

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

Felipe Tascheto Bolzan

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DO
USO DE FUNGICIDA EM CULTIVARES DE MILHO**

Santa Maria, RS
2022

Felipe Tascheto Bolzan

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO
DE FUNGICIDA EM CULTIVARES DE MILHO**

Dissertação 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 **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Diego Nicolau Follmann

Santa Maria, RS
2022

Bolzan, Felipe

Desempenho agrônomo e viabilidade econômica do uso de fungicida em cultivares de milho / Felipe Bolzan.- 22.

70 p.; 30 cm

Orientador: Diego Nicolau Follmann

Coorientador: Alberto Cargnelutti Filho

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 22

1. Produtividade de grãos 2. Cultivares de milho 3.
Manejo cultural I. Nicolau Follmann, Diego II. Cargnelutti
Filho, Alberto III. 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 RB 10/1728.

Declaro, FELIPE BOLZAN, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Felipe Tascheto Bolzan

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO
DE FUNGICIDA EM CULTIVARES DE MILHO**

Dissertação 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 **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 30 de junho de 2022:

**Diego Nicolau Follmann, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)

Volmir Sérgio Marchioro, Dr. (UFSM)

Eduardo Anibele Streck, Dr. (IFFar)

DEDICATÓRIA

À minha família, por todo apoio que fez eu me tornar o que hoje sou.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter guiado a minha vida e minha jornada acadêmica.

Aos meus pais Gilberto e Rosane Bolzan, por todo apoio, ajuda e companheirismo.

Às minhas irmãs Roberta e Cristiane, pela alegria e por todo carinho recebido.

Ao meu orientador Diego Nicolau Follmann e ao coorientador Alberto Cargnelutti Filho, por me guiarem na pesquisa, pelos conselhos e acreditarem em meu trabalho.

Aos professores Ivan Carlos Maldaner e Eduardo Anibele Streck pelo apoio e aprendizados desde a graduação.

Ao Instituto Federal Farroupilha - campus São Vicente do Sul e a Universidade Federal de Santa Maria - campus Frederico Westphalen pela disponibilidade de área para a condução dos experimentos a campo.

À Universidade Federal de Santa Maria, por todas as oportunidades.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFSM, pela vaga de mestrado.

Aos meus amigos e colegas pela ajuda na condução dos experimentos, pela ajuda em viagens e nas atividades da equipe.

Aos alunos de graduação pela ajuda prestada em momentos de alta demanda de trabalho.

À todas as pessoas que de uma forma ou outra participaram das atividades relacionadas a minha dissertação.

MUITO OBRIGADO!

Epígrafe

“Quem nasce na pampa bruta, já sabe a luta como será! Quem dorme sobre um pelego, não tem apego ao que o ouro dá! Quem tem o corte para a lida, empurra a vida e sabe que Deus dará” – (Miro Saldanha).

RESUMO

DESEMPENHO AGRONÔMICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE FUNGICIDA EM CULTIVARES DE MILHO

AUTOR: Felipe Tascheto Bolzan

ORIENTADOR: Prof. Dr. Diego Nicolau Follmann

A cultura do milho tem importância econômica para sociedade. As doenças fúngicas que reduzem a produtividade do milho, no entanto, há poucas informações sobre o uso de fungicidas e de sua eficácia em determinados cultivares e condições ambientais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico e a viabilidade econômica de cultivares de milho, associado ao manejo de fungicida em ambiente subtropical. Foram conduzidos seis experimentos com a cultura do milho, em três municípios do estado do Rio Grande do Sul (Santa Maria, São Vicente do Sul e Frederico Westphalen) em duas épocas de semeadura. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. A parcela principal foi formada pelos dois níveis do fator fungicida (com e sem) e a subparcela pelos seis níveis do fator cultivares de milho (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 e FERROZ). Foram avaliados os caracteres morfológicos em oito plantas por parcela e a aferição da massa de grãos da área útil das 216 parcelas experimentais. Para a avaliação da viabilidade econômica foram estimados os custos de produção, considerando o custo para duas aplicações de fungicida e o valor médio de comercialização do produto nas últimas três safras. A avaliação do desempenho agronômico do cultivo de milho de primeira safra em ambiente subtropical, em ano com baixa precipitação pluviométrica apresentou uma tendência de maiores diferenças de médias para o fator cultivar, que o fator uso de fungicida. Os resultados de produtividade de grãos das cultivares com aplicação de fungicidas apresentaram elevadas variações em condições de baixa incidência de doenças, pois as cultivares que tiveram maior produtividade de grãos proporcionam maior retorno financeiro. As cultivares mais suscetíveis em condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, no que se refere ao clima e ao sistema de produção apresentam melhor retorno econômico para o uso de fungicida. Em relação a variável percentual de grãos deteriorados, para os três locais a segunda época de semeadura apresentou maiores percentuais de grãos deteriorados, indicando que semeaduras precoces podem ser uma estratégia para o manejo integrado de doenças que deterioram os grãos. Portanto, para a relação entre desempenho agronômico e época de semeadura, nos três locais de cultivo as maiores médias de produtividade foram na primeira época, indicando que para ambiente subtropical no Sul do Brasil é importante a antecipação de semeadura em cultivo de primeira safra.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Produtividade de grão. Componentes de produtividade. Resistência genética a doenças. Híbridos de milho.

ABSTRACT

AGRONOMIC PERFORMANCE AND ECONOMIC FEASIBILITY OF FUNGICIDE USE IN CORN CULTIVARS

AUTHOR: Felipe Tascheto Bolzan

ADVISOR: Prof. Dr. Diego Nicolau Follmann

The corn crop has economic importance for society. Fungal diseases reduce corn productivity and there is little information about the use of fungicides by producers and their effectiveness in certain cultivars and environmental conditions. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic performance and economic viability of maize cultivars, associated with fungicide management in a subtropical environment. Six experiments were carried out with maize in three municipalities in the state of Rio Grande do Sul (Santa Maria, São Vicente do Sul and Frederico Westphalen) at two sowing dates. The experimental design was randomized blocks with split plots. The main plot was formed by the two levels of the fungicide factor (with and without) and the subplot by the six levels of the corn cultivars factor (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 and FERROZ). The morphological characters in eight plants per plot and the measurement of grain mass in the useful area of the 216 experimental plots were evaluated. For the evaluation of the economic viability, the production costs were estimated, considering the cost for two fungicide applications and the average value of commercialization of the product in the last three harvests. For the evaluation of the agronomic performance of the first crop of corn in a subtropical environment, in a year with low rainfall, there is a tendency for greater differences in averages for the cultivar factor than the fungicide use factor. The results of grain yield of cultivars with fungicide application showed high variations in conditions of low incidence of diseases, since the cultivars that had higher grain yield provide greater financial return. The most susceptible cultivars in conditions favorable to the development of diseases, in terms of climate and production system, present better economic returns for the use of fungicide. Regarding the percentage of deteriorated grains variable, for the three sites the second sowing season presented higher percentages of deteriorated grains, indicating that early sowing can be a strategy for the integrated management of diseases that deteriorate the grains. Therefore, for the relationship between agronomic performance and sowing time, in the three cultivation sites the highest productivity averages were in the first season, indicating that for the subtropical environment in southern Brazil it is important to anticipate sowing in first crop cultivation.

Keywords: *Zea mays* L. Grain yield. Productivity components. Genetic resistance to diseases. Corn hybrids.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1	23
FIGURA 1- Precipitação pluvial (mm), temperatura média do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) no município Santa Maria – RS (1A), Westphalen - RS, (1B) e São Vicente do Sul – RS (1C) no ano agrícola 2020/2021.....	29

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1	23
TABELA 1 - Valor-p ($Pr > F_c$) para as fontes de variação (bloco, fungicida, cultivar e fungicida \times cultivar) em relação aos caracteres altura de planta (AP, em cm), comprimento de espiga (CE, em cm), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NFG), comprimento de grãos (CG, em cm), massa de mil grãos (MMG, em g), percentagem de grãos deteriorados (PGD, em %) e produtividade de grãos (PROD, em $Mg\ ha^{-1}$), de seis cultivares de milho avaliados em seis ambientes.....	30
TABELA 2 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Santa Maria – RS na época 1 (14/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	32
TABELA 3 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Santa Maria – RS na época 2 (23/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	34
TABELA 4 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Frederico Westphalen – RS na época 1 (18/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	36
TABELA 5 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Frederico Westphalen - RS na época 2 (06/11/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	37
TABELA 6 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados	

em São Vicente do Sul - RS na época 1 (22/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	39
TABELA 7 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em São Vicente do Sul - RS na época 2 (31/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	41
ARTIGO 2	46
TABELA 1 - Valor-p ($Pr > F_c$) para as fontes de variação (bloco, fungicida, cultivar e fungicida \times cultivar) nos locais de condução dos experimentos em Santa Maria época 1 (SM1) e época 2 (SM2), Frederico Westphalen época 1 (FW1) e época 2 (FW2), São Vicente do Sul época 1 (SVS1) e época 2 (SVS2) para o caractere produtividade de grãos (PROD, em $t\ ha^{-1}$), de seis cultivares de milho.....	52
TABELA 2 - Médias de produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Santa Maria - RS, Frederico Westphalen - RS e São Vicente do Sul - RS na época 1 e época 2, respectivamente.....	53
TABELA 3 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO), rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Santa Maria - RS na época 1 (14/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	55
TABELA 4 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Santa Maria - RS na época 2 (23/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	56
TABELA 5 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Frederico Westphalen-RS na época 1 (18/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	57

TABELA 6 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Frederico Westphalen-RS na época 2 (06/11/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	58
TABELA 7 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em São Vicente do Sul-RS na época 1 (22/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	59
TABELA 8 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em São Vicente do Sul-RS na época 2 (31/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	CULTURA DO MILHO.....	16
2.1.1	Importância econômica	17
2.1.2	Área de cultivo.....	17
2.2	MANEJO DE FUNGICIDAS.....	18
2.2.1	Doenças na cultura do milho.....	18
2.2.2	Uso de fungicidas.....	19
2.2.3	Resistência genética.....	20
2.3	POSICIONAMENTO DE CULTIVARES DE MILHO.....	20
3	ARTIGO 1-DESEMPENHO AGRONÔMICO ASSOCIADO AO MANEJO DE FUNGICIDA NA CULTURA DO MILHO EM AMBIENTE SUBTROPICAL	23
	RESUMO	23
	ABSTRACT	23
	INTRODUÇÃO	24
	MATERIAL E MÉTODOS	25
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	43
4	ARTIGO 2-VIABILIDADE ECONÔMICA ASSOCIADO AO MANEJO DE FUNGICIDA NA CULTURA DO MILHO	46
	RESUMO	46
	ABSTRACT	46
	INTRODUÇÃO	47
	MATERIAL E MÉTODOS	48

	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
	CONCLUSÕES.....	62
	REFERENCIAS BLIBLIOGRÁFICA.....	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
	REFERENCIAS BILBIOGRÁFICAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre o aumento do potencial produtivo de grãos têm ganhado espaço no meio científico nos últimos anos, devido ao aumento da população mundial, com objetivo de suprir a demanda de alimentos e de renda em muitos países (GRASSINI et al., 2015). Um destes grãos que vem se destacando é o milho, pertencente família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. Planta anual, monocotiledônea e considerado um alimento energético utilizado em dietas voltada a animais e humanos (CASSMAN et al., 2003).

O aumento na eficiência no uso de recursos na agricultura é fundamental para que haja sustentabilidade na intensificação da produção (MUELLER et al., 2012). Logo, pesquisas relacionadas ao incremento da produtividade de grãos no milho têm sido realizadas, principalmente com foco na melhoria da ecofisiologia da planta. Nesta maior eficiência no uso dos recursos investidos, temos como aliado a seleção de cultivares que conferem resistência às doenças que prejudicam o desenvolvimento da cultura, assim como as pragas e condições abióticas que interferem no desempenho agrônômico e na produtividade das plantas (IAPAR, 1991).

Este melhoramento, com seleção de cultivares mais adaptadas tem levado a seleção de genótipos mais produtivos e com menor ciclo, ajustado ao período mais favorável para o crescimento e desenvolvimento (TOLLENAAR; LEE, 2002). No entanto, o foco no desenvolvimento de cultivares mais produtivas, associado a práticas de manejo como o aumento de densidade de plantas e uso de irrigação, associado às condições climáticas podem potencializar o surgimento de doenças fúngicas na cultura (BOIAGO, 2017).

Para o controle das doenças na cultura do milho, é importante adotar o manejo integrado de doenças com práticas de rotação de culturas, época de semeadura adequada, uso de sementes de boa sanidade, manejo adequado da adubação, população de plantas adequada, controle de pragas, cultivares geneticamente resistentes e quando necessário o uso de fungicidas (EMBRAPA, 2017). A aplicação de fungicidas tem como objetivo manter a sanidade da planta, para que assim possa ter máxima capacidade fotossintética e esteja apta a expressar seu maior potencial produtivo (KLUGE et al., 2016).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO MILHO

2.1.1 Importância econômica

A cultura do milho tem valor econômico baseado nas diversas formas de utilização, que pode ser destinada à alimentação animal e humana, de forma in natura e em produtos derivados (MIRANDA, 2018). Este grão também tem grande importância em comércios de exportação, sendo que o Brasil é o terceiro maior produtor do grão no mundo e o segundo maior exportador, com uma produção de 115 milhões de toneladas de milho na safra 2021/2022, com potencial para maior produção (CONAB, 2022).

Além disso, nos últimos anos o mercado do milho sofreu alterações, se direcionando a um novo mercado e passando a ser um importante produtor de matéria prima para a produção de bioenergia (GUTH, 2018). Porém existem barreiras para esse mercado, dentre elas podemos citar problemas no escoamento do grão, obstáculos para a comercialização e oscilação no preço do produto (CONTINI et al., 2019).

2.1.2 Área de cultivo

A área de cultivo do milho está aumentando nos últimos anos no Brasil e a produção de grãos se encontra apresenta tendência de crescimento, devido ao aumento da produtividade de grãos por unidade de área, o que pode ser associado a um maior investimento em insumos e melhorias no manejo da cultura (CONAB, 2022). Esta cultura possui ampla adaptação e pode ser encontrada nos mais diversos ambientes, com tecnologias em crescimento e pesquisa voltadas para cultivares adaptadas às regiões de cultivo.

Os ambientes de produção do milho variam conforme a sua localização geográfica, características do solo, uso de insumos, acessibilidade, preferências do consumidor e do produtor, e os limites dos ambientes de produção são definidos por pesquisadores como a área onde uma determinada cultivar ou tecnologia pode ser posicionada (HARTKAMP et al., 2000). A classificação quanto aos ambientes de produção para milho, pode ser realizada com base na sua produtividade média, podendo haver alterações de determinado local quanto a sua classificação (SCHWALBERT et al., 2018).

Os ambientes de cultivo podem ainda ser classificados pelos níveis de manejo adotado e fatores, como, a densidade de plantas, o espaçamento entre linhas, a adubação e o controle fitossanitário de doenças e insetos, que contribuem para o aumento da produtividade de grãos e caracterizam os ambientes de produção (BALBOA, et al., 2019). Estes fatores ambientais podem reduzir a produtividade de grãos da cultura devido aos fatores de estresse hídrico,

radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar (EVANS, 1993). Contudo, em alguns casos este aspecto pode ser mitigado através de um mecanismo de defesa contra essas intempéries atrelado a composição genética da cultivar (MAIA; MORAES, 2015).

Além disso, deve-se levar em consideração as diferenças no manejo, no potencial da cultivar, lacunas de produtividade e na localização geográfica. No qual as menores lacunas de produtividade de grãos são encontradas em ambientes que antecipam a semeadura utilizando menores espaçamentos entre linha, maior densidade de semeadura e cultivares com ciclo menor, com rotação de culturas, investimentos em adubação mais elevadas e com manejo fitossanitário com mais aplicações de fungicidas (RIBEIRO et al., 2020).

2.2 MANEJO DE FUNGICIDAS

Para manter o potencial produtivo da cultura do milho, são necessários o reconhecimento e o emprego de práticas que visem reduzir a perda da produtividade de grãos. E para conseguir esta alta produtividade é necessário aliar fatores genéticos a um bom manejo e ótimas condições climáticas (CRUZ et al., 2010). Sendo que os principais aspectos que interferem na performance das cultivares e comprometem a máxima produtividade da cultura do milho estão relacionadas às práticas culturais, fertilidade do solo, problemas climáticos, potencial genético do material utilizado e ao ataque de pragas e doenças (AMADO et al., 2002).

Os fungos são os principais microrganismos patogênicos do milho. O manejo das doenças tradicionalmente era realizado por meio da utilização de cultivares resistentes, associado a medidas culturais. Entretanto, com o aumento na incidência de doenças passou a ser necessário adotar o controle químico com fungicidas (GONÇALVES et al., 2012). Nas últimas safras agrícolas, tem ocorrido uma maior preocupação com o controle de doenças com a utilização de fungicidas químicos em aplicações foliares para o controle de doenças de final de ciclo. Os principais fungicidas disponíveis atualmente no mercado são dos grupos químicos das estrobilurinas, triazóis, carboxamidas, benzimidazóis, aliquilenobis, entre outros (SILVA, 2021).

2.2.1 Doenças na cultura do milho

Nos últimos anos os relatos com problemas ocasionados por patógenos na cultura do milho se tornaram frequentes. O que pode estar relacionado ao incremento do sistema de plantio direto e o desenvolvimento dos sistemas de produção que proporcionam maior inóculo e seleção

de patógenos fúngicos. Este aumento na incidência de doenças no milho, está ligado ao aumento da população de plantas por hectares (TRACHSEL et al., 2015), semeaduras em duas safras, sucessão de cultivos e umidade elevada do ar (PINTO, 2004).

Além disso, estes problemas podem estar associados ao monocultivo, plantio fora da época recomendada e a associação de fatores, como o clima favorável às doenças e cultivares suscetíveis (CARVALHO et al., 2016). O uso de cultivares geneticamente modificados com maior potencial produtivo, é um exemplo de situação em que as cultivares se encontram mais sensíveis a manejos e suscetíveis a doenças mesmo que este produto tenha alavancado a produtividade de grãos (CASA et al., 2004).

Os principais microrganismos causadores de doenças na cultura do milho são os fungos, sendo que a maioria deles causam manchas foliares que reduzem a área fotossintética da planta e contribuem para o decréscimo da produtividade de grãos (CASA et al., 2007), além de podridões que podem causar tombamentos e danos aos grãos (YAMADA e ABDALLA, 2006). Estes patógenos são causadores das principais doenças na cultura, como a *Cercospora zeamaydis* (T. Daniels), *Exserohilum turcicum* (Pass.) Shoemaker, *Pantoea ananatis*, *Stenocarpella macrospora* (Earle) Sutton, *Puccinia sorghichw* e a *Puccinia polissora* Underw (EMBRAPA, 2017). Dessa forma, o manejo das doenças se torna um fator determinante na obtenção de altas produtividades de grãos (FANCELLI, 2013).

2.2.2 Uso de fungicidas

Com o objetivo de melhorar e manter a produtividade de grãos podem ser realizadas algumas medidas para o controle das doenças no milho, dentre elas, rotação de culturas, plantio em época adequada, manejo eficiente da lavoura em relação à adubação, utilização de sementes certificadas, controle de pragas e quando necessário o uso de fungicidas (CASELA et al., 2006). O uso de fungicidas químicos é uma das ferramentas no manejo integrado de doenças com boa eficiência do controle, que proporciona uma queda na incidência e severidade das doenças foliares, resultando em incremento na produtividade de grãos (BORTOLINI; GHELLER, 2011).

Em grande parte, os produtores adotam no manejo das lavouras de milho, de duas a três aplicações de fungicidas para o controle de doenças, o que tem se mostrado eficiente para alcançar seu objetivo que é a máxima produtividade (CRUZ et al., 2010). No entanto, se a expectativa de produtividade for similar àquela obtida com uma aplicação, a probabilidade de retorno econômico com uma segunda aplicação é menor. Para que esta análise econômica

aconteça é possível utilizar a inferência Bayesiana para calcular a probabilidade de retorno líquido positivo com uma ou duas aplicações de fungicidas.

Um exemplo da utilização deste método foi desenvolvido por Munkvold et al. (2001) que encontraram em suas pesquisas, a probabilidade de retorno positivo líquido maior com uma aplicação de fungicida, o que é fortemente influenciada pela suscetibilidade da cultivar. Segundo os autores, cultivares resistentes são menos responsivas ao tratamento com fungicida que cultivares suscetíveis. O uso de fungicidas se tornou comum e rotineiro nas lavouras de milho, por conta de sua eficiência, porém o método de controle mais seguro e econômico é a utilização de cultivares resistentes às principais doenças.

2.2.3 Resistência genética

Apesar de as doenças na cultura do milho serem um fator preocupante, existem alternativas que podem ser utilizadas para seu controle, uma delas é o uso de cultivares resistentes (VIEIRA et al., 2009). Que possuem capacidade de impedir e (ou) atrasar o desenvolvimento e o crescimento do patógeno (PARLEVLIT, 1997). No melhoramento do milho, o foco principal é a obtenção de genótipos que possuam elevado potencial produtivo e resistência às principais doenças, atendendo, assim, às necessidades apontadas pelo atual nível tecnológico e pelas tendências e exigências do mercado (GRALAK et al., 2015).

Embora altos níveis de resistência às principais doenças foliares possam ser encontrados entre as cultivares comerciais, raramente uma cultivar apresentará resistência múltipla a todas as doenças nos diferentes grupos de maturidade fisiológica. Frequentemente, as cultivares são comercializadas com adequados níveis de resistência para prevenir perdas significativas causadas por doenças potencialmente importantes em uma área geográfica específica, exceto sob condições ambientais ideais para o desenvolvimento de patógenos (MUNKVOLD; WHITE, 2016).

2.3 POSICIONAMENTO DE CULTIVARES DE MILHO

O milho é uma importante cultura comercial para o sistema de produção agrícola e desempenha um importante papel na rotação de culturas. Em virtude de suas exigências edafoclimáticas e das condições ambientais encontradas em território nacional, é classificado em milho de primeira safra e milho de segunda safra. A cultura do milho possui ainda uma

variabilidade na recomendação de populações das cultivares de milho, com o objetivo de maximizar a produtividade de grãos (ARGENTA et al., 2001).

E isto foi possível com o avanço tecnológico, que fez com que as plantas fossem sendo aprimoradas para suportar uma maior população e competição intraespecífica, com mudanças na arquitetura das plantas. O melhoramento genético tornou as plantas de milho mais tolerantes aos estresses causados pela competição entre plantas em altas densidades e a adversidades climáticas (VALENTINUZ; TOLLENAAR, 2004).

Estes aspectos climáticos são baseados também na temperatura do ar que por vez influencia na duração do ciclo produtivo da cultura do milho, assim é possível classificar as cultivares em superprecoce, precoce e tardio (SANGOI et al. 2002). Esta variação das cultivares pode gerar resultados diferentes de produtividade de grãos em diferentes ambientes. E para amenizar este possível problema adota-se manejos, como, a época de semeadura, agente importante na caracterização fenotípica das plantas, pois a partir dela a planta será influenciada pelas condições ambientais durante seu ciclo (CRUZ et al., 2004).

Por esta razão é importante caracterizar e estudar sua interação com o genótipo, para entender melhor a expressão fenotípica demonstrada pela planta nestas diferentes condições ambientais. Este conhecimento do ciclo das cultivares é importante ainda para o planejamento da cultura e verificar a adaptabilidade ao ambiente onde pretende-se cultivá-la, reduzindo os riscos dos fatores ambientais e maiores perdas econômicas (LIMA, 2015).

O planejamento do sistema de produção e das boas práticas agrônômicas, para a obtenção de boas produtividades de milho e redução do risco de perda de produção é preciso realizar um adequado posicionamento de cultivares (TOLLENAAR; LEE, 2002). Onde as cultivares de alto potencial produtivo, apresentam alta exigência em fertilidade do solo, e com frequência menor tolerância com relação a períodos de estresse hídrico. Esta deficiência hídrica pode resultar em significativa redução da produtividade de grãos, especialmente se tratando de cultivares de maior potencial (MEIRELLES, et al., 2003).

As cultivares de maior rusticidade apresentam maior estabilidade produtiva e normalmente maior tolerância a limitações hídricas, tornando possível o seu posicionamento em lavouras de menor nível tecnológico, e em ambientes mais desfavoráveis (CARDOSO et al., 2010). Além disso, a definição do período de semeadura é essencial para reduzir os riscos decorrentes da influência de fatores ambientais. Para isso, deve-se seguir as orientações do Zoneamento Agrícola de Risco Climática (ZARC) estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A escolha e posicionamento de cultivares ainda pode ser vista como uma ferramenta de manejo importante para o controle de pragas e doenças do milho. E quando associado ao avanço do melhoramento genético pode gerar como resultado, as cultivares de milho com tolerância/resistência a certas pragas e doenças (GRALAK et al., 2015). Um exemplo é a tolerância de cultivares de milho aos enfezamentos, transmitidos pela cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*). Essas doenças podem causar drásticas redução da produtividade do milho, ou até mesmo comprometer a viabilidade da lavoura (WORDELL FILHO et al., 2016).

3 ARTIGO 1 - DESEMPENHO AGRONÔMICO ASSOCIADO AO MANEJO DE FUNGICIDA NA CULTURA DO MILHO EM AMBIENTE SUBTROPICAL

RESUMO

A cultura do milho tem importância econômica para sociedade. As doenças fúngicas reduzem a produtividade do milho. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de cultivares de milho, associado ao manejo de fungicida em ambiente subtropical. Foram conduzidos seis experimentos com a cultura do milho, formados pela combinação de três municípios do estado do Rio Grande do Sul (Santa Maria, São Vicente do Sul e Frederico Westphalen,) e duas épocas de semeadura. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. A parcela principal foi formada pelos dois níveis do fator fungicida (com e sem) e a subparcela pelos seis níveis do fator cultivares de milho (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 e FERROZ). Foram avaliados os caracteres morfológicos em oito plantas por parcela e a aferição da massa de grãos da área útil das 216 parcelas experimentais. A resistência genética das cultivares, baixa precipitação pluviométrica e menor pressão de inóculo de fungos na área de cultivo, contribuem para reduzir a incidência e taxa de progresso de doenças fúngicas na cultura do milho, em ambiente subtropical. Para a avaliação do desempenho agrônomo do cultivo de milho de primeira safra em ambiente subtropical, em ano com baixa precipitação pluviométrica existe uma tendência de maiores diferenças de médias para o fator cultivar, que o fator uso de fungicida. Em relação a variável percentual de grãos deteriorados, para os três locais a segunda época de semeadura apresentou maiores percentuais de grãos deteriorados, indicando que semeaduras precoces podem ser uma estratégia para o manejo integrado de doenças que deterioram os grãos. Portanto, para a relação entre desempenho agrônomo e época de semeadura, nos três locais de cultivo as maiores médias de produtividade foram na primeira época, indicando que para ambiente subtropical no Sul do Brasil é importante a antecipação de semeadura em cultivo de primeira safra.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Manejo cultural; Produtividade de grãos; Cultivares de milho.

ABSTRACT

The corn crop has economic importance for society. Fungal diseases reduce corn productivity. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic performance of corn cultivars, associated with fungicide management in a subtropical environment. Six experiments were carried out with corn, formed by the combination of three municipalities in the state of Rio Grande do Sul (Santa Maria, São Vicente do Sul and Frederico Westphalen,) and two sowing dates. The experimental design was randomized blocks with split plots. The main plot was formed by the two levels of the fungicide factor (with and without) and the subplot by the six levels of the corn cultivars factor (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 and FERROZ). The morphological characters in eight plants per plot and the measurement of grain mass in the useful area of the 216 experimental plots were evaluated. The genetic resistance of the cultivars, low rainfall and lower pressure of fungal inoculum in the cultivation area, contribute to reduce the incidence and rate of progress of fungal diseases in corn, in a subtropical environment. For the evaluation of the agronomic performance of the first crop of corn in a subtropical environment, in a year with low rainfall, there is a tendency for greater differences in averages for the cultivar factor than the fungicide use factor. Regarding the percentage of deteriorated grains variable, for the three sites the second sowing season presented higher percentages of deteriorated grains, indicating that early sowing can be a strategy for the integrated management of diseases that deteriorate the grains. Therefore, for the relationship between agronomic

performance and sowing time, in the three cultivation sites the highest productivity averages were in the first season, indicating that for the subtropical environment in southern Brazil it is important to anticipate sowing in first crop cultivation.

Keywords: *Zea mays* L.; Cultural management; Grain productivity; Corn cultivars.

INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se consolidado como terceiro maior produtor de milho (*Zea mays* L.) com área de 21 milhões de hectares cultivados na safra 2021/2022 com uma produção de 115 milhões de toneladas, com uma produtividade de grãos de 5,3 Mg ha⁻¹(CONAB, 2022). A região Sul do Brasil, tem uma produtividade de grãos de 5,55 Mg ha⁻¹, sendo que a área de cultivo do milho vem aumentando nos últimos anos, altamente associado ao maior investimento no cultivo e melhorias no manejo da cultura (CONAB, 2022).

Tais melhorias estão correlacionadas à necessidade de aumento da produtividade de grãos devido ao crescimento da população mundial objetivando suprir a demanda de alimentos e de renda em muitos países (GRASSINI et al., 2015). Para isso, o melhoramento de milho, nos últimos anos, tem selecionado cultivares com maior potencial produtivo, no qual, permite o aumento de densidade de plantas por hectare (ASSEFA et al., 2018). Isto pode estar relacionado a diversos fatores, como o uso de irrigação nas áreas de cultivo, que por muitas vezes proporcionam maior risco de perdas de potencial produtivo para doenças fúngicas que acometem a cultura do milho.

Outros fatores que podem ser destacados como potencializadores para o surgimento de doenças em milho é a ampliação das épocas de semeadura no Brasil e a utilização de novas técnicas de cultivo, tais como a semeadura antecipada sob irrigação e a semeadura de primeira e segunda safra, que proporcionam continuidade temporal da cultura no campo (KIMATI et al., 2005). Além disso, o monocultivo junto a uma grande área de cultivo incrementam a densidade de inóculo e os ambientes favoráveis, contribuem para o desenvolvimento e aumento dos prejuízos causados por doenças na cultura do milho (FANCELLI, 2013).

Os patógenos estão constantemente evoluindo e a presença de mutação natural faz com que ocorra maior suscetibilidade genética em plantas, sendo a frequência destas mutações relacionadas com o tamanho da população (MCDONALD; LINDE, 2002). Neste sentido, o tempo de lançamento de uma cultivar, associado à grande área de cultivo, proporciona um maior risco da resistência genética de doenças fúngicas em milho (GRALAK et al., 2015). Desta forma, condiciona a necessidade do manejo integrado de doenças, pautado na utilização de

resistência genética, boas práticas agronômicas de cultivo e quando necessário o uso de fungicidas.

O uso de fungicida na maioria das lavouras de maneira preventiva a epidemias de doenças fúngicas na cultura do milho também apresenta limitações a mecanização agrícola para a aplicação de fungicida. No estádio de enchimento de grãos, a cultura pode atingir alturas de plantas superiores a 2 m, impossibilitando o manejo com pulverizador terrestre, sendo possível apenas aplicações aéreas, o que ainda não é uma realidade para a maiorias das propriedades familiares que cultivam milho no Sul do Brasil (BOLLER et al., 2008).

Na literatura, existem trabalhos que apontam o manejo de fungicidas como favorável a manutenção do potencial produtivo, Nanuci (2020) em suas pesquisas verificou que os tratamentos com fungicidas apresentaram menor incidência e severidade de doenças fúngicas comparado ao não uso do fungicida, evidenciando que o efeito positivo da aplicação de fungicida na cultura do milho. Silva et al. (2020) também discorrem sobre a relevância do uso de fungicidas para reduzir danos com doenças nas culturas, demonstrando ser este um método eficaz no manejo. Em contrapartida, Vilela et al. (2012) apontam que o uso de fungicida reduziu a incidência de doenças foliares, todavia, tal utilização não ocasionou um acréscimo significativo em produtividade de grãos cultura.

A utilização de fungicida é uma realidade presente na cultura do milho, no entanto não é utilizado por todos os produtores, alguns pontos podem ser destacados, dentre eles a utilização de cultivares com boa resistência às principais doenças fúngicas, pressão de doenças em determinadas regiões, disponibilidade hídrica, além de alto custo para a aplicação preventiva de fungicida (CHAVAGLIA et al., 2020). Assim, para ampliar os conhecimentos sobre o potencial agronômico da cultura do milho e contribuir com estudos sobre a cultura, o objetivo do trabalho foi a avaliar o desempenho agronômico de cultivares de milho conduzida em primeira safra em locais e épocas de semeadura, associado ao manejo de fungicida em ambiente subtropical.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em áreas cultivadas com milho no Estado do Rio Grande do Sul em diferentes condições climáticas, localizadas nos municípios de Santa Maria, Frederico Westphalen e São Vicente do Sul no ano agrícola 2020/2021, em duas épocas de semeadura. O experimento em Santa Maria foi conduzido na área de pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, do Departamento de Fitotecnia, localizada na região fisiográfica da Depressão

Central (29° 43' 28" S, 53° 43' 41" W e altitude de 95 m). O clima é caracterizado como subtropical úmido Cfa, sem estação seca definida, e com precipitação média de 1616 mm ao ano (ALVARES et al., 2013). O solo característico do local é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2018).

Em Frederico Westphalen, o experimento foi instalado na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, localizada na região do Alto Uruguai (27° 23' 42" S, 53° 25' 43" W e altitude de 480 m). A classificação climática da região, segundo Köppen, é Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com precipitação média anual de 1881 mm e temperatura em média de 19,1°C. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS et al., 2018)

Em São Vicente do Sul o experimento foi conduzido em área experimental do Instituto Federal Farroupilha localizada na depressão central (29° 42' 27" S, 54° 41' 34" W e altitude de 129 m) e contou com irrigação suplementar. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido e com precipitação anual de 1561 mm (ALVARES et al., 2013). O solo do local é classificado como Argissolo Distrófico cinza-marrom (SANTOS et al., 2018), apresentando um horizonte superficial Ap, com a transição para o horizonte B textural com 0,3 m de profundidade.

A primeira época de semeadura foi realizada em 14, 18 e 22 de setembro de 2020 e a segunda época em 23 de outubro, 31 de outubro e 06 de novembro de 2020, em Santa Maria, Frederico Westphalen e São Vicente do Sul, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso em parcela subdividida. Na parcela principal foi avaliado o fator manejo com fungicida e na subparcela o fator cultivar, com três repetições em ambos os locais e épocas de semeadura. A unidade experimental foi composta por seis fileiras com espaçamento de 0,50 m entre fileiras e com 5 m de comprimento.

Os doze tratamentos foram formados pela combinação dos dois níveis do fator manejo de fungicida (com e sem fungicida) e os seis níveis do fator cultivar (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 e FERROZ). As sementes das cultivares de milho foram semeadas manualmente em densidade de 70 mil plantas por hectare, após adubação com o auxílio de uma semeadora de 5 linhas. A semeadura foi realizada através da implantação de 2 sementes por marcação (a cada 28,57 cm na fileira de semeadura) e realizado um raleio deixando apenas 1 planta (a cada 28,57 cm na fileira de semeadura), com a finalidade de aumentar a precisão experimental.

As cultivares utilizadas apresentam bom potencial produtivo e pertencem a grupos de maturação semelhantes, representando as cultivares utilizadas por produtores das regiões de

onde o estudo foi conduzido. As unidades experimentais foram adubadas com base na interpretação da análise do solo realizada na área experimental antes da instalação do experimento e considerando as recomendações do manual de adubação e calagem, para expectativa de 12 Mg ha⁻¹ de grãos (CQFS-RS/SC, 2016). A adubação de fósforo e potássio foi depositada no sulco de semeadura com o auxílio de sulcadores. A adubação nitrogenada foi aplicada na forma de uréia em cobertura quando as plantas estavam nos estádios V4 e V8.

A aplicação de fungicida ocorreu simulando um pulverizador de arrasto, correspondendo ao manejo adotado por muitos produtores de milho. Foram realizadas duas aplicações de fungicida em V8 + VT (pré-florescimento) (MOTERLE; SANTOS, 2019). Os fungicidas aplicados foram do grupo químico Propiconazol e Picoxistrobina + Ciproconazol, visando o controle das principais doenças fúngicas na cultura do milho. Os tratos culturais foram adotados conforme as indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do RS (EMBRAPA, 2017).

O nível tecnológico utilizado no estudo pode ser considerado médio/alto, pois mesmo utilizando boas práticas agronômicas para alto potencial produtivo, a prática de irrigação foi realizada somente em duas épocas de semeadura dos experimentos em São Vicente do Sul. A irrigação suplementar em São Vicente do Sul foi realizada por meio de pivô central. Este local foi irrigado devido às características do solo arenoso e por ser entre os ambientes de estudo, o local com a menor série histórica de precipitação. Para definir qual o momento correto para utilizar a irrigação suplementar foi considerado o balanço hídrico do solo.

Foram utilizados híbridos simples e, tomando por base que a constituição genética de híbridos simples proporciona maior uniformidade entre plantas, foi utilizado o tamanho de amostra de oito plantas por parcela. Foram mensurados os seguintes caracteres: altura de planta (AP, em cm - distância da base até o ápice da planta); comprimento de espiga (CE, em cm); número de fileiras por espiga (NF); número de grãos por fileira (NGF); comprimento de grãos (CG, em cm - obtido pela diferença do diâmetro da espiga e o diâmetro do sabugo, dividido por dois); massa de mil grãos (MMG, em g); percentagem de grãos deteriorados “ardidos” pelo ataque de fungos (PGD, em %); e produtividade de grãos (PROD, em Mg ha⁻¹).

Foi utilizada uma área útil de 8 m² (4 fileiras centrais × 4 m centrais das fileiras) das 216 parcelas para a aferição da massa de grãos. A colheita foi realizada quando os grãos atingiram 20% de umidade, então foi avaliada a massa resultante de cada parcela corrigida para 13% de umidade e determinada a produtividade de grãos. Os dados de cada ambiente foram analisados utilizando o Software Sisvar com 5% de significância nos testes estatísticos. Os dados passaram

por análise de variância individual, para determinar o desempenho agrônômico dos tratamentos por local de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos dos ambientes de cultivo neste experimento de campo, evidenciaram baixos volumes pluviométricos (Figura 1) durante o ciclo da cultura do milho. Cabe salientar que o desempenho agrônômico da cultura do milho é responsivo às condições climáticas, precipitações e temperatura do ar para expressar o potencial produtivo (EVANS; FISCHER, 1999).

Os baixos volumes pluviométricos proporcionaram redução da produtividade de grãos das cultivares nos ambientes de Santa Maria e Frederico Westphalen, pois nestes locais não houve o uso de irrigação durante o ciclo da cultura. Os experimentos conduzidos em São Vicente do Sul, demonstraram melhor desenvolvimento das plantas, muito em decorrência do uso de irrigação suplementar neste ambiente. Conforme Bergamashi (2004) salienta a importância da cultura do milho de não ser afetada pelo déficit hídrico para expressar seu desenvolvimento uma vez que a cultura se inclui aos grupos de plantas cujo metabolismo é de caráter fotossintético (C4).

No entanto, os baixos volumes de precipitações durante o ciclo da cultura e a baixa umidade do ar, proporcionam menor número de horas de molhamento da cultura. Conseqüentemente, estes fatores foram desfavoráveis para o desenvolvimento de doenças foliares, assim houve pouca incidência de danos na cultura do milho. Perante as cultivares analisadas nas referidas condições climáticas do ano agrícola 2020/2021, as aplicações de fungicida nos estádios de desenvolvimento V8 e VT apresentaram como resultados a baixa resposta ao manejo realizado.

A análise de variância apresentado na Tabela 1 demonstra que a aplicação do fungicida nos estádios V8 e CT, não proporcionou efeito significativo para as variáveis avaliadas, na safra 2020/21, nos ambientes de cultivo deste experimento. O baixo coeficiente de variação demonstra que houve um eficiente controle experimental da parcela principal e subparcelas analisadas neste presente estudo. A exceção ocorreu para a variável percentual de grãos deteriorados, principalmente em decorrência da natureza da variável. Em relação ao fator fungicida não houve efeitos significativos entre os tratamentos.

Para o fator cultivar, ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos para os caracteres analisados, com exceção da percentagem de grãos deteriorados na época 1 em Santa

Maria, o comprimento da espiga na época 1 e 2, e o número de grãos por fileiras na época 2, ambos em Frederico Westphalen. A interação fungicida x cultivar foi significativa, para as variáveis número de fileiras e na época 1 em Santa Maria, número fileiras e comprimento de grãos e produtividade de grãos na época 2 em Santa Maria, massa de mil grãos e percentagem de grãos deteriorados na época 1 em São Vicente do Sul, indicando que estes fatores se comportam de maneira independente.

Figura 1 - Precipitação pluvial (mm), temperatura média do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) no município Santa Maria - RS (1A), Westphalen - RS, (1B) e São Vicente do Sul – RS (1C) no ano agrícola 2020/2021.

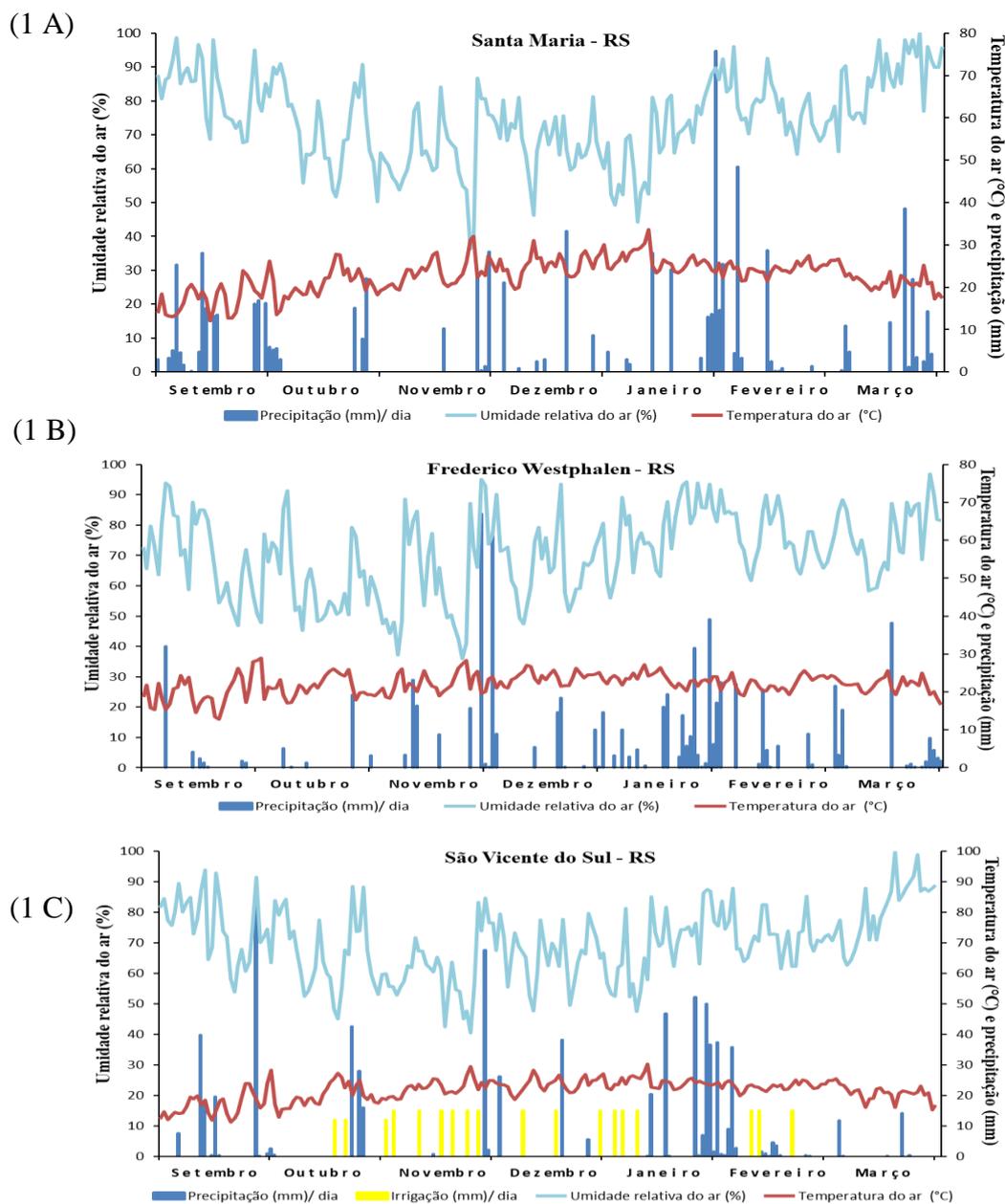


Tabela 1 - Valor-p ($Pr > F_c$) para as fontes de variação (bloco, fungicida, cultivar e fungicida×cultivar) em relação aos caracteres altura de planta (AP, em cm), comprimento de espiga (CE, em cm), número de fileiras por espiga (NF), número de grãos por fileira (NFG), comprimento de grãos (CG, em cm), massa de mil grãos (MMG, em g), percentagem de grãos deteriorados (PGD, em %) e produtividade de grãos (PROD, em $Mg\ ha^{-1}$), de seis cultivares de milho avaliados em seis ambientes.

Fonte de variação	GL	AP Pr>Fc	CE Pr>Fc	NF Pr>Fc	NFG Pr>Fc	CG Pr>Fc	MMG Pr>Fc	PGD Pr>Fc	PROD Pr>Fc
Santa Maria - RS (época 1 - 14/09/2020)									
Bloco	2	0,168	0,593	0,394	0,442	0,148	0,036*	0,323	0,271
Fungicida	1	0,207	0,472	0,685	0,164	0,708	0,237	0,887	0,498
Cultivar	5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,961	0,000*
Fungicida×Cultivar	5	0,429	0,140	0,006*	0,309	0,503	0,051	0,462	0,571
CV 1 - Fungicida (%)		6,93	6,93	4,76	3,63	4,44	1,92	75,31	7,73
CV 2 - Cultivar (%)		4,77	4,77	2,48	7,27	3,89	8,01	139,98	10,00
Santa Maria - RS (época 2 - 23/10/2020)									
Bloco	2	0,726	0,573	0,273	0,042*	0,010*	0,756	0,854	0,435
Fungicida	1	0,252	0,767	0,339	0,066	0,056	0,987	0,819	0,936
Cultivar	5	0,000*	0,000*	0,000*	0,001*	0,000*	0,002*	0,000*	0,000*
Fungicida×Cultivar	5	0,501	0,519	0,045*	0,273	0,000*	0,640	0,141	0,033*
CV 1 - Fungicida (%)		6,23	5,92	2,60	2,77	0,94	14,02	54,31	18,73
CV 2 - Cultivar (%)		3,34	4,27	2,88	9,70	4,26	11,21	40,22	8,41
Frederico Westphalen - RS (época 1 - 18/09/2020)									
Bloco	2	0,157	0,760	0,170	0,222	0,292	0,166	0,628	0,331
Fungicida	1	0,203	0,524	0,867	0,715	0,240	0,312	0,923	0,238
Cultivar	5	0,000*	0,094	0,002*	0,003*	0,000*	0,010*	0,020*	0,000*
Fungicida×Cultivar	5	0,955	0,463	0,134	0,748	0,438	0,828	0,665	0,144
CV 1 - Fungicida (%)		2,82	24,32	3,63	6,03	7,45	4,80	97,40	7,60
CV 2 - Cultivar (%)		3,96	19,41	3,90	8,52	4,08	10,17	60,78	10,67
Frederico Westphalen - RS (época 2 - 06/11/2020)									
Bloco	2	0,043*	0,337	0,284	0,166	0,119	0,042*	0,967	0,155
Fungicida	1	0,334	0,816	0,266	0,654	0,723	0,772	0,514	0,110
Cultivar	5	0,000*	0,068	0,000*	0,726	0,008*	0,008*	0,009*	0,000*
Fungicida×Cultivar	5	0,674	0,540	0,193	0,347	0,866	0,330	0,795	0,692
CV 1 - Fungicida (%)		2,45	9,10	3,90	12,63	11,94	10,27	82,23	8,85
CV 2 - Cultivar (%)		4,41	7,07	4,33	7,25	10,18	17,04	42,24	19,96

Tabela 1 - Continuação

São Vicente do Sul - RS (época 1 - 22/09/2020)									
Bloco	2	0,125	0,510	0,991	0,901	0,003*	0,224	0,243	0,070
Fungicida	1	0,142	0,851	0,694	0,386	0,109	0,526	0,069	0,958
Cultivar	5	0,001*	0,001*	0,007*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
Fungicida×Cultivar	5	0,469	0,320	0,991	0,083	0,885	0,800	0,472	0,108
CV 1 - Fungicida (%)		3,20	5,34	6,02	6,05	0,52	5,81	24,62	5,21
CV 2 - Cultivar (%)		3,31	5,53	4,48	5,38	4,39	6,72	70,71	6,44
São Vicente do Sul - RS (época 2 - 31/10/2020)									
Bloco	2	0,748	0,437	0,870	0,026*	0,316	0,803	0,826	0,402
Fungicida	1	0,514	0,608	0,662	0,051	0,569	0,332	0,394	0,634
Cultivar	5	0,000*	0,032*	0,000*	0,000*	0,003*	0,000*	0,000*	0,001*
Fungicida×Cultivar	5	0,240	0,396	0,253	0,278	0,826	0,003*	0,022*	0,689
CV 1 - Fungicida (%)		11,94	14,68	7,60	2,10	8,88	9,15	90,73	5,11
CV 2 - Cultivar (%)		13,22	13,22	3,15	5,99	5,32	7,84	59,03	7,86

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

GL: Graus de Liberdade

CV: Coeficiente de variação

Verifica-se que todos os caracteres foram influenciados pelo fator cultivar e tal efeito pode estar associado a fatores genéticos das cultivares utilizadas no estudo. Maddonni et al. (2001) ressaltam que estas são características específicas de cada cultivar, mas que podem variar em decorrência de condições ambientais ou de anos agrícolas.

Para o ambiente de Santa Maria, na primeira época de semeadura, com exceção da variável percentagem de grãos deteriorados, houve diferença significativa para o fator cultivar (Tabela 2). Pesquisas indicam que a altura de planta é uma característica resultante da interação da composição genética da cultivar com os efeitos dos ambientes de cultivo e sistemas de manejo, onde sua correlação com os componentes de produtividade como comprimento da espiga e número de grãos por fileira podem assumir distintos sentidos (DOURADO NETO, 2003). A cultivar P3016 apresentou maior altura de plantas para este ambiente ao passo que, plantas da cultivar MG300 apresentaram as menores alturas.

A menor altura de planta, tem sido um caractere desejável entre os produtores de milho por permitir cultivos em maiores densidades (MUNDSTOCK, 1977). As cultivares AG9025, AS1730, P3016 e DKB230 apresentaram maior comprimento de espiga e maior número de grãos por fileira possibilitando verificar uma relação entre estes dois caracteres.

Tabela 2 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Santa Maria – RS na época 1 (14/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Fungicida	AG9025	AS1730	P3016	MG300	DKB230	FEROZ	Média
Altura de planta, em cm							
Com	213,96	226,58	241,54	194,21	221,08	228,46	220,97A
Sem	231,79	230,54	243,00	217,46	228,91	231,58	230,55A
Média	222,87b	228,56b	242,27a	205,83c	225,00b	230,02b	
Comprimento de espiga, em cm							
Com	18,03	16,67	16,87	15,08	17,98	14,47	16,68A
Sem	18,53	17,83	17,51	16,51	17,03	14,21	16,94A
Média	18,28a	17,75a	17,19a	15,79b	17,50a	14,34c	
Número de fileiras por espiga							
Com	14,25Ac	13,83Ac	16,08Aa	15,75Aa	14,91Ab	14,66Bb	14,91
Sem	13,75Ac	14,25Ac	16,25Aa	14,91Bb	15,50Ab	15,50Ab	15,02
Média	14,00	14,04	16,16	15,33	15,20	15,08	
Número de grãos por fileira							
Com	32,42	31,58	35,67	28,46	33,42	26,71	31,37A
Sem	33,29	30,83	34,08	30,71	31,25	23,25	30,57A
Média	32,85a	31,21b	34,87a	29,58b	32,33a	24,98c	
Comprimento de grãos, em cm							
Com	1,13	1,05	1,10	0,99	1,06	0,95	1,05A
Sem	1,09	1,07	1,08	1,01	1,02	0,98	1,04A
Média	1,11a	1,06b	1,09a	1,00c	1,04b	0,97c	
Massa de mil grãos, em g							
Com	354,39	377,19	279,03	263,79	348,21	273,07	315,95A
Sem	356,02	353,45	289,70	314,33	299,07	262,99	312,59A
Média	355,21a	365,32a	284,37c	289,06c	323,64b	268,02c	
Percentagem de grãos deteriorados, em %							
Com	0,71	0,96	0,63	1,29	1,33	0,04	0,82A
Sem	0,29	0,54	1,33	0,96	0,37	1,66	0,86A
Média	0,50a	0,75a	0,98a	1,12a	0,85a	0,85a	
Produtividade de grãos, em Mg ha ⁻¹							
Com	9,85	10,77	9,94	8,09	10,26	6,60	9,85A
Sem	10,31	9,93	9,21	8,88	9,75	6,28	10,31A
Média	10,08a	10,35a	9,58a	8,49b	10,01a	6,44c	

Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

Válido ressaltar que o número de grãos por fileira está diretamente relacionado com o comprimento médio da espiga (VILELA et al. 2012).

Para a variável número de fileira por espiga a cultivar MG300 apresentou maior número de fileiras no tratamento com fungicida. Já as cultivares AG9025 e AS1730 obtiveram as maiores médias para a variável massa de mil grãos. Estudos elencam a massa de mil grãos como um dos caracteres determinantes no potencial de produtividade de grãos de uma cultivar, podendo ser utilizada na seleção indireta (KUMAR et al. 2015).

As cultivares que apresentaram maiores produtividade de grãos foram AS1730, AG9025, P3016 e DKB 230 com médias de 10,35 Mg ha⁻¹, 10,08 Mg ha⁻¹, 10,01 Mg ha⁻¹ e 9,58 Mg ha⁻¹ respectivamente. A resposta diferenciada da produtividade de cultivares cultivadas em diferentes ambientes também foi evidenciada por diversos autores possibilitando inferir a instabilidade do caráter (CARVALHO et al. 2014).

Na segunda época de semeadura em Santa Maria (Tabela 3) houve interação significativa para as variáveis analisadas para o fator cultivar e interação significativa para o fator cultivar x fungicida para as variáveis número de fileiras por espiga e produtividade. As cultivares que apresentaram maior número de fileira por espiga foram o P3016 e AS1730 nos tratamentos com aplicações de fungicidas. Para a variável produtividade verificou-se resposta do uso do fungicida na produtividade, a cultivar mais produtiva foi o AS1730 (10,14 Mg ha⁻¹) com aplicação de fungicida e sem uso de fungicida os cultivares com melhor performance foram o P3016, AS1730 e DKB230 com produtividade de grãos média de 9,38 Mg ha⁻¹, 8,36 Mg ha⁻¹ e 8,29 Mg ha⁻¹, respectivamente. Esta diferença entre os resultados estar relacionado

Para a variável altura de plantas a cultivar P3016 apresentou maior valor e as cultivares AG9025 e FERROZ as menores alturas. A menor altura de planta, uma das modificações verificadas na arquitetura das plantas de milho possibilita maior eficiência na colheita mecânica, ao mesmo tempo em que reduz problemas relacionados ao acamamento e quebraimento de plantas antes do ponto de colheita, comumente evidenciado com plantas de porte elevado (ALMEIDA et al., 2000). As cultivares que apresentaram maior comprimento de espiga foram AG9025 e AS1730.

O número de grãos por fileira foi menor para a cultivar FERROZ, diferindo significativamente das demais. Menores número de grãos por fileiras resultam em espigas com menor número de grãos, o que pode influenciar negativamente no potencial produtivo das cultivares (SANGOI et al. 2010). Para a variável massa de mil grãos as cultivares AG9025, AS1730 e FERROZ apresentaram as maiores médias. Corroborando com resultados de outros

Tabela 3 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Santa Maria – RS na época 2 (23/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Fungicida	AG9025	AS1730	P3016	MG300	DKB230	FEROZ	Média
Altura de planta, em cm							
Com	264,12	268,87	284,04	266,54	260,33	165,12	251,50A
Sem	246,92	260,08	285,12	252,16	250,42	262,00	253,31A
Média	255,52c	264,47b	284,58a	259,35b	255,37b	213,56c	
Comprimento de espiga, em cm							
Com	17,10	16,45	14,98	14,52	16,27	15,58	15,82A
Sem	17,01	16,70	15,93	14,04	15,95	15,90	15,92A
Média	17,06a	16,57a	15,46b	14,28c	16,11b	15,74b	
Número de fileiras por espiga							
Com	13,75Ac	15,58Ab	17,41Aa	16,41Ab	15,75Ab	14,16Ac	15,51
Sem	13,66Ac	14,66Bb	16,50Ba	16,58Aa	16,08Aa	14,58Ab	15,34
Média	13,70	15,12	16,95	16,49	15,91	14,37	
Número de grãos por fileira							
Com	28,75	27,71	28,79	27,50	25,79	19,96	26,41A
Sem	25,58	28,79	30,96	26,96	27,62	24,04	27,32A
Média	27,17a	28,25a	29,87a	27,23a	26,71a	22,00b	
Comprimento de grãos, em cm							
Com	1,18Aa	1,18Aa	1,12Aa	1,03Ab	1,14Aa	0,86Bc	1,08
Sem	1,14Aa	1,04Bb	1,02Bb	1,09Aa	1,12Aa	0,98Ab	1,04
Média	1,16	1,11	1,07	1,06	1,13	0,92	
Massa de mil grãos, em g							
Com	389,98	399,59	284,62	298,64	330,69	344,08	341,27A
Sem	385,53	354,80	317,12	309,74	324,60	354,07	340,97A
Média	387,75a	377,19a	300,87b	303,19b	327,64b	349,08a	
Percentagem de grãos deteriorados, em %							
Com	17,17	4,58	21,96	6,92	9,62	11,92	12,03A
Sem	22,12	8,83	12,21	4,83	9,58	11,25	11,47A
Média	19,64a	6,71b	17,08b	5,87b	9,60b	11,58a	
Produtividade de grãos, em Mg ha ⁻¹							
Com	7,36Ab	10,14Aa	8,37Ab	7,73Ab	8,68Ab	5,16Ac	7,91
Sem	6,45Ab	8,36Ba	9,38Aa	7,16Ab	8,29Aa	5,02Ac	7,44
Média	6,90	9,25	8,87	7,45	8,48		

Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

estudos que verificaram variação da massa de mil grãos em função da cultivares (HANASHIRO et al., 2013).

Em Frederico Westphalen na primeira época de semeadura houve diferença significativa para o fator cultivares (Tabela 4). As cultivares que apresentaram as maiores médias de altura de plantas foram a P3016 e FERROZ, já as cultivares AG9025, MG300 e DKB230 tiveram as menores alturas de plantas. A menor altura de planta tem permitido maior penetração de luz no dossel e reduz a competição intraespecífica por recursos naturais sob altas populações de plantas (KAPPES et al., 2011).

O comprimento de espiga não diferiu de forma significativa entre as cultivares analisadas, enquanto a variável, número de fileiras por espiga, as cultivares AS1730, P3016 e MG300 apresentaram as maiores médias entre os tratamentos. Já para o número de grãos por fileiras as cultivares AS17,30, P3016 e DKB230 obtiveram destaque. Em relação ao número de grãos por fileira, pesquisas com cultivares híbridas simples, apontam que o aumento desta variável resulta em maior número de grãos por espiga, contudo estes grãos tendem a apresentar menor massa específica (LOPES et al., 2007).

A massa de mil grãos foi maior para as cultivares AS1730, MG300, DKB230 e FERROZ. Mesmo assim, foi possível observar uma variação entre os tratamentos em função de cultivares, corroborando com resultados encontrados por Silva et al. (2015). As cultivares AS1730 e DKB230 também apresentaram as maiores médias para a variável comprimento de grãos. As cultivares AS1730 e FERROZ apresentaram menor percentual de grãos deteriorados para este ambiente de estudo. As maiores produtividade foram obtidas pelas cultivares AS1730, P3016 e DKB 230, com média de 10,69 Mg ha⁻¹, 10,02 Mg ha⁻¹ e 9,34 Mg ha⁻¹, respectivamente. Fatores bióticos e abióticos expressam grande influência na produtividade de grãos, sendo que a sazonalidade hídrica se caracteriza como uma das principais dificuldades (CARVALHO et al. 2014).

Na segunda época de semeadura em Frederico Westphalen houve diferença significativa para o fator cultivares (Tabela 5). As cultivares AS1730, P3016, DKB230 e FERROZ apresentaram as maiores médias de altura de plantas, o que possibilita inferir que há influência do ambiente na expressão do caráter, pois o sistema de cultivo foi semelhante em todos os locais. Os resultados vão de encontro aos resultados de Carvalho et al. (2014), que evidenciaram maiores alturas de planta em cultivares de milho quando cultivados em sistema sequeiro.

O número de fileiras por espiga foi maior para as cultivares P3016, MG300 e FERROZ. Já o comprimento da espiga e o número de grãos por fileiras não diferiu significativamente entre as cultivares. Quando comparada a expressão do caráter entre as cultivares, não se observa

Tabela 4 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Frederico Westphalen – RS na época 1 (18/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Fungicida	AG9025	AS1730	P3016	MG300	DKB230	FEROZ	Média
Altura de planta, em cm							
Com	197,33	220,12	246,00	209,21	211,08	234,08	219,64A
Sem	196,42	219,29	240,00	200,29	207,00	232,00	215,83A
Média	196,87c	219,71b	243,00a	204,75c	209,04c	233,04a	
Comprimento de espiga, em cm							
Com	17,28	18,09	17,61	16,32	18,14	15,61	17,17A
Sem	17,37	24,77	17,61	15,75	18,54	15,58	18,27A
Média	17,32a	21,43a	17,61a	16,04a	18,34a	15,59a	
Número de fileiras por espiga							
Com	13,91	15,58	15,25	16,12	14,91	14,58	15,06A
Sem	14,50	14,83	15,66	15,50	14,66	15,41	15,09A
Média	14,20b	15,20a	15,45a	15,81a	14,79b	15,00b	
Número de grãos por fileira							
Com	29,88	30,17	33,37	29,83	32,91	27,00	30,53A
Sem	29,91	32,83	32,33	28,08	32,29	26,17	30,27A
Média	29,89b	31,50a	32,85a	28,96b	32,60a	26,58b	
Comprimento de grãos, em cm							
Com	0,94	1,10	1,06	1,00	1,12	0,98	1,03A
Sem	0,96	1,05	0,99	0,96	1,05	0,95	0,99A
Média	0,95c	1,07a	1,02b	0,98c	1,08a	0,96c	
Massa de mil grãos, em g							
Com	294,97	369,91	324,97	344,97	355,74	360,05	341,69A
Sem	287,56	345,50	306,87	360,22	369,91	336,62	334,44A
Média	291,26b	357,70a	315,92b	352,36a	362,82a	348,33a	
Percentagem de grãos deteriorados, em %							
Com	10,42	1,04	10,58	5,83	11,37	4,04	7,21A
Sem	9,79	2,00	7,71	9,00	7,25	6,04	6,96A
Média	10,10a	1,52b	9,14a	7,41a	9,31a	5,04b	
Produtividade de grãos, em Mg ha ⁻¹							
Com	6,69	10,28	10,37	9,19	9,19	8,19	9,00A
Sem	6,64	11,09	9,68	6,92	9,42	8,00	8,63A
Média	6,67c	10,69a	10,02a	8,05b	9,34a	8,10b	

Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

Tabela 5 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Frederico Westphalen - RS na época 2 (06/11/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Fungicida	AG9025	AS1730	P3016	MG300	DKB230	FEROZ	Média
Altura de planta, em cm							
Com	202,08	228,71	234,83	204,71	231,38	235,71	222,90A
Sem	196,04	235,00	241,79	211,42	237,25	229,79	225,21A
Média	199,06b	231,85a	238,31a	208,06b	234,31a	232,75a	
Comprimento de espiga, em cm							
Com	15,30	15,42	16,24	14,64	15,16	14,70	15,24A
Sem	14,88	15,26	15,73	14,61	16,53	13,73	15,12A
Média	15,09a	15,34a	15,98a	14,62a	15,85a	14,21a	
Número de fileiras por espiga							
Com	13,33	14,33	14,58	14,66	13,62	14,66	14,20A
Sem	13,50	13,58	15,83	15,25	13,91	14,83	14,48A
Média	13,41b	13,95b	15,20a	14,94a	13,77b	14,75a	
Número de grãos por fileira							
Com	25,37	26,50	25,67	26,54	25,92	27,92	26,32A
Sem	25,67	26,83	28,80	27,37	27,08	25,71	26,91A
Média	25,52a	26,66a	27,23a	26,96a	26,50a	26,81a	
Comprimento de grãos, em cm							
Com	0,81	1,05	0,92	0,88	0,86	0,85	0,89A
Sem	0,76	0,99	0,87	0,90	0,90	0,86	0,88A
Média	0,78b	1,02a	0,90b	0,89b	0,88b	0,85b	
Massa de mil grãos, em g							
Com	235,71	281,39	303,92	231,59	239,40	179,66	245,28A
Sem	192,29	266,44	262,20	282,53	246,40	205,28	242,52A
Média	214,00b	273,92a	283,06a	257,06a	242,90a	192,47b	
Percentagem de grãos deteriorados, em %							
Com	18,29	8,46	10,16	6,71	12,29	7,50	10,57A
Sem	12,71	7,00	7,29	8,08	10,54	5,46	8,51A
Média	15,50a	7,73b	8,73b	7,40b	11,41a	6,48b	
Produtividade de grãos, em Mg ha ⁻¹							
Com	1,87	5,29	3,78	3,38	3,92	4,08	3,72A
Sem	1,69	5,32	4,56	4,14	4,66	3,85	4,04A
Média	1,78c	5,31a	4,17b	3,76b	4,29b	3,96b	

Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

diferenças estatísticas, fato que pode estar relacionado à uniformidade das espigas, geralmente observadas em híbridos simples. Dentre as cultivares avaliadas o maior comprimento de grãos foi obtido pela AG9025.

As cultivares AS1730, P3016, M300 e DKB230 obtiveram as maiores médias para a variável massa de mil grãos. De acordo com Serpa et. al. (2012) a redução na massa de grãos por espiga é atribuída ao aumento da competição intraespecífica pelos recursos hídricos e nutricionais. Caso o estresse hídrico ocorra na fase de definição do número de grãos por fileira, as cultivares que estão definindo este componente podem sofrer maiores efeitos, prejudicando seu potencial produtivo.

Para a variável produtividade de grãos, a cultivar que se sobressaiu neste ambiente foi o AS1730 com média de 5,31 Mg ha⁻¹. À vista disso, cabe citar que os cultivares AG9025 e DKB 230, foram aqueles que obtiveram maior percentagem de grãos deteriorados, o que mantém relação à maior suscetibilidade aos danos de cigarrinha. Conforme Wordell Filho et al. (2018) as pragas são capazes de causar inúmeros danos expressivos nas safras de milho, exemplo disso é a cigarrinha-do-milho, a qual é um vetor de patógenos às plantas, que causa estragos de forma indireta principalmente em locais de cultivos secundários e safrinhas.

Em São Vicente do Sul ambas as épocas de semeadura foram irrigadas, o que proporcionou melhores condições para o desenvolvimento da cultura. Para o ambiente semeado na primeira época (Tabela 6), houve diferença significativa para o fator cultivar. Para a variável altura de planta as maiores médias foram obtidas para as cultivares P3016 e FERROZ. A cultivar AG9025 foi a que apresentou maior comprimento de espiga. O que pode estar relacionado ao ambiente de cultivo (DOURADO NETO, 2003).

Para a variável número de fileiras por espigas as cultivares AS1730, P3016, MG300 e DKB230 obtiveram as maiores médias. O número de grãos por espiga foi maior para cultivar P3016. A cultivar AG9025 foi a que obteve maiores médias para as variáveis comprimento de grãos e massa de mil grãos. O percentual de grãos deteriorados foi maior para cultivar DKB230. Para este ambiente as cultivares que apresentaram maior produtividade foram P3016 e AG9025 com médias de produtividade de 12,69 Mg ha⁻¹ e 12,62 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Na segunda época de semeadura (Tabela 7) houve diferença significativa para o fator cultivar e interação entre fungicida x cultivar para as variáveis massa de mil grãos e percentagem de grãos deteriorados. A cultivar AG9025 obteve maiores médias para as variáveis massa de mil grãos, porcentual de grãos deteriorados e comprimento de espiga. O que pode ser justificado através das práticas de manejo realizadas na cultura de milho (KAPPES et al., 2011).

Tabela 6 - Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em São Vicente do Sul - RS na época 1 (22/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Fungicida	AG9025	AS1730	P3016	MG300	DKB230	FEROZ	Média
Altura de planta, em cm							
Com	238,66	235,75	256,21	225,62	234,33	243,54	239,02A
Sem	245,33	237,50	252,25	239,29	241,83	254,50	245,12A
Média	242,00b	236,62b	254,23a	232,46b	238,08b	249,02a	
Comprimento de espiga, em cm							
Com	19,05	17,96	17,50	15,40	17,31	16,64	17,31A
Sem	18,76	17,20	18,18	16,91	16,61	16,62	17,38A
Média	18,90a	17,58b	17,84b	16,15c	16,96c	16,63c	
Número de fileiras por espiga							
Com	14,25	15,08	15,91	15,16	15,58	15,00	15,16A
Sem	14,33	15,41	16,08	15,50	15,58	14,91	15,30A
Média	14,29b	15,25a	16,00a	15,33a	15,58a	14,95b	
Número de grãos por fileira							
Com	37,08	35,25	38,75	30,83	32,71	29,63	34,04A
Sem	37,83	32,50	41,42	34,58	32,29	30,21	34,80A
Média	37,46b	33,87c	40,08a	32,71c	32,50c	29,92d	
Comprimento de grãos, em cm							
Com	1,27	1,18	1,16	1,13	1,17	1,05	1,16A
Sem	1,24	1,19	1,19	1,14	1,16	1,07	1,17A
Média	1,26a	1,18b	1,17b	1,13c	1,16b	1,06d	
Massa de mil grãos, em g							
Com	449,31	403,04	349,19	356,66	381,64	391,99	388,64A
Sem	443,03	388,91	331,39	379,08	373,16	382,18	382,96A
Média	446,17a	395,97b	340,29c	367,87b	377,40b	387,09b	
Percentagem de grãos deteriorados, em %							
Com	2,54	1,12	2,21	0,29	7,90	0,29	2,39A
Sem	1,17	1,42	0,67	0,67	5,83	0,92	1,78A
Média	1,85b	1,27b	1,44b	0,48b	6,86a	0,60b	
Produtividade de grãos, em Mg ha ⁻¹							
Com	13,19	10,71	12,49	9,72	10,21	8,39	10,80A
Sem	12,06	10,48	12,89	10,66	9,57	9,09	10,79A
Média	12,62a	10,59b	12,69a	10,19b	9,94b	8,74c	

Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

Para a variável altura de plantas, as cultivares P3016 e FERROZ foram as que apresentaram maiores médias. A cultivar P3016 obteve as maiores médias para as variáveis número de fileira por espiga e número de grãos por fileiras. A cultivar FERROZ foi a que apresentou menor comprimento de grãos. Para este ambiente as maiores produtividades obtidas foram das cultivares AS1730, P3016 e MG300 com médias de 10,07 Mg ha⁻¹, 9,76 Mg ha⁻¹ e 9,62 Mg ha⁻¹, respectivamente. As cultivares com as menores produtividades foram AG9025, FERROZ e DKB230 respectivamente.

Que segundo o Manual de Recomendações Técnicas da Cultura do Milho (2017), mesmo não havendo diferença significativa para produtividade de grãos, a qualidade dos grãos que foi mensurado pelo percentual de grãos deteriorados, pode ser um fator decisivo para a utilização de fungicidas, visto que o percentual de grãos deteriorados pode estar relacionado a presença de fungos que danificam o grão e conseqüentemente produzem micotoxinas. Mesmo não ocorrendo diferenças significativas para a produtividade, a utilização de fungicidas por produtores que não têm acesso à tecnologia de aplicação aérea de fungicidas pode ser uma ferramenta importante, visando melhorar a qualidade de grãos e problemas com micotoxinas.

Além disso, Prestes et al. (2019) ressalta que a presença de micotoxinas se dá principalmente devido a umidade, maior temperatura e o tempo de armazenamento dos grãos, visto que a partir desses fatores ocorre a diminuição em termos de produtividade e qualidade. Ademais, é recrudescente pontuar que as micotoxinas também apresentam riscos à saúde, seja ela animal e/ou humana, logo, é preciso considerar tanto as etapas da pré quanto a pós-colheita do milho, para que seja possível evitar ou reduzir a presença de micotoxinas nos grãos.

A aplicação de fungicida na cultura do milho tem demonstrado bons ganhos de produtividade ou manutenção, isso ocorre principalmente devido ao controle das principais doenças que atacam a cultura de forma muito eficiente quando aplicados de forma correta (LAGO; NUNES, 2008). No presente estudo, o desempenho agrônômico de cultivares de milho cultivadas em primeira safra em locais de clima subtropical, não apresentou resposta para o manejo de fungicida para a variável produtividade de grãos. Fatores como, menor precipitação e resistência genética das cultivares podem estar associados para esse resultado em Frederico Westphalen e Santa Maria.

Para os ambientes irrigados em São Vicente do Sul, isto pode estar associado a resistência genéticas das cultivares e menor presença de inóculo de fungos, devido à limitada área de cultivo de milho na região. Para que a cultura do milho obtenha produtividades superiores de grãos, fatores como condições climáticas e aplicações de fungicidas para controle

Tabela 7- Médias da altura de planta, comprimento de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento de grãos, massa de mil grãos, percentagem de grãos deteriorados e produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em São Vicente do Sul - RS na época 2 (31/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Fungicida	AG9025	AS1730	P3016	MG300	DKB230	FEROZ	Média
Altura de planta, em cm							
Com	242,54	243,75	270,96	244,08	235,33	275,17	251,97A
Sem	243,33	242,58	282,54	250,71	260,87	279,87	259,98A
Média	242,94b	243,16b	276,75a	247,39b	248,10b	277,52a	
Comprimento de espiga, em cm							
Com	19,78	18,71	17,42	17,42	17,26	17,96	18,09A
Sem	23,56	18,01	18,94	15,85	18,71	16,74	18,63A
Média	21,67a	18,36b	18,18b	16,63b	17,98b	17,35b	
Número de fileiras por espiga							
Com	13,83	14,58	16,83	16,00	14,50	14,50	15,04A
Sem	14,33	14,41	16,66	15,66	15,25	15,08	15,23A
Média	14,08d	14,50c	16,75a	15,83b	14,87c	14,79c	
Número de grãos por fileira							
Com	31,25	32,29	35,62	30,29	30,91	31,17	31,92A
Sem	33,12	32,00	38,87	29,00	33,54	30,83	32,87A
Média	32,18b	32,14b	37,25a	29,64b	32,23b	31,00b	
Comprimento de grãos, em cm							
Com	1,13	1,20	1,16	1,12	1,12	1,01	1,12A
Sem	1,10	1,14	1,14	1,07	1,13	1,02	1,10A
Média	1,11a	1,17a	1,15a	1,10a	1,12a	1,01b	
Massa de mil grãos, em g							
Com	459,57Aa	419,07Aa	291,01Bc	367,41Ab	365,16Ab	348,78Ab	375,16
Sem	350,10Ba	403,70Aa	342,60Aa	366,62Aa	368,26Aa	334,38Aa	360,94
Média	404,83	411,38	316,80	367,01	366,71	341,58	
Percentagem de grãos deteriorados, em %							
Com	14,41Aa	2,04Ab	2,96Ab	3,58Ab	3,29Ab	1,83Ab	4,68
Sem	6,04Ba	2,91Aa	3,41Aa	3,08Aa	4,37Aa	0,41Aa	3,37
Média	10,22	2,47	3,18	3,33	3,83	1,12	
Produtividade de grãos, em Mg ha ⁻¹							
Com	8,12	10,42	9,47	9,63	8,94	8,31	9,15A
Sem	8,43	9,73	10,05	9,61	8,85	8,75	9,23A
Média	8,27b	10,07a	9,76a	9,62a	8,89b	8,53b	

Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

das doenças foliares são fundamentais para o desempenho da cultura (COSTA et al., 2012).

Observou uma relação direta das variáveis comprimento de espiga, número de fileiras, comprimento de grãos e massa de mil grãos no desempenho de produtividade dos cultivares. Também pode-se constatar a influência da época de semeadura e temperatura do ar no desempenho das cultivares. Cultivares com maior potencial produtivo são mais sensíveis às variações climáticas então necessitam de melhores condições climáticas e de manejo. Já as cultivares com maior estabilidade têm menor variações de produtividade, no entanto, frequentemente apresentam limitações para altos potenciais de produtividade de grãos.

Para o presente estudo, a avaliação de cultivares de milho em ambiente subtropical, não ocorreu diferença para o fator fungicida, mas ocorreu diferenças significativas para o percentual de grãos deteriorados para São Vicente do Sul na segunda época de semeadura. Ainda foi possível verificar os benefícios do uso do fungicida na cultura do milho estão relacionados a resistência genética das cultivares, época de semeadura e condições climáticas. Portanto, é importante a escolha e posicionamento correto de cultivares de milho de acordo com o nível tecnológico do produtor, local e época de semeadura para que assim seja possível obter resultados positivos de produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

A resistência genética das cultivares, baixa precipitação pluviométrica e menor pressão de inóculo de fungos na área de cultivo contribuem para reduzir a incidência e taxa de progresso de doenças fúngicas na cultura do milho, em ambiente subtropical. Devido as variações no ambiente de cultivo e a fatores edafoclimáticos existem respostas diferentes de acordo com o local de cultivo.

Para a avaliação do desempenho agrônômico do cultivo de milho de primeira safra em ambiente subtropical, em ano com baixa precipitação pluviométrica existe uma tendência de maiores diferenças de médias para o fator cultivar, que o fator uso de fungicida.

A variável percentual de grãos deteriorados, para os três locais, a segunda época de semeadura foi a que apresentou maiores percentuais de grãos deteriorados, indicando que semeaduras precoces podem ser uma estratégia para o manejo integrado de doenças que deterioram os grãos.

Portanto, para a relação entre desempenho agrônômico e época de semeadura, nos três locais de cultivo as maiores médias de produtividade foram na primeira época, indicando que

para ambiente subtropical no sul do Brasil é importante a antecipação de semeadura em cultivo de primeira safra.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: < <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078>> Acesso em: 10 mai. 2022.

ASSEFA, Y.; CARTER, P.; HINDS, M.; BHALLA, G.; SCHON, R.; JESCHKE, M.; PASZKIEWICZ, S.; CIAMPITTI, I. S. Analysis of Long Term Study Indicates Both Agronomic Optimal Plant Density and Increase Maize Yield per Plant Contributed to Yield Gain. **Scientific Reports**. v.8, 2018.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.

BRANDÃO, A. M.; JULIATTI, F. C.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; VALE, F. X. R.; HAMAWAKI, O. T. Fungicidas e épocas de aplicação no controle da ferrugem comum (*Puccinia sorghi* Schw.) em diferentes híbridos de milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 43-52, 2003.

BOLLER, W. et al. Tecnologia de aplicação de fungicidas - parte II. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 16, p. 85-132, 2008.

CARVALHO, I. R. et al. Desempenho agrônomico de híbridos de milho em ambiente irrigado e sequeiro. Enciclopédia Biosfera 10: 1144-1153, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Série histórica das safras: Soja**. 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/910-Milho>> Acesso em: 13 de jun. de 2022.

COSTA, E. F. N. et al. Interação entre genótipos e ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45: 1433-1440, 2010.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Universidade Federal de Viçosa, 480p, 2004.

CHAVAGLIA, A. C.; CIVARDI, E.A; PINTO, J. F. N; DOS REIS, E. F. Dissimilaridade genética para resistência a doenças foliares associado ao potencial agrônomico em milho. **Revista Caatinga**, v.33, n.4, p. 936-944, 2020.

DARÓS, R. **Cultura do Milho**: manual de recomendações técnicas. Mato Grosso do Sul. Agência Regional de Dourados. (AGRAER). Disponível em: <http://www.agraer.ms.gov.br/wp->

content/uploads/2015/05/Manual_de_recomenda%C3%A7%C3%B5es_t%C3%A9cnicas_cultura_do_milho.pdf. Acesso em: 26 maio 2022.

DOURADO-NETO, D. et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 2: 63-77, 2003.

EMBRAPA. Reunião técnica anual de pesquisa de milho, 62.; Reunião técnica anual de pesquisa de sorgo. **Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul**. Safras 2017/2018 e 2018/2019. 45. IFRS, Sertão, 2017.

EVANS, L. T.; R. A. FISCHER. Yield Potential: Its Definition, Measurement, and Significance. *Crop Science*. v.39, p. 1544-1551, 1999.

FANCELLI, A. L. Milho: estratégias de manejo. USP/ESALQ/LPV, 180p., 2013.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; ROSSI, E. S.; JÚNIOR, O. P.; GABRIEL, A.; MENDES, M. C.; SCAPIM, C. A.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para produção de grãos e severidade de doenças foliares em dialelo circulante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.1, p. 116-129, 2015.

GRASSINI, P. et al. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. **Field Crops Research**, v.179, p.150-163, 2015.

HANASHIRO, R. K.; MINGOTTE, F. L. C.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho fenológico, morfológico e agrônômico de cultivares de milho em Jaboticabal-SP. **Científica**, v. 41, p. 226-234, 2013.

KAPPES, C. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, p. 334-343, 2011.

KIMATI, H. et al. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. **Ceres**, 4.ed. 663p, 2005.

KUMAR, V. et al. Correlation, path and genetic diversity analysis in maize (*Zea mays* L.). *Environment & Ecology* 33: 971–975, 2015.

LAGO, F. L.; NUNES, J. Avaliação da produtividade de milho em relação à aplicação de fungicidas em diferentes estádios. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 17-23, 2008.

LOPES, S. J. et al. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural** 37: 1536-1542, 2007.

MADDONNI, G. A.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 183-193, 2001.

MCDONALD, B. A.; LINDE, C. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. **Euphytica** 124, p. 163-180, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1015678432355>>. Acesso em: 15 de jul. de 2020.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F. Época de aplicação de fungicida na cultura do milho segunda safra. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n.2, Mar-Abr. p. 61-71, 2019.

KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. cap. 55, p. 477-488, 2005.

NANUCI, R. L. Aplicação de fungicidas multissítios em mistura de forma isolada no manejo da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. **Dissertação**. Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2020.

PRESTES, I. D. et al. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 10, n. 4, p. 559-570, out. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207799172019000400013&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 23 de maio de 2022. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.13>.

SANGOI, L. et al. Perfilhamento e prolificidade como características estabilizadoras do rendimento de grãos do milho, em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 9: 254-265, 2010.

SERPA, M. S. et al. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47: 541-549, 2012.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; MARTINS, P. D. S. Desempenhos agrônômico e econômico de cultivares de milho na safrinha. **Revista Agrarian**, v. 8, p. 1-11, 2015.

SILVA, R. S. et al. Danos na cultura do milho em função da redução de área foliar por desfolha artificial e por doenças. **Summa Phytopathologica [online]**. 2020, v. 46, n. 4 Acesso em: 26 maio 2022, pp. 313-319. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-5405/231093>>. Epub 15 Jan 2021. ISSN 1980-5454. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/231093>.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: **Embrapa**, 356 p., 2018.

VILELA, R.G.; ARF, O.; KAPPES, C.; KANEKO, F.H. GITTI, D.C; FERREIRA, J.P. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em função da aplicação foliar de fungicidas**. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 25-33, Jan./Feb. 2012.

WORDELL FILHO, J. A., RIBEIRO, L. P., CHIARADIA, L. A., MADALÓZ, J. C., NESI, C. N. **Pragas e doenças do milho**: diagnose, danos e estratégias de manejo. Boletim Técnico, 84, 2018.

4 ARTIGO 2 – VIABILIDADE ECONÔMICA ASSOCIADO AO MANEJO DE FUNGICIDA NA CULTURA DO MILHO

RESUMO

O aumento da demanda por alimento em muitos países evidencia a importância de estudos relacionados à produção de grãos de culturas comumente usadas na alimentação humana e animal. Avaliar a eficiência econômica de práticas agronômicas, como o uso de fungicidas são importantes para a viabilidade de cultivo de milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica do manejo de fungicida na cultura do milho em ambientes subtropical no sul do Brasil. Os experimentos a campo foram conduzidos com duas épocas de semeadura nos municípios de Santa Maria, São Vicente do Sul e Frederico Westphalen no estado do Rio Grande do Sul. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. A parcela principal foi formada pelos dois níveis do fator fungicida (com e sem) e subparcela pelos seis níveis do fator cultivar de milho (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 e FERROZ). Na colheita foram avaliados a massa de grãos de 216 parcelas experimentais para determinar a produtividade de grãos. Para a avaliação da viabilidade econômica foram estimados os custos de produção, considerando o custo para duas aplicações de fungicida e o valor médio de comercialização do produto nas últimas três safras. Portanto, os resultados de produtividade de grãos das cultivares com aplicação de fungicidas apresentaram inconsistência em condições de baixa severidade de doenças. A avaliação da rentabilidade econômica na cultura do milho em ambientes subtropicais no Sul do Brasil permitiu constatar que as cultivares mais suscetíveis em condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, apresentam melhor custo-benefício da aplicação de fungicidas.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Manejo cultural; Produtividade de grãos; Híbridos de milho; Estresse hídrico.

ABSTRACT

The increase in demand for food in many countries highlights the importance of studies related to the production of grains from crops commonly used in human and animal food. Assessing the economic efficiency of agronomic practices, such as the use of fungicides, is important for the viability of corn cultivation. The objective of this work was to evaluate the economic viability of fungicide management in corn in subtropical environments in southern Brazil. Field experiments were carried out with two sowing dates in the municipalities of Santa Maria, São Vicente do Sul and Frederico Westphalen in the state of Rio Grande do Sul. The experimental design used was randomized blocks with split plots. The main plot was formed by the two levels of the fungicide factor (with and without) and the subplot by the six levels of the maize cultivar factor (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 and FERROZ). At harvest, the grain mass of 216 experimental plots were evaluated to determine grain yield. For the evaluation of the economic viability, the production costs were estimated, considering the cost for two fungicide applications and the average value of commercialization of the product in the last three harvests. Therefore, the results of grain yield of cultivars with fungicide application showed inconsistency under conditions of low disease severity. The evaluation of the economic profitability of corn in subtropical environments in southern Brazil showed that the most susceptible cultivars in conditions favorable to the development of diseases, present better cost-benefit of the application of fungicides.

Key words: *Zea mays* L.; Cultural management; Grain productivity; Corn hybrids; Hydrical stress.

INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento da população mundial, estudos visando aumentar a produtividade vertical de grãos vêm se tornando importantes, objetivando suprir a demanda de alimentos e de renda em muitos países (GRASSINI et al., 2015). Porém suprir a demanda de alimentos é um dos principais desafios encontrados pela agricultura, com disponibilidade limitada de terras agricultáveis (HERTEL, 2011). E na tentativa de melhorar a produtividade de grãos, os manejos visam o aumento da eficiência no uso de recursos na agricultura, fator fundamental para que haja sustentabilidade na intensificação da produção (MUELLER et al., 2012).

Neste sentido, a cultura do milho (*Zea mays* L.) em virtude de seus usos na alimentação humana, animal e produção de biocombustíveis (CASSMAN et al., 2003), se torna uma das principais cultura de grão produzida, o que ocasionará um aumento na produção no próximos anos para suprir a demanda mundial (TILMAN et al., 2011).

Para suprir a demanda do mercado um dos aspectos estudados é o melhoramento genético de milho, que nos últimos anos tem considerado a seleção de cultivares mais produtivas e com menor ciclo, ajustado ao período mais favorável para o crescimento e o desenvolvimento. No entanto, esta cultura apresenta alguns problemas, um exemplo disso, são os danos causados por doenças na que vêm se intensificando devido a diversos fatores, como a ampliação das épocas de cultivo no Brasil e a utilização de novas técnicas de cultivo com semeadura antecipada sob irrigação, semeadura de primeira e segunda safra, que proporcionam uma continuidade temporal da cultura no campo (KIMATI et al., 2005).

Estes patógenos estão constantemente evoluindo e a presença de mutação natural faz com que ocorra quebra de resistência genética em plantas, sendo a frequência destas mutações relacionadas com o tamanho da população (MCDONALD & LINDE, 2002). Desta forma, condiciona a necessidade de um manejo integrado de doenças, em que além da utilização de resistência genética, boas práticas agronômicas de cultivo sejam utilizadas e quando necessário o uso de fungicidas (FANCELLI, 2013).

O uso de fungicidas em lavouras comerciais de milho nos últimos anos tem aumentado de forma significativa nas principais regiões produtoras da cultura (CUNHA et al., 2010). Vários trabalhos têm demonstrado a eficiência dos fungicidas no manejo das doenças foliares e na redução dos danos por elas causadas na produtividade da cultura do milho (CUNHA et al., 2010; JULIATTI et al., 2007). No entanto, os efeitos fisiológicos dos fungicidas tem sido bastante discutida, em algumas situações têm divulgado o uso desses fungicidas para o manejo

de estresses bióticos e abióticos, sugerindo um potencial aumento de produtividade mesmo na ausência de doenças no campo (WISE; MUELLER, 2011).

Entretanto, os resultados de pesquisa indicam efeitos fisiológicos benéficos dos fungicidas são extremamente variáveis dependendo da cultura, da presença e severidade das doenças, da época de aplicação, dos produtos utilizados e das condições ambientais apresentando, em alguns casos, efeitos negativos na produtividade (BELOW et al., 2009). Existem poucos resultados de pesquisa quantificando o potencial de aumento da produtividade da cultura do milho com aplicações de fungicidas (WISE; MUELLER, 2011).

Assim, uma análise econômica da resposta de cultivares de milho submetidas, ou não, à aplicação de fungicidas tem sido apresentada em alguns trabalhos de pesquisa realizados nos Estados Unidos (PAUL et al., 2011; WISE; MUELLER, 2011). Verificou-se, nestes trabalhos, uma inconsistência do impacto dos tratamentos na produtividade das cultivares, quando se compararam áreas pulverizadas com fungicidas e áreas não pulverizadas. Fatores como o nível de resistência da cultivar, pressão de doenças, época de aplicação, sistema produtivo, fungicida utilizado e condições climáticas podem interferir no resultado da aplicação dos fungicidas na produtividade das cultivares de milho.

Um entendimento melhor desses fatores é necessário antes da recomendação da aplicação destes fungicidas. No Brasil, os resultados de pesquisa publicados se limitam à avaliação da eficiência dos fungicidas para o controle de doenças específicas e na produtividade de grãos das cultivares. A utilização dos fungicidas e a proporção dos benefícios econômicos desses fungicidas tem sido bastante questionada por parte de alguns patologistas de milho (MUNKVOLD et al., 2001). Assim, para ampliar conhecimentos relacionados ao uso de fungicidas na cultura do milho, este trabalho teve como objetivo a realização de uma análise da viabilidade técnica e econômica da aplicação de fungicidas na produtividade de grãos de cultivares de milho em ambientes subtropicais de cultivo no Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no ano agrícola 2020/2021 nos municípios de Santa Maria, Frederico Westphalen e São Vicente do Sul no Estado do Rio Grande Do Sul. A condução do experimento em Santa Maria ocorreu na área de pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, no Departamento de Fitotecnia, localizada na região fisiográfica da depressão central (29° 43' 28" S, 53° 43' 41" W e altitude de 95 m).

O clima é caracterizado como subtropical úmido Cfa, sem estação seca definida, e com precipitação média de 1616 mm ao ano (ALVARES et al., 2013). O solo característico do local é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS, 2018).

Em Frederico Westphalen, o experimento foi instalado na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, localizada na região do Alto Uruguai (27° 23' 42" S, 53° 25' 43" W e altitude de 480 m). A classificação climática da região, segundo Köppen, é Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com precipitação média anual de 1881 mm e temperatura em média de 19,1°C. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (SANTOS, 2018).

A área experimental em São Vicente do Sul foi no Instituto Federal Farroupilha localizada na depressão central (29° 42' 27" S, 54° 41' 34" W e altitude de 129 m) e contou com irrigação suplementar. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido e com precipitação anual de 1561 mm (ALVARES et al., 2013). O solo do local é classificado como Argissolo Distrófico cinza-marrom (Santos, 2018), apresentando um horizonte superficial Ap, com a transição para o horizonte B textural com 0,3 m de profundidade.

A primeira época de semeadura foi realizada nas datas de 14, 18 e 22 de setembro de 2020 e a segunda época nas datas de 23 de outubro, 06 de novembro e 31 de outubro de 2020, respectivamente nos locais de Santa Maria, Frederico Westphalen e São Vicente do Sul. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições em ambos os locais e épocas de semeadura. Cada unidade experimental foi composta por seis fileiras de semeadura em espaçamento de 0,50 m entre fileiras e com 5 m de comprimento. A parcela principal foi formada pelos dois níveis do fator fungicida (com e sem). A subparcela pelos seis níveis do fator cultivar de milho (AG9025, AS1730, P3016, MG300, DKB230 e FERROZ) com aplicação e sem aplicação de fungicida, totalizando doze tratamentos.

As cultivares que foram utilizadas são híbridos simples, exceto o FERROZ que é híbrido triplo, ambas com bom potencial produtivo, de grupos de maturação semelhantes representando as cultivares utilizadas por produtores nas regiões de estudo. As unidades experimentais foram adubadas com base na interpretação da análise do solo realizada na área experimental antes da implantação do experimento e considerando as recomendações do manual de adubação e calagem, para expectativa de 12 t ha⁻¹ de grãos (CQFS-RS/SC, 2016). A adubação de fósforo e potássio foi depositada no sulco de semeadura com o auxílio de sulcadores, a adubação nitrogenada foi aplicada na forma de uréia em cobertura quando as plantas estavam nos estádios V4 e V8.

A aplicação de fungicida ocorreu simulando um pulverizador de arrasto, correspondendo ao manejo adotado por muitos produtores de milho, possibilitando a entrada na lavoura somente durante o período vegetativo. Foram realizadas duas aplicações de fungicida em V8 + VT (pré-florescimento) (MOTERLE; SANTOS, 2019).

Os fungicidas aplicados são do grupo químico Propiconazol e Picoxistrobina + Ciproconazol, visando o controle das principais doenças (Tabela 2), como a *Pantoea ananatis*, *Exserohilum turcicum* (Pass.) Shoemaker, *Cercospora zea-maydis* (T. Daniels), *Puccinia polissora* Underw., *Puccinia sorghichw* *Stenocarpella macrospora* (Earle) Sutton e assim avaliar a viabilidade econômica do manejo de fungicida na cultura do milho. Os tratamentos culturais foram adotados conforme as indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do RS (EMBRAPA, 2017).

O nível tecnológico utilizado no estudo pode ser considerado médio/alto, pois mesmo utilizando boas práticas agrônômicas para alto potencial produtivo, a prática de irrigação foi realizada somente em duas épocas de semeadura dos experimentos em São Vicente do Sul. A irrigação suplementar em São Vicente do Sul foi realizada por meio de pivô central devido às características do solo arenoso e por ser entre os ambientes de estudo, o local com a menor série histórica de precipitação.

No experimento foi utilizada uma área útil de 8 m² (4 linhas centrais x 4 m centrais das linhas) de cada parcela para estimar a produtividade de grãos. A colheita foi realizada quando os grãos atingiram 20% de umidade, então foi avaliada a massa resultante de cada parcela corrigida para 13% de umidade e determinada a produtividade de grãos.

Na avaliação da análise econômica, a metodologia utilizada para o levantamento dos custos de produção foi a do custo operacional de produção, proposto por Matsunaga et al. (1976). O custo operacional efetivo (COE) engloba despesas com fertilizantes, agrotóxicos (exceto fungicida), gastos com operações de máquinas e de mão-de-obra.

O custo operacional total (COT) foi obtido pela soma do COE e despesas com depreciação de máquinas, equipamentos, encargos financeiros e outras despesas fixas. Para os tratamentos no qual foi realizado a aplicação de fungicida, o custo do fungicida (CF) foi considerado para duas aplicações, e em virtude de os tratamentos terem recebido diferentes manejos de fungicidas (sem e com) e custo para aquisição das sementes (CAS), o custo operacional total de produção foi diferente para cada tratamento. Desta forma, o COT para cada cultivar, por unidade de área (ha), foi calculado pela expressão:

$$COT = COE + CAS + CF$$

Nos ambientes de São Vicente do Sul (época 1 e época 2) ainda foi considerado o valor do custo da irrigação. Para a análise de rentabilidade foram utilizados os indicadores de Martin et al. (1998), conforme segue:

- (i) Receita Bruta Total (RBT): valor obtido, em R\$ ha⁻¹, do produto do volume produzido de grãos (PROD), para cada cultivar, em sacas ha⁻¹, e o preço recebido (P) pelo cereal (R\$45,52 saca⁻¹) no mês de maio na média das três últimas safras, 18/19, 19/20 e 20/21 (Indicador do milho ESALQ/BM&FBOVESPA) dado pela seguinte expressão: $RBT = PROD * P$;
- (ii) Receita Líquida Operacional (RLO): diferença, em R\$ ha⁻¹, da RBT e o COT, sendo viável economicamente a cultivar que apresentar valor positivo, utilizando a seguinte expressão: $RLO = RBT - COT$;
- (iii) Índice de Lucratividade da Cultivar (IL): resultado, em percentagem, da relação entre a RLO e a RBT, representando a taxa disponível de receita após o pagamento de todos os custos operacionais; objetiva-se identificar a cultivar que apresentar maior IL, dado pela seguinte expressão: $IL = ((RLO/RBT)*100)$;
- (iv) Margem Bruta (MB): representada, em percentagem, a taxa de retorno da atividade para cobrir os custos, remunerar os riscos e a capacidade empresarial do cultivo do milho, sendo ideal da cultivar que apresentar $MB \geq 0$, dada pela seguinte expressão: $MB = [(RBT - COT)/COT]*100$;
- (v) Preço de Equilíbrio (PE): resultado, em R\$ saca⁻¹, da relação entre o COT e a produtividade alcançada (Y), expresso em: $PE = COT/PROD$;
- (vi) Ponto de Equilíbrio (PEQ): rendimento mínimo, em R\$ ha⁻¹, a ser alcançado para cobrir os custos operacionais levando-se em consideração o valor de mercado da saca de milho na colheita (R\$ 45,52), dado pela seguinte expressão: $PEQ = COT/P$.

Em síntese, a cultivar mais interessante para cultivo do ponto de vista econômico será aquela que apresentar maiores RLO, IL e MB. Além disso, avaliou-se a rentabilidade do uso de fungicida (RUF) em relação tratamentos aplicados as cultivares (sem e com fungicida), levando-se em consideração o valor de venda da saca do grão e o custo operacional total das cultivares, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$RUF = \frac{((Prod\ Cul\ (cf) - Prod\ Cul\ (sf)) * 1000)}{60} * VMC\ (saca) - (COT\ Cul\ (cf) - COT\ Cul\ (sf))$$

Nesta expressão tem-se:

Prod Cul (cf): Produtividade de grãos da cultivar com aplicação de fungicida;

Prod Cul (sf): Produtividade de grãos do cultivar sem aplicação de fungicida;

VMC (saca): Valor médio de comercialização da saca de milho;

COT Cul (cf): custo operacional total para a implantação de um hectare da cultivar com aplicação de fungicida (cf);

COT Cul (sf): custo operacional total para a implantação de um hectare da cultivar sem aplicação de fungicida (sf).

A análise estatística foi realizada para as características agrônômicas, exceto para as variáveis econômicas (RBT, COT, RLO, RUF, IL, MB, PE e PEQ). Inicialmente, utilizou-se o teste F e em seguida o de Scott Knott, ambos a 5% de probabilidade de erro, para agrupamento das médias dos tratamentos quando constatada significância para a fonte de variação cultivares. Para esta análise de escolha de cultivares visando a diversificação genética no cultivo, com viabilidade econômica e permitindo minimizar a perda de produtividade por doenças fúngicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, pode-se verificar o baixo coeficiente de variação para a produtividade de grãos (Tabela 1), sem diferenças significativas entre bloco e para o fator fungicida. O fator cultivar em todos os ambientes analisados e a interação fungicida x cultivar na época 2 em Santa Maria, apresentaram diferenças significativas para a variável produtividade de grãos.

Tabela 1 - Valor-p (Pr>Fc) para as fontes de variação (bloco, fungicida, cultivar e fungicida×cultivar) nos locais de condução dos experimentos em Santa Maria época 1 (SM1) e época 2 (SM2), Frederico Westphalen época 1 (FW1) e época 2 (FW2), São Vicente do Sul época 1 (SVS1) e época 2 (SVS2) para o caractere produtividade de grãos (PROD, em t ha⁻¹), de seis cultivares de milho.

Fonte de variação	GL	SM1	SM2	FW1	FW2	SVS1	SVS2
		PROD Pr>Fc	PROD Pr>Fc	PROD Pr>Fc	PROD Pr>Fc	PROD Pr>Fc	PROD Pr>Fc
Bloco	2	0,271	0,435	0,331	0,155	0,070	0,402
Fungicida	1	0,498	0,936	0,238	0,110	0,958	0,634
Cultivar	5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,001*
Fungicida×Cultivar	5	0,571	0,033*	0,144	0,692	0,108	0,689
CV 1 - Fungicida (%)		7,73	18,73	7,60	8,85	5,21	5,11
CV 2 - Cultivar (%)		10,00	8,41	10,67	19,96	6,44	7,86

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

GL: Graus de Liberdade; CV: Coeficiente de variação

Na análise da produtividade de grãos (Tabela 2), pode-se destacar que as cultivares AS1730 e P3016 estiveram entre as mais produtivas nos diferentes ambientes, onde é oportuno destacar o fato destas cultivares serem de interesse entre os produtores rurais. Estes fatores estão diretamente relacionados à resposta das cultivares às condições de cultivo (EMYGDIO et al., 2007). Além disso, a produtividade influencia a rentabilidade da cultura, por ser um dos principais componentes que viabilizam o cultivo.

Tabela 2 - Médias de produtividade de grãos, de seis cultivares de milho avaliados em Santa Maria - RS, Frederico Westphalen - RS e São Vicente do Sul - RS na época 1 e época 2, respectivamente.

Fungicida	AG9025	AS1730	P3016	MG300	DKB230	FEROZ	Média
Santa Maria - RS (época 1- 14/09/2020)							
Com	9,85	10,77	9,94	8,09	10,26	6,60	9,85A
Sem	10,31	9,93	9,21	8,88	9,75	6,28	10,31A
Média	10,08a	10,35a	9,58a	8,49b	10,01a	6,44c	
Santa Maria - RS (época 2 - 23/10/2020)							
Com	7,36Ab	10,14Aa	8,37Ab	7,73Ab	8,68Ab	5,16Ac	7,91
Sem	6,45Ab	8,36Ba	9,38Aa	7,16Ab	8,29Aa	5,02Ac	7,44
Média	6,90	9,25	8,87	7,45	8,48		
Frederico Westphalen - RS (época 1 - 18/09/2020)							
Com	6,69	10,28	10,37	9,19	9,19	8,19	9,00A
Sem	6,64	11,09	9,68	6,92	9,42	8,00	8,63A
Média	6,67c	10,69a	10,02a	8,05b	9,34a	8,10b	
Frederico Westphalen - RS (época 2 - 06/11/2020)							
Com	1,87	5,29	3,78	3,38	3,92	4,08	3,72A
Sem	1,69	5,32	4,56	4,14	4,66	3,85	4,04A
Média	1,78c	5,31a	4,17b	3,76b	4,29b	3,96b	
São Vicente do Sul - RS (época 1 - 22/09/2020)							
Com	13,19	10,71	12,49	9,72	10,21	8,39	10,80A
Sem	12,06	10,48	12,89	10,66	9,57	9,09	10,79A
Média	12,62a	10,59b	12,69a	10,19b	9,94b	8,74c	
São Vicente do Sul - RS (época 2 - 31/10/2020)							
Com	8,12	10,42	9,47	9,63	8,94	8,31	9,15A
Sem	8,43	9,73	10,05	9,61	8,85	8,75	9,23A
Média	8,27b	10,07a	9,76a	9,62a	8,89b	8,53b	

*Médias não seguidas por mesma letra maiúscula na coluna (comparação de fungicidas) e minúscula na linha (comparação de cultivares) diferem a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Em contrapartida, menores produtividades de grãos foram constatadas com o FERROZ. Observa-se também que as produtividades dos híbridos simples foram superiores, isto

demonstra que essas cultivares têm desempenho produtivo superior aos híbridos triplos (ARNHOLD et al., 2010). Nestas condições as cultivares apresentaram diferentes performance ao manejo de fungicidas, isto pode estar relacionado às condições ambientais, presença de inóculo e suscetibilidade dos cultivares a doenças (FREITAS et al., 2005; SILVA et al., 2013).

Algumas cultivares apresentaram desempenho produtivo superior e rentabilidade ao uso do fungicida quando submetidas a duas aplicações. Em outras situações a mesma cultivar apresentou aumento de produtividade superior ao custo da aplicação em determinado ambiente e inferior em outro, considerando o mesmo número de aplicações e os produtos utilizados. Resultados semelhantes foram obtidos no estudo de Nelson et al., (2010).

Na avaliação da viabilidade econômica do uso de fungicida, para a primeira época de semeadura em Santa Maria (Tabela 3), a renda bruta total foi maior para a cultivar AG9025, sem a aplicação do fungicida. Enquanto o AS1730 obteve valores mais altos na presença de fungicida. Em relação a receita líquida operacional, a cultivar AG9025 apresentou maior valor e a cultivar FERROZ menor valor, sem aplicação de fungicidas. Com a utilização de fungicidas, a cultivar de maior receita líquida operacional foi AS1730 e novamente o FERROZ obteve o menor valor. Em relação à rentabilidade do uso do fungicida foi positivo para as cultivares AS1730, P3016, DKB230, FERROZ. Pois, segundo Lima et al., (2018) a aplicação de fungicida na cultura do milho tem demonstrado bons ganhos de rendimento ou manutenção da mesma, isso ocorre principalmente devido que os fungicidas controlam as principais doenças que atacam a cultura de forma eficiente quando aplicados de forma correta (LAGO; NUNES, 2008).

A cultivar AS1730 na primeira época em Santa Maria, apresentou maior índice de lucratividade e margem bruta para os tratamentos com e sem o uso de fungicidas, por outro lado, o menor índice foi o FERROZ. O ponto de equilíbrio foi maior para a cultivar AG9025, isto significa que para esta cultivar é necessário obter maior produtividade para cobrir os custos de produção. Assim sendo, para Silva et al., (2014) portanto é necessário que na escolha do híbrido leve-se em consideração, além do potencial produtivo, o custo de aquisição das sementes, visto que no ensaio, o custo de produção, exceto o valor de aquisição das sementes, foi o mesmo para todos os tratamentos (ARNHOLD et al., 2010).

A aplicação de fungicida resultou em aumento de produtividade em várias cultivares de milho nos experimentos conduzidos. No entanto, em diversas situações, esses aumentos não resultaram em benefícios econômicos, ou seja, o aumento de produtividade foi menor que o custo requerido para a realização da aplicação do fungicida, o que se assemelha aos trabalhos de Wise e Mueller (2011). Partindo para o índice de lucratividade, a primeira época foi superior,

isto justifica o posicionamento das cultivares em época ideal e manejo fitossanitário adequado para haver menor perda de produtividade, agregando em maior rentabilidade para o produtor.

Tabela 3 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO), rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Santa Maria - RS na época 1 (14/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Cultivares / Fungicida	CAS (R\$)	RBT (R\$)		COT (R\$)		RLO (R\$)		RUF
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
AG9025	1.194,80	8.178,43	7.472,87	3.524,80	3.725,00	4.653,63	3.747,87	-905,76
AS1730	812,00	7.533,56	8.170,84	3.142,00	3.342,20	4.391,56	4.828,64	437,08
P3016	986,00	6.994,91	7.548,73	3.316,00	3.516,20	3.678,91	4.032,53	353,63
MG300	730,80	6.744,55	6.145,20	3.060,80	3.261,00	3.683,75	2.884,20	-799,55
DKB230	963,96	7.404,59	7.791,51	3.293,96	3.494,16	4.110,63	4.297,35	186,72
FEROZ	628,72	4.764,43	5.007,20	2.958,72	3.158,92	1.805,71	1.848,28	42,57
Médias	886,05	6.873,52	7.025,25	3.216,05	3.416,25	3.657,47	3.609,01	-48,47
Cultivares / Fungicida	IL (%)		MB (%)		PE (R\$ Sacas ⁻¹)		PEQ (t/ha ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
AG9025	56,90	50,15	132,03	100,61	19,62	22,69	4,65	4,91
AS1730	58,29	59,10	139,77	144,47	18,98	18,62	4,14	4,41
P3016	52,59	53,42	110,94	114,68	21,58	21,20	4,37	4,63
MG300	54,62	46,93	120,35	88,45	20,66	24,16	4,03	4,30
DKB230	55,51	55,15	124,79	122,99	20,25	20,41	4,34	4,61
FEROZ	37,90	36,91	61,03	58,51	28,27	28,72	3,90	4,16
Médias	53,21	51,37	113,73	105,64	21,30	22,14	4,24	4,50

Na segunda época de semeadura em Santa Maria (Tabela 4) a cultivar que apresentou maior valor quanto a receita bruta total e receita líquida operacional sem uso de fungicidas foi P3016 e com o uso de fungicidas a AS1730. A cultivar FERROZ obteve menor receita bruta total e receita líquida operacional, tanto para os tratamentos sem e com o uso de fungicidas. As cultivares AG9025, AS1730, MG300 e DKB230 apresentaram valores positivos para a rentabilidade do uso de fungicidas. A variação nas respostas entre as diferentes épocas pode estar relacionada ao fato que na segunda época de semeadura existe mais incidência de doenças. Onde, quanto maior for a pressão de doenças nas fases de cultura posterior a polinização, maior será o retorno econômico do contexto da aplicação de fungicida (COSTA et al., 2012).

A cultivar AS1730, apresentou maior índice de lucratividade e margem bruta para os tratamentos com e sem o uso de fungicidas, por outro lado, os menores índices foram para AG9025 e FERROZ. Para o preço de equilíbrio e ponto de equilíbrio a cultivar AS1730

apresentou os melhores resultados, isto quer dizer que se pode comercializar o produto com menor preço e/ou necessita de menor produção para cobrir os custos de produção.

Com as análises do índice de lucratividade e margem bruta foi possível comprovar as vantagens do uso de fungicida em cultivares de milho. Porém o retorno econômico não depende apenas do aumento de produtividade obtido, mas, também, do custo necessário para a aplicação do fungicida e do preço de mercado da saca de milho. Destaca-se, que nem sempre o maior custo operacional, permite a obtenção de maior produtividade e retorno econômico. Isto pode ser comprovado para as cultivares AG9025, P3016, DKB230, de maiores custos de aquisição de semente entre os materiais avaliados, que apresentaram menor rentabilidade em relação às demais cultivares. A margem bruta e o índice de lucratividade auxiliam na escolha das cultivares em função do retorno econômico e do investimento na cultura.

Tabela 4 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Santa Maria - RS na época 2 (23/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Cultivares / Fungicida	CAS (R\$)	RBT (R\$)		COT (R\$)		RLO (R\$)		RUF
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
AG9025	1.194,80	4.893,40	5.583,79	3.524,80	3.725,00	1.368,60	1.858,79	490,19
AS1730	812,00	6.342,45	7.700,47	3.142,00	3.342,20	3.200,45	4.358,27	1.157,81
P3016	986,00	7.116,29	6.350,04	3.316,00	3.516,20	3.800,29	2.833,84	-966,45
MG300	730,80	5.439,64	5.872,08	3.060,80	3.261,00	2.378,84	2.611,08	232,24
DKB230	963,96	6.289,35	6.585,23	3.293,96	3.494,16	2.995,39	3.091,07	95,68
FEROZ	628,72	3.808,51	3.914,72	2.958,72	3.158,92	849,79	755,80	-93,99
Médias	886,05	5.652,07	6.001,05	3.216,05	3.416,25	2.436,02	2.584,81	148,79
Cultivares / Fungicida	IL (%)		MB (%)		PE (R\$ Sacas ⁻¹)		PEQ (t/ha ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
AG9025	27,97	33,29	38,83	49,90	32,79	30,37	4,65	4,91
AS1730	50,46	56,60	101,86	130,40	22,55	19,76	4,14	4,41
P3016	53,40	44,63	114,60	80,59	21,21	25,21	4,37	4,63
MG300	43,73	44,47	77,72	80,07	25,61	25,28	4,03	4,30
DKB230	47,63	46,94	90,94	88,46	23,84	24,15	4,34	4,61
FEROZ	22,31	19,31	28,72	23,93	35,36	36,73	3,90	4,16
Médias	43,10	43,07	75,75	75,66	25,90	25,91	4,24	4,50

Nesta análise comprovou-se a vantagem do uso de cultivares AS1730 e P3016 que por sua vez, apresentaram índices de lucratividade expressivos para as duas épocas de semeadura, com maiores percentuais de retornos ao investimento e de capacidade de remuneração dos

riscos, evidenciando a estabilidade produtiva com viabilidade econômica para uso pelos produtores. Esses retornos também são responsáveis pela diluição dos custos fixos em relação ao custo total, o que aumenta a capacidade de novos investimentos na propriedade. Todas as cultivares apresentaram pontos de equilíbrio menores que as produtividades verificadas, indicando que os resultados obtidos sugerem capacidade de cobrir os custos e até remuneração para adquirir parte dos insumos para a próxima safra (DAL MONTE et al., 2010).

Para a primeira época de semeadura em Frederico Westphalen (Tabela 5), a renda bruta e receita líquida operacional foi maior para as cultivares AS1730 e P3016, já a cultivar AG9025 apresentou menor valor, para os tratamentos sem e com a aplicação de fungicida. A rentabilidade do uso do fungicida nas cultivares P3016 e MG300, obtiveram resultados positivos para duas aplicações de fungicidas. A cultivar AS1730 apresentou o maior índice de lucratividade, margem bruta e os menores valores para o preço de equilíbrio, independente do manejo de fungicida.

Tabela 5 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Frederico Westphalen-RS na época 1 (18/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Cultivares / Fungicida	CAS (R\$)	RBT (R\$)		COT (R\$)		RLO (R\$)		RUF
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
AG9025	1.194,80	5.045,13	5.075,48	3.524,80	3.725,00	1.520,33	1.350,48	-169,85
AS1730	812,00	8.421,20	7.799,09	3.142,00	3.342,20	5.279,20	4.456,89	-822,31
P3016	986,00	7.351,48	7.867,37	3.316,00	3.516,20	4.035,48	4.351,17	315,69
MG300	730,80	5.249,97	6.972,15	3.060,80	3.261,00	2.189,17	3.711,15	1.521,97
DKB230	963,96	7.146,64	7.032,84	3.293,96	3.494,16	3.852,68	3.538,68	-314,00
FEROZ	628,72	6.069,33	6.221,07	2.958,72	3.158,92	3.110,61	3.062,15	-48,47
Médias	886,05	6.547,29	6.828,00	3.216,05	3.416,25	3.331,25	3.411,75	80,51
Cultivares / Fungicida	IL (%)		MB (%)		PE (R\$ Sacas ⁻¹)		PEQ (t/ha ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
AG9025	30,13	26,61	43,13	36,25	31,80	33,41	4,65	4,91
AS1730	62,69	57,15	168,02	133,35	16,98	19,51	4,14	4,41
P3016	54,89	55,31	121,70	123,75	20,53	20,34	4,37	4,63
MG300	41,70	53,23	71,52	113,80	26,54	21,29	4,03	4,30
DKB230	53,91	50,32	116,96	101,27	20,98	22,62	4,34	4,61
FEROZ	51,25	49,22	105,13	96,94	22,19	23,11	3,90	4,16
Médias	50,88	49,97	103,58	99,87	22,36	22,77	4,24	4,50

Já a cultivar AG9025 obteve o menor índice de lucratividade, margem bruta e os maiores valores para o preço de equilíbrio e ponto de equilíbrio. O preço de equilíbrio revela que muitas

cultivares apresentam custos elevados e/ou rendimentos baixos. E a análise do ponto de equilíbrio demonstrou que a maior parte das cultivares apresentaram produtividades superiores do necessário para se ter lucro com a cultura, nesta análise a cultivar AS1730 obteve melhor índice sobressaindo-se aos demais.

Na segunda época de semeadura em Frederico Westphalen (Tabela 6) a cultivar AS1730 apresentou maior valor para a receita bruta total e receita líquida e a cultivar AG9025 menor valor, para os tratamentos sem e com o uso de fungicidas. O maior índice de lucratividade, margem bruta e menor preço de equilíbrio foi obtido pela cultivar AS1730 nos tratamentos com e sem o uso de fungicidas, no entanto, os menores índices foram da cultivar AG9025 e FERROZ, sendo inferior ao custo de produção. Para o ponto de equilíbrio a cultivar MG300 obteve o menor valor, isto quer dizer que para este produto necessita de menor produção para cobrir os custos de produção.

Tabela 6 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em Frederico Westphalen-RS na época 2 (06/11/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Cultivares / Fungicida	CAS (R\$)	RBT (R\$)		COT (R\$)		RLO (R\$)		RUF
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
AG9025	1.194,80	1.282,15	1.418,71	3.524,80	3.725,00	-2.242,65	-2.306,29	-63,64
AS1730	812,00	4.043,69	4.020,93	3.142,00	3.342,20	901,69	678,73	-222,96
P3016	986,00	3.467,11	2.867,76	3.316,00	3.516,20	151,11	-648,44	-799,55
MG300	730,80	3.140,88	2.564,29	3.060,80	3.261,00	80,08	-696,71	-776,79
DKB230	963,96	3.535,39	2.981,56	3.293,96	3.494,16	241,43	-512,60	-754,03
FERROZ	628,72	2.920,87	3.095,36	2.958,72	3.158,92	-37,85	-63,56	-25,71
Médias	886,05	3.065,01	2.822,24	3.216,05	3.416,25	-151,03	-594,01	-442,97

Cultivares / Fungicida	IL (%)		MB (%)		PE (R\$ Sacas ⁻¹)		PEQ (t/ha ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
AG9025	-174,91	-162,56	-63,62	-61,91	125,14	119,52	4,65	4,91
AS1730	22,30	16,88	28,70	20,31	35,37	37,84	4,14	4,41
P3016	4,36	-22,61	4,56	-18,44	43,54	55,81	4,37	4,63
MG300	2,55	-27,17	2,62	-21,36	44,36	57,89	4,03	4,30
DKB230	6,83	-17,19	7,33	-14,67	42,41	53,35	4,34	4,61
FERROZ	-1,30	-2,05	-1,28	-2,01	46,11	46,45	3,90	4,16
Médias	-4,93	-21,05	-4,70	-17,39	47,76	55,10	4,24	4,50

Neste ambiente devido às condições climáticas desfavoráveis e a baixa incidência de doenças, as aplicações de fungicidas, não foram economicamente viáveis para as cultivares analisadas. Verificou-se ainda uma redução na produtividade dos tratamentos com aplicação de

fungicida quando comparado aos tratamentos sem aplicação de fungicidas. Esses resultados obtidos neste trabalho e nos resultados obtidos por Paul et al. (2011) e Wise; Muller (2011) é possível verificar a ocorrência de resultados de produtividade, no qual é menor em áreas tratadas com fungicidas em relação a áreas não tratadas.

Na primeira época de semeadura em São Vicente do Sul (Tabela 7), a renda bruta total e receita líquida operacional foi maior para as cultivares AG9025 e P3016, com e sem aplicação de fungicida, enquanto as cultivares DKB230 e FERROZ apresentaram os menores valores. Em relação à rentabilidade do uso do fungicida foi positivo para as cultivares AG9025 e DKB230, assim justifica-se aplicação de fungicida para obter maior rentabilidade. Para Wise; Mueller, (2011), em experimentos de aplicação de fungicida em milho, verificaram que no estado de Nebraska, onde a pressão de doença é, normalmente, maior, em 90% dos tratamentos submetidos à aplicação de fungicida o rendimento foi superior ao custo de aplicação. Por outro

Tabela 7 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em São Vicente do Sul-RS na época 1 (22/09/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Cultivares / Fungicida	CAS (R\$)	RBT (R\$)		COT (R\$)		RLO (R\$)		RUF
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
AG9025	1.194,80	9.149,52	10.006,81	4.224,80	4.425,00	4.924,72	5.581,81	657,09
AS1730	812,00	7.950,83	8.125,32	3.842,00	4.042,20	4.108,83	4.083,12	-25,71
P3016	986,00	9.779,21	9.483,33	4.016,00	4.216,20	5.763,21	5.267,13	-496,08
MG300	730,80	8.087,39	7.374,24	3.760,80	3.961,00	4.326,59	3.413,24	-913,35
DKB230	963,96	7.268,03	7.814,27	3.993,96	4.194,16	3.274,07	3.620,11	346,04
FERROZ	628,72	6.896,28	6.372,80	3.658,72	3.858,92	3.237,56	2.513,88	-723,68
Médias	886,05	8.186,01	8.193,60	3.916,05	4.116,25	4.269,97	4.077,35	-192,61
Cultivares / Fungicida	IL (%)		MB (%)		PE (R\$ Sacas ⁻¹)		PEQ (t/ha ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
AG9025	53,82	55,78	116,57	126,14	21,02	20,13	5,57	5,83
AS1730	51,68	50,25	106,94	101,01	22,00	22,65	5,06	5,33
P3016	58,93	55,54	143,51	124,93	18,69	20,24	5,29	5,56
MG300	53,50	46,29	115,04	86,17	21,17	24,45	4,96	5,22
DKB230	45,05	46,33	81,98	86,31	25,01	24,43	5,26	5,53
FERROZ	46,95	39,45	88,49	65,14	24,15	27,56	4,82	5,09
Médias	52,16	49,76	109,04	99,06	21,78	22,87	5,16	5,43

lado, em locais onde a pressão de doença é baixa, os resultados de aumentos de produtividade foram inconsistentes, quando se compararam tratamentos com e sem aplicação de fungicidas.

As cultivares AG9025 e P3016 apresentaram maiores índices de lucratividade e de margem bruta, já as cultivares DKB230 e FERROZ apresentaram menores índices de lucratividade, margem bruta para os tratamentos sem e com o uso de fungicidas. As cultivares DKB230 e FERROZ também foram as quais apresentaram o maior preço de equilíbrio. Já a cultivar AG9025 apresentou o maior ponto de equilíbrio e custo operacional total, relacionado ao elevado custo de aquisição de sementes, portanto necessita de maior produção para cobrir os custos, na perspectiva de Costa et al., (2012), os autores utilizaram resultados de experimentos de aplicação foliar de fungicidas, em quatro estados dos Estados Unidos, para determinar a resposta de produtividade do milho à aplicação de diferentes fungicidas. Segundo os autores, é improvável a obtenção de benefício econômico da aplicação foliar de fungicidas na cultura do milho quando a severidade das doenças foliares é baixa.

Em São Vicente do Sul na segunda época de semeadura (Tabela 8) as cultivares que apresentaram maior valor para a receita bruta total e receita líquida operacional foram a AS1730 e P3016A, já a cultivar AG9025 obteve menor valor tanto para os tratamentos sem e com o uso de fungicidas. Em relação à rentabilidade do uso do fungicida a cultivar AS1730 apresentou valor positivo viabilizando as aplicações realizadas. A cultivar MG300 obteve o menor custo operacional total, seja com ou sem fungicidas, aliado sua performance confirma sua estabilidade produtiva e a viabilidade econômica no ambiente de estudo. Neste sentido, Costa et al., (2012) informou que o rendimento das cultivares submetidas à aplicação, em relação à testemunha sem fungicida, apresentou valores negativos, valores positivos abaixo dos limites dos custos de aplicação a valores positivos acima dos limites de custo. Os resultados demonstraram inconsistência de resposta de produtividade das cultivares à aplicação dos fungicidas.

O maior índice de lucratividade, margem bruta e o menor preço de equilíbrio foi obtido para as cultivares AS1730, P3016 e MG300, já a AG9025 apresentou o menor índice. A cultivar AG9025 obteve boa performance produtiva na primeira época, mostrando responsivo ao manejo de fungicida para manter o potencial produtivo, no entanto na segunda época de semeadura a produtividade foi menor, o que pode estar relacionado à época de semeadura, radiação solar e temperatura do ar, fatores que interferem de forma significativa no desempenho das cultivares principalmente os de alto potencial produtivo.

Nos diferentes ambientes de semeadura a cultivar AS1730 foi a que associou potencial com estabilidade produtiva e considerando os índices econômicos obteve o melhor custo-benefício. As maiores produtividades e a menor inconsistência na resposta de produtividade das cultivares, associado ao maior benefício econômico das aplicações de fungicida, ocorrerem nas situações em que o ambiente proporcionou, condições favoráveis ao desenvolvimento das

doenças devido ao elevado potencial de inóculo na área e também no uso de cultivares com maior suscetibilidade às doenças. A obtenção de benefício econômico da aplicação foliar de fungicidas na cultura do milho é improvável quando a severidade das doenças foliares e a expectativa de produtividade é baixa (PAUL et al., 2011). No presente estudo, a obtenção de rendimento positivo acima do custo de aplicação foi verificada em maior número para a cultivar AS1730.

Tabela 8 - Valores do custo para aquisição das sementes (CAS), renda bruta total (RBT), custo operacional total (COT), renda líquida operacional (RLO) e rentabilidade do uso de fungicida (RUF), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), preço de equilíbrio (PE) e ponto de equilíbrio (PEQ) de cultivares de milho dos experimentos conduzidos em São Vicente do Sul-RS na época 2 (31/10/2020) com e sem aplicação de fungicida.

Cultivares / Fungicida	CAS (R\$)	RBT (R\$)		COT (R\$)		RLO (R\$)		RUF
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	
AG9025	1.194,80	6.395,56	6.160,37	4.224,80	4.425,00	2.170,76	1.735,37	-435,39
AS1730	812,00	7.381,83	7.905,31	3.842,00	4.042,20	3.539,83	3.863,11	323,28
P3016	986,00	7.632,19	7.184,57	4.016,00	4.216,20	3.616,19	2.968,37	-647,81
MG300	730,80	7.290,79	7.305,96	3.760,80	3.961,00	3.529,99	3.344,96	-185,03
DKB230	963,96	6.714,20	6.782,48	3.993,96	4.194,16	2.720,24	2.588,32	-131,92
FEROZ	628,72	6.638,33	6.312,11	3.658,72	3.858,92	2.979,61	2.453,19	-526,43
Médias	886,05	7.010,08	6.941,80	3.916,05	4.116,25	3.094,03	2.825,55	-268,48
Cultivares / Fungicida	IL (%)		MB (%)		PE (R\$ Sacas ⁻¹)		PEQ (t/ha ⁻¹)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
AG9025	33,94	28,17	51,38	39,22	30,07	32,70	5,57	5,83
AS1730	47,95	48,87	92,13	95,57	23,69	23,28	5,06	5,33
P3016	47,38	41,32	90,04	70,40	23,95	26,71	5,29	5,56
MG300	48,42	45,78	93,86	84,45	23,48	24,68	4,96	5,22
DKB230	40,51	38,16	68,11	61,71	27,08	28,15	5,26	5,53
FEROZ	44,88	38,86	81,44	63,57	25,09	27,83	4,82	5,09
Médias	44,14	40,70	79,01	68,64	25,43	26,99	5,16	5,43

O rendimento econômico com duas aplicações de fungicida depende, do nível de doença e da expectativa de produtividade a ser alcançada (WISE; MUELLER, 2011). Quanto maior a pressão de doença nas fases da cultura posteriores à polinização, maior será o retorno econômico da aplicação. No entanto, as cultivares resistentes são menos responsivas ao tratamento com fungicida que cultivares suscetíveis (MUNKVOLD et al., 2001; PAUL et al. 2011). Portanto, a recomendação de fungicidas deve ser avaliada de acordo com o nível tecnológico e a expectativa de produtividade do produtor, assim como o uso de cultivares com menor suscetibilidade às principais doenças fúngicas que possam vir a incidir sobre a cultura do milho.

CONCLUSÕES

Os resultados de produtividade de grãos das cultivares com aplicação de fungicidas apresentaram elevadas variações em condições de baixa incidência de doenças, pois as cultivares que tiveram maior produtividade de grãos proporcionam maior retorno financeiro.

As cultivares mais suscetíveis em condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, no que se refere ao clima e ao sistema de produção, apresentam melhor retorno econômico para o uso de fungicida.

A avaliação da rentabilidade econômica na cultura do milho permitiu constatar que as cultivares possibilitaram retorno econômico positivo, pois apresentaram renda líquida operacional maior que zero, comprovando a viabilidade do cultivo de milho na região de estudo.

Portanto, com base na viabilidade técnica e econômica para a aplicação de fungicidas na cultura do milho em ambientes subtropical no Brasil, a recomendação para o uso de fungicida deve ser recomendada com cautela, principalmente em ano agrícola, com baixa expectativa de precipitações hídricas e produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078>> Acesso em: 16 mar. 2020.

ARNHOLD, E.; PACHECO, C. A. P.; CARVALHO, H. W. L. DE; SILVA, R. G.; OLIVEIRA JUNIOR, E. A. Produtividade de híbridos de milho em região de fronteira agrícola no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, p. 468-473, 2010.

BELOW, F. E.; DUNCAN K. A.; URIBELARREA, M.; RUYLE, T.B. Occurrence and proposed cause of hollow husk in maize. **Agronomy Journal** 101:237-242, 2009.

CASSMAN, K. G., et al. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. **Annual Review of Environment and Resources**, v.28, n.1, p.315-358, 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Série histórica das safras: Soja**. 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>> Acesso em: 03 de mai. de 2022.

COSTA, D. F.; VIEIRA, B. S.; LOPES, E. A.; MOREIRA, L. C. B. Aplicação de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.1, p. 98-105, 2012.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Universidade Federal de Viçosa, p. 480, 2004.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, L. L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Ciência Agronômica** 41:366-372, 2010.

DAL MONTE, H. L. B.; COSTA, R. G.; HOLANDA JUNIOR, E. V.; PIMENTA FILHO, E. C.; CRUZ, G. R. B.; MENEZES, M. P. C. Mensuração dos custos e avaliação de rendas em sistemas de produção de leite caprino nos Cariris Paraibanos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2535-2544, 2010.

EMBRAPA. Reunião Técnica Anual de Pesquisa de Milho, 62.; reunião técnica anual de pesquisa de sorgo. **Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul**. Safras 2017/2018 e 2018/2019, IFRS, Sertão, n 45, 2017.

EMYGDIO, B. M.; IGNACZAK, J. C.; CARGNELUTTI FILHO, A. Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 1, p. 95-103, 2007.

FANCELLI, A.L. Milho: estratégias de manejo. **USP/ESALQ/LPV**, p. 180, 2013.

FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Penalização da produtividade da cultura do milho imposta pelo modelo CERES-Maize. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 97-105, 2005.

GASPARETTO, R. et al. Eficiência e viabilidade econômica da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja em Campo Grande-MS. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 78, n. 2, p. 251-260, 2011. Disponível em: <http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180816572011000200251&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 03 Junho, 2022. Epub Set 23, 2020. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v78p2512011>.

GRASSINI, P. et al. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. **Field Crops Research**, v.179, p. 150-163, 2015.

HERTEL, T. W. The Global Supply and Demand for Agricultural Land in 2050: A Perfect Storm in the Making? 1. **American Journal of Agricultural Economics**, v.93, n.2, p.259- 275, 2011.

JULIATTI, F.C.; ZUZA, J. L. M. F.; SOUZA, P. P.; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal** 23:34-41, 2007.

LIMA, R. A. B. F.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A.; SARDEI, A. Viabilidade econômica do milho submetida a aplicação de fungicida em diferentes estádios de desenvolvimento. **Anuário pesquisa e extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, 2018.

KIMATI, H. et al. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. **Ceres**, v. 4, p. 663, 2005.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema Integrado de Custos Agropecuários: Custagri. **Informações Econômicas**, v.28, n.1, p.7-28, 1998.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v.1, n.23, p.123-139, 1976.

MCDONALD, B. A.; LINDE, C. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. **Euphytica**, v. 124, p. 163-180, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1015678432355>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F. Época de aplicação de fungicida na cultura do milho segunda safra. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 2, p. 61-71, 2019.

MUELLER, N. D. et al. Closing yield gaps through nutrient and water management. **Nature**, v. 490, n. 7419, p. 254–257, 2012.

MUNKVOLD, G. P.; MARTINSON, C. A.; SHRIVER, J.M.; DIXON, P.M. Probabilities for profitable fungicide use against gray leaf spot in hybrid maize. **Phytopathology** 91:477-484, 2001.

NELSON, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; STEVENS, W. E.; DUNN, D.; MEINHARDT, C. G. Soybean response to preplant and foliar-applied potassium chloride with strobilurin fungicides. **Agronomy Journal**, 102:1657- 1663, 2010.

PAUL, P. A.; MADDEN, L. V.; BRADLEY, C. A.; ROBERTSON, A.; MUNKVOLD, G.; SHANER, G.; WISE, K.; MALVICK, D.; ALLEN, T. W.; GRYBAUSKAS, A.; VINCELLI, P.; ESKER, P. Meta-analysis of yield response of hybrid field corn to foliar fungicides in the U.S. corn belt. **Phytopathology**, 101:1122-1132, 2011.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, p. 356, 2018.

SILVA, L. H. B. R. et al. Penalização da produtividade da cultura do milho imposta pelo modelo cereas-maize. In: **Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**, 8, 2013.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; MARTINS, P. D. S. Desempenhos agrônomo e econômico de cultivares de milho na safrinha. **Revista Agrarian**, v.8, n.27, p.1-11, Dourados, 2015. ISSN: 1984-2538

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the**

United States of America, v.108, n., p.20260–20264, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>

WISE, K.; MUELLER, D. Are fungicides no longer just for fungi? An analysis of foliar fungicide use in corn. **APSnet Features**, DOI:10.1094/APSnetFeature-2011-0531, 2011.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência genética das cultivares e menor pressão de inóculo de fungos na área de cultivo contribuem para reduzir a incidência de doenças na cultura do milho em ambiente subtropical.

A produtividade de grãos das cultivares com aplicação de fungicidas apresentaram elevada variações em condições de baixa incidência de doenças.

As cultivares que tiveram maiores produtividades de grãos proporcionaram maiores retornos financeiros.

A avaliação da rentabilidade econômica na cultura do milho permitiu constatar que as cultivares possibilitaram retorno econômico positivo, pois apresentaram renda líquida operacional maior que zero, comprovando a viabilidade do cultivo de milho na região de estudo.

As cultivares mais suscetíveis em condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, no que se refere ao clima e ao sistema de produção apresentam melhor custo-benefício da aplicação de fungicidas.

O manejo correto de fungicidas em cultivares de milho, visando incremento significativo de produtividade de grãos, deve ser realizado de acordo com o nível tecnológico do produtor, local e época de semeadura.

A recomendação de fungicida deve ser recomendada com cautela, principalmente se houver baixa expectativa de produtividade de grãos em anos com baixas precipitações hídricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 241- 248, 2002.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. DA; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado-da-arte. **Ciencia Rural**, v. 31, p. 1075–1084, 2001.
- BALBOA, G. R., et al., A systems-level yield gap assessment of maize-soybean rotation under high- and low-management inputs in the Western US Corn Belt using APSIM. **Agricultural Systems**, v.174, n., p.145-154, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.008>
- BARROS, G.S.C.; ALVES, L.R.A. Maior eficiência econômica e técnica depende do suporte das políticas públicas. **Revista Visão Agrícola**, v. 13, n.1, p. 4-7, 2015.
- BOIAGO, R.G.F.S.R. Combinação de espaçamentos entrelinhas e densidade populacional no aumento da produtividade em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 440-448, 2017.
- BORTOLINI, A.M.M.; GHELLER, J.A. Aplicação de diferentes fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho em relação à produtividade. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 1, n. 1, p.109-121, 2011.
- CARVALHO R.V.; PEREIRA O.A.P.; CAMARGO L.E.A. Doenças do milho. In: AMORIM, L.; REZENDE, A.M.J.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO L.E.A. **Manual de fitopatologia**. volume 2. 5. ed. Editora Agronômica Ceres, Cap. 57. p. 549-560, 2016.
- CARDOSO, M.J. et al. **Desempenho de híbridos comerciais de milho no Meio-Norte do Brasil, no ano agrícola 2009/2010**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 99, Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento, 2010.
- CASA, R.T.; REIS, E.M.; BLUM, M.M.C. **Quantificação de danos causados por doenças em milho**. In: I Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas, p. 01-15, 2004.
- CASA, R.T.; BOGO, A.; MOREIRA, E.N.; JUNIOR, P.R.K. Época de aplicação e desempenho de fungicidas no controle da giberela em trigo. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1558-1563, 2007.
- CASELA, C.R.; FERREIRA, A.S.; PINTO, N.F.J. A. Doenças na cultura do milho. **Embrapa**, 2006.
- CASSMAN, K. G., et al. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. **Annual Review of Environment and Resources**, v.28, n.1, p.315-358, 2003.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Série histórica das safras: Soja**. 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/910-Milho>>. Acesso em: 13 de jun. de 2022.

CONTINI, E. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Embrapa**; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019.

CRUZ, J.C.; SILVA, G.H.; PEREIRA FILHO, I.A.; GONTIJO NETO, M.M.; MAGALHAES, P.C. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 2, p.177-188, fev. 2010.

DUARTE, A.P. Como fazer uma boa segunda safra. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 1, n. 25, p.10-18, fev. 2001.

EMBRAPA. Reunião Técnica Anual de Pesquisa de Milho, 62.; reunião técnica anual de pesquisa de sorgo. **Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul**. Safras 2017/2018 e 2018/2019, IFRS, Sertão, n 45., (2017).

EVANS, L. T. **Crop Evolution, adaptation and yield**. Cambridge University Press, 1993.

FANCELLI, A.L. **Milho: estratégias de manejo**. USP/ESALQ/LPV, 180p., 2013.

GONÇALVES, M. E. M. P. et al. Viabilidade do controle químico de doenças foliares em híbridos de milho no plantio de safrinha. **Nucleus**, v. 9, n. 1, p. 58. Ituverava, 2012.

GRASSINI, P. et al. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. **Field Crops Research**, v.179, p.150-163, 2015.

GUTH, T.L.F. Relatório mensal milho junho/julho. **Conab**, 4 f. 2019.

HARTKAMP, A. D., et al. **Maize Production Environments Revisited: A GIS-based Approach**. 2000.

HERTEL, T. W. The Global Supply and Demand for Agricultural Land in 2050: A Perfect Storm in the Making? 1. **American Journal of Agricultural Economics**, v.93, n.2, p.259- 275, 2011.

IAPAR. O milho no Paraná. **Fundação Instituto Agrônomo do Paraná**, p.303, 1991.

KLUGE, E. R.; MENDES, M. C.; FARIA, M. V.; SANTOS, L. A.; SANTOS, H. O. D.; Szeuczuk, K. Efeito de fungicida foliar e espaçamento de plantas na expressão da enzima lipoxigenase e podridão de grãos em híbridos de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 39, 407-415, 2017.

LIMA, L. H da S. et al. Adaptability and stability of canola hybrids in different sowing dates. **Revista Ciência Agronômica**. v.48 n.2, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170043>>. Acesso em: 25 de abr. de 2022.

MAIA, G.; MORAES, A. De. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. **Visão Agrícola**, v. jul-dez, n. 13, p. 30–34, 2015.

MEIRELLES, M. L. et al. EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PLANTIO DE MILHO NO CERRADO. **Embrapa**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 84, 2003.

Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/25078/1/bolpd_84.pdf>, acesso em: 03/04/2022.

MIRANDA R.A. Uma história de sucesso da civilização. **Revista a Granja**, jan. 2018.

MUELLER, N. D. et al. Closing yield gaps through nutrient and water management. **Nature**, v. 490, n. 7419, p. 254–257, 2012.

MUNKVOLD GP, MARTINSON, CA, SHRIVER JM, DIXON PM (2001) Probabilities for profitable fungicide use against gray leaf spot in hybrid maize. **Phytopathology** 91:477-484

PARLEVLIT, J. E. (1979). Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, v.17. p.203-222.

PINTO, N.F.J. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 03, n. 01, p. 134-138, 2004.

SCHWALBERT, R., et al. Corn Yield Response to Plant Density and Nitrogen: Spatial Models and Yield Distribution. **Agronomy Journal**, v.110, n.3, p.970-982, 2018.

REIS, E.M.; SANTOS, J.A.; BLUM, M.M.C. Critical-point yield model to estimate yield damage caused by *Cercospora zea-maydis* in corn. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 110-113, 2007.

RIBEIRO, B. S. M. R., et al. **Ecofisiologia do Milho Visando Altas Produtividades**. 1.ed. Santa Maria, RS. 2020. 230p.

SANGOI, L. et al. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 271–276, 2001.

SILVA, L.M. Épocas de aplicação de benzimidazol no manejo de *stenocarpella* spp. em grãos de milho. 2021

TOLLENAAR, M.; L.E.E, E. A. Yield potential, yield stability, and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, v. 75, n., p.161–169, 2002.

VALENTINUZ, O. R.; TOLLENAAR, M. Vertical Profile of Leaf Senescence during the Grain-Filling Period in Older and Newer Maize Hybrids. **Crop Science**, v.44, n., p.827-834, 2004.

TRACHSEL, S.; SAN VICENTE, F. M.; SUAREZ, E. a.; RODRIGUEZ, C. S.; ATLIN, G. N. Effects of planting density and nitrogen fertilization level on grain yield and harvest index in seven modern tropical maize hybrids (*Zea mays* L.). **The Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 1974, p. 1–16, 2015.

VIEIRA, R. A.; SCAPIM, C. A.; TESSMANN, D. J.; Ferreira, F. R. A.; Vivas, M.; Amaral Júnior, A. T. A nonparametric approach to selection popcorn hybrids to resistance to foliar diseases. **Científica**, Jaboticabal, SP, v. 44, p. 165-169, 2016.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Estratégias de manejo para alta produtividade do milho**. 2006.

WORDELL FILHO, J. A.; RIBEIRO, L. P.; CHIARADIA, L. A.; MADALÓZ, J. C.; NESI, C. N. **Pragas e doenças do milho**: diagnose, danos e estratégias de manejo. Boletim Técnico, 84, 2018.