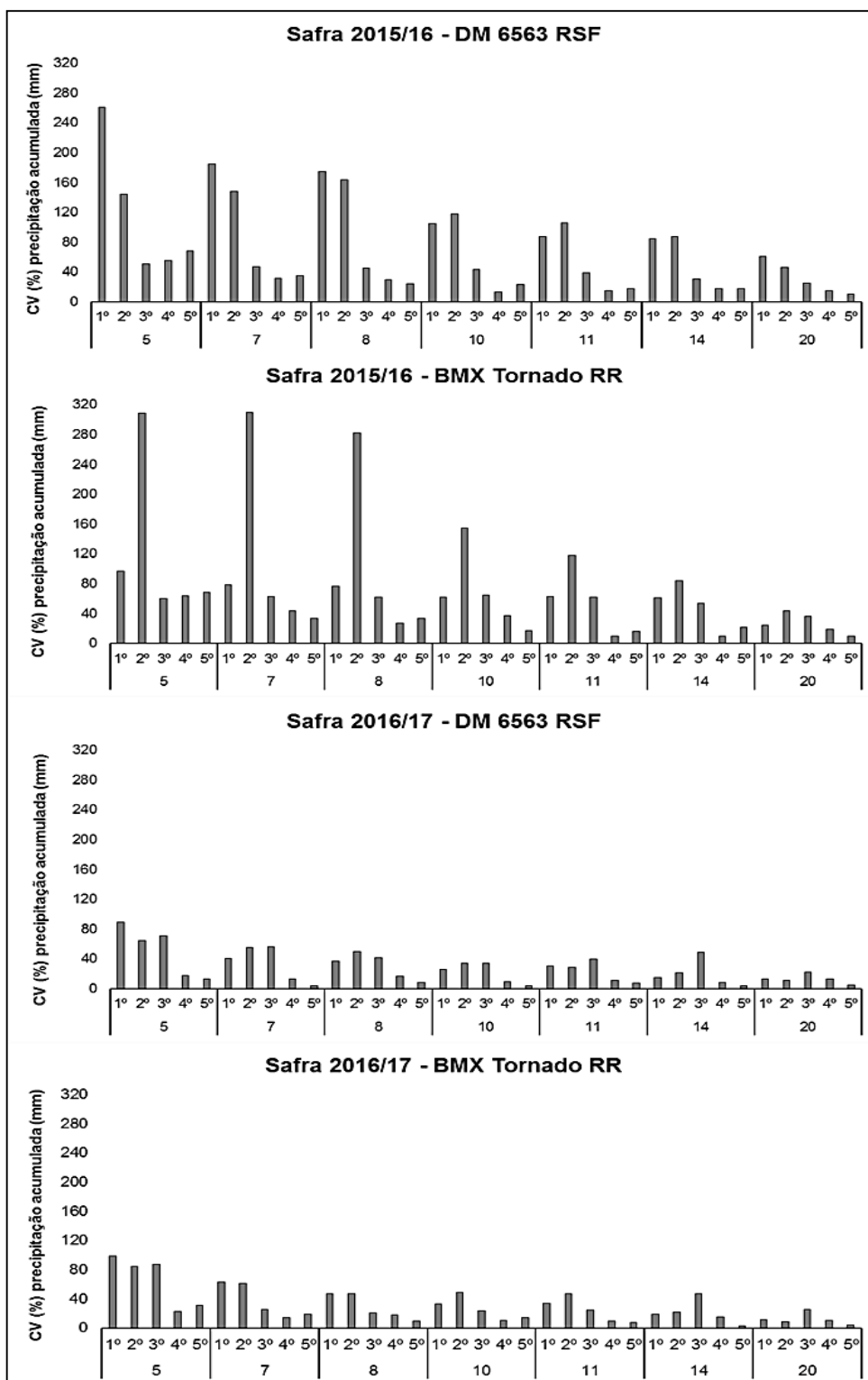
YOUNG, H. M. et al. Epidemiology of soybean rust in soybean sentinel plots in Florida. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 95, n. 6, p. 744-750, jun. 2011.

ZAMBENEDETTI, E. B. et al. Avaliação de parâmetros monocíclicos e da intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 178-181, 2007.



## APÊNDICE A - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL PRECIPITAÇÃO ACUMULADA

Coeficiente de variação (CV%), da variável precipitação acumulada, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.

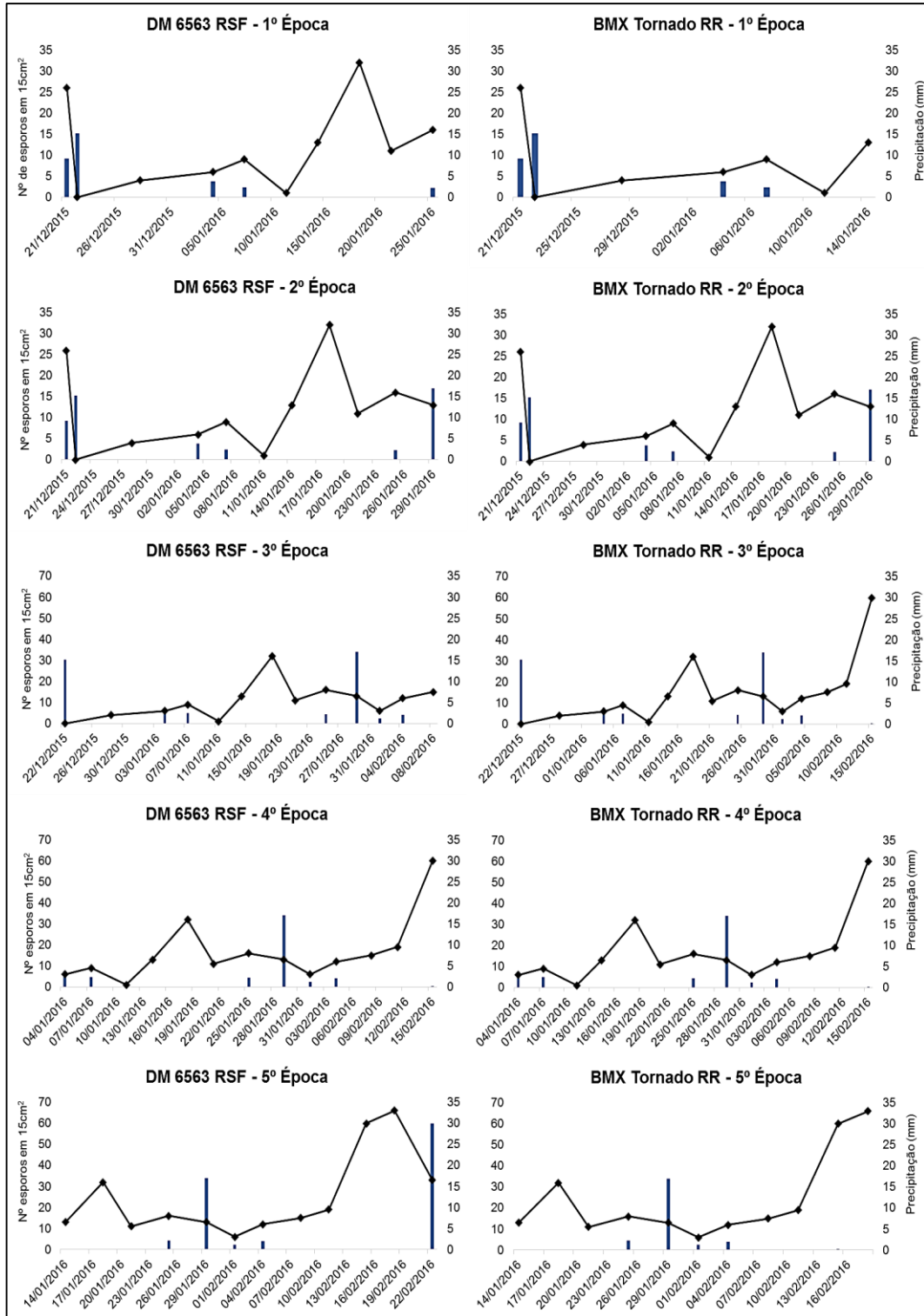






## APÊNDICE B - FLUTUAÇÃO TEMPORAL DE ESPOROS DE *Phakopsora pachyrhizi* NA ÁREA EXPERIMENTAL SAFRA 2015/16

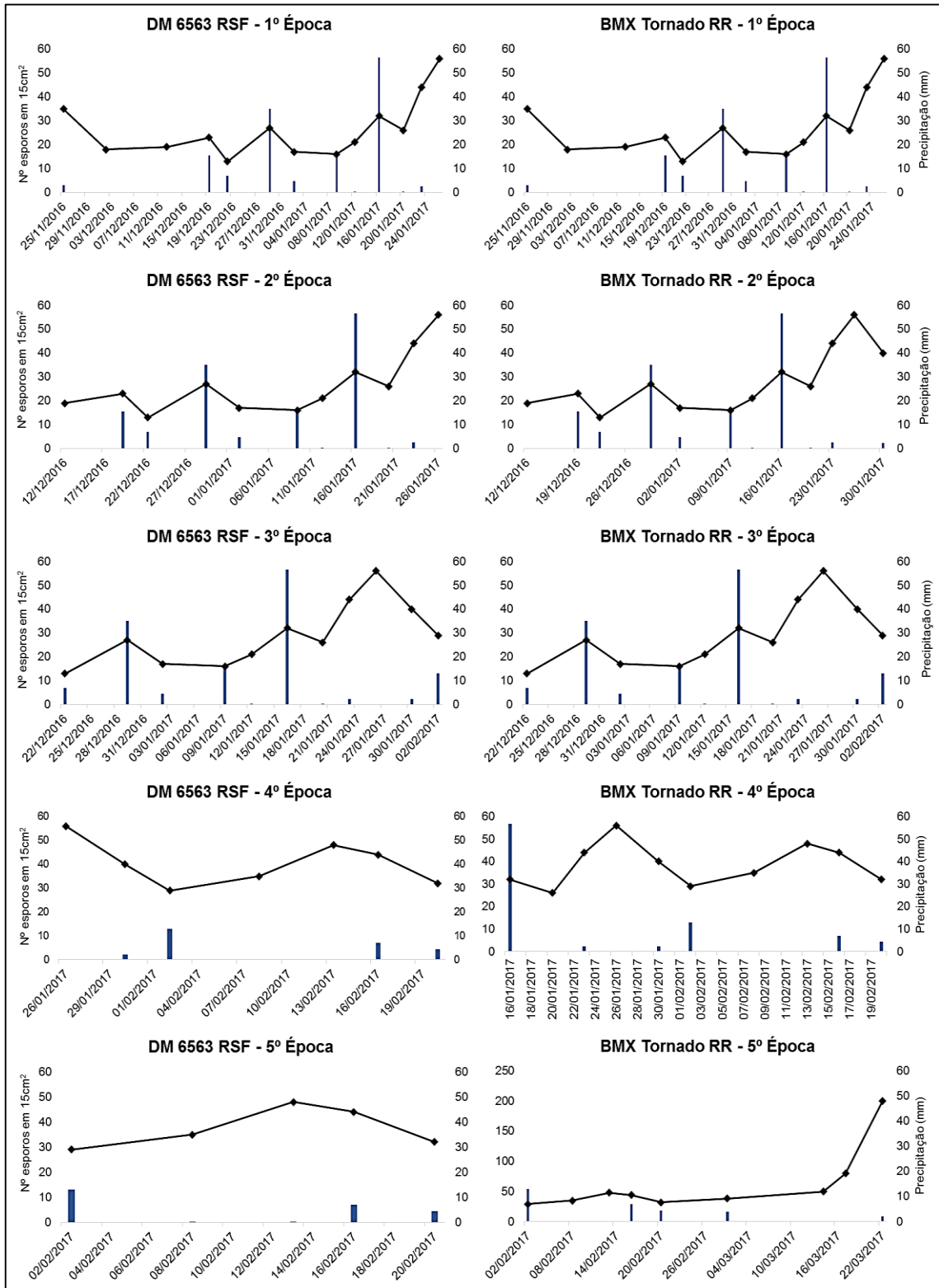
Flutuação temporal de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* na área experimental em cinco épocas de semeadura e duas cultivares de soja, referente a safra 2015/16 Santa Maria, RS, 2018.





### APÊNDICE C - FLUTUAÇÃO TEMPORAL DE ESPOROS DE *Phakopsora pachyrhizi* NA ÁREA EXPERIMENTAL SAFRA 2016/17

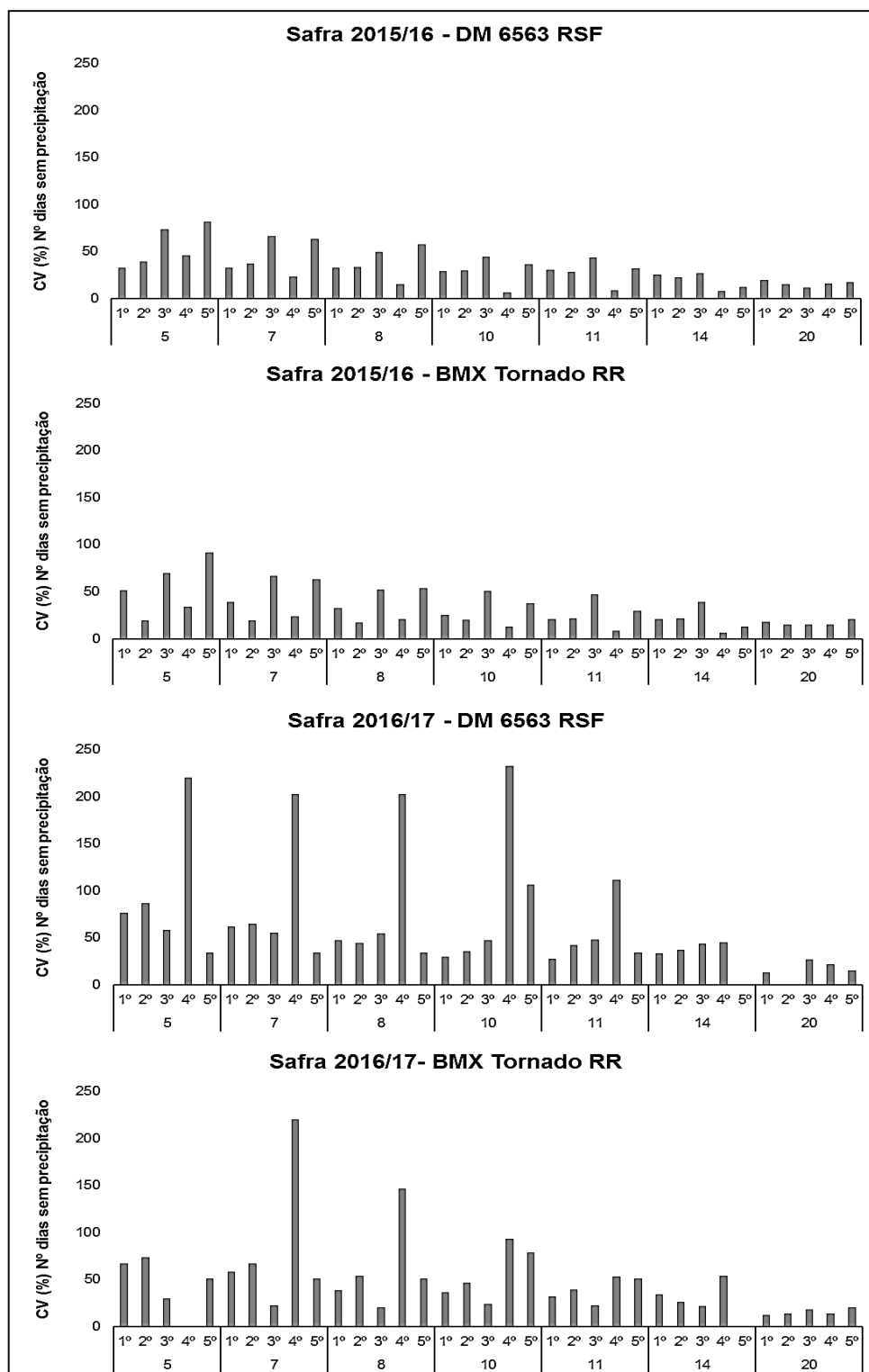
Flutuação temporal de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* na área experimental em cinco épocas de semeadura e duas cultivares de soja, referente a safra 2016/17 Santa Maria, RS, 2018.





## APÊNDICE D - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS SEM PRECIPITAÇÃO

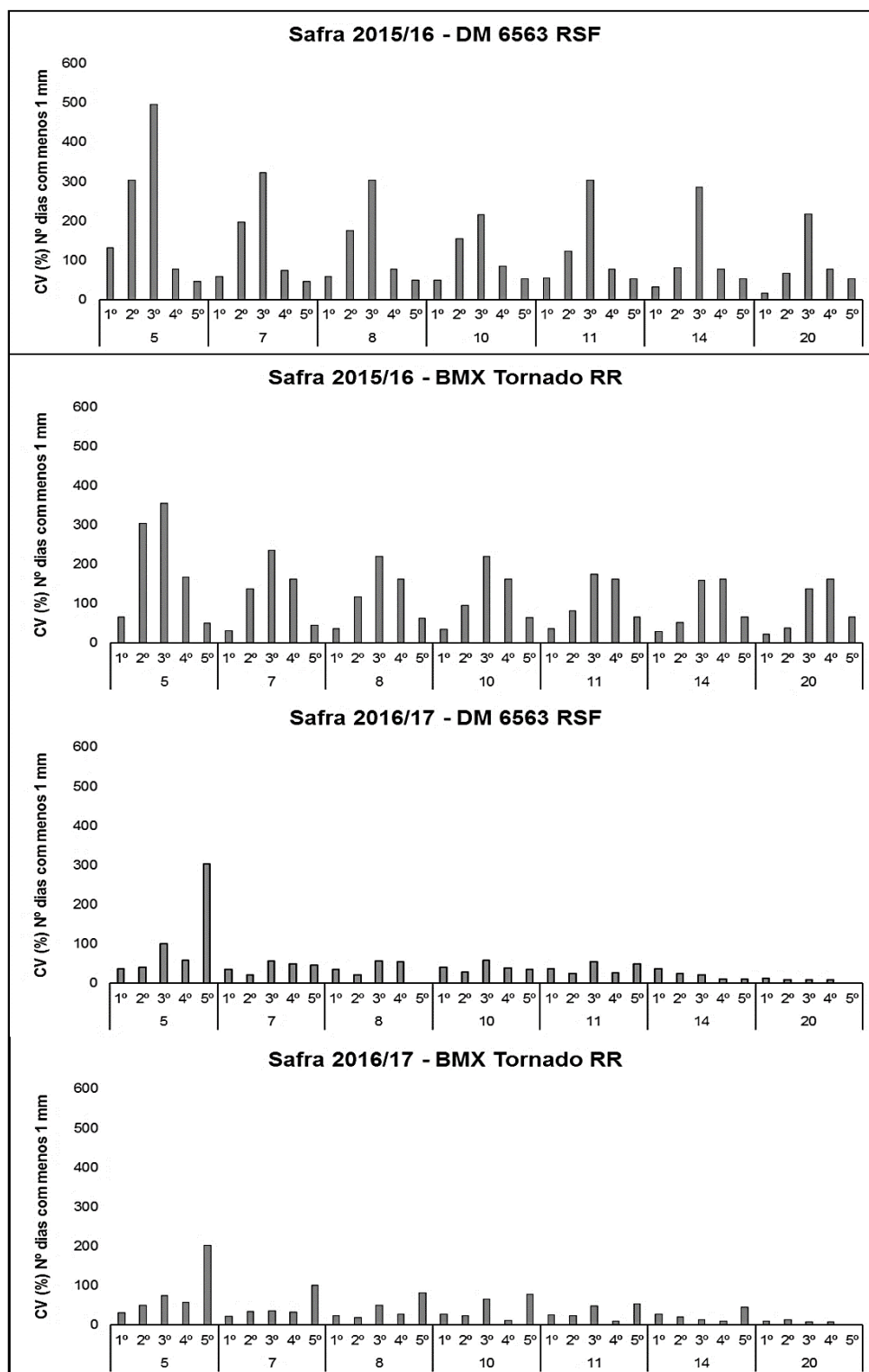
Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias sem precipitação, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.





## APÊNDICE E - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM MENOS DE UM MM NOS PERÍODOS

Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias com menos de um mm nos períodos, de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.

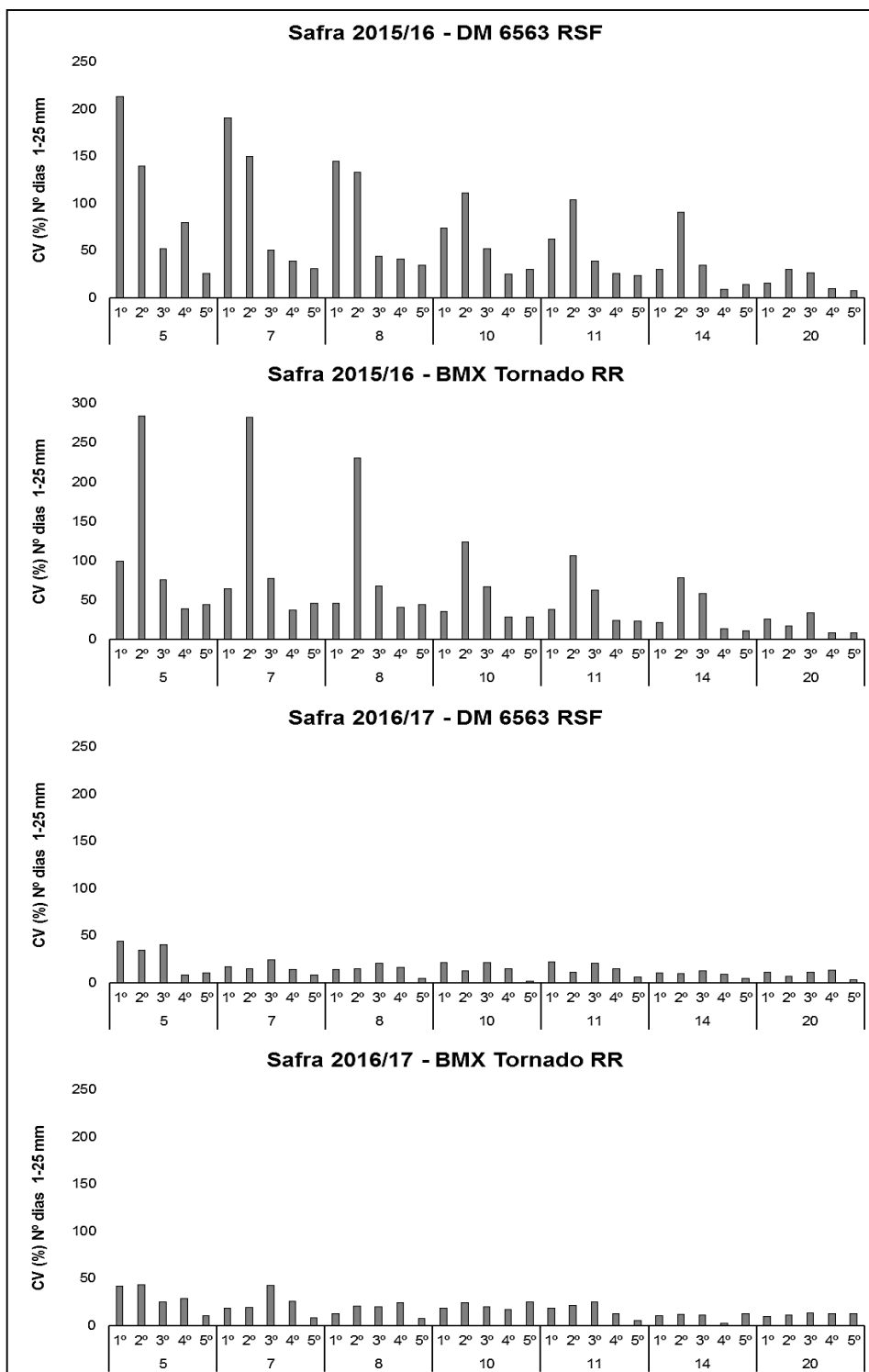






## APÊNDICE F - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ENTRE 1 E 25MM

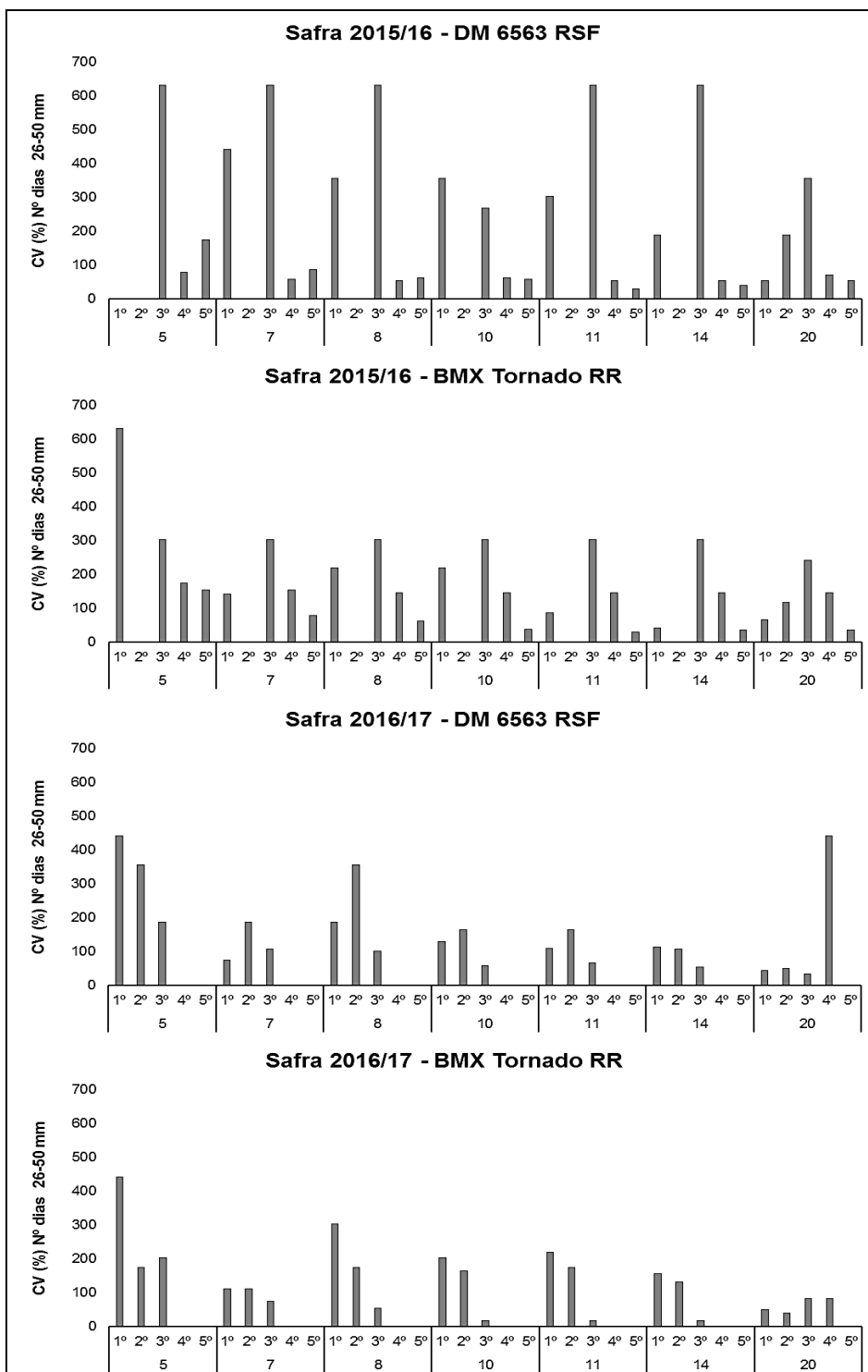
Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias com precipitação entre 1 e 25mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.





## APÊNDICE G - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ENTRE 26 E 50MM

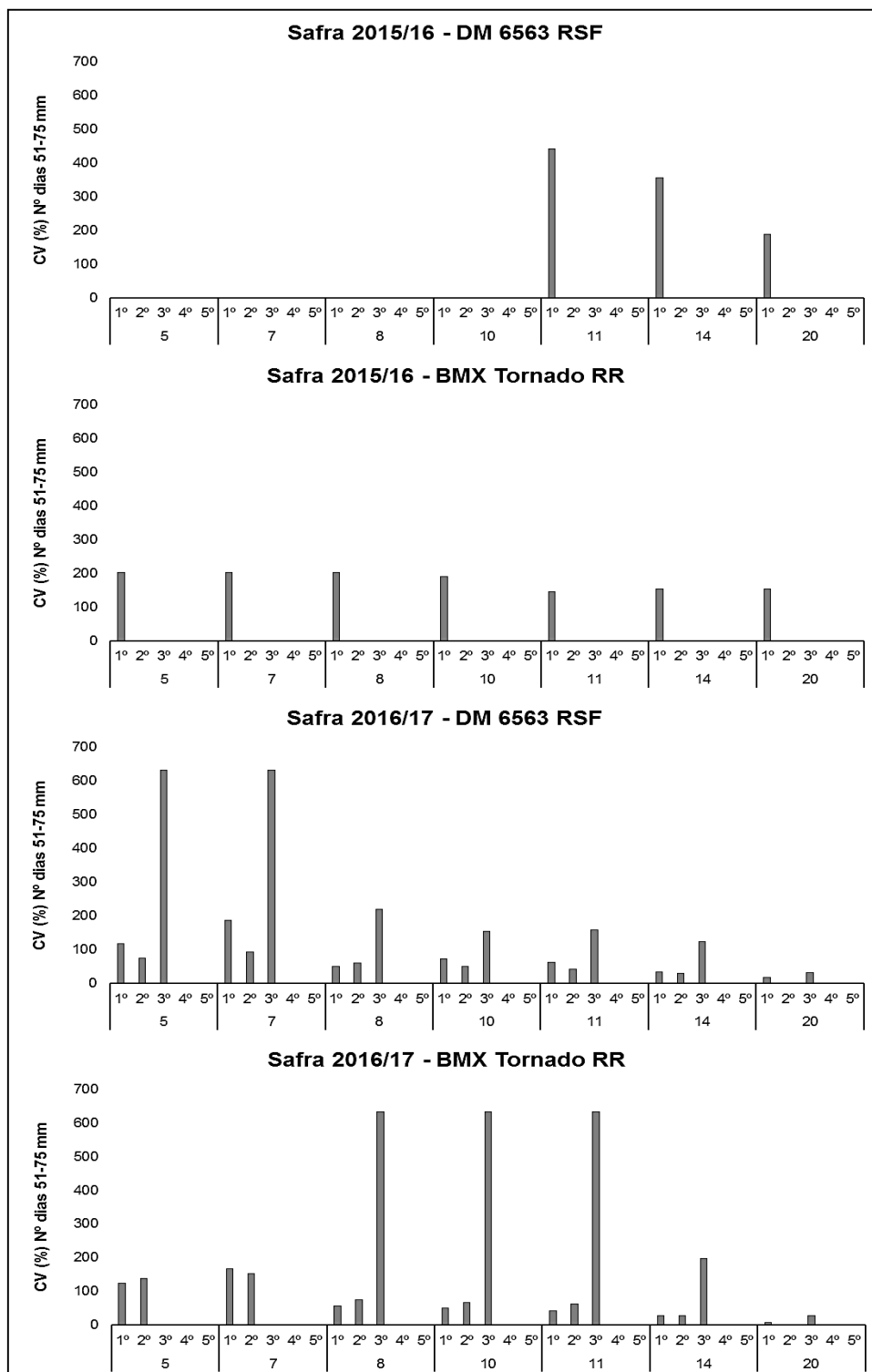
Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias com precipitação entre 26 e 50mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.





## APÊNDICE H - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO ENTRE 51 E 75MM

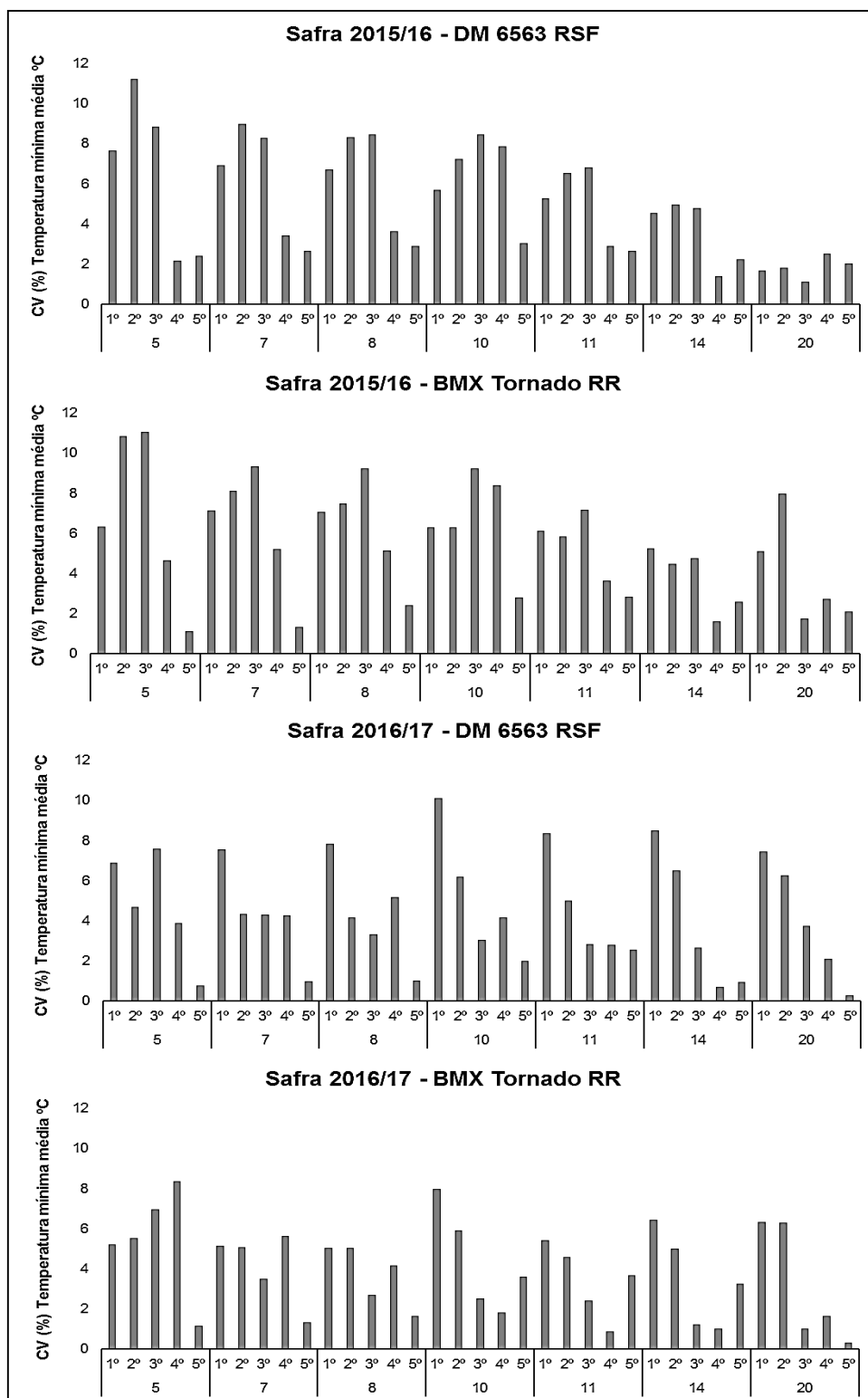
Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias com precipitação entre 51 e 75mm, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.





## APÊNDICE I - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA

Coeficiente de variação (CV%), da variável temperatura mínima média, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.

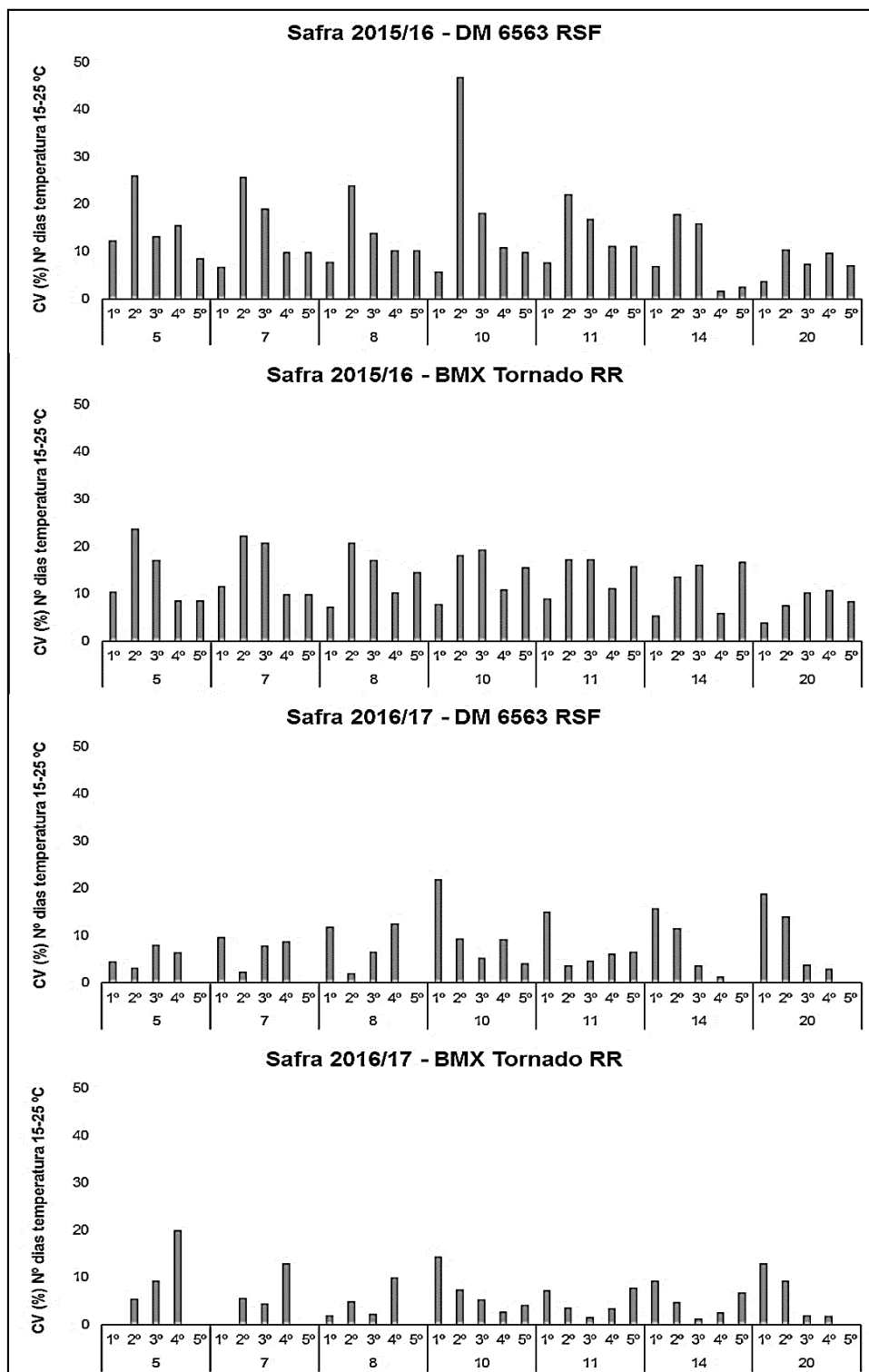






## APÊNDICE J - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM TEMPERATURA MÍNIMA ENTRE 15 E 25°C

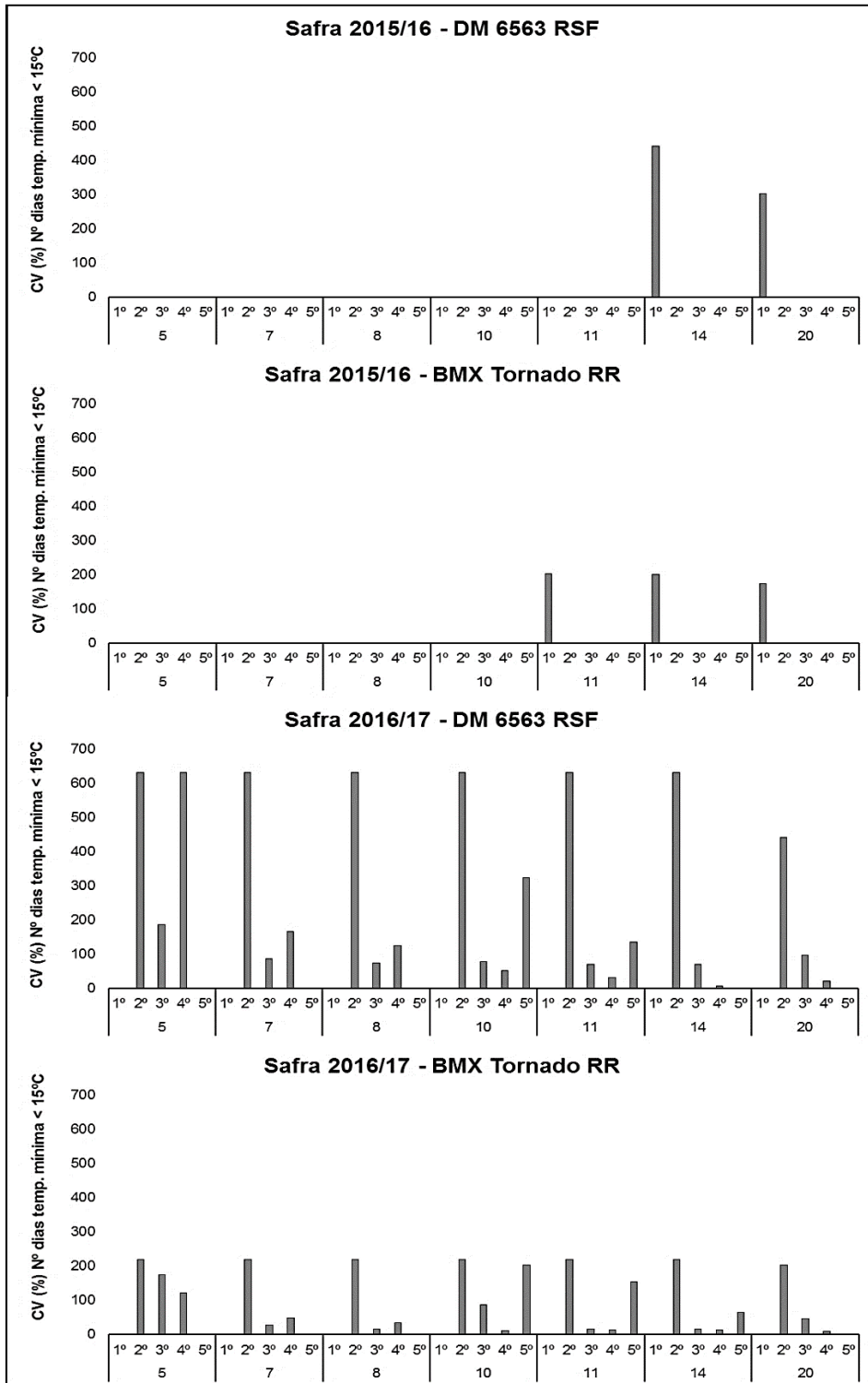
Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias com temperatura mínima entre 15 e 25°C, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.





### APÊNDICE K - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM TEMPERATURA MÍNIMA INFERIOR A 15°C

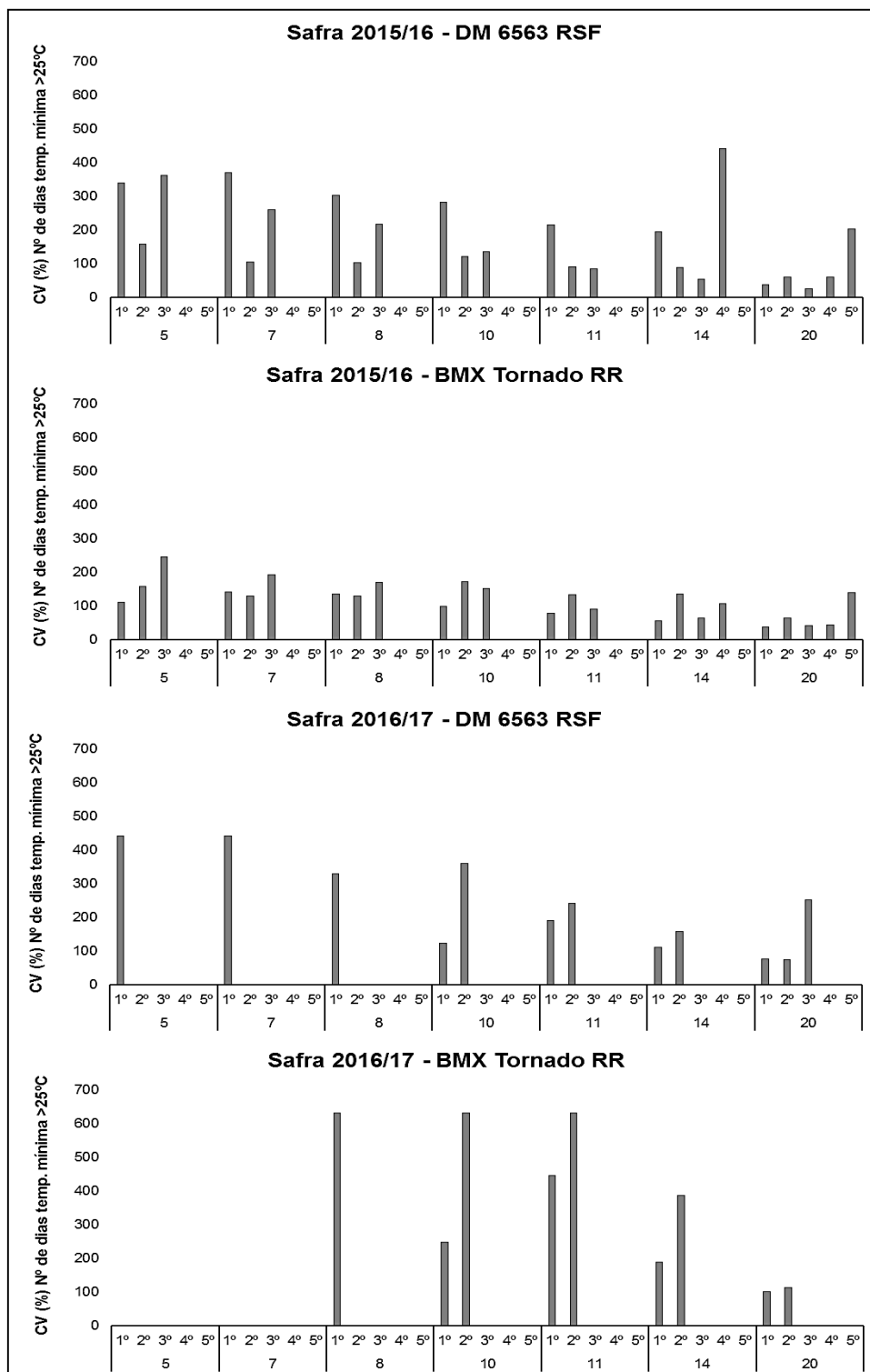
Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.





## APÊNDICE L - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL NÚMERO DE DIAS COM TEMPERATURA MÍNIMA SUPERIOR A 25°C

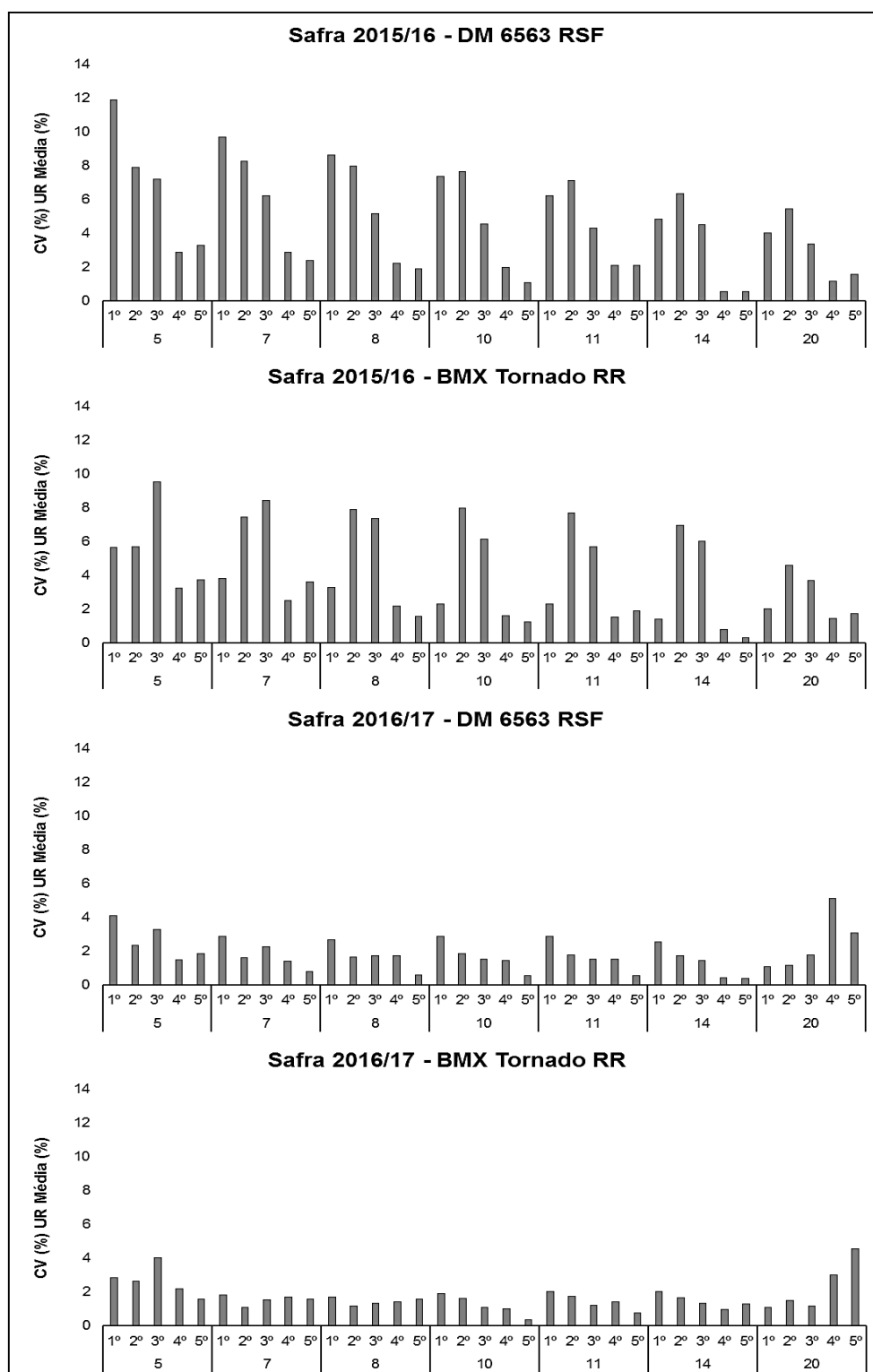
Coeficiente de variação (CV%), da variável número de dias com temperatura mínima superior a 25°C, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.





## APÊNDICE M - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%), DA VARIÁVEL UMIDADE RELATIVA MÉDIA

Coeficiente de variação (CV%), da variável umidade relativa média, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.







## APÊNDICE N - RESUMO DAS ANÁLISES DE TRILHA REFERENTE A SAFRA 2015/16

Coeficiente de variação (CV%), da variável umidade relativa média, nos períodos de 5, 7, 8, 10, 11, 14 e 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma visível (DAAPSV), em cinco épocas de semeadura, nas cultivares de soja DM 6563 RSF e BMX Tornado RR nas safras 2015/16 e 2016/17. Santa Maria, RS, 2018.

		<b>DM 6563 RSF</b>	<b>BMX Tornado RR</b>
<b>PrecAcum</b>	1º	Direto + Ind NdM1mm + NdT15-25°C	Ind URMédia + NdTemp<15°C + NdT15-25°C
	2º	Ind URMédia + Nd26-50mm	Ind URMédia+Ndm1mm
	3º	Correlação +	Correlação +
	4º	Direto	Ind TempMédia + NdM1mm+ Nd1-25mm + Nd26-50mm
	5º	Correlação +	Correlação +
<b>Ndm1mm</b>	1º	Direto + Ind PrecAcum + Nd26-50mm	Correlação + e ns
	2º	Direto + Ind URMédia	Direto + Ind URMédia
	3º	Direto + Ind Nd26-50mm	Direto
	4º	Correlação +	Correlação +
	5º	Correlação +	Correlação +
<b>Nd1-25mm</b>	1º	Ind PrecAcum	Correlação +
	2º	ns	Ind URMédia+ Ndm1mm
	3º	Correlação +	Correlação +
	4º	Ind TempMédia + Nd26-50mm	Ind TempMedia + Nd26-50mm + NdM1mm
	5º	Correlação +	Correlação +
<b>Nd26-50mm</b>	1º	Direto	Indireto + Temp15-25°C + URMédia
	2º	Ind URMédia + Ndm1mm	Ind URMédia + Ndm1mm
	3º	Direto + Ind NdM1mm	Direto + Ind NdM1mm
	4º	correlação +	correlação +
	5º	correlação +	correlação +
<b>Nd51-75mm</b>	1º	Direto + Ind Temp>15°C + URMédia	Ind URMédia + NdTemp<15°C + NdT15-25°C

(Continua)

		<b>DM 6563 RSF</b>	<b>BMX Tornado RR</b>
<b>NdSP</b>	1º	Ind PrecAcum + NdM1mm	ns
	2º	Ind URMédia	Ind URMédia
	3º	correlação -	correlação -
	4º	Correlação + , sem variável destaque	Ind TempMédia
	5º	correlação -	correlação -
<b>TempMédia</b>	1º	Ind PrecAcum + Ndm1mm+ Nd26-50mm	correlação +
	2º	correlação +	correlação +
	3º	ns	ns
	4º	correlação +	correlação +
	5º	Direto + Ind PrecAcum	Direto + Ind PrecAcum
<b>NdT15-25°C</b>	1º	correlação +	correlação +
	2º	Ind URMédia + NdTemp>25°C + NdM1mm	Ind URMédia + NdTemp>25°C + NdM1mm
	3º	Ind Nd26-50mm + NdM1mm	Ind NdM1mm
	4º	correlação +	correlação +
	5º	correlação +	correlação +
<b>NdTemp&lt;15°C</b>	1º	Direto	Direto + Ind URMédia
<b>NdTemp&gt;25°C</b>	1º	Ind URMédia + Nd26-50mm	Direto + Ind NdT15-25°C
	2º	correlação +	correlação +
	3º	correlação +	correlação +
	4º	Ind Nd1-25mm	Ind Nd26-50mm + NdT15-25°C
	5º	Ind NdM1mm + TempMédia	Ind NdM1mm + PrecAcum
<b>URMédia</b>	1º	Ind PrecAcum + NdM1mm	Direto + Ind NdT<15°C
	2º	Direto + Ind NdM1mm	Direto + Ind NdM1mm
	3º	Ind. Nd26-50mm	Ind NdM1mm
	4º	Ind PrecAcum + TempMédia	Ind TempMédia + NdM1mm
	5º	correlação +	correlação +

## APÊNDICE O - RESUMO DAS ANÁLISES DE TRILHA REFERENTE A SAFRA 2016/17

Resumo das análises de trilha referente a safra 2016/17 para as variáveis precipitação acumulada (PrecAcum), número de dias sem precipitação (NdSP), número de dias com menos de um mm (NdM1mm), número de dias com precipitação entre 1 e 25mm (Nd1-25mm), número de dias com precipitação entre 26 e 50mm (Nd26-50mm), número de dias com precipitação entre 51 e 75mm (Nd51-75mm), temperatura mínima média (°C) (TempMédia), número de dias com temperatura mínima entre 15°C e 25°C (NdTemp15-25°C), número de dias com temperatura mínima inferior a 15°C (NdTemp<15°C), número de dias com temperatura mínima superior a 25°C (NdTemp>25°C) e umidade relativa média (URMédia), em cinco épocas de semeadura e duas cultivares de soja. Santa Maria, RS, 2018.

		<b>DM 6563 RSF</b>	<b>BMX Tornado RR</b>
<b>PrecAcum</b>	1 <sup>o</sup>	Indireto URMédia + TempMédia	Direto + Ind URMédia + TempMédia
	2 <sup>o</sup>	Direto + Ind URMédia	Direto + Ind TempMédia
	3 <sup>o</sup>	Ind NdSP + NdM1mm + Nd51-75mm	Ind NdM1mm + Nd51-75mm
	4 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	5 <sup>o</sup>	Direto	Direto + Ind TempMédia
<b>NdSP</b>	1 <sup>o</sup>	Correlação -	Correlação -
	2 <sup>o</sup>	Correlação -	Ind TempMédia + URMédia
	3 <sup>o</sup>	Direto + Ind NdM1mm	Direto + Ind NdM1mm
	4 <sup>o</sup>	Ind TempMédia	Correlação -
	5 <sup>o</sup>	Ind URMédia + TempMédia	Ind TempMédia
<b>NdM1mm</b>	1 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	2 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	3 <sup>o</sup>	Direto + Ind NdSP	Direto + Ind NdSP
	4 <sup>o</sup>	Ind TempMédia	Direto + Ind Nd1-25mm
	5 <sup>o</sup>	Indireto URMédia + TempMédia	Ind TempMédia
<b>Nd1-25mm</b>	1 <sup>o</sup>	Ind. URMédia + TempMédia	Ind TempMédia
	2 <sup>o</sup>	Direto + TempMédia	Ind Temp + PrecAcum
	3 <sup>o</sup>	Ind NdSP + Nd51-75mm	ns

(Continua)

		<b>DM 6563 RSF</b>	<b>BMX Tornado RR</b>
<b>Nd1-25mm</b>	4 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	5 <sup>o</sup>	ns	Correlação +
<b>Nd26-50mm</b>	1 <sup>o</sup>	Ind URMédia + TempMédia	Ind TempMédia + NdTemp>25°C
	2 <sup>o</sup>	Ind TempMédia+ URMédia + NdTemp>25°C	Correlação +
	3 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação + ou ns
	4 <sup>o</sup>	Direto	Direto
<b>Nd51-75mm</b>	1 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	2 <sup>o</sup>	ns	Ind TempMédia + PrecAcum
	3 <sup>o</sup>	Direto + Ind NdSP + NdM1mm	Direto + Ind NdSP + NdM1mm
<b>TempMédia</b>	1 <sup>o</sup>	Direto + Ind URMédia	Direto + Ind URMédia + NdTemp>25°C
	2 <sup>o</sup>	Direto + ind URMédia + NdTemp>25°C	Direto + Ind PrecAcum + URMédia
	3 <sup>o</sup>	Direto	Direto
	4 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	5 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
<b>Nd15-25°C</b>	1 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	2 <sup>o</sup>	Correlação +	Ind TempMédia
	3 <sup>o</sup>	Ind NdM1mm + NdSP	Ind Nd26-50mm + NdTemp<15°C + NdSP
	4 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	5 <sup>o</sup>	Ind PrecAcum	Correlação +
<b>NdTemp&lt;15°C</b>	1 <sup>o</sup>	-	Correlação +
	2 <sup>o</sup>	Correlação +	Correlação +
	3 <sup>o</sup>	Correlação +	ns
	4 <sup>o</sup>	Ind TempMédia + NdM1mm + Nd1-25mm	Ind TempMédia
	5 <sup>o</sup>	-	Ind TempMédia + Nd1-25mm
<b>NdTemp&gt;25°C</b>	1 <sup>o</sup>	Ind URMédia + TempMédia	Direto + Ind TempMédia + URMédia
	2 <sup>o</sup>	Ind TempMédia	Ind TempMédia
	3 <sup>o</sup>	Ind TempMédia	-
<b>URMédia</b>	1 <sup>o</sup>	Direto + Ind TempMédia	Ind TempMédia
	2 <sup>o</sup>	Direto + Ind TempMédia	Ind TempMédia + PrecAcum

(Conclusão)

		<b>DM 6563 RSF</b>	<b>BMX Tornado RR</b>
	3º	Ind TempMédia	Ind NdSP + Nd51-75mm
<b>URMédia</b>	4º	Correlação +	Correlação +
	5º	Correlação +	Correlação +