



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

RODRIGO YOITI TSUKAHARA

**MOMENTO DE COLHEITA E TRATAMENTO FUNGICIDA NA  
SANIDADE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO  
EM DIFERENTES AMBIENTES**

---

Londrina  
2016

RODRIGO YOITI TSUKAHARA

**MOMENTO DE COLHEITA E TRATAMENTO FUNGICIDA NA  
SANIDADE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO  
EM DIFERENTES AMBIENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dra. Inês Cristina de Batista  
Fonseca

Co-Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de  
Aguiar e Silva

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Tsukahara, Rodrigo Yoiti.

Momento de colheita e tratamento fungicida na sanidade e produtividade de híbridos de milho em diferentes ambientes / Rodrigo Yoiti Tsukahara. - Londrina, 2017.  
127 f. : il.

Orientador: Inês Cristina de Batista Fonseca.

Coorientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Zea mays L - Tese. 2. Puccinia sorgh. Maturação fisiológica - Tese. 3. Maturação fisiológica - Tese. 4. Precipitação pluvial - Tese. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista . II. Silva, Marcelo Augusto de Aguiar e . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

RODRIGO YOITI TSUKAHARA

**MOMENTO DE COLHEITA E TRATAMENTO FUNGICIDA NA  
SANIDADE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM  
DIFERENTES AMBIENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof. Dra. Inês Cristina de Batista  
Fonseca  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Co-Orientador: Prof. Dr. Marcelo A. de Aguiar e  
Silva  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Pesquisador Dr. Paulo Henrique Caramori  
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

---

Pesquisador Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
– EMBRAPA

---

Prof. Dr. Claudemir Zucareli  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canter  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 18 de março de 2016.

Dedico esta fase da minha vida aos meus pais Moacir e Keiko, pelo ensinamento maior de que o estudo e o conhecimento dependem do nosso esforço e dedicação!

Aos meus irmãos e melhores amigos, Fábio e Erick pelo apoio, carinho e companheirismo. Vocês merecem este título!

Dedico também esta fase de realizações a pessoa que me apoiou incondicionalmente em um dos momentos mais difíceis da minha vida, minha esposa Tamie. Te amo!

Por fim, dedico esta tese ao fruto de um amor verdadeiro, meu filho Francisco Kazushi, razão da nossa felicidade e perseverança diária.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por todas as experiências e oportunidades vivenciadas, assim como pelas muitas que ainda virão.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Instituto Agrônomo do Paraná, pela formação profissional e vivência profissional e humana.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela confiança em aceitar e valorizar os alunos que além de trabalhar, decidem dedicar seus finais de semana aos estudos e ao aperfeiçoamento profissional.

À Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca, pela confiança, apoio e dedicação.

Ao Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva, pelo apoio e aconselhamentos.

Ao Dr. Paulo Henrique Caramori, pelas constantes contribuições em minha formação pessoal e profissional.

À Fundação ABC – Soluções Tecnológicas para o Agronegócio, que contemplou em seu planejamento estratégico o aperfeiçoamento profissional de todos os funcionários.

À equipe de Agrometeorologia/FABC (Abrão Carneiro da Silva, Alex Petrof, Aline Copacheski, Antonio Oliveira, Gustavo Bueno, Juscelino Izidoro, Murilo Rosa, Paulo Fischer e Silvana Mainardes) tanto pelas responsabilidades assumidas durante a minha ausência, quanto pela compreensão e boa vontade em equacionar os problemas cotidianos dos demais projetos de pesquisa.

Aos pesquisadores Edson Giovanni Kochinski e José Prestes Neto, pela responsabilidade compartilhada entre os estudos, as pesquisas e a extensão.

Aos demais colaboradores da FABC, que se dedicam tanto ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologias científicas, quanto a transferência diária do conhecimento aos agricultores associados, assistentes técnicos e Cooperativas ABC.

À DuPont Pioneer pelo suporte técnico e financeiro e ao cooperado Frederick de Jagger, pela cessão da área e auxílio na condução dos experimentos.

Aos familiares e amigos que compartilharam os meus anseios, desejos, frustrações e conquistas, ARIGATOU!!!

*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou sua construção”.*

(Paulo Freire, 1997 – Pedagogia da Autonomia).

*“A transferência do conhecimento ou aplicabilidade de determinada tecnologia não depende exclusivamente da pesquisa ou do pesquisador, assim como a aprendizagem não é responsabilidade apenas do agricultor, do assistente técnico ou do prestador de serviços, mas sim da complementação entre cada elo da cadeia de produção”.*

(Interpretação pessoal).

TSUKAHARA, Rodrigo, Yoiti. **Momento de colheita e tratamento fungicida na sanidade e produtividade de híbridos de milho em diferentes ambientes**. 2016. 127f. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a interação entre o uso de fungicida foliar e o momento da colheita do milho em diferentes condições ambientais, com vistas ao desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão para a região de atuação das Cooperativas ABC. Experimentos foram conduzidos em Castro, Paraná, em delineamento de blocos casualizados, parcelas subdivididas, 4 repetições, sendo a parcela principal composta pelo fator fungicida e os momentos de colheita como sub-parcelas. Foram avaliadas a incidência e severidade de doenças foliares, porcentagem de colmos podres, quebrados e podridões de espigas. Após a colheita manual das parcelas, determinou-se a umidade, a massa de mil grãos, a produtividade e os grãos ardidos. Em laboratório, os principais microorganismos presentes nos grãos assintomáticos ou sintomáticos foram isolados e identificados morfolologicamente. Para relacionar as respostas agronômicas com as condições ambientais, foram monitoradas variáveis atmosféricas e de solo em todos os experimentos de campo. Em função da interação não significativa entre o fungicida e o momento de colheita, optou-se por separar os fatores e analisa-los versus as diferentes condições ambientais através de grupos de experimentos. Desta forma, o artigo A foi composto pelos fatores fungicida (com e sem) e ambiente (2012/13-A, 2012/13-B, 2013/14-A e 2013/14-B), em blocos casualizados e 4 repetições. Os híbridos avaliados foram o AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H. O uso de fungicida reduziu a área abaixo da curva de progresso da *Puccinia sorghi*, do *Exserohilum turcicum* e a porcentagem de podridões de colmo, mesmo em ambientes com baixa umidade relativa do ar e alta radiação solar global (2012/13-A e 2013/14-A). Contudo, o tratamento fungicida não reduziu as podridões de espiga por Diplodia e Giberela, ou a porcentagem de grãos ardidos nos híbridos CeleronTL e P32R22H. Com exceção do P30F53YH, a interação significativa com o ambiente demonstrou tanto a ausência de efeito do fungicida sobre a produtividade de grãos nos ambientes 2012/13-A e 2013/14-A, quanto o ganho entre 1,8 e 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> em ambientes com alta precipitação e umidade relativa do ar (2012/13-B e 2013/14-B). Nestas condições ambientais e sem uso de fungicida, destacou-se o híbrido AG8041PRO. Através da precipitação pluvial acumulada entre V5 e R2 estimou-se a área abaixo da curva de progresso da *P. sorghi* ( $R^2 = 0,93$  e REQM = 49,7). Em posse desta variável, estimou-se a perda de produtividade ( $R^2 = 0,72$  e REQM = 1,2 Mg ha<sup>-1</sup>). O artigo B foi composto pelos fatores momento de colheita (0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica) e ambiente (2011/12-A, 2011/12-B, 2011/12-C, 2012/13-A, 2012/13-B, 2013/14-A e 2013/14-B), em blocos casualizados e 8 repetições. Os híbridos avaliados foram o AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H. O atraso na colheita do milho resultou tanto no aumento da porcentagem de podridões de colmo e de grãos contaminados por *Penicillium* spp., quanto na redução da umidade, da massa de mil grãos e da produtividade de grãos, devido ao processo de respiração dos grãos. A porcentagem de podridões de espigas com Giberela não foi influenciada pelo atraso na colheita. Sob ambientes

favoráveis a maturação fisiológica do milho (precipitação pluvial < 201 mm em < 13 dias, umidade relativa do ar < 88,7 % e radiação solar > 13,7 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), observou-se a manutenção dos valores de produtividade de grãos mesmo em colheitas realizadas 45 dias após a maturação fisiológica, com amplitude das respostas oscilando em função do híbrido. Em condições opostas, de excessiva precipitação na pré-colheita do milho, destacou-se o P32R22H pelo decréscimo da umidade do grão, pela menor perda de massa de mil grãos e menor incremento de grãos ardidos. A partir de informações como o número de dias entre a maturação fisiológica e a data atual, associada ao total pluviométrico neste mesmo período, foi estimada a perda relativa da umidade e da produtividade de grãos, com R<sup>2</sup> = 0,51 e 0,81 e REQM = 3,3 % e 1,9 % respectivamente. Em situações de disponibilidade de registros meteorológicos obtidos em estações automáticas, estimou-se o decréscimo da produtividade e a evolução de grãos ardidos após a maturação fisiológica do milho através de métodos não hierárquicos como as árvores de decisão, com R<sup>2</sup> = 0,75 e 0,70 e REQM = 1,9 % e 53,5 % respectivamente. Os resultados evidenciaram a eficiência do uso de fungicidas sobre a melhoria da sanidade de folhas, colmos e grãos, assim como a necessidade de realização da colheita logo após a maturação fisiológica do milho, devido a maior massa de mil grãos e maior produtividade. Quando foi considerado o saldo líquido financeiro, obteve-se a melhor relação custo benefício nas colheitas realizadas próximas a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH e P30R50YH, mesmo com os maiores custos de colheita, transporte e secagem dos grãos. As regressões significativas com o tratamento fungicida ou com o atraso da colheita demonstraram tanto a influência da precipitação pluvial, umidade relativa do ar, radiação solar e temperatura do ar sobre a amplitude das respostas agrônomicas avaliadas, quanto a possibilidade de utilização dos algoritmos desenvolvidos em sistemas de suporte à tomada de decisão, com ênfase na manutenção da sanidade, da produtividade e da rentabilidade do cultivo de milho na região dos Campos Gerais do Paraná, Brasil.

**Palavras-Chave:** *Zea mays* L. *Puccinia sorgh*. Maturação fisiológica. Precipitação pluvial. Rentabilidade.

TSUKAHARA, Rodrigo, Yoiti. **Harvest time and fungicide treatment on sanity and productivity of maize hybrids in different environments.** 2016. 127p. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Londrina University State, Londrina, 2016.

## ABSTRACT

The environmental conditions that occurred between sowing and pre-harvest can be decisive in the development of microorganisms that cause diseases and rot on leaves, stalks, ears and grains, influencing directly on productivity and quality of maize. Thus, this study aimed to evaluate the interaction between the use of foliar fungicide and harvesting time in different environmental conditions, with a view to developing a decision support system for the region of action of ABC Cooperatives. Experiments were conducted in Castro, Paraná, Brazil, in a randomized block, split plot, 4 repetitions, the main plot comprising the fungicide factor (with and without) and harvesting times (0, 15, 30 and 45 days after maturity physiological) as sub-plots. They were evaluated the incidence and severity of leaf diseases, percentage of rot and broken stalks, ears rot. After the manual harvest of the plots, it was determined the grain moisture, the thousand grain weight, yield grain and rot kernels. In the laboratory, the main microorganisms present in asymptomatic or symptomatic grains were isolated and identified morphologically. To relate the agronomic responses to environmental conditions, air and soil sensors were installed in all field trials, following international standards. Due to the no significant interaction between the fungicide and the harvest time, it was decided to separate the factors and analyzes them versus the different environmental conditions through technical groups of experiments. Therefore, the article was composed of the factors fungicide (with and without) and the environment (2012/13-A, 2012/13-B, 2013/14-A and 2013/14-B), in randomized blocks and four replications. The hybrids were AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH, P30R50YH and P32R22H. The use of fungicide reduced the area under the progress curve of *Puccinia sorghi*, of *Exserohilum turcicum* and the percentage of stalk rot, even in environments with low relative humidity and high solar radiation (2012/13-A and 2013 / 14-A). However, the fungicidal treatment did not reduce the ears rots by *Diplodia* and *Giberella*, or the percentage of rot kernels in CeleronTL and P32R22H hybrids. Aside from P30F53YH, meaningful interaction with the environment demonstrated both the lack of effect of fungicide on grain yield in favorable environments, as the gain between 1.8 and 4.6 Mg ha<sup>-1</sup> in high rainfall and humidity relative air (2012/13-B and 2013/14-B). In this environmental conditions and without fungicide, the highlight was the hybrid AG8041PRO. Through the cumulative rainfall between V5 and R2 estimated the area under the progress curve *P. sorghi* ( $R^2 = 0.93$  and RMSE = 49.7). In possession of this variable, it estimated yield grain lost ( $R^2 = 0.72$  and RMSE = 1.2 Mg ha<sup>-1</sup>). Article B was composed of the factors harvesting time (0, 15, 30 and 45 days after physiological maturity) and the environment (2011/12-A, 2011/12-B, 2011/12-C, 2012/13-A, 2012/13-B, 2013/14-A and 2013/14-B), in randomized blocks and 8 repetitions. The hybrids were AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH and P32R22H. The delay harvest resulted both in increasing the percentage of rot stalks and grains contaminated by *Penicillium* spp., as the reduction of grain moisture, thousand grain weight and grain yield, due to grain respiration process. The percentage of rot ears by *Giberella* was not affected by the delay in harvesting. Under favorable environments during of physiological

maturity of maize (rainfall < 201 mm in < 13 days, relative humidity < 88.7% and solar radiation > 13.7 MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>), there was the maintenance of grain yield values even in samples taken 45 days after physiological maturity, with magnitude of responses ranging depending on the hybrid. In opposite conditions, excessive precipitation in the pre-harvest, hybrid P32R22H stood out from the others by the decrease in grain moisture (dry down), the smaller loss of thousand grain weight and smallest increment of damaged kernels. From information such as the number of days between physiological maturity and the current date, coupled with the total rainfall in the same period, was estimated loss relative grain humidity and grain yield, with R<sup>2</sup> = 0.51 and 0.81 and RMSE = 3.3% and 1.9% respectively. In situations with availability of meteorological records obtained in automatic stations, estimated the decreased yield grain and increase of rot kernels after physiological maturity of maize through non-hierarchical methods such as decision trees, with R<sup>2</sup> = 0.75 and 0.70 and RMSE = 1.9% and 53.5% respectively. The results showed the efficiency of the use of fungicides on improving the leaves of sanity, stalks and grains, as well as the need to perform the harvest immediately after physiological maturity of maize, due to the higher thousand grain weight and yield grain. When it was considered the net financial balance, we obtained the best cost-benefit ratio in harvests close to physiological maturity of AG8041PRO, P30F53YH and P30R50YH hybrids, even the largest costs by harvest, transport and drying of grain. Significant regressions with the fungicide treatment or with delayed harvest showed both influence of rainfall, relative humidity, solar radiation and air temperature over the range of the evaluated agronomic responses, as the possibility of using algorithms developed decision support systems, with emphasis on maintaining the sanity, productivity and profitability of maize cultivation in the of Campos Gerais region, Paraná State, Brazil.

**Keywords:** *Zea mays* L. *Puccinia sorghi*. Physiological maturity. Rainfall. Profitability.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 -** Anomalia da evapotranspiração potencial pelo método Penman-Monteith (ETP.PM em mm), precipitação pluvial (PREC em mm), umidade relativa (UR em %), radiação solar global (RS em %), temperatura média (TMED em °C) e amplitude térmica (AMPL em °C) para os meses de outubro a abril das safras 2012/13 e 2013/14, calculadas através da subtração das médias climatológicas referentes ao Campo Experimental da Fundação ABC, no período entre 1996 e 2014 em relação aos registros agrometeorológicos obtidos nos locais de experimentação.....56
- Figura 4.2 -** Frequência dos valores diários de evapotranspiração potencial estimada pelo método Penman-Monteith (ETP.PM em mm), precipitação pluvial (PREC em mm), duração do período de molhamento foliar (DPM em h), umidade relativa do ar (UR em %), radiação solar global (RS em MJ m<sup>-2</sup>) e graus dias (GD em °C) com temperatura basal de 10°C, observados entre 0 e 150 dias após as épocas de semeadura A e B, safras 2012/2013 e 2013/2014, Castro, PR. ....62
- Figura 4.3 -** Estimativa da (A) área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR), (B) da produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), (C) da incidência de *F. verticillioides* (G.FVER em %) nos grãos e (D) da incidência de grãos ardidos (G.ARD em %), observados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH, P32R22H sem fungicida, através de variáveis meteorológicas precipitação acumulada (PREC.ACUM), número de horas com temperatura máxima > 32°C (NH.TMAX>32) e número de dias com duração do período de molhamento foliar > 22h (ND.DPM>22), observadas nas épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, cotadas entre os estádios fenológicos V5 e R2

	para doenças foliares e entre VT e R6 para qualidade dos grãos de milho. ....	74
<b>Figura 5.1 -</b>	Anomalias da evapotranspiração potencial estimada pelo método Penman-Monteith (mm), precipitação pluvial (mm), umidade relativa (%), radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e amplitude térmica ( $^{\circ}\text{C}$ ) para os meses de outubro a junho das safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14 calculadas a partir da subtração dos registros agrometeorológicos obtidos no local do experimento, versus os registros climatológicos referentes ao Campo Experimental da Fundação ABC, no período entre 1996 e 2014, em escala decendial. ....	87
<b>Figura 5.2 -</b>	Registros diários de precipitação pluvial acumulada (PREC.AC em mm), acúmulo do número de dias com precipitação (ND.PREC.AC em dias), umidade relativa média do ar (UR.MED em %), radiação solar global (RS em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), temperatura média do ar (T.MED em $^{\circ}\text{C}$ ) e velocidade média do vento (VT.MED em $\text{m s}^{-1}$ ) observados no período de 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO (linha preta contínua), P30F53YH (linha preta pontilhada), P30R50YH (linha cinza contínua) e P32R22H (linha cinza pontilhada), semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR. ....	93
<b>Figura 5.3 -</b>	Estimativa da diferença da produtividade de grãos (P.G.DIF em $\text{Mg ha}^{-1}$ ) através de regressão linear múltipla com as variáveis independentes precipitação acumulada após a maturação fisiológica (PREC.AC em mm) e o número de dias após a maturação fisiológica (DAMF em dias), para os híbridos AG8041PRO (A), P30F53HY (B), P30R50YH (C) e P32R22H (D), cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	108
<b>Figura 5.4 -</b>	Agrupamento hierárquico dos ambientes avaliados (x = favorável, y = intermediário, z = desfavorável) em função	

dos registros de precipitação pluvial acumulada (PREC.AC em mm), acúmulo do número de dias com precipitação (ND.PREC.AC em dias), umidade relativa média do ar (UR.MED em %), radiação solar global (RS em MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), temperatura média do ar (T.MED em °C) e velocidade média do vento (VT.MED em m s<sup>-1</sup>), observados no período de 0 a 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR..... 109

**Figura 5.5 -** Análise de regressão linear simples entre: A) umidade de grãos (UM.G em %) e o número de horas com radiação solar global superior a 600 W m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (NH.RS>600 em horas); B) produtividade de grãos relativa a 0 DAMF (P.G.REL em %) e número de dias com radiação solar global inferior a 14 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (ND.RS<14 em dias); e regressão linear múltipla entre: C) diferença da porcentagem de grãos ardidos relativa ao 0 DAMF (G.ARD.DIF em %), número de dias com radiação solar global inferior a 6 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (ND.RS<6 em dias) e híbridos (HIBR); D) produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), número de dias com temperatura média do ar inferior a 14°C (ND.TMED<14 em dias) e híbridos (HIBR), a partir de registros observados no período de 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR. .... 113

**Figura 5.6 -** Estrutura conceitual de uma árvore de decisão para estimativa da perda da produtividade relativa de grãos (P.G.REL em %), em função das variáveis dias após a maturação fisiológica (DAMF em dias), precipitação pluvial acumulada (PREC.AC em mm), temperatura mínima do ar (TMIN em °C), número de dias com temperatura mínima

inferior a 10 °C (ND.TMIN<10 em dias), evapotranspiração potencial acumulada (ETP.AC em mm) pelo método de Penman Monteith (ALLEN et al., 1998), número de dias com radiação solar global superior a 24 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (ND.RS>24 em dias) e número de dias com temperatura média inferior a 16 °C (ND.TMED<16 em dias), medidas entre os dias 0 e 45 após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR..... 114

**Figura 5.7 -**

Estrutura conceitual de uma árvore de decisão para estimativa do acréscimo de grãos ardidos (G.ARD.REL em %), em função das variáveis dias após a maturação fisiológica (DAMF em dias), número de dias com duração do período de molhamento foliar superior a 12 horas (ND.DPM>12 em dias), número de dias com umidade relativa do ar superior a 90 % (ND.UR>90 em dias), número de dias com radiação solar global inferior a 6 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (ND.RS<6 em dias), número de dias com precipitação pluvial superior a 10 mm (ND.PREC>10 em dias), número de dias com velocidade média do vento inferior a 2 m/s (ND.VTMED<2 em dias), medidas entre os dias 0 e 45 após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR..... 114

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 4.1 -** Datas de semeadura, colheita, ciclo e características genéticas de suscetibilidade às principais doenças foliares dos híbridos de milho comerciais AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H avaliados durante as épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR..... 57
- Tabela 4.2 -** Efeito do ambiente sobre a área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR) e Helmintosporiose (AACP.HT), podridão de colmos (C.POD em %) e colmos sadios (C.SAD em %), espigas com podridão branca por *Diplodia* (E.DIP em %) e podridão rosada da ponta da espiga por Giberela (E.GIB em %), incidência de *Fusarium verticillioides* nos grãos (G.FVER em %), grãos ardidos (G.ARD em %), umidade do grão (UM.GR em %) e produtividade (PROD em Mg ha<sup>-1</sup>). Médias obtidas através dos valores observados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, sem fungicida, Castro-PR..... 63
- Tabela 4.3 -** Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre a área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR) e Helmintosporiose (AACP.HT), calculada a partir de avaliações visuais nos estádios fenológicos de V5, V8, VT e R2, para os híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. .... 65
- Tabela 4.4 -** Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre as podridões de colmo (C.POD em %) e colmos sadios (C.SAD em %), avaliados na maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR..... 65

<b>Tabela 4.5 -</b>	Efeito do ambiente e do fungicida sobre a podridão branca da espiga por <i>Diplodia</i> (E.DIP em %) e da podridão rosada da ponta da espiga por <i>Giberela</i> (E.GIB em %), avaliados após a colheita dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	66
<b>Tabela 4.6 -</b>	Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre a incidência de grãos com <i>Fusarium verticillioides</i> (G.FVER em %) e grãos ardidos (G.ARD em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	68
<b>Tabela 4.7 -</b>	Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre a umidade dos grãos (UM.G em %) e produtividade (P.G em kg ha <sup>-1</sup> ), avaliados na maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	70
<b>Tabela 4.8 -</b>	Efeito da interação entre ambiente e híbrido sobre a área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR) e Helminthosporiose (AACP.HT), colmos doentes (C.POD em %) e sadios (C.SAD em %), grãos ardidos (G.ARD em %), umidade dos grãos (UM.G em %) e produtividade (P.G em Mg ha <sup>-1</sup> ) avaliados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, com e sem fungicida, em ambiente favorável (2012/13-A) e desfavorável (2012/13-B) ao desenvolvimento do milho, Castro-PR. ....	71
<b>Tabela 4.9 -</b>	Coeficiente de correlação simples da área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR) e <i>F. verticillioides</i> (G.FVER em %) nos grãos, observados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH, P32R22H sem fungicida versus as variáveis meteorológicas observadas nas épocas de semeadura A e	

	B, safras 2012/13 e 2013/14, cotadas entre os estádios fenológicos V5 e R2 para doenças foliares e entre VT e R6 para qualidade dos grãos de milho. ....	72
<b>Tabela 5.1 -</b>	Características agronômicas de ciclo, qualidade de colmo, espigas e grãos referentes aos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H. ....	88
<b>Tabela 5.2 -</b>	Informações fitotécnicas, datas de semeadura e colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H avaliados durante as épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	88
<b>Tabela 5.3 -</b>	Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a podridão dos colmos (C.POD em %) e colmos quebrados (C.QUE em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	95
<b>Tabela 5.4 -</b>	Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre as podridões de espigas por Diplodia (E.DIP em %) e por Penicillium (E.PEN em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	96
<b>Tabela 5.5 -</b>	Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre as podridões de espiga por Fusarium (E.FUS em %) e por Giberela (E.GIB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	98

<b>Tabela 5.6 -</b>	Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a incidência de grãos contaminados por <i>F. graminearum</i> (G.FGRA em %) e por <i>Penicillium</i> spp. (G.PEN em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	100
<b>Tabela 5.7 -</b>	Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a incidência de grãos contaminados por <i>F. verticillioides</i> (G.FVER em %) e por <i>F. subglutinans</i> (G.FSUB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	102
<b>Tabela 5.8 -</b>	Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a umidade dos grãos (UM.G em %) e grãos ardidos (G.ARD em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.....	105
<b>Tabela 5.9 -</b>	Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a massa de mil grãos (MMG em g) e produtividade de grãos (P.G em Mg ha <sup>-1</sup> ), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....	107
<b>Tabela 5.10 -</b>	Efeito da interação entre o ambiente (AMB) e híbridos (HIBR), sobre as diferenças de umidade dos grãos (UM.G.DIF em %), de grãos ardidos (G.ARD.DIF), de	

massa de mil grãos (MMG.DIF em g) e de produtividade de grãos (P.G.DIF em Mg ha<sup>-1</sup>), calculados a partir da subtração entre os valores obtidos aos 45 dias após a maturação fisiológica e os valores no dia 0, considerando os híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR..... 110

**Tabela 5.11 -** Coeficiente de correlação simples entre as variáveis agronômicas podridões de colmo (C.POD em %), colmos quebrados (C.QUE em %), espigas com *Diplodia* spp. (E.DIP em %), espigas com *Fusarium* spp. (E.FUS em %), espigas com *Gibberella zeae* (E.GIB em %), espigas com *Penicillium* spp. (E.PEN em %), grãos com *F. graminearum* (G.FGRA em %), grãos com *F. subglutinans* (G.FSUB em %), grãos com *F. verticillioides* (G.FVER em %), grãos com *Penicillium* spp. (G.PEN em %), umidade de grãos relativa a 0 DAMF (UM.G.REL em %), diferença da umidade de grãos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (UM.G.DIF em %), grãos ardidos (G.ARD em %), grãos ardidos relativos a 0 DAMF (G.ARD.REL em %), diferença de grãos ardidos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (G.ARD.DIF em %), massa de mil grãos relativa a 0 DAMF (MMG.REL em %), diferença da massa de mil grãos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (MMG.DIF em g), produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), produtividade de grãos relativa a 0 DAMF (P.G.REL em %), diferença da produtividade de grãos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (P.G.DIF em Mg ha<sup>-1</sup>), versus as variáveis meteorológicas observadas entre 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14 em Castro-PR. .... 112

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>28</b>
<b>2.1</b>	<b>PRINCIPAIS FITOPATOSSISTEMAS DO MILHO</b> .....	<b>28</b>
2.1.1	Helminthosporiose .....	29
2.1.2	Ferrugem Comum.....	30
2.1.3	Podridões do Colmo .....	31
2.1.4	Podridão Branca da Espiga ou Podridão de Diplodia .....	32
2.1.5	Podridão Rosada da Espiga ou Podridão de Fusarium .....	33
2.1.6	Podridão Rosada da Ponta da Espiga ou Podridão de Giberela .....	34
2.1.7	Grãos Ardidos.....	34
2.1.8	Estratégias de manejo para redução dos grãos ardidos.....	35
<b>2.2</b>	<b>A COLHEITA DO MILHO</b> .....	<b>36</b>
2.2.1	Decréscimo da umidade dos grãos .....	37
2.2.2	Maturação Fisiológica e o Acúmulo de Matéria Seca .....	38
2.2.3	Perdas na Pré-Colheita.....	39
<b>3.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>
<b>4.</b>	<b>ARTIGO A: TRATAMENTO FUNGICIDA NA SANIDADE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES AMBIENTES</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>55</b>
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>60</b>
<b>4.4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>75</b>
<b>4.5</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>76</b>
<b>5.</b>	<b>ARTIGO B: MOMENTO DE COLHEITA SOBRE A SANIDADE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES AMBIENTES</b> .....	<b>82</b>
<b>5.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>84</b>
<b>5.2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>85</b>

5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
5.4	CONCLUSÕES.....	116
5.5.	REFERÊNCIAS.....	114
6.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	120
	APÊNDICES.....	122

APÊNDICE A - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre a podridão dos colmos (C.POD em %) e colmos quebrados (C.QUE em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. .... 123

APÊNDICE B - Efeito do ambiente (AMB) e do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre as podridões espiga por *Diplodia* (E.DIP em %), *Penicillium* spp. (E.PEN em %), *Fusarium* (E.FUS em %) e *Giberela* (E.GIB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. .... 124

APÊNDICE C - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre a incidência de grãos contaminados por *F. graminearum* (G.FGRA em %), *Penicillium* spp. (G.PEN em %), *F. verticillioides* (G.FVER em %) e *F. subglutinans* (G.FSUB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. .... 125

APÊNDICE D - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre a

<p>umidade dos grãos (UM.G em %), grãos ardidos (G.ARD em %), massa de mil grãos (MMG em g) e produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR. ....</p>	126
<p>APÊNDICE E – Saldo líquido financeiro da produção de milho (SALDO.LIQ em R\$ ha<sup>-1</sup>) em função do atraso na colheita após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, considerando os valores de umidade de grãos (UM.G em %), produtividade de grãos (P.G em kg ha<sup>-1</sup>) e porcentagem de grãos ardidos (G.ARD em %) obtidos a partir das análises de regressão. O valor de comercialização considerado foi de R\$ 30,00 saca<sup>-1</sup>, custo de transporte de R\$ 20 R\$ t<sup>-1</sup>, custo de produção e tabelas de classificação e secagem utilizadas regionalmente pelas Cooperativas ABC. ....</p>	127
<p>APÊNDICE F – Probabilidade de 75 e 90% do número máximo de dias favoráveis para a colheita do milho dentro de cada decêndio, calculada para os municípios de Ponta Grossa, Carambeí, Castro e Piraí do Sul-PR, considerando a série histórica de precipitação pluvial entre 1985 e 2014. Precipitação pluvial diária igual ou superior a 5, 15 e 30 mm resultou em 1, 2 e 3 dias desfavoráveis a colheita, respectivamente.....</p>	128

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), em função de seu alto potencial de produção, composição química e valor nutritivo, constitui um dos mais importantes cereais cultivados no mundo. Em razão da sua ampla utilização, seja para a alimentação humana, animal, ou para indústrias de alta tecnologia, o milho assume relevante papel socioeconômico e ambiental, impulsionando o desenvolvimento de complexos industriais diversificados.

Segundo relatório do USDA (2015), a safra mundial de milho esperada para 2015/16 será de aproximadamente 970,08 milhões de toneladas, concentrada basicamente em três grandes produtores: EUA (345,49 milhões de t), China (224,58 milhões de t) e Brasil (84 milhões de t), responsáveis por 67,4 % da produção mundial de milho. O Brasil se encontra na terceira posição no ranking de produtores, são aguardados 75,00 milhões de toneladas para a safra 15/16. Apesar dessa ampla concentração entre os grandes produtores, o restante do milho produzido no mundo é bem dividido entre os outros (os outros 7 maiores produtores do mundo representam apenas 13,83% da produção mundial).

No Brasil, os levantamentos da CONAB (2015) demonstram uma área total destinada ao cultivo de milho superior a 15,34 milhões de hectares na safra 2015/2016, disseminada sobre as regiões Sul (25%), Sudeste (12%), Centro-Oeste (42%), Nordeste (17%) e Norte (4%). Entre os estados brasileiros, o Mato Grosso é responsável pela produção de aproximadamente 20,26 milhões de toneladas de milho, seguido pelo Paraná (15,57), Goiás (9,37), Mato Grosso do Sul (9,19), Minas Gerais (6,68), Rio Grande do Sul (5,90), São Paulo (4,06), Santa Catarina (2,90) e Bahia (2,70).

Entretanto, mesmo que a área destinada ao cultivo de milho no Brasil represente aproximadamente 49,6 % da área norte americana, a significativa variabilidade espaço-temporal das condições ambientais (clima e solo) frequentemente se traduz em baixos rendimentos, que por sua vez refletem sobre a média nacional, atualmente inferior a  $5,9 \text{ t ha}^{-1}$ . A título de comparação, a média de países como Estados Unidos, Canadá, Turquia e Argentina se aproxima de  $10,6 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $10,4 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $9,8 \text{ t ha}^{-1}$  e  $7,9 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente (USDA, 2016).

Segundo Sans e Guimarães (2010), a produtividade do milho é função de vários fatores integrados, sendo os mais importantes a interceptação de radiação

solar pelo dossel, a eficiência metabólica, a eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e a capacidade de dreno. As relações de fonte e dreno são funções das condições ambientais, uma vez que as plantas ou genótipos procuram se adaptar à variabilidade ambiental.

Esta dependência da interação entre os efeitos genotípicos e ambientais, somada a significativa variabilidade espaço temporal dos ambientes de produção no Brasil, evidenciam a importância do conhecimento das características climáticas regionais para o criterioso dimensionamento ou planejamento do sistema de produção de milho, fato este que frequentemente resulta na redução dos riscos de perdas de produtividade potencial por fatores abióticos e bióticos.

Os estudos de planejamento agrícola geralmente utilizam modelos de fenologia baseados na temperatura do ar ou soma térmica, que quando em condições hídricas adequadas, apresentam maior eficiência na predição dos estádios fenológicos (BARBANO et al., 2003). Esta predição da duração de cada estágio de crescimento do milho através da soma de unidades calóricas tem sido amplamente utilizada para mitigar as perdas por eventos climáticos adversos (ocorrência de geadas, déficit hídrico, temperaturas elevadas), para determinação das épocas de semeadura, realização de tratamentos culturais e para a previsão do momento de colheita (OLIVEIRA, 1990).

Entretanto, mesmo com os significativos avanços no planejamento dos sistemas de produção, zoneamento agrícola, utilização de sementes geneticamente melhoradas, técnicas de semeadura direta na palha, rotação de cultivos, melhor uso de defensivos e fertilizantes, ou mesmo com a maior eficiência das máquinas agrícolas, ainda observamos uma alta dependência das condições do ambiente para a obtenção de maiores rendimentos (MUNDSTOCK; SILVA, 2005).

Entre os fatores abióticos de maior correlação com a produtividade de milho, podemos citar a quantidade de água no solo facilmente disponível para as plantas (transpiração e transporte de nutrientes), a quantidade e qualidade da radiação solar incidente sobre o dossel e a temperatura do ar e do solo como sendo os principais influenciadores da produtividade (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Em relação aos fatores bióticos, destacam-se a incidência de plantas daninhas, insetos-pragas e doenças como os principais fatores relacionados a perda de produtividade, qualidade e rentabilidade no cultivo do milho. Para Costa, Casela e Cota (2010), desde o final de década de 90 as doenças têm se tornado uma grande

preocupação por parte de técnicos e agricultores, com frequentes relatos de perdas na produtividade nas principais regiões produtoras do país.

No mesmo ano, Pozar et al., (2009) demonstraram que pelo menos uma dezena de fitopatógenos foram identificados nas folhas, colmo, espiga e grãos do milho, sendo que destes, os relacionados às doenças foliares e à incidência de grãos ardidos foram os que resultaram em maiores perdas.

Segundo Schipanski (2011) as principais doenças foliares do milho observadas nos últimos anos sobre a região Sul do Brasil foram o complexo mancha branca, a cercosporiose, a ferrugem comum, a ferrugem polissora e a ferrugem tropical. Além das doenças foliares, Oliveira et al., (2004) menciona a importância das podridões de colmo causadas por fungos que colonizam tecidos de plantas senescentes como *Stenocarpella spp.* e *Fusarium spp.*, além dos fungos que colonizam tecidos jovens, caso do *Pythium aphanidermatum* e *Colletotrichum graminicola*.

Quanto as perdas de rendimento ocasionadas por grãos ardidos ou micotoxinas, Luz (1995) relaciona as podridões de espiga, que tem como principais agentes causais os fungos do gênero *Aspergillus*, *Diplodia*, *Fusarium* e *Penicillium* como as mais frequentes na mesma região do país. Santin (2001) em estudo específico sobre micotoxinas em milho, confirma a identificação destes mesmos agentes causais e relata que as micotoxinas mais comuns foram as fumonisinas, zearalenona, deoxinivalenol, nivalenol, aflatoxinas, esterigmatocistina, ocratoxinas e toxina T2.

Esta colonização sintomática por fungos sobre os grãos de milho normalmente resulta em menor classificação comercial do produto, uma vez que o milho é qualificado de acordo com as características de sanidade, de grãos ardidos, de injúria mecânica, pela presença de impurezas e pelo grau de umidade dos grãos.

Para Bredemeier (2010), a adoção integrada de algumas técnicas de rotação de cultivos, controles fitossanitários eficientes e manejo da colheita pode resultar em melhoria significativa da qualidade dos grãos. Sobre o manejo da colheita, destaca-se a antecipação do momento de colheita do milho como uma técnica que pode reduzir as perdas quantitativas e qualitativas.

De acordo com Weber (2001), as principais vantagens da antecipação da colheita estão relacionadas a redução das perdas no campo ocasionadas por condições climáticas indesejáveis (chuvas frequentes) ou a incidência de roedores, insetos, pássaros e microrganismos, desde que o produtor possua uma estrutura de

secagem na propriedade ou na unidade de entrega da produção. O autor menciona ainda a obtenção de maior rentabilidade para o agricultor, além da manutenção da qualidade fisiológica das sementes (vigor e germinação) e das propriedades organolépticas e nutricionais dos grãos.

No caso da soja, a ocorrência de chuvas ou orvalho, associado às altas temperaturas e elevada umidade relativa do ar, resultam na redução da qualidade fisiológica das sementes, devido as sucessivas retrações e entumecimentos, principalmente em situações de atraso na colheita (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 1990).

Em anos sob influência do El Niño, Kochinski e Tsukahara (2011) demonstraram que mesmo diante de quase 200 mm de precipitação, a curva de umidade dos grãos de milho apresentou tendência não linear decrescente, com perdas iniciais de até 1% dia<sup>-1</sup> nos primeiros 7 dias e de menos de 0,3% dia<sup>-1</sup> até os 49 dias após a maturação fisiológica. Com colheita realizada de forma manual, os autores relataram perda de até 19,7 % de produtividade e incremento máximo de 227 % de grãos ardidos.

Andrade e Borba (1993) relataram que dentro do processo de produção de sementes de milho, a colheita mecanizada tem sido uma das fases mais críticas. A falta de maquinários apropriados e a utilização inadequada de equipamentos utilizados na fase de colheita, secagem e beneficiamento, têm favorecido um alto percentual de danos nas sementes. Estes danos mecânicos têm sido apontados como a causa principal da redução da quantidade e qualidade das sementes de milho produzidas no Brasil.

Por outro lado, Balastreire (1987) adverte que se a umidade dos grãos estiver fora das condições ideais de colheita, as regulagens incorretas e a velocidade inadequada de deslocamento da colhedora são responsáveis por elevados índices de perda de grãos. O autor complementa também que a minimização de perdas na colheita para um patamar aceitável pode ser obtida através do treinamento dos operadores, da adequada manutenção das colhedoras, da eficiente regulação das máquinas, da escolha da correta velocidade de trabalho e da operação da colheita no momento adequado.

Para Brito et al., (2012), as perdas de produtividade associadas à significativa incidência de doenças foliares e grãos ardidos em milho, associado ao atraso na colheita em função da ocorrência de chuvas frequentes no período, tem causado

ampla discussão sobre estratégias de manejo que visem ao desenvolvimento de novas estratégias de produção.

Desta forma, o presente estudo teve como objetivos principais: 1) avaliar o efeito do manejo fitossanitário em diferentes híbridos de milho, safras e épocas de semeadura; 2) quantificar os efeitos do atraso na colheita e 3) identificar as principais condições ambientais que exercem significativa influência sobre a produtividade e qualidade dos grãos, com vistas ao desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O milho é uma planta anual pertencente à família das Poaceas (Gramineae) de gênero *Zea*, cujo nome científico é *Zea mays* L. Originou-se cerca de sete a dez mil anos atrás no México e na América Central. Possui uma caracterização genética amplamente estudada e detalhada, principalmente quando comparada às outras espécies cultivadas (MATSUOKA et al., 2002).

Este amplo conhecimento sobre a genética do milho resultou em avanços tecnológicos significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo, incluindo a epidemiologia e a ecofisiologia vegetal, que também propiciaram uma melhor compreensão das interações com o ambiente, resultando em melhores técnicas de manejo agrônomo.

Desta forma, esta revisão bibliográfica objetivou reunir o conhecimento científico sobre o cultivo de milho, com ênfase nas pesquisas que relacionaram o efeito das condições atmosféricas tanto sobre o desenvolvimento dos principais fitopatossistemas, quanto sobre a manutenção da produção e qualidade durante a pré-colheita do milho.

### 2.1. PRINCIPAIS FITOPATOSSISTEMAS DO MILHO

Nos últimos anos, notadamente a partir do final de década de 90, as doenças do milho têm se tornado uma grande preocupação por parte de técnicos e agricultores. Relatos de perdas na produtividade devido ao ataque de patógenos têm sido frequentes nas principais regiões produtoras do país (COSTA; CASELA; COTA., 2010).

Esta maior incidência e severidade de enfermidades em raízes, colmos, folhas, espigas e grãos podem estar relacionadas com a intensificação do sistema de produção de milho no Brasil, onde houve expansão da fronteira agrícola, ampliação das épocas de cultivo (safra e safrinha), adoção do sistema de plantio direto, aumento do uso de sistemas de irrigação, ausência de rotação ou sucessão de cultivos desfavoráveis e o uso de materiais genéticos com suscetibilidade as principais doenças e pragas, discutidas a seguir.

### 2.1.1. Helmintosporiose

A helmintosporiose é causada pelo fungo *Exserohilum turcicum* (Outros sinônimos: *Exserohilum turcicum*, *Bipolaris turcicum*, *Drechslera turcicum*.), e é um dos principais patógenos da cultura do milho onde que em condições atmosféricas favoráveis e com hospedeiro (híbridos) suscetíveis pode comprometer e em alguns casos exceder a 40% da produção de grãos (COTA et al., 2013).

O patógeno produz conidióforos isolados ou em grupos de 2 a 6, cilíndricos, marrom oliváceos tornando-se mais claros no ápice, com até 300 por 8 a 9 µm. Conídios elipsoides a obclavados, retos ou ligeiramente curvos, marrom oliváceos, lisos, 4 a 9 septos, medindo de 50 a 144 por 18 a 33 µm. Hilo protuberante, medindo 2 a 3 por 2 a 3 µm.

Os sintomas típicos surgem inicialmente nas folhas mais baixas, na forma de lesões elípticas de coloração palha, 2,5 a 15 cm, com bordos bem definidos, que se tornam escuras devido à frutificação do fungo. Devido ao coalescimento destas lesões, as folhas adquirem um aspecto de queima. Lesões com bordas amareladas indicam a presença do gene *Ht1* de resistência. Nestas lesões praticamente não ocorre esporulação do fungo (COSTA et al., 2012).

O patógeno apresenta boa capacidade de sobrevivência em restos de cultura. A disseminação ocorre pelo transporte de conídios pelo vento a longas distâncias. Temperaturas moderadas (18-27°C) são favoráveis à doença, bem como a ocorrência de longos períodos de molhamento foliar ou a presença de orvalho. O patógeno tem como hospedeiros o sorgo, o capim sudão, o sorgo de halepo e o teosinto. No entanto, isolados provenientes do sorgo não são capazes de infectar plantas de milho (COSTA et al., 2012). Em situações de precipitação, ou seja, de alta umidade relativa ou presença de orvalho é onde ocorre a maior liberação de conídios, ocorrendo geralmente no período da manhã (LEACH et al., 1977).

Entre as formas de controle do patógeno a mais eficiente e principal na cultura do milho é a resistência genética, sendo que ela pode ser vertical (monogênica) ou horizontal (poligênica) (CAMPAÑA; PATAKY, 2005). Porém nos últimos anos, o manejo através do uso de fungicida vem se intensificando, e tem se mostrado uma ferramenta viável e eficiente no manejo do patógeno (BLANDINO et al., 2012).

### 2.1.2. Ferrugem Comum

Assim como a helmintosporiose, a ferrugem comum, causada pelo fungo *Puccinia sorghi*, é um dos principais patógenos da cultura do milho, onde que no Brasil apresenta ampla distribuição, porém com severidade a nível moderado, sendo de maior importância na região sul do país (COSTA et al., 2012). Pataki et al. (1987) relatou através de técnicas de modelagem no estado americano de Illinois que a doença tem um potencial de dano linear chegando à 40% de perda da produção da cultura do milho em severidades de 60%. Segundo Camargo, et al. (2005), a intensidade do patógeno é altamente dependente das condições atmosféricas, pois em uma mesma localidade pode haver uma grande variação entre safras bem como entre genótipos.

O patógeno é um basídiomiceto, seus uredósporos são arredondados, binucleados, de cor marrom-ferruginosa. Os teliósporos são de cor marrom-escura, bicelulados, com leve constrição no septo. São ligados à pedicelos, cujo comprimento é de uma a duas vezes o comprimento do teliósporo (Camargo et al., 2005).

Em ambas as faces das folhas, se observam pústulas de formato predominantemente alongadas, de cor marrom-clara em plantas jovens e que se tornam marrom-escuras à medida em que a planta se aproxima da fase de maturação. Essas pústulas promovem o rompimento da epiderme, resultando em uma fenda visível (ALVES; DEL PONTE, 2012).

A fonte primária de inóculo para o milho são os uredósporos formados no próprio milho ou os aeciósporos produzidos no hospedeiro alternativo (trevo), cuja disseminação se dá principalmente pelo vento. O trevo é infectado pelo micélio proveniente da germinação dos basidiósporos, os quais são formados após a germinação dos teliósporos no solo. É uma doença favorecida por temperaturas entre 16 e 23 °C, umidade relativa alta e altitudes superiores a 900m. As folhas mais velhas da planta são menos suscetíveis à infecção do que folhas mais jovens. O dano à produção decorre de dois mecanismos. O fungo é um parasita que retira os nutrientes da planta para seu crescimento então os carboidratos e outros nutrientes que seriam utilizados para o crescimento do vegetal e enchimento de grãos são desviados para o crescimento do fungo. As pústulas que se formam causam o rompimento da epiderme o que afeta a habilidade da planta em regular sua

economia de água. Uma planta severamente atacada apresenta sintomas de estresse hídrico sob condições ambientais de alta temperatura e ventos fortes, embora a umidade do solo seja adequada (CAMARGO et al., 2005).

Em trabalho realizado por Utpal et al. (2015), onde foi testado a germinação dos uredósporos em diversas situações de temperaturas versus a duração da exposição das mesmas, os pesquisadores obtiveram o resultado de que a máxima germinação ocorre aos 25°C, com 83,7% de germinação, principalmente em situações de exposição nesta mesma temperatura em intervalos de 20 a 24 horas.

O controle da doença se dá principalmente com a utilização de cultivares resistentes, a adoção de rotação de culturas e através do escape natural com plantio em locais e épocas menos favoráveis ao desenvolvimento da doença. O plantio de cultivares suscetíveis em ambientes com temperatura amena, como nos meses de agosto e setembro na região sul, não é recomendado. O controle químico com fungicidas é recomendado quando a doença surge nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura (BRANDÃO et al., 2003).

### 2.1.3. Podridões do Colmo

Além destas doenças foliares citadas, nos últimos anos observa-se uma maior frequência de danos causados por podridões da base de colmo e podridões de espiga (REIS; CASA, 2001). As podridões de colmo provocam o apodrecimento dos tecidos internos da medula do colmo e são causadas principalmente pelos fungos *Fusarium verticillioides* (Sacc) Nirenberg, *F. graminearum* (Schwabe), *Colletotrichum graminicola* (Cesati) Wilson, *Stenocarpella macrospora*, *S. maydis* (Berk.), *Macrophomina phaseolina* e *Pythium aphanidermatum*. Tais patógenos causam danos devido ao fato de interromperem o fluxo de seiva existente entre parte aérea e sistema radicular, causando a morte prematura de plantas, menor enchimento dos grãos, acamamento e maiores perdas de colheita (REIS; CASA, 1996).

A ocorrência de podridões de colmo é favorecida por alterações nas relações entre fonte e dreno de nutrientes ocorridas durante a fase de enchimento dos grãos (REIS; CASA, 1996). Fatores que reduzam a fotossíntese e a produção de carboidratos predisõem as plantas às podridões (PINTO et al., 1997). A desfolha durante o florescimento altera a partição de fotoassimilados entre as diferentes estruturas da planta, podendo influenciar na incidência das doenças do colmo do

milho (BLUM et al., 2001).

#### 2.1.4. Podridão Branca da Espiga ou Podridão de Diplodia

A podridão da espiga de Diplodia tem como agente causal a *Diplodia macrospora*, que produz micélio de cor cinza a marrom-claro e picnídios marrom-escuros a pretos, globosos, com paredes multicelulares, com uma abertura denominada ostíolo e medindo de 200 a 300 µm de diâmetro. Os conídios são marrom-claro, retos, raramente curvos, fusiformes, com paredes espessas e lisas, com até três septos, medindo 44 a 82 por 7,5 a 11,5 µm.

Os primeiros sintomas da podridão aparecem geralmente na base da espiga. Entre os grãos, desenvolve-se um micélio branco e as espigas severamente afetadas tornam-se mais leves do que as sadias e apresentam grãos de cor marrom. Pequenos pontos negros podem ser encontrados no interior da espiga, na palha e em lesões de coloração variando de marrom-claras a quase negras, próximo aos entrenós inferiores. O tecido interno dos entrenós adquire uma coloração marrom e se desintegra, sobrando apenas os vasos lenhosos também cobertos pelos mesmos pontos negros. Estes pontos negros são os picnídios, as estruturas de frutificação do patógeno. Espigas infectadas no estágio de grãos leitosos podem apodrecer completamente (PINTO, 2006).

A *D. macrospora* ocorre em regiões quentes, com altitudes abaixo de 500 m e em ambiente úmido, já *D. maydis* ocorre em regiões de temperatura moderada, com altitudes acima de 700 m, e em ambiente úmido. Os esporos sobrevivem no interior dos picnídios que se mantêm no solo, nos restos de culturais contaminados e nas sementes. Nas sementes, o fungo também sobrevive na forma de micélio dormente. Os conídios são disseminados pela ação do vento ou da chuva. As condições climáticas do sul do país que apresenta temperaturas diárias de 25 a 27 °C e noturnas de 12 a 15°C são favoráveis ao desenvolvimento da doença, assim como abundância de chuva na época da maturação dos grãos. As espigas mais suscetíveis ao fungo são aquelas com mau empalhamento, com palha frouxa ou não decumbente (CAMARGO et al., 2005).

As práticas culturais recomendadas são o uso de cultivares resistentes e outros métodos que visam acabar com as formas de sobrevivência do patógeno, eliminando os restos de cultura, usando sementes sadias e fazendo rotação de

cultura, já que o milho é o único hospedeiro de *D. macrospora*. Cana também é hospedeiro de *D. maydis*, portanto evitar fazer rotação milho-cana. Existe no mercado fungicidas e mistura de fungicidas capazes de erradicar o fungo (ALVES et al., 2012).

#### 2.1.5. Podridão Rosada da Espiga ou Podridão de Fusarium

A podridão de Fusarium tem como agente causal em sua forma perfeita a *Gibberella fujikuroi* (Sawada) S.Ito. *F. moniliforme* produz micélio com aparência pulverulenta devido a abundante produção de microconídios, geralmente com coloração salmão, podendo apresentar-se laranja, púrpura ou violeta. Macroconídios as vezes presentes, hialinos, delicados, fusóides, com 3 a 7 septos, medindo 25 a 60 por 2,5 a 4  $\mu\text{m}$ , com célula basal em forma de pé e célula apical curva e pontiaguda. Clamidósporos ausentes. Microconídios hialinos, fusóides, 5 a 12 por 1,5 a 2,5  $\mu\text{m}$ , produzidos em cadeia por fiálides curtas. Ocasionalmente podem apresentar um septo (ALVES; DEL PONTE, 2012).

Os sintomas se parecem com uma massa cotonosa avermelhada que pode recobrir os grãos infectados ou a área da palha atingida. Em alguns grãos pode haver o aparecimento de estrias brancas no pericarpo. Os grãos podem estar em grupos ou isolados na espiga, podendo ser possível observar a presenças de um micélio branco em estádios avançados da doença. Muitos grãos, aparentemente saudáveis, podem conter o patógeno em seu interior (CAMARGO et al., 2005).

A infecção pode se iniciar pelo topo ou por qualquer outra parte da espiga, mas sempre associada a alguma injúria causada por insetos ou pássaros. Quando a infecção ocorre via pedúnculo da espiga, todos os grãos podem se tornar infectados. No entanto, a infecção só se desenvolverá naqueles que apresentarem alguma injúria no pericarpo.

O desenvolvimento da doença nas espigas é paralisado quando o teor de umidade dos grãos está ao redor de 18%, em base úmida. Como estes fungos possuem fase saprofítica ativa, sobrevivem e se multiplicam na matéria orgânica, no solo, sendo essa a fonte principal de inóculo. Esses patógenos tem uma faixa de temperatura ótima para o seu desenvolvimento situada entre 20 a 25 °C. Contudo, suas toxinas são produzidas a temperaturas baixas e a alternância das temperaturas, principalmente a diurna e a noturna favorece a produção das mesmas

(CAMARGO et al., 2005).

Segundo Pinto (2006), a principal medida de controle desta doença é o uso de cultivares resistentes. Além disso, deve-se fazer rotação de culturas, promover o controle de plantas invasoras hospedeiras do patógeno e usar sementes sadias.

#### 2.1.6. Podridão Rosada da Ponta da Espiga ou Podridão de Giberela

Esta podridão de espiga é conhecida também pelo nome de podridão de Giberela (*Gibberella zeae*), sendo mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa. A ocorrência de chuvas após a polinização propicia a ocorrência desta podridão de espiga. Esta doença inicia-se com uma massa cotonosa avermelhada na ponta da espiga e pode progredir para a base da espiga. A palha pode ser colonizada pelo fungo e tornar-se colada na espiga. Ocasionalmente, esta podridão pode iniciar-se na base e progredir para a ponta da espiga, confundindo o sintoma com aquele causado por *Fusarium moniliforme* ou *F. subglutinans*. Chuvas frequentes no final do desenvolvimento da cultura, principalmente em lavoura com cultivar com espigas que não dobram, aumentam a incidência desta podridão de espiga. Este fungo sobrevive nas sementes na forma de micélio dormente. A forma anamórfica de *G. zeae* é denominada de *Fusarium graminearum* (COSTA; CASELA; COTA et al., 2010).

#### 2.1.7. Grãos Ardidos

Os grãos de milho podem ser danificados por fungos em duas condições específicas, em pré-colheita (podridões fúngicas de espigas com a formação de grãos ardidos) e em pós-colheita durante o beneficiamento, o transporte e o armazenamento. Em pré-colheita, as maiores porcentagens de grãos ardidos estão relacionadas tanto com a ocorrência de doenças foliares, associadas a condições meteorológicas favoráveis e à susceptibilidade dos híbridos, quanto com a incidência de podridões de grãos e espigas (MENDES, 2009).

Segundo Pinto (2006), estes fungos causadores de grãos ardidos em milho podem ser divididos em dois grupos: os que produzem apenas grãos ardidos e os que produzem grãos ardidos e micotoxinas. No primeiro grupo, destacam-se os fungos *Drechslera zeicola*, *Cladosporium herbarum*, *Ustilago maydis*, *Nigrospora*

*oryzae*, *Colletotrichum graminicola*, entre outros. No segundo grupo, os principais representantes foram os fungos *Stenocarpella maydis* (*Diplodia maydis*), *Stenocarpella macrospora* (*Diplodia macrospora*), *Fusarium verticillioides* (*Fusarium moniliforme*), *F. subglutinans*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* e *Gibberella zeae*.

Em condições de temperatura e umidade específicas, estas espécies de fungos podem acumular metabólitos secundários denominados micotoxinas, representando elevado risco potencial para o agronegócio e para a saúde humana e animal (MUNKVOLD; DESJARDINS, 1997). A preocupação crescente com a segurança alimentar tem exigido melhoria na qualidade sanitária dos alimentos.

#### 2.1.8 Estratégias de manejo para redução dos grãos ardidos

Segundo Mendes (2009), o manejo dos grãos ardidos envolve a utilização de híbridos resistentes, adubação equilibrada, rotação de culturas, controle de insetos, colheita precoce, transporte rápido e secagem, para evitar a contaminação de grãos de milho por micotoxinas no campo e nos silos, especialmente aquelas produzidas por *Fusarium* spp. Agrios (2005) acrescenta a esta lista, o efeito das altas populações de plantas, associadas a desequilíbrios nutricionais e à suscetibilidade dos genótipos, que podem resultar em aumento de grãos ardidos. Em experimentos conduzidos em Castro e Arapoti, Paraná, Carvalho (2007) relatou que relação entre aumento de população de plantas e aumento de grãos ardidos em milho depende das condições ambientais do do híbrido utilizado.

O uso de fungicidas também vem sendo relatado como um outro fator para manejo dos grãos ardidos em milho. Segundo Juliatti et al. (2007), a aplicação de fungicidas triazóis e estrobilurinas, quando aplicados via foliar, resultou em menor incidência de grãos ardidos no milho. Da mesma forma, Brito et al., (2012) relatou a redução da incidência de grãos ardidos, além de um aumento de 12 % na produtividade de grãos quando comparados aos tratamentos sem aplicação de fungicidas. Por outro lado, outros experimentos mais regionalizados conduzidos por Zanata (2013) e Schipanski (2011) em Guarapuava/PR e Castro/PR respectivamente demonstraram ausência do efeito do fungicida sobre a redução dos grãos ardidos em milho.

Outra forma importante para o manejo de grãos ardidos é a antecipação do momento de colheita do milho. A antecipação desta operação agrícola resulta em

maior qualidade fisiológica das sementes, menor exposição das espigas às condições ambientais adversas, melhor aproveitamento das áreas agricultáveis e também a maximização dos processos de secagem e armazenamento, evitando gargalos de infraestrutura dos próprios agricultores e cooperativas.

No Quênia, Alakonya et al. (2008) avaliaram a época de colheita do milho e observaram que quando os produtores deixavam o milho no campo por longo tempo após a época de maturação fisiológica, aumentava a incidência de podridão de espiga. Com base nessas análises eles concluíram que seria aconselhável que a colheita fosse realizada em até quatro semanas após maturidade fisiológica. Em Guarapuava/PR e Sete Lagoas/MG, Marcondes (2012) concluiu que a incidência de grãos ardidos foi menor quando a colheita foi realizada próxima a maturação fisiológica dos grãos, porém sem efeito significativo para o aumento da densidade de plantas.

Em Lages/SC, Panison (2014) avaliou o desempenho de 6 híbridos de milho em situação de atraso na colheita, onde as precipitações foram superiores a 300 mm acumulados neste período. Entretanto, mesmo após 40 dias da maturação fisiológica dos grãos, não houve aumento na incidência de grãos ardidos. Da mesma forma, Santin (2004) avaliou a incidência de patógenos em híbridos de milho colhidos em Passo Fundo/RS, em situações de até 63 dias após a umidade de 38 % dos grãos. Nesta situação, o atraso na colheita do milho não influenciou no aumento da incidência de grãos ardidos, porém influenciou na redução da incidência de *F. moniliforme* e no aumento da incidência de *F. graminearum* e das espécies dos gêneros *Aspergillus*, *Cephalosporium* e *Penicillium*.

## 2.2. A COLHEITA DO MILHO

No milho, a interrupção do fluxo de nutrientes em direção a espiga é marcada pela formação de uma camada negra no ponto de inserção do grão no sabugo, indicando a maturação fisiológica dos grãos, momento caracterizado pelo máximo acúmulo de matéria seca, máxima qualidade fisiológica (MAGALHÃES; DURÃES 2006) e baixa incidência de fungos toxigênicos (EGLI; TEKRONY, 1997).

Entretanto nesta fase de máxima qualidade fisiológica e acúmulo de matéria seca, os grãos ainda apresentam elevado teor de umidade, o que torna inviável a colheita mecanizada em função da dificuldade de debulha, decorrente do excesso

de partes verdes e úmidas das plantas, fato que pode causar severas injúrias mecânicas por amassamento dos grãos.

Por outro lado, Ruffato et al. (2001) afirmam que quanto menor a umidade dos grãos, menor será a elasticidade do pericarpo, tornando-os mais vulneráveis aos danos provenientes da ação dos equipamentos, com destaque para o sistema de trilha, o principal causador de danos mecânicos nas sementes.

A manifestação do dano mecânico sobre a qualidade das sementes pode ser através de efeitos imediatos e efeitos latentes. Os efeitos imediatos caracterizam-se pela redução imediata da germinação e vigor logo após a semente ter sido injuriada. Os efeitos latentes podem não afetar de imediato a viabilidade, porém durante o armazenamento as sementes injuriadas sofrem reduções do vigor e da germinação, com reflexos negativos na potencialidade de armazenamento e na performance das sementes e das plantas no campo (PETERSON et al., 1995).

O excesso de chuvas na pré-colheita, a falta de maquinários apropriados e a utilização inadequada de equipamentos durante a fase de colheita, secagem e beneficiamento, têm favorecido um alto percentual de danos nas sementes. Estes danos mecânicos têm sido apontados como a causa principal da redução da qualidade das sementes de milho produzidas no Brasil, devido aos altos teores de grãos fora de classificação e aos níveis de micotoxinas (ANDRADE; BORBA, 1993).

### 2.2.1. Decréscimo da umidade dos grãos

A taxa decréscimo da umidade dos grãos (dry down) após o enchimento de grãos desempenha um papel importante para o sucesso da operação de colheita de milho, especialmente em situações de baixas temperaturas durante a pré-colheita (ECKERT, 1978; CROSS, 1985). Segundo Baute et al. (2002), durante o processo de maturação fisiológica a umidade do grão foi reduzida de 85 % a para aproximadamente 30 %.

Segundo Kiesselbach e Walker (1952), após a formação da camada preta, uma maior perda de umidade ocorre principalmente por meio de evaporação física através da superfície dos grãos. Da mesma forma, a perda contínua de umidade a partir dos grãos está relacionada a vários fatores, incluindo: temperatura e umidade do ar (SCHMIDT; HALLAUER, 1966), morte prematura da planta, menor empalhamento da espiga, menor peso das espigas (TROYER; AMBROSE, 1971),

espessura e permeabilidade do pericarpo (CRANE et al, 1959), formato de tamanho da espiga e dos grãos (CROSS, 1985), taxa de enchimento de grão (KANG et al, 1986), e desfolha das plantas (TOLLENAAR; DAYNARD, 1978).

Além destes fatores, Reid et al. (2014) acredita que a temperatura e a umidade relativa do ar são os mais decisivos no decréscimo da umidade do grão. Condições meteorológicas favoráveis como altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar após a maturação fisiológica do grão favorecem o rápido decréscimo da umidade. Por outro lado, o autor relata que a velocidade da taxa de decréscimo da umidade entre diferentes híbridos de milho pode ser mais importante e evidente em condições meteorológicas desfavoráveis.

Outro aspecto interessante relacionado a taxa de decréscimo da umidade dos grãos foi relatado por Kebede et al. (2015), que demonstrou a taxa de decréscimo da umidade dos grãos contribui para a resistência dos grãos a podridões por giberela. Para Reid et al (2014), um híbrido desejável seria formado por um período para maturação entre intermediário e tardio, associado a uma rápida taxa de decréscimo de umidade dos grãos. Vários estudos têm sido realizados sobre a seleção de genótipos de milho com estas características (CROSS, 1995; MAGARI et al, 1997).

### 2.2.2. Maturação Fisiológica e o Acúmulo de Matéria Seca

A colheita do milho pode ser iniciada a partir do momento em que os grãos estejam fisiologicamente maduros, ou seja, quando não acumulam mais matéria seca. Este estágio de desenvolvimento do grão pode ser avaliado por meio de vários métodos, sendo o mais comum a determinação da umidade dos grãos, através de equipamentos portáteis, nem sempre disponíveis para os produtores.

Outro modo para caracterizar a maturidade fisiológica se refere à formação de uma camada preta na região compreendida entre o endosperma basal e a área vascular do pedicelo dos grãos, quando estes maturam. Nessa fase, as células basais condutoras do endosperma do grão se tornam desorganizadas e são esmagadas tangencialmente, paralisando a translocação de metabólitos para os grãos (DAYNARD; DUNCAN, 1969). Entretanto, os mesmos autores afirmam que a formação da camada preta na base do grão, apresenta problemas em situações de estresse ambiental, resultando na formação da camada preta desde 17 a 75 % de umidade dos grãos.

Por fim, uma terceira forma de monitorar a maturidade dos grãos de milho pode ser através da detecção da linha do leite, caracterizada por uma camada externa visível na face oposta ao germe, que limita as matrizes sólida e líquida do endosperma, e se desloca da região da coroa para a base do grão, durante o processo da maturação fisiológica (AFUAKWA; CROOKSTON, 1984).

Segundo Fahl et al. (1994), que avaliou a maturação fisiológica do milho para a aplicação do dessecante paraquat, o posicionamento da linha do leite demonstrou ser uma característica facilmente visível para acompanhar o processo de maturação e estimar a umidade de grãos de milho. Não houve mais acúmulo significativo de massa seca no grão, quando a linha do leite atingiu a metade do grão, que apresentava 35% de umidade.

De acordo com Hunter et al. (1991), a avaliação conjunta da linha de solidificação do endosperma (linha do leite) e da camada negra em grãos de milho confere maior segurança na determinação da maturidade fisiológica, facilitando a tomada de decisão por parte do agricultor em relação ao início da colheita do milho.

### 2.2.3. Perdas na Pré-Colheita

O período de pré-colheita do milho inicia na maturação fisiológica dos grãos e finaliza com a realização da colheita. Neste pequeno intervalo de tempo podem ocorrer perdas de produtividade de qualidade significativas, dependendo das condições meteorológicas predominantes.

Em resumo, quanto mais próxima da maturação fisiológica, maior a produção e qualidade dos grãos de milho. Por outro lado, quanto mais tempo o grão permanece no campo após a maturação, maiores as taxas de respiração do grão e consequente redução da umidade e da matéria seca (BROOKER et al., 1992).

Entre as razões pelas quais o agricultor não realiza a colheita na maturação fisiológica, podemos destacar a disponibilidade de colhedoras, os danos físicos no processo de trilhagem, a ausência de uma infraestrutura para a secagem artificial na propriedade ou nas suas proximidades, a baixa valorização no mercado de commodities, os maiores custos de transporte e secagem. Além disso, as unidades de recebimento de produtos agrícolas, em geral, afirmam que o recebimento de produtos com umidade superior a 22,0%, gera alto custo e demora no processo de secagem, fato que justifica os descontos sofridos pelos agricultores quando da

entrega do produto (GOTTARDO; CESTARI Jr., 2008).

Por outro lado, a permanência do milho a campo por períodos prolongados após maturação fisiológica favorece as infestações de fungos, pragas (NESCI et al., 2003), ocasionando a deterioração dos grãos, perda de rendimento e a queda na germinação e no vigor da semente (BORBA et al. 1994; LANZA 2013). Além disso o atraso na colheita tem sido uma prática considerada de elevado risco, isto porque a lavoura fica sujeita à ocorrência de uma série de fatores, como o acamamento das plantas devido a fortes ventos e chuvas, a germinação dos grãos nas espigas em condições de umidade elevada e o ataque de insetos (BRUNS; ABBAS, 2004).

Segundo Pacheco et al. (1997), quanto mais tempo o milho permanecer na lavoura após a maturidade fisiológica, mais sujeito ficará à infecção por fungos e à contaminação por micotoxinas. Pois o processo infeccioso da maioria dos fungos causadores de grãos ardidos ocorre com um período de molhamento contínuo dos sítios de infecção (BRUNS; ABBAS, 2004; KAAVA et al., 2005; LAUREN et al., 2007). Para Santin et al., 2004, a colheita tardia do milho pode ser associada à elevada ocorrência de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cephalosporium* spp.

Dados de campo mostram que com 30 dias de permanência após a maturação dos grãos, o teor de umidade é reduzido de 35% a 18% e com 60 dias para apenas 17%, não havendo justificativas para a permanência de milho por períodos superiores a 20 ou 30 dias após a maturação fisiológica dos grãos (LÁZZARI, 2001).

Através de colheitas manuais e posterior trilhagem das espigas colhidas em parcelas experimentais, conduzidas sob influência do El Niño (2009/10), com 197 mm de precipitação, 20,1°C de temperatura média do ar e umidade relativa de 81% entre a maturação fisiológica e a última colheita (49 dias depois), Kochinski e Tsukahara (2011) avaliaram as perdas de produtividade 7 momentos distintos em Ponta Grossa/PR. Ao final deste período, obtiveram uma perda média de  $-43 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  nos híbridos DKB 330 e DKB 330YG. Entretanto, esta resposta não foi linear, uma vez que as diferenças de P.G oscilaram entre  $+54$  a  $-119 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

Panison (2014) em Lages/SC avaliou as perdas em função da colheita em 5 momentos distintos na safra 2012/13, com aproximadamente 300 mm de precipitação entre a maturação e a última colheita e registrou no P2530 diferenças de produtividade não lineares, oscilando entre  $+94$  e  $-181 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

Estes resultados demonstram as vantagens da colheita do milho próximo a sua maturação fisiológica, com manutenção do potencial de produção e qualidade dos

grãos devido à menor exposição as condições ambientais adversas. Desta forma, torna-se evidente a necessidade de planejamento da semeadura com vistas a colheita, a realização das boas práticas de cultivo, a adequação das colhedoras a janela de colheita e ao conhecimento da curva de secagem no campo para cada variedade ou híbrido, para garantir a qualidade do milho e seu produto final.

### 3. REFERÊNCIAS

AFUAKWA, J.J.; CROOKSTON, R.K. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. **Crop Science**, v.24, n.4, p.687-691, 1984.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdam: Elsevier. 922p. 2005.

ALAKONYA, A.E.; MONDA, E.O.; AJANGA, S. Effect of Delayed Harvesting on maize Ear Rot in Western Kenya. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v.4, n.3, p.372-380, 2008. Disponível em: <[http://www.idosi.org/aejaes/jaes4\(3\)/16.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes4(3)/16.pdf)>. Acesso em: 01 setembro 2014.

ALVES, R.C.; DEL PONTE, E.M.; CARLI, M. L. de. **Podridão branca da espiga**. In: Del Ponte, E.M. (Ed.) Fitopatologia.net - herbário virtual. Departamento de Fitossanidade. Agronomia, UFRGS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/fitossan/herbariovirtual/ficha.php?id=101>. Acesso em: 21 jul 2012.

ALVES, R.C.; DEL PONTE, E.M. **Podridão rosada da espiga**. In: Del Ponte, E.M. (Ed.) Fitopatologia.net - herbário virtual. Departamento de Fitossanidade. Agronomia, UFRGS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/fitossan/herbariovirtual/ficha.php?id=101>. Acesso em: 21 jul 2012.

ANDRADE, R.V.; BORBA, C.S. **Fatores que afetam a qualidade das sementes**. In: EMBRAPA, Centro Nacional de Milho e Sorgo. Tecnologia para produção de sementes de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1993. p.7-10. (Circular Técnica, 19).

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307p. (1987).

BARBANO, M. T.; SAWAZAKI, E.; BRUNINI, O.; GALLO, P. B.; PAULO, E. M. Temperatura base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays l.*) no subperíodo emergência - florescimento masculino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria - RS, n. , p.79-94, 25 maio 2003.

BAUTE, T.; HAYES, A.; McDONALD, I.; REID, K. **Agronomy Guide for Field Crops**. Publication 811. The Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2002.

BLANDINO, M.; GALEAZZI, M.; SAVOIA, W.; REYNERI, A. Timing of azoxystrobin + propiconazole application on maize to control northern corn leaf blight and maximize grain yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 139, p. 20-29, 2012.

BLUM, L.E.B. et al. Ocorrência de podridões no colmo do milho: influência da desfolha, população de plantas e híbridos. In: **Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão**, 3., 2001, Chapecó-SC. Anais... Chapecó : EPAGRI, 2001. p.104-108.

BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V.; AZEVEDO, J.T; OLIVEIRA, A.C. Maturidade fisiológica de sementes do híbrido simples BR 201 de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.16, n.1, p.63-67, 1994.

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

BREDEMEIER, C. Qualidade de grãos de milho. In: **55ª Reunião Técnica Anual do Milho**, Vacaria - RS. 2010.

BRITO, A. H.; PEREIRA, J. L. A. R. de; VON P. R. G.; BALESTRE, M. Controle químico de doenças foliares e grãos ardidos em milho (*zea mays* l.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas - Mg, n.5 , p.49-69, 2012.

BROOKER, D. B. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: van Nostrand Reinhold, 450p. 1992.

BRUNS, H.A.; ABBAS, H.K. Effects of harvest date on maize in the humid subtropical mid-south USA. **Maydica**, Bergamo, v.49, p.1-7, 2004.

CAMARGO, L.E.A.; PEREIRA, O.A.P.; DE CARVALHO, R.V. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.) **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v.2, p. 477-488.

CAMPAÑA, A.; PATAKY, J. K. Frequency of the Ht1 gene in populations of sweet corn selected for resistance to *Exserohilum turcicum* race 1. **Phytopathology**, St. Paul, v. 95, p. 85-91, 2005.

CARVALHO, I.Q. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas de milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR, 118p. 2007.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira. Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília, Brasil. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_02\\_04\\_11\\_21\\_34\\_boletim\\_graos\\_fevereiro\\_2016\\_ok.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_21_34_boletim_graos_fevereiro_2016_ok.pdf) > Acesso em: 16 fev. 2016.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. **Doenças**. In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). 2010. Disponível em: < [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/doencas.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/doencas.htm) >. Acesso em: 21 dez. 2015.

COTA, L. V.; SILVA, D. D.; COSTA, R. V. **Helminthosporiose Causada por Exserohilum turcicum na Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 8 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95096/1/circ-195.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

CRANE, P. L.; MILES, S. R.; NEWMAN, J. E. Factors associated with varietal differences in rate of field drying in corn. **Agronomy Journal** 51: 318-320, 1959.

CROSS, H. Z. A selection procedure for ear drying-rates in maize. **Euphytica** 34: 409-418, 1985.

DAYNARD, T.B.; DUNCAN, W.G. The black layer and grain maturity in corn. **Crop Science**, v.9, n.4, p.473-476, 1969.

ECKERT, D. J. **Growing drier corn for the conservation of energy**. Ohio Coop Extension Service Bull 645, 1978.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Germination and water relations of immature soybean seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.21, p.139-148, 1993.

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

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; MONIZ, E. A L.; OLIVEIRA, A L. F. Avaliação da maturação de grãos de milho através da linha do leite para aplicação de dessecantes químicos. **Bragantia**, v.53, 2ed., p. 209-218. 1994.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. **Sementes enrugadas: novo problema da soja**. Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 1990. 4p. (EMBRAPA - CNPSo. Comunicado Técnico, 49).

GOTTARDO, F.A.; CESTARI JÚNIOR, H. Viabilidade econômico-financeira de implantação de um sistema de armazenagem de grãos: um estudo de caso em uma média propriedade rural em Campo Mourão – PR. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v.1,n.1, p.55-76, 2008.

HUNTER, J.L. et al. Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of carbon-14 assimilate. **Crop Science**, v.31, n.5, p.1309-1313, 1991.

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**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, 2007.

KAAYA, A. N.; WARREN, H. L.; KYAMANYWA, S.; KYAMUHANGIRE, W. The effect of delayed harvest on moisture content, insect damage, moulds and aflatoxin contamination of maize in Mayuge district of Uganda. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 85: 2595–2599. 2005.

KANG, M. S.; ZUBER, M. S.; COLBERT, T. R.; HORROCKS, R. D. Effects of certain agronomic traits on and relationship between rates of grain moisture reduction and grain fill during the filling period in maize. **Fields Crop Research** 14: 339-347. 1986.

KEBEDE, A. Z.; REID, L. M.; ZHU, X.; WU, J.; WOLDEMARIAM, T.; VOLOACA, C.; XIANG, K. Relationship between kernel drydown rate and resistance to *Gibberella* ear rot in maize. **Euphytica** 201:79–88. 2015.

KIESSELBACH, T. A.; WALKER, E. R. Structure of certain specialized tissue in the kernel of corn. **American Journal Botany** 39: 561-569. 1952.

KOCHINSKI, E. G.; TSUKAHARA, R. Y. Efeito do atraso na colheita sobre os componentes de produção de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011, Guarapari/ES. **Resumos...** 2011. CD-ROM.

LANZA, F. E. **Prevalência de *Fusarium verticillioides* e manejo de grãos ardidos e fumonisinas em milho**. Tese (Doutorado) – Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, UFV – MG, 64p. 2013.

LAUREN, D. R.; SMITH, W. A.; Di MENNA, M. E. Influence of harvest date and hybrid on the mycotoxin content of maize (*Zea mays*) grain grown in New Zealand. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** 35: 331– 340. 2007.

LAZZARI, F. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Ed. do autor, Curitiba, PR. 2a ed., 134p. 1997.

LEACH, C. M.; FULLERTON, R. A.; YOUNG, K. Northern leaf blight of maize in New Zealand: relationship of *Drechslera turcica* airspora to factors influencing sporulation, conidium development, and chlamydospore formation. **Phytopathology**, St. Paul, v. 67, p. 629-636, 1977.

LUZ, W. C. Diagnose e controle das doenças da espiga de milho no Brasil. **Circular Técnica** 5, Embrapa Trigo, Passo Fundo-RS, 28p., 1995.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. **Circular Técnica** 76. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 10p, 2006.

MAGARI, R.; KANG, M. S.; ZHANG, Y. Genotype by environment interaction for ear moisture loss rate in corn. **Crop Science** 37: 774-779. 1997.

MATSUOKA, Y.; VLGOUROUX, Y.; GOODMAN, M. M.; JESUS, S. G.; DOEBLEY, J. **A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping**, México, 2002. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/99/9/6080.full.pdf%2Bhtml>> Acesso em: 22 jun. 2012.

MENDES, M. C. **Micotoxinas, aspectos químicos e bioquímicos relacionados a grãos ardidos em híbridos de milho**. 2009. 106 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. da. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre - RS: Evangraf, 2005.

MUNKVOLD, G. P.; DESJARDINS, A. E. Fumonisin in Maize: Can We reduce their occurrence? **Plant Disease**, v.81, n.6, 1997.

NESCI, A.; RODRIGUEZ, M.; ETCHEVERRY, M. Control of Aspergillus growth and aflatoxin production using antioxidants at different conditions of water activity and pH. **Journal of Applied Microbiology**, Northern Ireland, v.95, p.279–287, 2003.

OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F. T.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. de A.; FERREIRA, A. da S. Diagnose e controle de doenças na cultura do milho. In: GALVÃO e MIRANDA. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, p. 227-267, 2004.

OLIVEIRA, M. D. X. **Comportamento da cultura de milho (Zea mays L.) em diferentes épocas de semeadura nas regiões centro e norte de Mato Grosso do Sul**. 1990. 90 f. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PACHECO, A. C.; DIETRICH, R. C. Avaliação de grãos ardidos em 32 híbridos de milho em Campo Erê - RS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 3, p. 153-155, 1997.

PANISON, F. **Épocas de colheita e desempenho agrônômico de híbridos de milho com ciclos distintos**. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Lages – SC, 81p. 2014.

PATAKY, J. K. Quantitative relationships between sweet corn yield and common rust, *Puccinia sorghi*. **Phytopathology**, v. 77, n. 7, p. 1066-1071, 1987.

PETERSON, J.M.; PERDOMO, J.A.; BURRIS, J.S. Influence of kernel position, mechanical damage and controlled deterioration on estimates of hybrid maize seed quality. **Seed Science and Technology**, Zurich. v.23, n.3, p.647-657. 1995.

PINTO, N. F. J. de A. Cultivo do milho. **Qualidade sanitária de grãos**. Sistema de produção. 2. ed. Embrapa milho e sorgo. 2006.

PINTO, N. F. J. de A.; FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. Milho. In: Vale, F.X.R.; Zambolim, L. (Eds.) **Controle de Doenças de Plantas**. Viçosa. UFV-MEC. 1997. pp.821-864.

PINTO, N. F. J. A.; PRADO, G.; OLIVEIRA, M. S. Proteção química e biológica de grãos de milho úmidos contra fungos de armazenagem e produção de aflatoxinas. **Revista Brasileira do Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 172-179, 2005.

POZAR, G.; BUTRUILLE, D.; DINIZ, H. S.; VIGLIONI, J. P. Mapping and validation of quantitative trait loci for resistance to cercospora infection in tropical maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.118, n. 3, p. 553-564, 2009.

REID, L. M.; ZHU, X. Wu. J.; WOLDEMARIAM, T.; VOLOACA, C.; MORRISON, M. J.; XIANG, K. Selecting maize for rapid kernel dry-down: timing of moisture measurement. **Maydica** 59:9–15, 2014.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Manual de identificação e controle de doenças do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 80p.

REIS, E.M.; CASA, R.T. Milho: manejo integrado de doenças. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p.223-237.

RUFFATO, S.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M. Análise de impactos em grãos de milho pelo método de elementos finitos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 21-27, 2001.

SANS, L. M. A.; GUIMARAES, D. P. **Zoneamento agrícola**. In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Set. 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). 2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/zoneamento.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/zoneamento.htm)>. Acesso em: 19 dez. 2015.

SANTIN, J. A. **Fungos de pré e pós colheita e a qualidade de grãos de milho**. 2001. 200 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre - RS, 2001.

SANTIN, J. A. et al. Efeito do retardamento da colheita de milho na incidência de grãos ardidos e de fungos patogênicos. **Revista Brasileira do Milho e Sorgo**, v. 3, n. 2, p. 182-192, 2004.

SCHMIDT, J. L.; HALLAUER, A. R. Estimating harvest date of corn in the field. **Crop Science** 6: 227-231. 1966.

SCHIPANSKI, C. A. **Tratamento de sementes de milho com fungicidas e indutor de resistência e pulverização foliar para o controle da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* Schw)**. 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR, 2011.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B.; HUNTER, T.B. Effect of temperature sensitive period for leaf number of maize. **Crop Science**, 23:457-460, 1979.

TROYER, A. F.; AMBROSE, W. B. Plant characteristics affecting field drying rate of ear corn. **Crop Science** 11:529-531. 1971.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=884&hidReportRetrievalTemplateID=1>> Acesso em: 09 fev. 2016.

UTPAL, D.; HARLAPUR S. I.; DHUTRAJ, D. N.; PAL, D.; PAWAR, D. V. Effect of different temperature levels and time intervals on germination of uredospores of *Puccinia sorghi*. **African Journal of Microbiology Research**, [s.l.], v. 9, n. 19,

p.1299-1303, 2015. Academic Journals.

WEBER, E. A. Secadores. In: Weber, E. A., **Armazenagem e conservação dos grãos**. Livraria e editora Agropecuária Ltda. Guaíba - RS, 2001, p. 93-186.

ZANATTA, P. **Controle preventivo de doenças foliares em híbridos comerciais de milho com fungicidas em espaçamento reduzido**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-PR, 100p. 2013.

#### 4. ARTIGO A: TRATAMENTO FUNGICIDA NA SANIDADE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES AMBIENTES

*Fungicide treatment on sanity and productivity of maize hybrids in different environments*

##### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência da aplicação de fungicida foliar sobre a sanidade e produtividade de híbridos comerciais de milho para a região dos Campos Gerais do Paraná, identificar e quantificar as relações de dependência com as condições meteorológicas. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições para avaliar o efeito do fator fungicida (ausência e presença nos estádios V8/VT) em diferentes épocas de semeadura (A e B), safras (2012/13 e 2013/14) e híbridos (AG8041PRO, Celeron TL, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H), totalizando 20 experimentos. O uso de fungicida reduziu a área abaixo da curva de progresso da *Puccinia sorghi*, *Exserohilum turcicum* e podridões de colmos, com melhores respostas nos ambientes 2012/13-A e 2013/14-A (baixa umidade relativa do ar e altas taxas de radiação solar). O P30R50YH demonstrou melhor qualidade de colmo, independente do fungicida. Não houve efeito do controle químico sobre as podridões branca e rosada da ponta da espiga, com maiores porcentagens no ambiente 2012/13-B (longos e consecutivos períodos de molhamento foliar), independente do híbrido. A incidência de *Fusarium verticillioides* nos grãos foi reduzida na presença do fungicida somente nos híbridos AG8041PRO e CeleronTL. O fungicida não foi efetivo na redução dos grãos ardidos no CeleronTL e P32R22H. A porcentagem de ardidos demonstrou relação com a podridão rosada da ponta da espiga por Giberela e com o número de dias com duração do período de molhamento foliar igual ou superior a 22 horas ( $R^2 = 0,74$ ). O ambiente 2012/13-A resultou em maiores valores de umidade e produção de grãos. Contudo, independente do híbrido, a aderência com o ambiente demonstrou tanto a ausência de efeito do fungicida sobre a produção de grãos nos ambientes 2012/13-A e 2013/14-A, quanto o ganho entre 1,8 e 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> em 2012/13-B. Em condições ambientais desfavoráveis e sem uso do fungicida, destacou-se o AG8041PRO. Ao contrário, o P30R50YH apresentou maior produção de grãos e qualidade em ambiente favorável e com uso de fungicida. Com base na precipitação acumulada entre V5 e R2 foi possível estimar a área abaixo da curva de progresso da *P. sorghi* do milho ( $R^2 = 0,93$ ). Em posse desta variável, estimou-se a produtividade dos híbridos avaliados nos 4 ambientes de produção ( $R^2 = 0,72$ ). A possibilidade de estimar a evolução da *P. sorghi*, ou mesmo o decréscimo da produção de grãos através do simples registro diário da precipitação pluvial, facilmente obtido em propriedades rurais, pode auxiliar o agricultor a maximizar seus ganhos econômicos, principalmente em ambientes desfavoráveis.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., *Puccinia sorghi*, precipitação pluvial, produtividade.

## ABSTRACT

The objective of this study were to evaluate the foliar fungicide application efficiency on sanity and grain yield of commercial maize hybrids for the Campos Gerais region of Paraná State, to identify and to quantify the dependency relationships with environmental conditions. The randomized block design with four replications was used to evaluate the effect of fungicide factor (absence and presence in V8/VT) at different sowing times (A and B), growing seasons (2012/13 and 2013/14) and hybrids (AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH, P30R50YH and P32R22H), in a total of 20 trials. The use of fungicide reduced the area under the progress curve of *Puccinia sorghi* and *Exserohilum turcicum*, with better responses in environments 2012/13-A and 2013/14-A (low relative humidity and high levels of solar radiation). The P30R50YH demonstrated better quality of stalk quality, regardless of fungicide. There was no effect of chemical control on the ear rot, with higher percentages in the environment 2012/13-B (long and consecutive periods of leaf wetness), regardless of the hybrid. The incidence of grains with *Fusarium verticillioides* was reduced in the presence of the fungicide only in AG8041PRO and CeleronTL hybrids. The fungicide was not effective in reducing rot grains in CeleronTL and P32R22H. The percentage of rot grains had relation with ear rot by *Giberella* and the number of days with leaf wetness duration less than 22 hours ( $R^2 = 0.74$ ). The environment 2012/13-A resulted in higher moisture values and grain yield. However, regardless of the hybrid, the significance to the environment factor showed absence of the fungicidal effect on the yield grain at environments 2012/2013-A and 2013/14-A, and a gain between 1.85 and 4.6 Mg ha<sup>-1</sup> in 2012/13-B. In unfavorable environmental conditions and without fungicide use, the highlight was the AG8041PRO. Instead, the P30R50YH resulted in higher grain yield and quality in a favorable environment and with fungicide use. Through the accumulated rainfall between V5 and R2 stages, was possible to estimate the area under the progress curve of the *P. sorghi* in maize ( $R^2 = 0.93$ ). Second step was use this variable to estimated yield grain, considering the hybrids in all environments ( $R^2 = 0.72$ ). The ability to estimate the development of the *P. sorghi* in maize, or even the decrease of yield grain through simple daily record of rainfall, easily obtained on farms, coupled with the knowledge of the agronomic characteristics of each genotype, could enhance technically and economically the cultivation of maize in regions with environmental conditions similar to this study.

**Key words:** *Zea mays L.*, *Puccinia sorghi*, rainfall and grain yield.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A expressão do máximo potencial produtivo depende da integração das características genéticas com os fatores abióticos, bióticos e de manejo agrônomico, associados a cada estágio de desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.). Embora o milho responda à interação de todos os elementos climáticos, destaca-se a radiação solar incidente sobre o dossel, a quantidade de água no solo disponível para as plantas (transpiração e transporte de nutrientes) e a temperatura do ar e do solo como os principais fatores abióticos, pois estão diretamente relacionados com a fisiologia das plantas, a produção de matéria seca e de grãos (BRACHTVOGEL et al., 2009; SANS; GUIMARÃES, 2010).

Dentre os fatores bióticos, destacam-se a incidência de plantas daninhas, insetos-pragas e doenças (raízes, folhas, colmo, espigas e grãos) como os principais fatores relacionados à perda de produtividade, qualidade e rentabilidade no cultivo do milho. Entre as principais doenças foliares do milho, destacam-se a ferrugem comum causada por *Puccinia sorghi* Schw e a Helminthosporiose causada pelo fungo *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonar & Suggs., ambas com ampla distribuição no Brasil e maior severidade nos estados da região Sul, onde predominam as condições de clima temperado, elevada umidade relativa do ar e chuvas frequentes (GUIOMAR, 2011; REIS; CASA; BRESOLIN, 2004).

As podridões de colmo e espiga também apresentam estreita relação com a ocorrência de estresses no período de enchimento de grãos (déficit hídrico ou excedente hídrico, temperaturas elevadas, desequilíbrios nutricionais, redução da radiação solar e perda de área foliar), que podem reduzir o processo de translocação de água e nutrientes do solo para a parte aérea da planta, com impactos no rendimento potencial e qualidade dos grãos (WHITE, 1999). Fungos como *Colletotrichum graminicola*, *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides*, *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora* são os principais envolvidos nas podridões do colmo (PEREIRA, 1997; REIS; CASA; BRESOLIN, 2004). Com exceção ao *C. graminicola*, os demais são comumente detectados nas podridões de espiga (CASA; REIS; ZAMBOLIM, 1998; PINTO, 1998). A alta precipitação pluviométrica na época da maturação dos grãos favorece o aparecimento da podridão branca da espiga por *Stenocarpella maydis* (= *Diplodia maydis*) e *S. macrospora* (= *Diplodia macrospora*) e da podridão rosada da ponta da espiga por *Gibberella zeae* (forma imperfeita

*Fusarium graminearum*), mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa (RIBEIRO et al., 2005).

Entre as medidas de manejo agrônômico que podem ser adotadas de forma integrada para redução dos riscos epidemiológicos à produção de grãos, destacam-se: a utilização de genótipos com maior nível de resistência aos fitopatógenos; a rotação de culturas para reduzir o potencial de inóculo dos patógenos; o uso de sementes sadias; a adoção de densidades de plantas adequadas às características genéticas e edafoclimáticas; a adubação equilibrada; e o uso de agroquímicos (COSTA; CASELA; COTA, 2010).

A decisão de aplicar um fungicida foliar baseia-se nas características de suscetibilidade do genótipo, no estágio fenológico corrente, na agressividade do patógeno, na severidade atual da doença e nas condições ambientais predominantes (WARD; LAING; RIJKENBERG, 1997; NELSON; MEINHARDT, 2011). Com foco no controle da ferrugem comum em híbridos suscetíveis, alguns estudos demonstraram o efeito positivo do fungicida quando utilizado via tratamento de sementes (SCHIPANSKI, 2011), ou em aplicações foliares complementares durante os estádios V3 ou V4, juntamente com os herbicidas pós emergentes (PATAKY; CAMPANA; BABADOOST, 2012). Kogushi (2011) obteve controle eficiente da ferrugem comum em aplicações sequencias de fungicida (V8 + VT). Para a helmistosporiose ou queima de turcicum no milho, os resultados indicaram melhores controle quando os fungicidas foram aplicados entre V6 e R1 (BLANDINO et al., 2012).

Embora o uso de fungicidas resulte em melhores controles de doenças no milho, as respostas sobre a produção e qualidade de colmos, espigas e grãos não são frequentes (WALLHEAD, 2012). Análises de múltiplos experimentos conduzidos entre 2002 e 2009, com diferentes híbridos, ambientes, fungicidas e delineamentos, demonstraram ganhos de rendimento no milho até mesmo em baixos níveis de severidade, embora o uso do fungicida não tenha sido economicamente viável (PAUL et al., 2011). Os resultados sugerem que a suscetibilidade do híbrido, a agressividade do patógeno e as condições ambientais são importantes fatores a serem observados (MALLOWA et al., 2015).

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência da aplicação do fungicida foliar sobre a sanidade e produtividade de grãos, além de identificar e

quantificar as relações de dependência com as condições ambientais predominantes sobre a região dos Campos Gerais do Paraná.

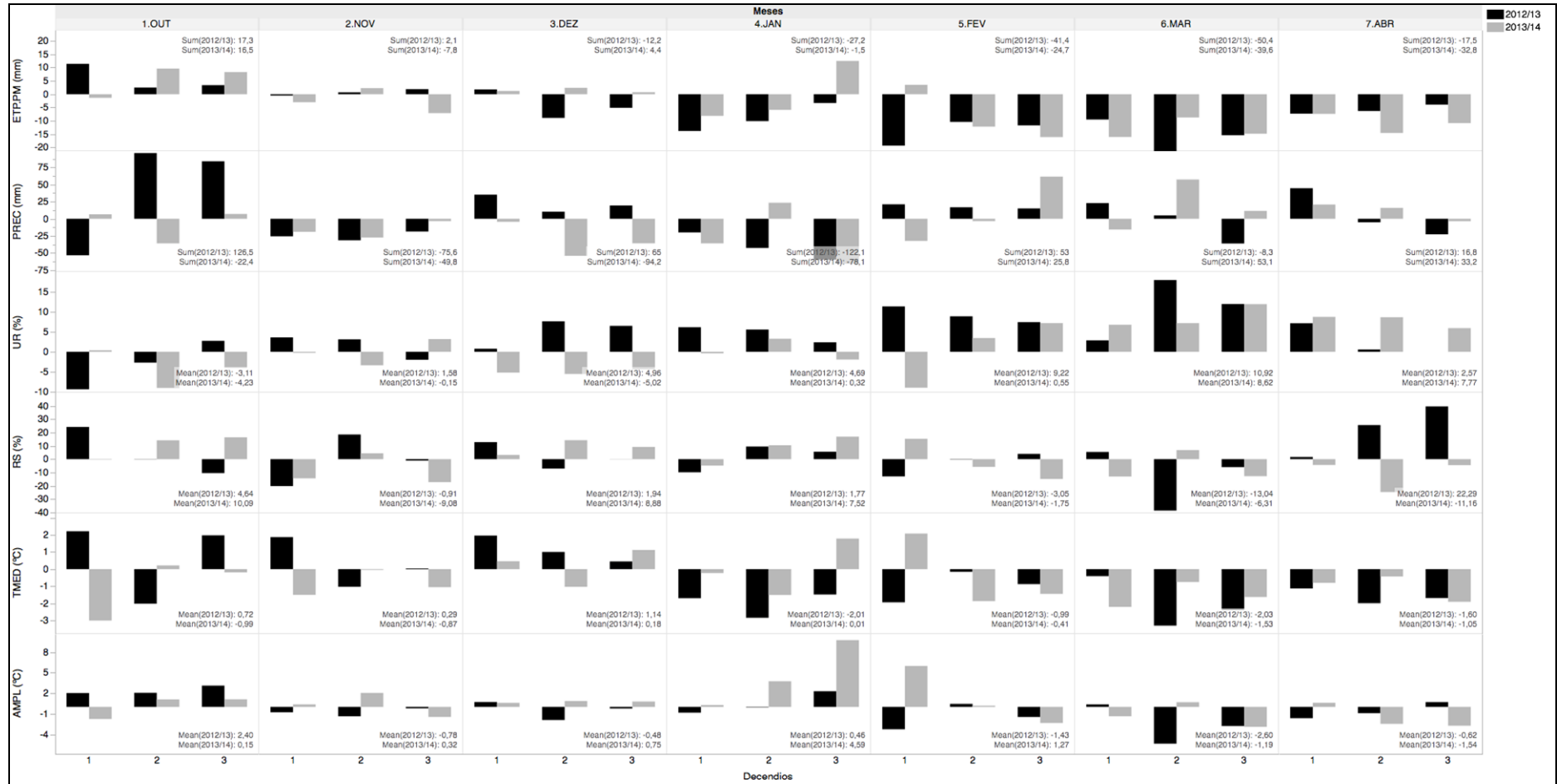
#### 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na Fazenda Santa Maria, distrito Socavão, município de Castro, localizado na região dos Campos Gerais do Paraná. Na safra 2012/13, os experimentos foram conduzidos nas coordenadas  $-24,7595^{\circ}$  de latitude,  $-49,7711^{\circ}$  de longitude e 1023m de altitude, sob Latossolo Bruno com textura argilosa, em sucessão aveia/milho. Na safra seguinte (2013/14), repetiu-se os experimentos na latitude de  $-24,7492^{\circ}$ , longitude de  $-49,7342^{\circ}$  e altitude de 1007m, sob Organossolo com textura argilosa, também em sucessão trigo/soja/aveia/milho.

Uma estação agrometeorológica automática foi instalada nesta propriedade, composta por sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Rotronic<sup>®</sup>, Higrclip2), radiação solar global (Licor<sup>®</sup>, Li-200) velocidade e direção do vento a 2 metros de altura (Young<sup>®</sup>, 03002), precipitação pluviométrica (Pessl<sup>®</sup>, captação de  $206 \text{ cm}^{-2}$  e resolução de 0,254mm), pressão atmosférica (Pessl<sup>®</sup>) e duração do período de molhamento foliar (Pessl<sup>®</sup>). A plataforma de dados foi programada para realizar leituras em todos os sensores em intervalos de 10 segundos, registrar dados, mínimos, médios, máximos, totais e instantâneos em intervalos de 15 minutos (ASAE, 2004) e transmitir via GPRS em intervalos de 60 minutos.

Para caracterizar as condições atmosféricas ocorridas durante a conduções dos experimentos, as médias referentes à climatologia histórica local, constituída por uma série histórica dos últimos 18 anos no Campo Experimental da Fundação ABC em Castro-PR e distante 23 km a SO (240 graus) dos respectivos experimentos, foram subtraídas das observações meteorológicas obtidas entre outubro e abril das safras 2012/13 e 2013/14, originando as anomalias de evapotranspiração potencial segundo o método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), precipitação pluvial, umidade relativa, radiação solar global, temperatura média e amplitude térmica (Figura 4.1).

**Figura 4.1** - Anomalia da evapotranspiração potencial pelo método Penman-Monteith (ETP.PM em mm), precipitação pluvial (PREC em mm), umidade relativa (UR em %), radiação solar global (RS em %), temperatura média (TMED em °C) e amplitude térmica (AMPL em °C) para os meses de outubro a abril das safras 2012/13 e 2013/14, calculadas através da subtração das médias climatológicas referentes ao Campo Experimental da Fundação ABC, no período entre 1996 e 2014 em relação aos registros agrometeorológicos obtidos nos locais de experimentação.



Foram realizadas duas épocas de semeadura (A = 01/10/12 e B = 06/11/12) na safra 2012/13 e outras duas épocas (08/10/13 e 28/10/13) na safra 2013/14, contendo cinco híbridos comerciais por época, escolhidos em função da sua representatividade regional e características de suscetibilidade às principais doenças foliares do milho (Tabela 4.1). O delineamento experimental adotado para cada híbrido foi em blocos casualizados, com 4 repetições e 2 tratamentos (ausência e presença do fungicida). As parcelas foram constituídas de 6 fileiras com 5,0 metros de comprimento, espaçamento entre fileiras foi de 0,6 m e a densidade de 7,5 plantas estabelecidas m<sup>-2</sup>, unidade experimental de 18 m<sup>2</sup> e área útil de 9,6 m<sup>2</sup>, correspondendo as 4 fileiras centrais de 4 m.

**Tabela 4.1** - Datas de semeadura, colheita, ciclo e características genéticas de suscetibilidade às principais doenças foliares dos híbridos de milho comerciais AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H avaliados durante as épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Safra	Época	Ambiente	Híbrido	Semeadura	Colheita	Ciclo	C.MED	FR	PO	PH	CE	HT	DI
2012/13	A	1	AG8041PRO	01/10/12	15/03/13	165							
2012/13	B	2	AG8041PRO	06/11/12	25/04/13	170	167	MS	MR	AS	MS	MS	MS
2013/14	A	3	AG8041PRO	08/10/13	18/03/14	161							
2013/14	B	4	AG8041PRO	28/10/13	16/04/14	170							
2012/13	A	1	CeleronTL	01/10/12	05/03/13	155							
2012/13	B	2	CeleronTL	06/11/12	15/04/13	160	155	S	AS	AS	AS	S	S
2013/14	A	3	CeleronTL	08/10/13	10/03/14	153							
2013/14	B	4	CeleronTL	28/10/13	28/03/14	151							
2012/13	A	1	P30F53YH	01/10/12	18/03/13	168							
2012/13	B	2	P30F53YH	06/11/12	06/05/13	181	169	MR	MS	MS	MS	MS	SI
2013/14	A	3	P30F53YH	08/10/13	26/03/14	169							
2013/14	B	4	P30F53YH	28/10/13	03/04/14	157							
2012/13	A	1	P30R50YH	01/10/12	14/03/13	164							
2012/13	B	2	P30R50YH	06/11/12	26/04/13	171	165	MR	S	MR	MS	MR	MR
2013/14	A	3	P30R50YH	08/10/13	17/03/14	160							
2013/14	B	4	P30R50YH	28/10/13	12/04/14	166							
2012/13	A	1	P32R22H	01/10/12	05/03/13	155							
2012/13	B	2	P32R22H	06/11/12	15/04/13	160	153	S	AS	AS	MS	MS	MS
2013/14	A	3	P32R22H	08/10/13	06/03/14	149							
2013/14	B	4	P32R22H	28/10/13	26/03/14	149							

SI = sem informação, R= Resistente, MR= Moderadamente Resistente, MS= Moderadamente Suscetível, S= Suscetível, AS= Altamente Suscetível. C.MED = ciclo médio. DESVP = desvio padrão do ciclo de cada híbrido. FR = *Puccinia sorghi* ou ferrugem comum. PO = *Puccinia polysora* ou ferrugem polissora. PH = *Phaeospora maydis* ou mancha branca. CE = *Cercospora zeae-maydis* ou cercosporiose. HT = *Exserohilum turcicum* ou Helminthosporiose. DI = *Stenocarpella macrospora* ou Diplodia.

Aproximadamente aos 40 dias antes da semeadura do milho, foi realizado o manejo outonal das plantas daninhas nas áreas experimentais com herbicida glifosato 1458 g kg<sup>-1</sup> do equivalente ácido ha<sup>-1</sup>. As sementes de todos os híbridos foram tratadas no dia anterior à semeadura, com inseticida imidacloprido + tiodicarbe, na dose de 45 g + 135 g do ingrediente ativo para 60.000 sementes. Na semeadura, a adubação de base foi realizada com formulado N:P:K (12:32:00) na

dose de 300kg ha<sup>-1</sup>. Durante o estágio V2, segundo a escala proposta por Ritchie e Hanway (1993), realizou-se o controle sequencial de plantas daninhas com herbicidas atrazina e tembotrione nas doses de 1600 e 105 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo ha<sup>-1</sup>. No estágio V4, com quatro folhas expandidas, foi realizada a adubação de cobertura, com 300 kg ha<sup>-1</sup> de uréia (45% N) e 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), aplicado a lanço em superfície, de forma manual sobre as parcelas.

Nos tratamentos com uso do fungicida, foram realizadas pulverizações com piraclostrobina + epoxiconazole associado a um carbendazin e óleo mineral, nas doses de 99,75 + 37,5, 500 e 375 g kg<sup>-1</sup> do ingrediente ativo ha<sup>-1</sup>, respectivamente, durante os estádios V8 e VT. A aplicação do tratamento com fungicida foliar foi realizada através de equipamento costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, acoplado a um sistema extensor de altura da barra de pulverização, composto por pontas tipo leque jato plano XR 11002, pressão de 23 libras pol<sup>-2</sup> e volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. As demais pulverizações de herbicidas e inseticidas foram realizadas através de pulverizador Jacto modelo Condor com capacidade de 600L e barra de 12m, equipado com as mesmas pontas.

Por meio de amostragem sistemática de todas as folhas contidas em 3 plantas parcela<sup>-1</sup>, durante os estádios fenológicos de V5, V8, VT e R2, realizou-se as avaliações de incidência e severidade visual das principais doenças foliares do milho: ferrugem comum (FR) e helmintosporiose (HT). Para treinamento dos avaliadores, utilizou-se o software Helmap® (2001). Para viabilizar a comparação da intensidade das principais doenças foliares entre híbridos, épocas e safras, levando em consideração a evolução das mesmas em função do tempo, os dados de severidade visual foram submetidos à metodologia proposta por Shaner e Finney (1977), para cálculo da área abaixo da curva de progresso da ferrugem comum (AACP.FR) e da helmintosporiose (AACP.HT).

Quando identificado o estágio R6, procedeu-se as avaliações de porcentagem de colmos podres (C.POD) e colmos sadios (C.SAD), através da contagem ou avaliação manual de todas as plantas contidas na unidade experimental. No caso da porcentagem de podridões de colmos, utilizou-se o critério de menor resistência à pressão aos dedos polegar e indicador, no segundo entrenó acima do solo, conforme metodologia proposta por Reis et al. (1998).

Na sequência, foram realizadas avaliações visuais das espigas com podridão branca por *Diplodia maydis* ou *D. macrospora* (E.DIP), podridão rosada da ponta da

espiga ou podridão de Giberela por *Gibberella zeae* (E.GIB) e espigas totais dentro da parcela, para obtenção dos valores em porcentagem. As demais doenças de folha, qualidade de colmo e podridões de espiga foram avaliadas, porém devido aos valores inferiores a 5 %, não foram consideradas neste estudo.

Na central de processamento de amostras, os sacos de algodão contendo as espigas avaliadas foram debulhados com equipamento manual para evitar tanto os danos aos grãos com maior umidade, quanto as perdas dos grãos ardidos na trilhadora, devido ao seu baixo peso específico. Foram determinadas a produção de grãos de cada parcela (P.G), por meio de pesagem em balança eletrônica calibrada, além da medida da umidade dos grãos (UM.G) pelo equipamento Gehaka<sup>®</sup>, modelo G800. Os dados de produtividade por parcela foram transformados em kg ha<sup>-1</sup> e corrigidos para 13% de umidade. Após a determinação da produtividade, foi avaliada a massa de mil grãos (MMG) através do contador de grãos Seed Count<sup>®</sup>, modelo S-25 e a porcentagem de grãos ardidos (G.ARD), a partir da retirada de 250 gramas de grãos, identificação visual dos caracterizados como ardidos em conformidade com a portaria n.º 11 de 12/04/1996 (BRASIL, 1999) e pesagem dos mesmos em balança analítica. A relação entre massa dos grãos afetados e massa da amostra resultou na porcentagem de grãos ardidos.

Posteriormente à avaliação de grãos ardidos, 100 grãos sintomáticos foram incubados em caixas transparentes tipo gerbox (10,5 x 10,5 x 3,0 cm) contendo papel filtro esterilizado (80 g) umedecido em água destilada esterilizada, em sala de incubação por sete dias à temperatura de 20 ± 2° C e fotoperíodo de 12h, no Laboratório de Fitopatologia da Fundação ABC. A diagnose dos fungos foi realizada com auxílio de lupa estereoscópica e microscópio ótico, por meio da observação visual para identificação de *Fusarium verticillioides* (G.FVER).

As médias de todas as variáveis respostas avaliadas foram submetidas aos testes de homocedasticidade das variâncias e normalidade dos erros pelos métodos de Levene e Shapiro-Wilks (Apêndice A). Os erros das variáveis respostas que não atenderam as pressuposições básicas de homocedasticidade das variâncias e normalidade foram transformados pelo método de box-cox (BOX, COX, 1964) ou outras transformações específicas, sendo posteriormente, submetidos à análise de variância.

Em posse das análises de variância individuais para cada híbrido e ambiente, verificou-se a pressuposição de homogeneidade de variâncias residuais dos

experimentos pelo teste de Hartley, citado por Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Sendo o valor resultante inferior a sete, infere-se homogeneidade de variâncias, o que possibilitou a análise conjunta dos experimentos para avaliação da interação entre os fatores tratamento fungicida (com e sem) e os diferentes ambientes (2012/13-A, 2012/13-B, 2013/14-A e 2013/14-B), para cada híbrido avaliado (AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H). Todas as análises foram realizadas através do software JMP<sup>®</sup>, Version 11 Pro (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007).

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

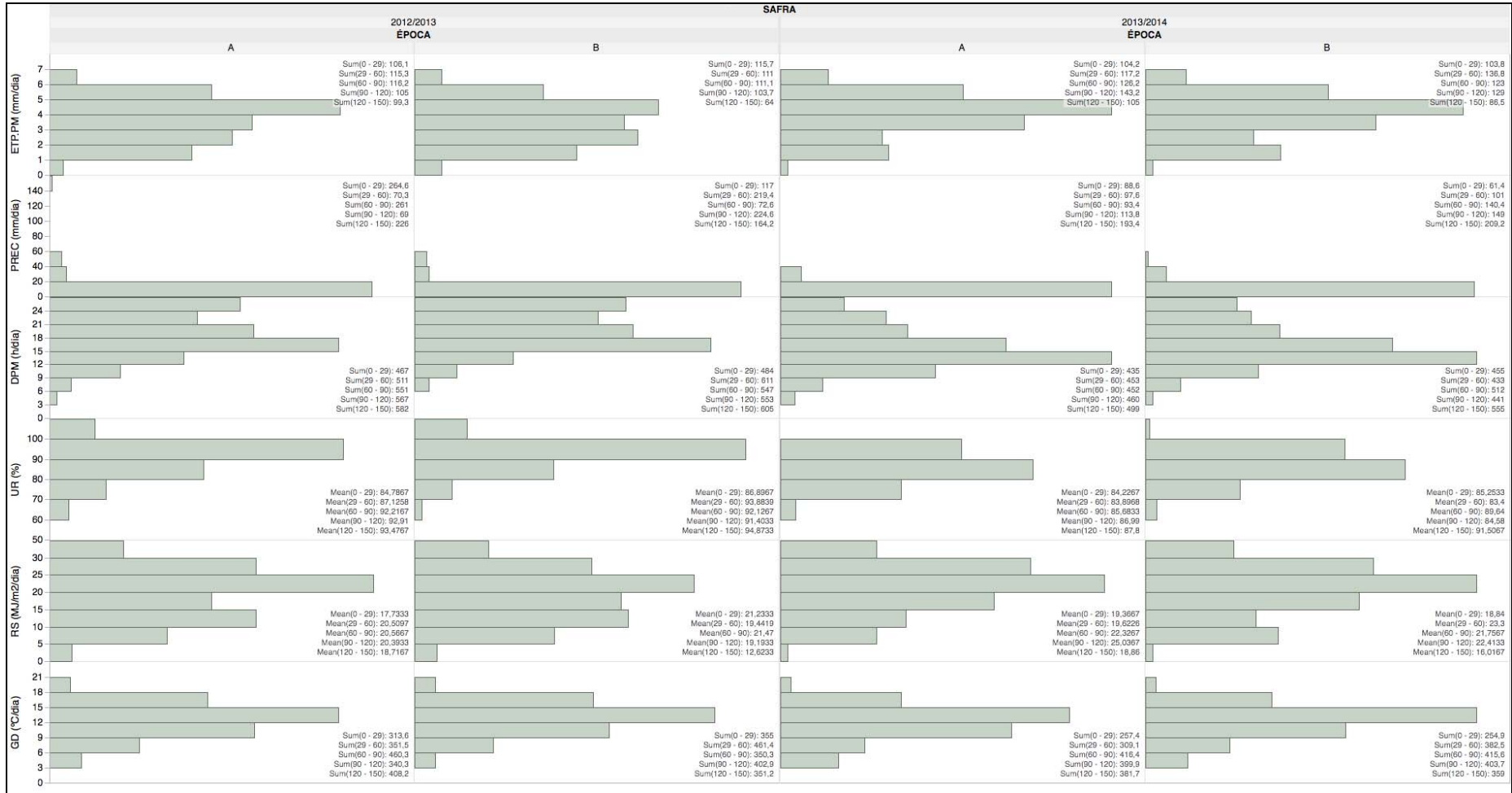
Para caracterizar os diferentes ambientes de produção, os registros meteorológicos obtidos em cada safra (2012/13 e 2013/14) e época (A e B) foram sumarizados entre a semeadura e os 110 dias posteriores (Figura 4.2). Em resumo, a safra 2012/13 destaca-se tanto pelos maiores valores de precipitação pluvial (PREC), duração do período de molhamento foliar (DPM), umidade relativa do ar (UR) e graus dias (GD), quanto pelos menores valores de evapotranspiração potencial (ETP.PM) e de radiação solar (RS), quando comparados a 2013/14.

Os valores elevados de RS associados a baixa UR.MED e DPM observados entre os 44 e 66 dias após a semeadura foram condições importantes ao desenvolvimento do milho em 2012/13-A. Em contraponto, a PREC acumulada entre 21 e 66 dias após a semeadura resultou tanto na maior frequência de valores de DPM entre 16 e 20 horas, quanto na redução da RS e ETP.PM no ambiente 2012/13-B. Os menores valores de GD durante todo o ciclo de desenvolvimento e os maiores de RS entre os 88 e 110 dias após a semeadura do milho caracterizaram os ambientes 2013/14-A e 2013/14-B, respectivamente.

As condições meteorológicas observadas durante o ciclo de desenvolvimento do milho exerceram relevante impacto sobre as variáveis epidemiológicas e fitotécnicas avaliadas. Para caracterizar tais efeitos, utilizou-se o efeito isolado do fator ambiente sobre as principais variáveis agrônômicas observadas, originado da análise conjunta entre os fatores ambiente e híbrido, sem o uso de fungicidas (Tabela 4.2). O ambiente 2012/13-A distinguiu-se dos demais tanto pelos menores valores de área abaixo da curva de progresso da ferrugem comum (AACP.FR), de

podridão do colmo (C.POD) e da incidência de *F. verticillioides* nos grãos (G.FVER), quanto pela maior produtividade (P.G).

**Figura 4.2** – Frequência dos valores diários de evapotranspiração potencial estimada pelo método Penman-Monteith (ETP.PM em mm), precipitação pluvial (PREC em mm), duração do período de molhamento foliar (DPM em h), umidade relativa do ar (UR em %), radiação solar global (RS em MJ m<sup>-2</sup>) e graus dias (GD em °C) com temperatura basal de 10°C, observados entre 0 e 150 dias após as épocas de semeadura A e B, safras 2012/2013 e 2013/2014, Castro, PR.



No ambiente 2012/13-B foram evidentes os valores superiores da AACP.FR e área abaixo da curva de progresso da Helmintosporiose (AACP.HT), de C.POD, de podridão branca da espiga por Diplodia (E.DIP) e rosada da ponta de espiga por Giberela (E.GIB) e de grãos ardidos (G.ARD), assim como os valores inferiores de colmos sadios (C.SAD), umidade do grão na colheita (UM.G) e produção de grãos (P.G). Na sequência, os menores valores de AACP.HT, E.DIP, E.GIB, G.ARD, assim como os maiores valores de UM.G foram os destaques do ambiente 2013/14-A e 2013/14-B, respectivamente.

**Tabela 4.2** - Efeito do ambiente sobre a área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR) e Helmintosporiose (AACP.HT), podridão de colmos (C.POD em %) e colmos sadios (C.SAD em %), espigas com podridão branca por Diplodia (E.DIP em %) e podridão rosada da ponta da espiga por Giberela (E.GIB em %), incidência de *Fusarium verticillioides* nos grãos (G.FVER em %), grãos ardidos (G.ARD em %), umidade do grão (UM.GR em %) e produtividade (PROD em Mg ha<sup>-1</sup>). Médias obtidas através dos valores observados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, sem fungicida, Castro-PR.

Ambiente	AACP.FR	AACP.HT	C.POD	C.SAD	E.DIP	E.GIB	G.FVER	G.ARD	UM.G	P.G
2012/13-A	130 D	62 A	7,7 D	74 A	3,5 B	2,0 B	5,4 C	3,7 B	27 A	15 A
2012/13-B	501 A	67 A	30 A	33 B	10 A	4,0 A	16 B	5,3 A	20 B	9,9 D
2013/14-A	167 C	25 C	16 B	81 A	0,3 C	0,1 C	47 A	0,9 C	27 A	13 B
2013/14-B	328 B	50 B	24 C	69 A	6,9 A	0,2 C	57 A	2,5 B	28 A	12 C
Prob > F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Média	281,9	51,3	19,6	64,7	5,2	1,6	31,6	3,1	26,2	12,7
C. V. (%)	19,4	24,9	74,1	53,4	90,6	134,9	60,7	83,4	17,2	17,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey HSD, ao nível de 5 % de probabilidade.

A superioridade dos valores da área abaixo da curva de progresso da ferrugem comum do milho em relação aos demais fitopatossistemas (AACP.HT, AACP.CE e AACP.DI), em todos os ambientes e híbridos avaliados, pode estar associada às condições favoráveis ao seu desenvolvimento descritas por Costa, Casela e Cota (2010), em que foram acentuados os locais em altitude acima de 800 m, com ocorrência de prolongados períodos de temperaturas baixas (16 a 23°C), associadas a umidade relativa do ar elevada (>90%) e precipitações frequentes.

Dada a estreita relação entre a ferrugem comum, Helmintosporiose e as condições meteorológicas predominantes durante o ciclo de desenvolvimento do milho, procedeu-se a análise de grupo de experimentos entre os fatores fungicida e ambiente (Tabela 4.3). Nota-se através da interação significativa que o uso do fungicida nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH e P32R22H resultou na redução da AACP.FR, com maiores diferenças nos ambientes 2012/13-A e 2013/14-A, onde foram observados os menores valores de AACP.FR.

A obtenção de melhores controles da ferrugem comum a partir da aplicação preventiva de fungicidas no milho foram relatados por Zanatta (2013), assim como a influência do ambiente e do próprio híbrido sobre a amplitude das respostas ao uso do fungicida na região Centro Sul do Paraná. Ainda sob a perspectiva do efeito do ambiente, o híbrido P30R50YH distinguiu-se dos demais devido a estabilidade nas respostas ao uso do fungicida sobre a redução da AACP.FR, independente do ambiente.

Entretanto, Paul et al. (2011) ponderou sobre a rentabilidade financeira do uso de fungicidas foliares em experimentos conduzidos entre 2002 e 2009, em 14 estados americanos. Através do uso da meta-análise, os autores concluíram que na maioria dos ambientes avaliados é pouco provável que o uso de fungicidas foliares no milho resulte em ganhos financeiros em situações de baixa severidade e alta expectativa de produção de grãos.

Em relação a AACP.HT, todos os híbridos apresentaram respostas positivas ao uso do fungicida, mesmo nos híbridos onde houve interação com o ambiente (CeleronTL e P32R22H), com reduções da Helminthosporiose da ordem de 64 a 81 % quando comparados as testemunhas sem fungicida. Resultados semelhantes foram observados por Testa, Reyneri e Blandino (2015), em que as aplicações do fungicida nos mesmos estádios fenológicos reduziram entre 30 e 61% a AACP.HT no milho.

Segundo Jardine e Laca-Buendia (2009), a redução da área verde sadia em função dos danos causados pelas doenças foliares pode resultar em plantas mais vulneráveis à entrada de patógenos causadores de podridões de colmo e raízes. Neste sentido, a interação significativa com o ambiente para os híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H evidenciou o aumento da porcentagem de C.SAD em função do uso do fungicida, principalmente no ambiente 2012/13-B, onde foram observados os maiores valores de AACP.FR (Tabela 4.4).

Quanto a podridão do colmo (C.POD), o CeleronTL se destacou negativamente pelas maiores porcentagens (47%). Juntamente com o AG8041PRO, P30F53YH e P32R22H, estes híbridos apresentaram redução significativa da porcentagem de C.POD através das aplicações de fungicida nos estádios V8 e VT. O destaque positivo coube novamente ao P30R50YH, que resultou nas menores porcentagens de C.POD e não respondeu ao uso do fungicida.

**Tabela 4.3** - Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre a área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR) e Helminthosporiose (AACP.HT), calculada a partir de avaliações visuais nos estádios fenológicos de V5, V8, VT e R2, para os híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Ambiente (AMB)		AACP.FR					AACP.HT				
Fontes	Variação	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H
2012/13-A		48	46	99	50 C	121	50 A	68	22	29 A	48
2012/13-B		283	233	305	297 A	381	40 A	83	18	30 A	54
2013/14-A		60	54	104	71 C	150	14 B	40	6,4	13 B	6,3
2013/14-B		124	152	150	222 B	215	16 B	101	7,4	12 B	9,0
Prob > F		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Fungicida (FUNG)											
Com		26	30	35	37 B	46	14 B	24	8,6	11 B	19
Sem		232	213	294	283 A	388	46 A	122	18	31 A	39
Prob > F		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
AMB x FUNG *											
2012/13-A,Com		10 D	17 C	14 E	6,9	27 E	23	30 CD	15	17	36 B
2012/13-A,Sem		86 C	76 B	183 C	93	215 C	77	106 AB	29	42	60 A
2012/13-B,Com		75 C	91 B	110 D	87	128 D	19	36 CD	12	15	30 B
2012/13-B,Sem		491 A	376 A	499 A	508	634 A	61	131 AB	24	45	78 A
2013/14-A,Com		4,4 E	5,7 D	7,3 F	13	10 F	6,7	11 E	3,3	5,8	5,5 D
2013/14-A,Sem		115 C	101 B	201 C	129	289 C	22	68 BC	10	19	7,2 CD
2013/14-B,Com		13 D	6,1 D	7,2 F	41	18 E	5,9	17 DE	4,1	7,2	5,7 D
2013/14-B,Sem		235 B	299 A	293 B	403	413 B	26	184 A	11	17	12 C
Prob > F		0,0011	<,0001	<,0001	0,1000	<,0001	0,6108	0,0281	0,9664	0,8880	0,0318
Média		129	121	164	160	217	30	73	13	21	29
C. V. (%)		54	53	52	49	45	27	25	43	32	33

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste t de Student ou Tukey HSD a 5 % de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. \* A tabela de interação com 2 entradas foi compilada em uma única coluna.

**Tabela 4.4** - Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre as podridões de colmo (C.POD em %) e colmos sadios (C.SAD em %), avaliados na maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Ambiente (AMB)		C.POD (%)					C.SAD (%)				
Fontes	Variação	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H
2012/13-A		4,6 B	18	0,3	0,2 C	61	95	82 A	100	100	39
2012/13-B		43 A	57	41	28 A	72	57	43 B	59	72	28
2013/14-A		4,5 B	19	19	7,3 AB	37	95	81 A	81	93	63
2013/14-B		23 B	92	0,2	7,7 BC	14	77	8,4 C	100	92	86
Prob > F		0,0005	<,0001	<,0001	0,0002	<,0001	0,0035	<,0001	<,0001	0,0016	<,0001
Fungicida (FUNG)											
Com		5,7 B	38	11	3,9 A	40	94	62 A	89	96	60
Sem		32 A	55	20	18 A	52	68	45 B	80	82	48
Prob > F		0,0009	0,0026	0,0060	0,1067	0,0147	0,0018	0,0025	0,0267	0,0039	0,0004
AMB x FUNG *											
2012/13-A,Com		0,0	1 D	0,0 C	0,0	38 BC	100 A	99	100 A	100 A	62 B
2012/13-A,Sem		9,2	36 BC	0,6 C	0,3	84 A	91 A	64	99 A	100 A	16 D
2012/13-B,Com		17	45 ABC	22 B	5,3	61 AB	83 A	55	78 A	95 A	39 C
2012/13-B,Sem		69	70 AB	60 A	50	83 A	31 B	30	40 B	50 B	17 D
2013/14-A,Com		4,0	14 CD	21 B	7,5	36 BC	96 A	86	79 A	92 A	64 B
2013/14-A,Sem		5,0	24 CD	18 B	7,0	38 BC	95 A	76	82 A	93 A	62 B
2013/14-B,Com		1,3	91 A	0,0 C	2,6	25 C	99 A	9,2	100 A	97 A	75 AB
2013/14-B,Sem		44	92 A	0,4 C	13	3,1 D	56 AB	7,5	100 A	87 A	97 A
Prob > F		0,1088	0,0616	0,0294	0,2725	<,0001	0,0463	0,2112	0,0049	0,0038	<,0001
Média		19	47	15	11	46	81	53	85	89	54
C. V. (%)		68	61	96	83	55	35	52	26	20	45

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste t de Student ou Tukey HSD a 5 % de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. \* A tabela de interação com 2 entradas foi compilada em uma única coluna.

Segundo Costa et al. (2008), genótipos que apresentam elevada suscetibilidade as podridões de colmo resultam em redução relativamente pequena da percentagem de colmos podres, quando submetidos à aplicação de fungicidas.

As podridões de colmo podem comprometer a translocação de água e nutrientes do solo para a parte aérea, ou favorecer o próprio tombamento das plantas, que por sua vez expõem as espigas ao ataque de insetos e ao desenvolvimento das podridões (CASELA et al., 2008). No presente estudo, observou-se o predomínio da podridão branca por *Diplodia* (E.DIP) e da podridão rosada da ponta da espiga por *Giberela* (E.GIB), com incidência média oscilando de 1% (CeleronTL) a 8% (P30R50YH) e entre 0,6% (P32R22H) e 1,9% (P30F53YH) respectivamente (Tabela 4.5).

**Tabela 4.5** - Efeito do ambiente e do fungicida sobre a podridão branca da espiga por *Diplodia* (E.DIP em %) e da podridão rosada da ponta da espiga por *Giberela* (E.GIB em %), avaliados após a colheita dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Ambiente (AMB)	E.DIP (%)					E.GIB (%)					
	Fontes	Varição	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH
2012/13-A		0,7 BC	1,0	0,0 B	8,1 A	4,9 B	1,9 A	1,3 B	2,0 AB	1,3 B	1,3
2012/13-B		5,4 A	0,7	11 A	6,8 A	20 A	3,7 A	2,8 A	5,1 A	4,6 A	0,7
2013/14-A		0,0 C	0,0	1,6 B	0,0 B	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 C	0,0 B	0,3
2013/14-B		3,2 AB	2,6	6,0 A	17 A	1,6 BC	0,0 B	0,0 B	0,3 BC	0,2 B	0,2
Prob > F		0,0002	0,0793	<,0001	0,0006	<,0001	0,0010	0,0010	0,0024	<,0001	0,8407
Fungicida (FUNG)											
Com		2,0	0,6	5,1	6,9	4,7	1,1	0,8	1,8	1,2	0,2
Sem		2,7	1,6	4,1	9,2	8,5	1,7	1,2	2,0	1,8	1,1
Prob > F		0,2787	0,1242	0,8444	0,1730	0,2726	0,3296	0,6273	0,3564	0,8350	0,1334
AMB x FUNG *											
2012/13-A,Com		0,9	0,0	0,0	6,7	4,5	0,9	0,7	1,0	2,6	0,7
2012/13-A,Sem		0,6	2,1	0,0	10	5,2	2,9	1,9	3,1	0,0	1,9
2012/13-B,Com		5,8	0,0	12	5,4	13	3,5	2,6	5,8	2,2	0,0
2012/13-B,Sem		5,0	1,4	9,2	8,3	27	4,0	3,0	4,5	7,0	1,3
2013/14-A,Com		0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013/14-A,Sem		0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
2013/14-B,Com		1,3	2,3	6,5	15	0,9	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
2013/14-B,Sem		5,2	3,0	5,5	19	2,2	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Prob > F		0,1884	0,7398	0,9659	0,8592	0,8085	0,7584	0,8826	0,8209	0,2654	0,7371
Média		2,3	1,1	4,6	8,0	6,6	1,4	1,0	1,9	1,5	0,6
C. V. (%)		105	176	86	81	93	133	163	127	152	212

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste t de Student ou Tukey HSD a 5 % de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. \* A tabela de interação com 2 entradas foi compilada em uma única coluna.

O fungicida não apresentou efeito significativo sobre as podridões de espiga, restando apenas o efeito do ambiente, onde 2012/13-B foi o mais favorável para a expressão de ambas as podridões. Resultados semelhantes sobre a dependência das condições do ambiente foram descritos por Gxasheka et al. (2015). As

condições meteorológicas predominantes neste ambiente corroboram com Reis, Casa e Bresolin (2004), que descreveram os maiores danos por podridões de espiga em condições de alta umidade, justamente no período de floração até a colheita.

Para Mendes (2009), o aumento de doenças foliares, associado a condições meteorológicas favoráveis e à suscetibilidade dos híbridos, proporcionaram também o aumento na incidência de podridões de espigas e de grãos. Entre os microrganismos predominantes nos grãos sintomáticos de milho, o *Fusarium verticillioides* (G.FVER) sobressaiu-se em relação a presença dos demais fungos e bactérias avaliadas, com incidências mínimas de 25,5% no P32R22H e máximas de 41,8% no CeleronTL (Tabela 4.6).

Segundo Czembor, Stępien e Waskiewicz (2015), a predominância do *F. verticillioides* sobre o *F. graminearum* e *F. temperatum*, um novo agente patogênico recentemente descrito e estreitamente relacionada com *F. subglutinans*, pode estar associada à sua habilidade na germinação dos esporos, uma vez que este processo ocorre com 25°C e 0,88 de atividade de água, condições facilmente obtidas durante a maturação fisiológica do milho nos ambientes avaliados.

A interação significativa com o ambiente foi obtida somente no CeleronTL, onde em 2013/14-A houve a redução da incidência de G.FVER nos grãos devido ao uso do fungicida. Resposta semelhante ao controle químico foi observada no AG8041PRO através da análise individual do fator fungicida ( $p$  valor  $\leq 0,06$ ). Os híbridos P30R50YH e P32R22H demonstraram significância somente ao ambiente, com maiores incidências de G.FVER nas condições meteorológicas registradas no ambiente 2013/14-B, onde observou-se os maiores valores de ETP, RS e GD durante o enchimento de grãos e a maturação fisiológica (88 a 110 dias após a semeadura).

Na região noroeste da Espanha, Cao et al. (2014) relataram que as condições meteorológicas durante o ciclo de desenvolvimento do milho, os danos causados por insetos e as características das plantas foram fatores determinantes para a infecção dos grãos por *F. verticillioides*. Os autores citam ainda as temperaturas elevadas e a baixa umidade do ar durante a floração como um momento-chave para infecção e consequente podridões de espiga, assim como as temperaturas elevadas durante maturação dos grãos e a precipitação antes da colheita.

Mesmo diante da inexistência de tendência clara sobre a redução da incidência de grãos com G.FVER, visto que o P30F53YH resultou em efeito contrário ao uso do

fungicida (p valor  $\leq 0,058$ ) e o P30R50YH manifestaram significância somente ao ambiente, a porcentagem de grãos ardidos (G.ARD) foi reduzida pelo uso do fungicida (Tabela 4.6).

Com valores médios entre 1,6 e 3,7 %, as reduções sobre a porcentagem de G.ARD quando comparados às respectivas testemunhas sem fungicida foram da ordem de 47, 40 e 32% para os híbridos P30R50YH, P30F53YH e AG8041PRO respectivamente. Em contraponto, a variação da porcentagem de G.ARD no CeleronTL e P32R22H foram significativas ao fator ambiente, com maiores médias registradas em 2012/13-B, onde foram registradas as maiores porcentagens de podridões de espiga por Diplodia e Giberela.

**Tabela 4.6** - Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre a incidência de grãos com *Fusarium verticillioides* (G.FVER em %) e grãos ardidos (G.ARD em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Ambiente (AMB)		G.FVER (%)					G.ARD (%)				
Fontes	Varição	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H
2012/13-A		17 C	0,8	15 C	3,1 B	0,4 C	1,2 BC	2,9 AB	6,0 A	2,6	2,7 B
2012/13-B		8,9 C	44	4,3 D	7,1 B	31 AB	2,9 A	4,7 A	5,1 A	4,4	5,7 A
2013/14-A		69 A	47	30 B	60 A	20 B	0,4 C	0,7 C	1,7 B	0,6	1,1 B
2013/14-B		36 B	75	68 A	70 A	51 A	1,9 B	1,0 BC	2,0 B	2,8	3,0 B
Prob > F		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0001	<,0001	0,0002	0,0022
Fungicida (FUNG)											
Com		36 A	39	33 A	33	29	1,3 B	2,3	2,8 B	1,8	3,1
Sem		29 A	44	26 B	36	22	1,9 A	2,4	4,6 A	3,4	3,1
Prob > F		0,0605	0,1767	0,0277	0,9887	0,2195	0,0209	0,9038	0,0109	0,0017	0,9549
AMB x FUNG *											
2012/13-A,Com		23	0,9 E	16 B	4,5	0,5	0,7	2,8	4,6	1,4 BC	3,0
2012/13-A,Sem		10	0,6 E	14 B	1,8	0,3	1,7	2,9	7,5	3,8 AB	2,4
2012/13-B,Com		13	45 BCD	4,0 C	6,3	41	2,9	4,2	3,4	2,7 BC	6,1
2012/13-B,Sem		5,0	43 CD	4,5 C	8,0	20	2,9	5,3	6,7	6,2 A	5,3
2013/14-A,Com		65	33 D	43 A	49	26	0,3	0,9	1,7	0,7 C	0,9
2013/14-A,Sem		74	62 ABC	18 B	70	15	0,4	0,5	1,8	0,6 C	1,2
2013/14-B,Com		44	78 A	68 A	74	48	1,2	1,2	1,5	2,5 BC	2,5
2013/14-B,Sem		28	72 AB	68 A	65	54	2,6	0,8	2,6	3,0 BC	3,4
Prob > F		0,337	0,0130	0,058	0,7704	0,337	0,1216	0,655	0,4856	0,027	0,7931
Média		33	42	29	35	25	1,6	2,3	3,7	2,6	3,1
C. V. (%)		55	61	47	70	68	73	87	68	83	70

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre pelo Teste t de Student ou Tukey HSD a 5 % de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. \* A tabela de interação com 2 entradas foi compilada em uma única coluna.

Os efeitos da aplicação de fungicidas foliares sobre a porcentagem de grãos ardidos no milho também foram relatados por Juliatti et al. (2007) e Brito et al. (2013), tanto em estudos com menor variação da porcentagem de grãos ardidos nas testemunhas (4,1 a 7,5% e 1,6 e 12,8% respectivamente), quanto em situações com maior incidência de ardidos (4,5 a 31%), conforme Duarte et al. (2009). No entanto,

Zanatta (2013) não comprovou a redução dos grãos ardidos através da aplicação preventiva de fungicidas foliares, mesmo avaliando 4 híbridos durante 2 safras agrícolas. A autora afirma que o efeito do ambiente foi muito mais importante do que o uso do fungicida.

O uso de fungicida proporcionou ganhos sobre a área foliar e colmos sadios, refletindo sobre a umidade do grão na maturação fisiológica, momento onde os híbridos foram colhidos (Tabela 4.7). De maneira geral, o ambiente 2012/13-A demonstrou as maiores médias de UM.G, com ganhos de 2 a 6% devido ao uso do fungicida. Os híbridos AG8041PRO, CeleronTL e P32R22H demonstraram interação significativa com o ambiente, contudo somente em 2012/13-B o uso do fungicida resultou em superioridade da UM.G. Para o P30F53YH e o P30R50YH, a UM.G foi influenciada apenas pelo efeito do ambiente.

Quanto à produtividade do milho, os melhores ambientes foram 2012/13-A e 2013/14-A. Em média, os ganhos de P.G em função do uso do fungicida oscilaram entre 7 e 18%, com menor e maior resposta observada no AG8041PRO (0,98 Mg ha<sup>-1</sup>) e CeleronTL (2,13 Mg ha<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabela 4.7). Resultados semelhantes foram demonstrados por Mallowa et al. (2015), com ganhos médios entre 5 e 6% em função do uso de fungicidas para controle da cercosporiose e da Helmintosporiose no milho.

Para os híbridos AG8041PRO e P30R50YH, a interação destacou que as diferenças de produtividade foram obtidas somente dentro do ambiente 2012/13-B (maiores valores de AACP.FR e AACP.HT), com ganhos de 21% (2,27 Mg ha<sup>-1</sup>) e 33% (3,34 Mg ha<sup>-1</sup>) respectivamente. Ainda neste desdobramento, o P32R22H e o CeleronTL revelaram maior sensibilidade quanto ao uso do fungicida em relação aos demais híbridos, com ganhos na ordem de 38% (3,83 Mg ha<sup>-1</sup>) e 58% (4,64 Mg ha<sup>-1</sup>) no ambiente 2012/13-B, e 17% (2,03 Mg ha<sup>-1</sup>) e 25% (2,42 Mg ha<sup>-1</sup>) em 2013/14-B. Dey et al. (2015b) investigou o efeito de diferentes combinações de fungicidas foliares aplicados aos 35 e 50 dias após a emergência e obteve ganhos de produtividade entre 4 e 29%. No caso do P30F53YH, onde apenas os efeitos individuais foram significativos, a máxima produtividade foi expressada somente através do uso do fungicida, com resposta média aos diferentes ambientes avaliados de 9% (1,08 Mg ha<sup>-1</sup>).

A decisão sobre a época de semeadura demonstrou importância semelhante ao uso do fungicida para o AG8041PRO, P30R50YH e P32R22H, em função da

equivalência estatística entre as produtividades observadas tanto nos ambientes 2012/13-A sem fungicida versus 2012/13-B com fungicida, quanto nos ambientes 2013/14-A sem fungicida versus 2013/14-B com fungicida.

**Tabela 4.7** - Efeito do ambiente, do fungicida e da interação sobre a umidade dos grãos (UM.G em %) e produtividade (P.G em kg ha<sup>-1</sup>), avaliados na maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H. Médias das épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Ambiente (AMB) Fontes Variação	UM.G (%)					P.G (kg ha <sup>-1</sup> )				
	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	CeleronTL	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H
2012/13-A	29	24	32 B	32 A	22	15,43	15,67	15,65 A	15,48	15,17
2012/13-B	22	21	20 D	25 C	22	11,95	10,29	11,54 C	11,70	11,94
2013/14-A	26	26	28 C	31 AB	29	14,18	14,90	12,71 BC	13,61	14,13
2013/14-B	26	25	35 A	30 B	27	13,02	11,14	12,94 B	13,20	13,00
Prob > F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0005	<,0001
Fungicida (FUNG)										
Com	26	25	29 A	30 A	25	14,14	14,07	13,75 A	14,15	14,46
Sem	25	23	28 A	29 A	25	13,15	11,93	12,67 B	12,85	12,65
Prob > F	0,0168	<,0001	0,2933	0,9288	0,0016	0,0032	<,0001	0,0023	0,0118	<,0001
AMB x FUNG *										
2012/13-A,Com	30 A	24 B	32	32	23 C	15,91 A	16,51 A	16,18	16,40 A	15,49 A
2012/13-A,Sem	28 AB	24 BC	32	33	22 C	14,95 AB	15,29 A	15,13	14,57 AB	14,85 AB
2012/13-B,Com	23 C	23 C	21	26	23 C	13,08 BC	12,61 B	12,47	13,37 AB	13,86 B
2012/13-B,Sem	20 D	20 D	19	25	20 D	10,81 D	7,97 D	10,62	10,03 C	10,02 D
2013/14-A,Com	26 B	26 A	29	31	29 A	14,24 ABC	15,25 A	13,16	13,15 BC	14,49 AB
2013/14-A,Sem	26 B	26 A	28	30	29 A	14,12 ABC	14,56 A	12,26	14,08 AB	13,76 B
2013/14-B,Com	26 BC	26 A	35	30	27 B	13,31 BC	12,36 B	13,20	13,68 AB	14,01 AB
2013/14-B,Sem	27 B	24 BC	34	29	27 B	12,73 CD	9,92 C	12,68	12,71 BC	11,98 C
Prob > F	0,0156	0,0001	0,6427	0,5918	0,0012	0,0736	0,0002	0,4300	0,0313	0,0005
Média	26	24	29	29	25	13,64	13,00	13,21	13,50	13,56
C. V. (%)	12	8,5	20	10	11	12	22	14	15	13

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste t de Student ou Tukey HSD a 5 % de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. \* A tabela de interação com 2 entradas foi compilada em uma única coluna.

Por meio da análise em grupo de experimentos entre os fatores ambiente e híbrido, tornou-se possível a distinção entre os genótipos em função das condições ambientais predominantes e da adoção do fungicida (Tabela 4.8). Em condições favoráveis ao desenvolvimento do milho, semelhante ao observado no ambiente 2012/13-A, destacam-se o P30R50YH e P30F53YH com aplicação do fungicida foliar em V8 e VT, e os híbridos AG8041PRO e o CeleronTL caso a decisão seja de não usar o fungicida. Na mesma sequência, os melhores híbridos foram o P30R50YH e AG8041PRO com uso do fungicida, além do AG8041PRO sem o uso do fungicida, considerando um cenário desfavorável, com PREC, UR e DPM elevadas, semelhante ao ambiente 2012/13-B.

**Tabela 4.8** - Efeito da interação entre ambiente e híbrido sobre a área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AAPC.FR) e Helmintosporiose (AAPC.HT), colmos doentes (C.POD em %) e sadios (C.SAD em %), grãos ardidos (G.ARD em %), umidade dos grãos (UM.G em %) e produtividade (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>) avaliados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, com e sem fungicida, em ambiente favorável (2012/13-A) e desfavorável (2012/13-B) ao desenvolvimento do milho, Castro-PR.

Fungicida	AMB*HIBR	AACP.FR	AACP.HT	C.DOE	C.SAD	G.ARD	UM.G	P.G
Com	2012/13-A,AG8041PRO	10 DEFGH	23 ABC	0,0 J	100 A	0,7 DE	30 BC	16 ABC
	2012/13-A,Celeron TL	17 DEF	30 AB	1,0 IJ	99 A	2,8 BCD	24 FG	16 AB
	2012/13-A,P30F53YH	14 DEFG	15 BCDEF	0,0 J	100 A	4,6 AB	32 B	16 AB
	2012/13-A,P30R50YH	6,9 FGHI	17 BCD	0,0 J	100 A	1,4 CDE	32 B	16 A
	2012/13-A,P32R22H	27 BCD	36 A	38 ABCD	62 FG	3,0 BCD	23 GH	15 ABCD
	2012/13-B,AG8041PRO	75 ABC	19 ABC	17 CDEF	83 ABCDE	2,9 BCD	23 G	13 EF
	2012/13-B,Celeron TL	91 AB	36 A	45 ABC	55 GH	4,2 AB	23 GH	13 EF
	2012/13-B,P30F53YH	110 A	12 CDEFG	22 BCDE	78 CDEF	3,4 BC	21 H	12 F
	2012/13-B,P30R50YH	87 AB	15 BCDE	5,3 FGH	95 ABC	2,7 BCDE	26 EF	13 CDEF
	2012/13-B,P32R22H	128 A	30 AB	61 AB	39 H	6,1 A	23 G	14 ABCDEF
	Prob > F	<,0001	0,0626	<,0001	<,0001	0,0002	<,0001	0,0647
	Média	35	15	20	80	2,3	27	14
C. V. (%)	29	37	74	31	77	14	11	
Sem	2012/13-A,AG8041PRO	86 IJ	77 BCD	9,2 BCDE	91 AB	1,7 CDE	28 CDE	15 A
	2012/13-A,Celeron TL	76 J	106 ABC	36 ABCD	64 ABCD	2,9 ABCDE	24 GH	15 A
	2012/13-A,P30F53YH	183 F	29 EFG	0,6 E	99 A	7,5 A	32 AB	15 A
	2012/13-A,P30R50YH	93 I	42 DEF	0,3 E	100 A	3,8 ABCDE	33 AB	15 AB
	2012/13-A,P32R22H	215 EF	60 CD	84 A	16 FG	2,4 BCDE	22 HI	15 A
	2012/13-B,AG8041PRO	491 B	61 CD	69 A	31 DEFG	2,9 ABCDE	20 IJ	11 EF
	2012/13-B,Celeron TL	376 C	131 AB	70 A	30 DEFG	5,3 ABCD	20 IJ	8,0 G
	2012/13-B,P30F53YH	499 B	24 EFGH	60 A	40 CDEFG	6,7 AB	19 J	11 EF
	2012/13-B,P30R50YH	508 B	45 DE	50 AB	50 BCDEFG	6,2 ABC	25 FG	10 FG
	2012/13-B,P32R22H	634 A	78 BCD	83 A	17 EFG	5,3 ABCD	20 IJ	10 FG
	Prob > F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0716	<,0001	<,0001
	Média	282	51	35	65	3,1	26	13
C. V. (%)	19	25	67	53	83	17	17	

Para cada nível de Fungicida, as médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade.

Dada as relações de dependência entre as variáveis agrônômicas e o ambiente, análises de correlação e regressão foram elaboradas a partir dos dados meteorológicos sumarizados (mínimo, médio, máximo, absoluto, somatório e frequência) e cotados para os intervalos de interesse agrônômico (Tabela 4.9).

Para a AAPC.FR, foi observada relação positiva com a precipitação e com os dias nublados (ND.RS < 10 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), além de uma relação negativa com as temperaturas mais baixas (ND.TMED e ND.TMOL < 16 °C). Segundo Reis et al. (2004), quando a atmosfera está saturada, os períodos de molhamento foliar favorecem a máxima germinação dos urediósoros, porém somente 3% germinam quando a umidade relativa do ar é reduzida para 97%. Quanto a temperatura, Dey et al. (2015a) obtiveram a germinação máxima dos esporos no intervalo de temperatura

de 20-30°C, dentro de um período de 24 h de incubação. A 25°C houve a germinação máxima (66,16% dos urediósoros de *Puccinia sorghi*).

De acordo com Munkvold e Desjardins (1997), a distribuição da precipitação e do vento favorecem a disseminação de macro e microconídios de *F. verticillioides*, que em contato com o tecido vegetal, principalmente com o estigma, podem germinar e infectar as plantas de milho. Por sua vez, o processo de germinação dos conídios é influenciado pela atividade de água ( $a_w$ ), temperatura e pH (MARÍN et al., 1996).

A temperatura ótima para o crescimento de *F. verticillioides* ocorre entre 22,5 e 27,5°C, com máxima entre 32 e 37°C e mínima entre 2,5 e 5,0°C (BACON; NELSON, 1994). Todavia, Marín, Sanchis e Magan (1995) obtiveram desenvolvimento de *F. verticillioides* e *F. proliferatum* a 40°C, em  $a_w$  maior que 0,94. Nas temperaturas de 25, 30 e 40°C, estes cresceram em meios de cultivo com  $a_w$  0,90, aumentando o crescimento quando se elevava a  $a_w$  para 0,98. Por fim, Marin et al. (1996) concluíram que os conídios de *F. verticillioides* germinaram entre 5-37°C em  $a_w$  maior que 0,88, cujo valor elevou-se com a queda de temperatura, sendo que a germinação deixou de ocorrer em temperatura acima de 42°C. Estas informações corroboram com as correlações positivas com os altos valores de radiação solar, temperatura máxima, umidade relativa baixa e grande amplitude térmica obtidas no presente estudo.

**Tabela 4.9** - Coeficiente de correlação simples da área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR) e *F. verticillioides* (G.FVER em %) nos grãos, observados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53HY, P30R50YH, P32R22H sem fungicida versus as variáveis meteorológicas observadas nas épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, cotadas entre os estádios fenológicos V5 e R2 para doenças foliares e entre VT e R6 para qualidade dos grãos de milho.

Variável Dependente	Variável Independente	Correlação Pairwise	Prob > F
AACP.FR	ND.TMED < 16 °C	-0,78	<,0001
AACP.FR	ND.TMOL < 16 °C	-0,78	<,0001
AACP.FR	ND.RS < 10 MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	0,85	<,0001
AACP.FR	ND.PREC > 5 mm	0,86	<,0001
AACP.FR	NH.PREC > 0,254 mm	0,89	<,0001
AACP.FR	PREC.ACUM (mm)	0,89	<,0001
G.FVER	NH.TMAX > 32 °C	0,74	0,0002
G.FVER	NH.TMED > 30 °C	0,74	0,0002
G.FVER	ND.AMPL > 12 °C	0,64	0,0024
G.FVER	NH.UR < 60 %	0,56	0,0106
G.FVER	NH.RS > 1100	0,55	0,0120
G.FVER	ND.DPM > 22 h	0,74	0,0002
G.FVER	ND.UR > 90 %	0,70	0,0005
G.FVER	ND.TMIN > 16 °C	0,65	0,0020
G.FVER	ND.RAD < 14 MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	0,61	0,0042

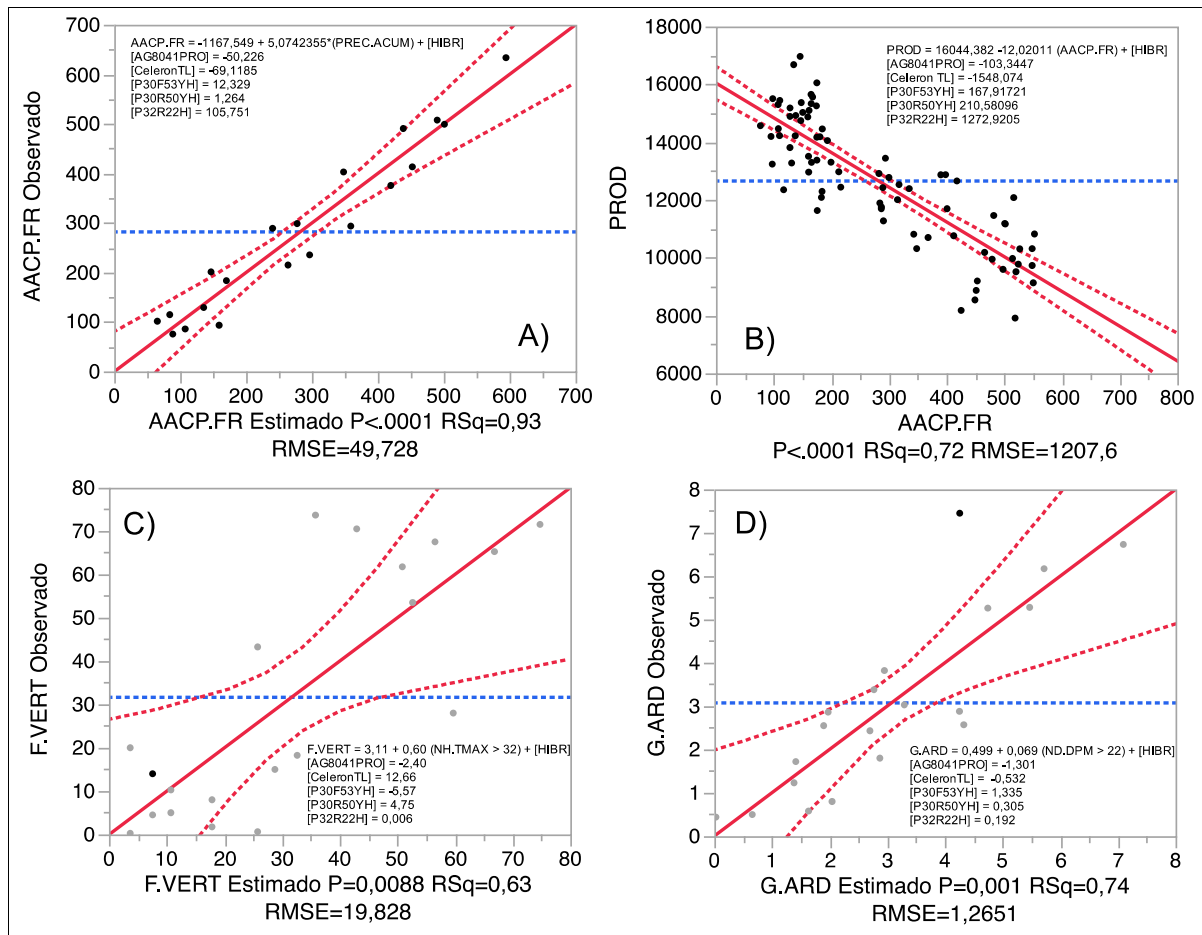
---

ND = número de dias. NH = número de horas. TMAX = temperatura máxima do ar. TMED = temperatura média do ar. TMIN = temperatura mínima do ar. TMOL = temperatura média do ar durante o período de molhamento foliar. AMPL = amplitude térmica do ar. UR = umidade relativa do ar. RS = radiação solar global. PREC = precipitação pluvial. ACUM = acumulada. DPM = duração do período de molhamento foliar.

Através da precipitação acumulada entre V5 e R2 foi possível estimar a área abaixo da curva de progresso da ferrugem comum do milho em função das características de cada híbrido, com  $R^2 = 0,93$  e REQM = 49,72 (Figura 4.3-A). A partir destes valores de AACP.FR, estimou-se a produtividade dos híbridos avaliados nos 4 ambientes de produção, com  $n = 80$ ,  $R^2 = 0,72$  e REQM = 1,207 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 4.3-B). Brandão et al., (2003) obtiveram tendência semelhante entre a ferrugem comum e a AACP.FR, mesmo com um número maior de pulverizações (3), híbridos e condições ambientais distintas (Montividiu-GO).

Para a estimativa de variáveis relacionadas a qualidade dos grãos, os registros meteorológicos foram cotados entre os estádios fenológicos VT e R6. A incidência de *F. verticillioides* e grãos ardidos foram estimadas a partir do número de horas com temperatura máxima do ar igual ou superior a 32°C (Figura 4.3-C) e número de dias com duração do período de molhamento foliar igual ou superior a 22 horas (Figura 4.3-D), com  $R^2 = 0,63$  e RMSE = 19,82 e  $R^2 = 0,74$  e RMSE = 1,26, respectivamente.

**Figura 4.3** - Estimativa da (A) área abaixo da curva de progresso da Ferrugem Comum (AACP.FR), (B) da produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), (C) da incidência de *F. verticillioides* (G.FVER em %) nos grãos e (D) da incidência de grãos ardidos (G.ARD em %), observados nos híbridos AG8041PRO, CeleronTL, P30F53YH, P30R50YH, P32R22H sem fungicida, através de variáveis meteorológicas precipitação acumulada (PREC.ACUM), número de horas com temperatura máxima > 32°C (NH.TMAX>32) e número de dias com duração do período de molhamento foliar > 22h (ND.DPM>22), observadas nas épocas de semeadura A e B, safras 2012/13 e 2013/14, cotadas entre os estádios fenológicos V5 e R2 para doenças foliares e entre VT e R6 para qualidade dos grãos de milho.



A possibilidade de estimar a evolução da ferrugem comum do milho, ou mesmo algumas variáveis de qualidade dos grãos através do simples registro diário da precipitação pluvial, temperatura do ar e duração do molhamento foliar, facilmente obtidos em estações agrometeorológicas automáticas de superfície, associado ao conhecimento das características agrônômicas de cada genótipo, pode viabilizar tecnicamente e economicamente o cultivo de milho na região dos Campos Gerais do Paraná e Sul de São Paulo.

#### 4.4. CONCLUSÕES

A aplicação de fungicida resultou na redução da ferrugem comum e da helmintosporiose, além de aumentar a quantidade de colmos saudáveis. Quanto às podridões de espigas e a incidência de fungos nos grãos, as condições ambientais registradas nas segundas épocas de semeadura foram mais determinantes do que o próprio controle químico.

Da mesma forma, o efeito do fungicida sobre a massa de mil grãos e a produção de grãos foi regulado pelas condições ambientais. Somente em situações com altos valores de molhamento foliar, baixas taxas de radiação solar e temperaturas elevadas, como no ambiente 2012/2013-B, houve redução significativa da porcentagem de grãos ardidos no híbrido P30R50YH e ganhos de produtividade nos híbridos CeleronTL, P30R50YH e P32R22H. Os híbridos AG8041PRO e P30F53YH demonstraram maior estabilidade de produção diante dos ambientes avaliados, porém com menores respostas ao uso do fungicida.

O volume de precipitação acumulado entre V5 e R2 mostrou estreita relação com a ferrugem comum, assim como a temperatura do ar, a umidade e a radiação solar com incidência de grãos com *F. verticillioides*. Em situações onde predominem estas doenças do milho, o monitoramento do ambiente pode ser uma informação importante no processo de tomada de decisão sobre o uso do fungicida.

#### 4.5. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation & Drainage Paper 56. FAO, Rome. 1998.
- ASAE EP505 APR2004. Measurement and Reporting Practices for Automatic Agricultural Weather Stations, **ASABE Standards 2010**, pp. 53-63, American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2004.
- BACON, C. W.; NELSON, P. E. Fumonisin production in corn by toxigenic strains of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum*. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.57, n.6, p.514-521, 1994.
- BARTLETT, D. W.; CLOUGH, J. M.; GODWIN, J. R.; HALL, A. A.; HAMER, M.; PARR-DOBRZANSKI, B. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**. 58: 649-662. 2002.
- BLANDINO, M.; GALEAZZI, M.; SAVOIA, W.; REYNERI, A. Timing of azoxystrobin + propiconazole application on maize to control northern corn leaf blight and maximize grain yield. **Field Crop Research**. 139, 20–29. 2012.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, B, v.26, p.211-234, 1964.
- BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F. R. da S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, v.39, n.8, p.2334-2339, 2009.
- 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 de ferrugem comum (*Puccinia sorghi* Schw) em diferentes híbridos de milho. **Bioscience Journal** Uberlândia, v.19, n. 1, p. 43-52, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009, p. 399.
- BRITO, A. H.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, J. L. de A. R.; BALESTRE, M. Controle químico da Cercosporiose, Mancha-Branca e dos Grãos Ardidos em milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 629-635, out. 2013.
- BRITO, A. H.; PINHO, R. G. V.; SOUZA FILHO, A. X.; ALTOÉ, T. F. Avaliação da severidade da Cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 7:19-31. 2008.
- CAO, A.; SANTIAGO, R.; RAMOS, A. J.; SOUTO, X. C.; AGUÍN, O.; MALVAR, R. A.; BUTRÓN, A. Critical environmental and genotypic factors for *Fusarium verticillioides* infection, fungal growth and fumonisin contamination in maize grown in northwestern

Spain, **International Journal of Food Microbiology**, Volume 177, 2 May 2014, Pages 63-71, ISSN 0168-1605, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.004>.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; ZAMBOLIM L. Fungos associados à semente de milho produzida nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.370-373, 1998.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S.; PINTO, N. F. J. de A. **Doenças na cultura do milho**. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 216-256, 2008.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. **Doenças**. In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). 2010. Disponível em: < [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/doencas.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/doencas.htm) >. Acesso em: 21 dez. 2015.

COTA, L.V.; COSTA, R.V.; SILVA, D.D.; PARREIRA, D.F. Recomendação para o Controle Químico da Helmintosporiose do Sorgo (*Exserohilum turcicum*). **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 7p. Set. 2010.

COSTA, R. V.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R.; SILVA, D. D. Podridões fúngicas de colmo na cultura do milho. **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 8 p., 2008.

CZEMBOR, E.; STEPIEN, L.; WASKIEWICS, A. Effect of Environmental Factors on *Fusarium* Species and Associated Mycotoxins in Maize Grain Grown in Poland. **PLoS ONE** 10(7): e0133644. (2015) doi:10.1371/journal.pone.0133644

DEY, U; HARLAPUR, S. I.; DHUTRAJ, D. N.; PAL, D.; PAWAR, D. V. Effect of different temperature levels and time intervals on germination of uredospores of *Puccinia sorghi*. **African Journal of Microbiology Research**. Vol. 9(19), pp. 1299-1303, 13 May, 2015a.

DEY, U.; HARLAPUR, S. I.; DHUTRAJ, D. N.; SURYAWANSHI, A. P.; BHATTACHARJEE, R. Integrated disease management strategy of common rust of maize incited by *Puccinia sorghi* Schw. **African Journal of Microbiology Research**. Vol. 9(20), pp. 1345-1351, 20 May, 2015b.

DUARTE, R. P. et al. Comportamento de diferentes genótipos de milho com aplicação foliar de fungicida quanto à incidência de fungos causadores de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 112-122, 2009.

FANCELLI, A.L.; D. DOURADONETO. **Produção de Milho**. Ed. Agropecuária, Guaíba. 360 p., 2000.

FIGUEIRA, E. L. Z.; COELHO, A. R.; ONO, E. Y. S.; HIROOKA, E. Y. Milho: riscos associados à contaminação por *Fusarium verticillioides* e fumonisinas. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 359-378, jul/dez. 2003.

GUIOMAR, P. M. C. N. **Avaliação do comportamento de cultivares de milho na presença da Helmintosporiose causada por *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard & Suggs.** 2011. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agronomica) Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2011.

GXASHEKA, M.; WANG, J.; LOUIS, TYASI, T. L.; GAO, J. Scientific understanding and effects on ear rot diseases in maize production: a review. **International Journal of Soil and Crop Sciences**, Vol. 3(4): pp 077-084, May, 2015.

JARDINE, D. F.; LACA-BUENDÍA, J. P. **Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho.** Fazu em Revista, Uberaba, n. 6, p. 11-52, 2009.

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.

KOGUISHI, L. **Aplicação de fungicida em diferentes estádios fenológicos da cultura do milho (*Zea mays*) no controle de doenças.** 2011. 61f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho: clima e solo.** In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Set. 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). 2010. Disponível em: < [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/climaesolo.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/climaesolo.htm) >. Acesso em: 19 dez. 2015.

MALLOWA, S. O.; ESKER, P. D.; PAUL, P. A.; BRADLEY, C. A.; CHAPARA, V. R.; CONLEY, S. P.; ROBERTSON, A. E. Effect of Maize Hybrid and Foliar Fungicides on Yield Under Low Foliar Disease Severity Conditions, **Phytopathology** 2015 105:8, 1080-1089.

MARÍN, S.; SANCHIS, V.; MAGAN, N. Water activity, temperature, and pH effects on growth of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* isolates from maize. **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v.41, p.1063-1070, 1995.

MARÍN, S.; SANCHIS, V.; TEIXIDO, A.; SAENZ, R.; RAMOS, A. J.; VINAS, I.; MAGAN, N. Water and temperature relations and microconidial germination of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* from maize. **Canadian Journal Microbiology**, Ottawa, v.42, p.1045-1050, 1996.

MENDES, M. C. **Micotoxinas, aspectos químicos e bioquímicos relacionados a grãos ardidos em híbridos de milho.** 2009. 106 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MUNKVOLD, G. P.; DESJARDINS, A. E. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence? **Plant Disease**, Saint Paul, v.81, n.6, p.556-565, 1997.

NELSON, K. A., MEINHARDT, C. G. Foliar boron and pyraclostrobin effects on corn. **Agronomy Journal**. 103:1352-1358. 2011.

PATAKY, J.; CAMPANA, A.; BABADOOST, M. **Controlling common rust on sweet corn with strobilurin fungicides**. In: 2002 MWFPFA Processing Crops Manual and Proceedings, Midwest Food Processors Associations, Madison, WI., pages 87-90. 2002.

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.

PEREIRA, O.A.P. **Doenças do milho**. In: KIMATI, H. et al. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. V.2, p.538-555.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.

PINTO, N.F.J.A. Patologia de sementes de milho. **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas, 44p. 1998.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BRESOLIN, A.C.R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. Lages: Graphel, 44p., 2004.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. Revista Atual. Lages: Graphel, 2004. p.144.

REIS, E.M.; DENTI, E.A.; TRENTO, S.M.; CASA, R.T; SEVERO, R. Método para quantificar os danos no rendimento de grãos causados pelas podridões da base do colmo do milho. **Fitopatologia Brasileira** 23:300. 1998 (Resumo).

RIBEIRO, N. A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; MOREIRA, E. N.; WILLE, L. A. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1003- 1009, 2005.

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

RUSKE, R. E.; GOODING, M. J.; JONES, S. A. The effects of triazole and strobilurin fungicide programmes on nitrogen uptake, partitioning, remobilization and grain N accumulation in winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**. 140:395-407. 2003.

SANS, L. M. A.; GUIMARAES, D. P. **Zoneamento agrícola**. In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Set. 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). 2010. Disponível em: < [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/zoneamento.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/zoneamento.htm) >. Acesso em: 19 dez. 2015.

SCHIPANSKI, C. A. **Tratamento de sementes de milho com fungicidas e indutor de resistência e pulverização foliar para controle da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* Schw.)**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, 2011.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow - mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v.67, n.8, p.1051- 1056, 1977.

TESTA, G.; REYNERI, A.; BLANDINO, M. Foliar Fungicide Application to Maize: Yield and Grain Hardness Enhancement in Different Environmental Conditions. **Crop Science**, Vol. 55 no. 4, 2015, Madison, WI, DOI: 10.2135/cropsci2014.03.0262.

VENÂNCIO, W. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publicatio UEPG** 9: 59-68. 2003.

WALLHEAD, M. **Foliar fungicide effects on gray leaf spot and yield of hybrid corn as influenced by application timing, hybrid characteristics and production practices**. Master's thesis, Ohio State Univ. p. 1–87. 2012.

WARD, J. M. J.; LAING, D. M.; RIJKENBERG, F. H. J. Frequency and timing of fungicide applications for the control of gray leaf spot in maize. **Plant Disease**. 81, 41-48. 1997.

WHITE, D.G. **Compendium of corn diseases**. 3rd ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1999. 78p.

WISE, K.; MUELLER, D. **Are fungicides no longer just for fungi?** An analysis of foliar fungicide use in corn. APSnet Features. 2011. <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/fungicide.aspx>

WU, Y.; VON TIEDEMANN, A. Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) exposed to ozone. **Environmental Pollution**. 116:37-47. 2002.

ZANATTA, P. **Controle preventivo de doenças foliares em híbridos comerciais de milho com fungicidas em espaçamento reduzido**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2013.



## 5.ARTIGO B: MOMENTO DE COLHEITA SOBRE A SANIDADE E PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES AMBIENTES

*Harvest time on sanity and productivity of maize hybrids in different environments*

### RESUMO

As condições meteorológicas ocorridas entre a maturação fisiológica e a colheita podem resultar em perdas qualitativas e quantitativas no milho, decorrentes tanto da menor qualidade sanitária dos colmos, espigas e grãos, quanto do processo de respiração das sementes. Desta forma, objetivou-se quantificar o efeito do atraso na colheita sobre as perdas de produtividade de híbridos comerciais de milho, em diferentes condições ambientais. Foram conduzidos 28 experimentos de campo em Castro, Paraná, onde avaliou-se os híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados em três épocas de semeadura na safra 2011/12 e duas épocas de semeadura tanto na safra 2012/13 quanto em 2013/14. Os tratamentos foram compostos por quatro momentos de colheita (0, 15, 30 e 45 dias) após a maturação fisiológica (DAMF), em delineamento de blocos casualizados com 8 repetições. A partir das análises de variância individuais, foram realizadas análises em grupo de experimentos para cada híbrido, resultando nos fatores ambiente (AMB) e atraso na colheita (DAMF). O atraso na colheita aumentou a porcentagem de podridões de colmo e de grãos contaminados por *Penicillium* spp., e reduziu a incidência de grãos com *F. subglutinans*, a umidade dos grãos, a massa de mil grãos e a produtividade em todos os híbridos. As máximas perdas de produtividade foram registradas nos híbridos P30F53YH e P30R50YH, 81 e 95 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> respectivamente. A porcentagem de espigas com Giberela não foi influenciada pelo atraso na colheita. Para as variáveis colmo quebrado, podridões de espiga por Diplodia e Fusarium, grãos contaminados por *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides* e grãos ardidos, houve aumento dos valores em situações de atraso na colheita, principalmente sob condições meteorológicas desfavoráveis durante a pré colheita (precipitação pluvial  $\geq 188$  mm distribuídos em  $\geq 17$  dias, umidade relativa do ar  $\geq 92,6$  %, radiação solar global  $\leq 9,5$  MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e temperatura média  $\leq 14,2$  °C). Em condições favoráveis, observou-se a manutenção dos valores de produtividade de grãos, mesmo quando a colheita foi realizada 45 dias após a maturação fisiológica. Através da precipitação acumulada e do número de dias após a maturação fisiológica foi possível estimar a perda da umidade e da produtividade de grãos relativa a colheita no DAMF = 0 dias, com R<sup>2</sup> = 0,51 e 0,81 e REQM = 3,3 % e 1,9 % respectivamente. A porcentagem relativa de grãos ardidos foi estimada pelo método não hierárquico de árvores de decisão com R<sup>2</sup> = 0,70 e REQM = 53,5 %.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., precipitação pluvial, podridão de espigas, grãos ardidos.

## ABSTRACT

Weather conditions that occurred between physiological maturity and harvest can result in qualitative and quantitative losses in corn, resulting either from lower health quality of stalks, ear and grain, as the respiration seed process. Thus, the objective was to quantify the effect of the harvesting delay on the loss of productivity of commercial corn hybrids in different environmental conditions. 28 field experiments were conducted in Castro, Parana State, where we evaluated the AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH and P32R22H hybrids, seeded in three sowing dates in 2011/12 and two sowing dates in both the 2012/13 as in 2013/14 crop season. The treatments consisted of four harvest times (0, 15, 30 and 45 days) after physiological maturity (DAMF) in a randomized block design with eight repetitions. From the individual analyzes of variance, analyzes were performed in groups of experiments for each hybrid, resulting in factors as environmental conditions (AMB) and delay harvesting (DAMF). The delay harvesting increased the percentage of rot stalk and grains contaminated by *Penicillium* spp., and reduced the incidence of grains with *F. subglutinans*, the moisture of the grain, the thousand grain weight and productivity in all hybrids. The maximums productivity losses were recorded in P30F53YH and P30R50YH hybrids, with 81 and 95 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> respectively. The percentage of rot ears with *Gibberella* was not affected by the delay harvesting. For the variables broken stalk, rot ears by *Diplodia* and *Fusarium*, grain contaminated with *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides* and rot grains, values increased in delay harvesting situations, especially under unfavorable weather conditions during the pre harvest ( $\geq 188$  mm rainfall distributed in  $\geq 17$  days, relative humidity  $\geq 92.6\%$ , solar radiation  $\leq 9.5$  MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> and an average temperature  $\leq 14.2$  °C). In favorable conditions, there was the maintenance of grain yield values even when the harvest was carried out 45 days after physiological maturity. Through the accumulated rainfall and number of days to physiological maturity was possible to estimate the loss of moisture and grain yield on harvest in DAMF = 0 days, with R<sup>2</sup> = 0.51 and 0.81 and RMSE = 3.3 % and 1.9% respectively. The relative percentage of rot grain was estimated by non-hierarchical method of decision trees with R<sup>2</sup> = 0.70 and RMSE = 53.5%.

**Key words:** *Zea mays* L., rainfall, rot ears, rot grain.

## 5.1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais de grande importância no cenário mundial por estar relacionado diretamente à cadeia alimentar humana, animal e ser utilizado como matéria prima em alguns seguimentos industriais. O Brasil foi classificado como o terceiro maior produtor mundial de milho, entretanto, além da baixa produtividade, a comercialização é limitada pela baixa qualidade dos grãos.

Insetos praga, doenças de raízes, colmos, folhas e espigas, além da ocorrência de condições meteorológicas adversas podem ser considerados os principais fatores prejudiciais à produtividade e à qualidade do milho produzido no Brasil. Entre os fungos responsáveis pelas podridões de espiga e produção de micotoxinas no milho, destacam-se: *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*, *Fusarium verticillioides*, *F. subglutinans* e *Giberella zeae* (anamorfo *F. graminearum*), *Aspergillus flavus* e *Penicillium oxalicum* (OLIVEIRA et al., 2004; REIS et al., 2004; FANTIN; DUARTE, 2009).

A adoção de algumas práticas de manejo agrônômico como a escolha de genótipos com melhor qualidade de grãos, o escalonamento das épocas de semeadura, o controle de insetos praga, doenças e plantas daninhas associadas ao à boas práticas de s, e a colheita do milho no estágio de maturação fisiológica podem contribuir para a maior produtividade e melhor qualidade sanitária dos grãos de milho.

A maturação fisiológica caracteriza-se pela formação de uma camada negra no ponto de inserção do grão no sabugo, que interrompe sua conexão nutricional com a planta e não acumulam matéria seca (MAGALHÃES; DURÃES, 2006), os grãos de milho apresentam máxima qualidade, máximo acúmulo de massa seca e baixa incidência de fungos toxigênicos (EGLI; TEKRONY, 1997).

Entretanto, nesta fase, os grãos ainda apresentam elevado teor de umidade, o que torna inviável a colheita mecanizada, em função da dificuldade de debulha, decorrente do excesso de partes verdes e úmidas das plantas, fato que causa severas injúrias mecânicas por amassamento dos grãos (ALVES et al., 2001).

Por outro lado, a permanência do milho em campo por períodos prolongados após este estágio favorece o início de elevadas infestações de fungos e pragas (NESCI et al., 2003), ocasionando a deterioração dos grãos, perda de rendimento e a redução na germinação e no vigor da semente (BORBA et al., 1994; LANZA 2013).

Além disso o atraso na colheita tem sido uma prática considerada de elevado risco, isto porque a lavoura fica sujeita à ocorrência de uma série de fatores, como o acamamento das plantas devido a fortes ventos e chuvas, a germinação dos grãos nas espigas em condições de umidade elevada e o ataque de insetos (BRUNS; ABBAS, 2004).

Segundo Pacheco et al. (1997), quanto mais tempo o milho permanecer na lavoura após a maturidade fisiológica, mais sujeito ficará à infecção por fungos e à contaminação por micotoxinas. O processo infeccioso da maioria dos fungos causadores de grãos ardidos ocorre com um período de molhamento contínuo dos sítios de infecção (BRUNS; ABBAS, 2004; KAYA et al., 2005; LAUREN et al., 2007). Para Santin et al. 2004, a colheita tardia do milho é associada à elevada ocorrência de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cephalosporium* spp. Almeida et al. (2000) concluíram que fatores abióticos, tais como o grau de umidade nos grãos de milho, a atividade de água, a precipitação pluvial e a temperatura do ar influenciam diretamente no nível de contaminação fúngica dos grãos de milho.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do atraso na colheita em diferentes condições meteorológicas sobre a sanidade e produtividade de híbridos de milho em diferentes condições ambientais.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na Fazenda Santa Maria, distrito Socavão, município de Castro, localizado na região dos Campos Gerais do Paraná. Na safra 2011/12 os experimentos foram conduzidos nas coordenadas  $-24,753695^{\circ}$  de latitude,  $-49,767891^{\circ}$  de longitude e 1020 m de altitude, em sucessão batata/milho nas épocas 1 e 2 e trigo/milho na época 3. Na safra 2012/13, os experimentos foram conduzidos nas coordenadas  $-24,7595^{\circ}$  de latitude,  $-49,7711^{\circ}$  de longitude e 1023 m de altitude, sob Latossolo Bruno com textura argilosa, em sucessão aveia/milho. Na safra seguinte (2013/14), repetiu-se os experimentos na latitude de  $-24,7492^{\circ}$ , longitude de  $-49,7342^{\circ}$  e altitude de 1007m, sob Organossolo com textura argilosa, também em sucessão aveia/milho.

Uma estação agrometeorológica automática foi instalada nesta localidade, composta por sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Rotronic<sup>®</sup>, Hicroclip2), radiação solar global (Licor<sup>®</sup>, Li-200) velocidade e direção do vento a 2

metros de altura (Young®, 03002), precipitação pluviométrica (Pessi®, captação de 206 cm<sup>-2</sup> e resolução de 0,254mm), pressão atmosférica (Pessi®) e duração do período de molhamento foliar (Pessi®). A plataforma de dados foi programada para realizar leituras em todos os sensores em intervalos de 10 segundos, registrar dados mínimos, médios, máximos, totais e instantâneos em intervalos de 15 minutos (ASAE, 2004) e transmitir via GPRS em intervalos de 60 minutos.

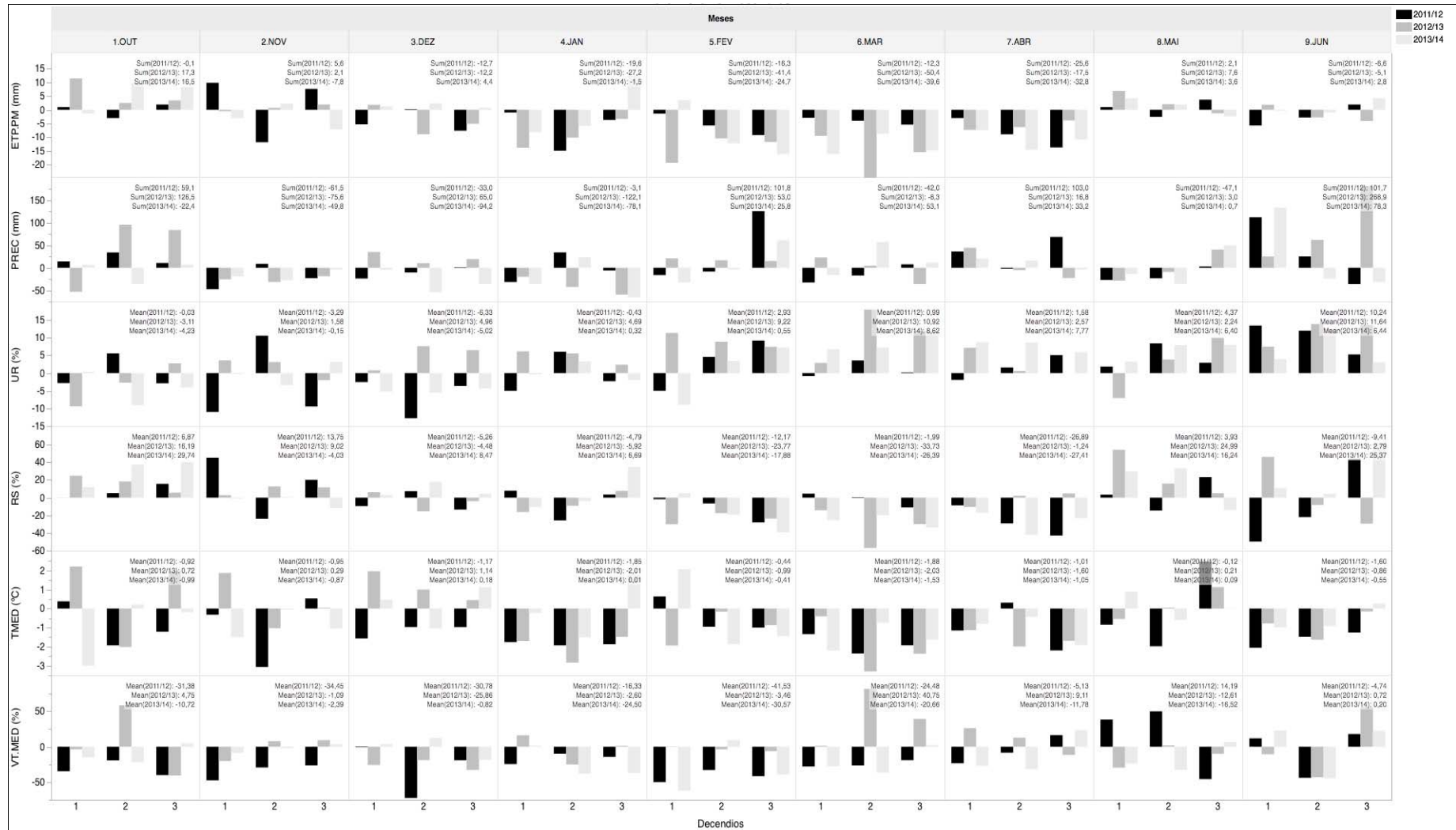
Os registros meteorológicos observados entre outubro e junho nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14 foram subtraídos da climatologia local, constituída pelos registros meteorológicos referentes aos últimos 18 anos no Campo Experimental da Fundação ABC em Castro-PR, distante 23 km a SO (240 graus) dos experimentos, para caracterização do local através das anomalias de evapotranspiração potencial pelo método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), precipitação pluvial, umidade relativa, radiação solar global, temperatura média e amplitude térmica (Figura 5.1).

Em cada uma das safras (2011/12, 2012/13 e 2013/14), foram realizadas épocas de semeadura, sendo 3 épocas na primeira safra e 2 épocas nas demais (A = outubro e B = novembro C = dezembro), totalizando 7 ambientes. Em cada combinação de safra e época, aqui denominado de ambiente, foram semeados 4 híbridos de milho (AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H), escolhidos em função da sua representatividade regional e das características de suscetibilidade às principais doenças foliares, qualidade de colmo, grãos e produtividade (Tabela 5.1).

Todos os 28 experimentos de campo (7 ambientes x 4 híbridos) foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados, onde avaliou-se diferentes momentos de colheita do milho a partir da identificação da maturação fisiológica dos grãos, fator denominado de dias após a maturação fisiológica ou simplesmente DAMF, nos níveis de 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica, 8 repetições (com e sem fungicida), totalizando 32 parcelas de campo por experimento. As parcelas foram constituídas de 6 fileiras com 5,0 metros de comprimento, espaçamento entre fileiras de 0,6 m e a densidade de 7,5 plantas estabelecidas m<sup>-2</sup>, unidade experimental de 18 m<sup>-2</sup> e área útil de 9,6 m<sup>-2</sup>.

A determinação das datas de maturação fisiológica de cada híbrido e consequente realização da primeira colheita de milho (0 dias após a maturação fisiológica) baseou-se em amostragens dos grãos localizados no terço médio da espiga, em intervalos de 2 a 3 dias, utilizando o critério visual da formação da camada preta na base de pelo menos 50 % dos grãos Tabela 5.2.

**Figura 5.1** - Anomalias da evapotranspiração potencial estimada pelo método Penman-Monteith (mm), precipitação pluvial (mm), umidade relativa (%), radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ), temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e amplitude térmica ( $^{\circ}\text{C}$ ) para os meses de outubro a junho das safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14 calculadas a partir da subtração dos registros agrometeorológicos obtidos no local do experimento, versus os registros climatológicos referentes ao Campo Experimental da Fundação ABC, no período entre 1996 e 2014, em escala decendial.



**Tabela 5.1 - Características agrônômicas de ciclo, qualidade de colmo, espigas e grãos referentes aos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H.**

Híbrido	Textura Grão <sup>1</sup>	Cor Grão <sup>1</sup>	Resistência Acamamento <sup>1</sup>	Vitreosidade Grão <sup>2</sup>	Altura Espiga	Altura Planta	Empalhamento Espiga	% Colmos Doentes	Dias SEM-COLH
AG8041PRO	Semiduro	AM/AL	Média	59%	1,43m	2,66m	Bom	2	185
P30F53YH	Semiduro	AL	Alta	66%	1,69m	2,69m	Regular	3	190
P30R50YH	Semiduro	AM	Alta	SI*	1,71m	2,80m	Bom	5	189
P32R22H	Semiduro	AM	Média	68%	1,56m	2,89m	Bom	28	164

<sup>1</sup>Informações extraídas de Cruz, Pereira Filho e Simão (2014); AM = amarelo. AL = alaranjado. <sup>2</sup>Informações extraídas de Strack (2016). \*SI = Sem informação. Dias SEM-COLH = dias entre a semeadura e colheita.

**Tabela 5.2 - Informações fitotécnicas, datas de semeadura e colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H avaliados durante as épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.**

Safra	Época	Ambiente	Híbrido	Semeadura	Colheita DAMF 0	Colheita DAMF 15	Colheita DAMF 30	Colheita DAMF 45	Ciclo	GDA_MF Tb.10
2011/12	A	2011/12-A	AG8041PRO	30/09/11	20/03/12	05/04/12	20/04/12	04/05/12	172	1823
2011/12	B	2011/12-B	AG8041PRO	27/10/11	10/04/12	27/04/12	10/05/12	24/05/12	166	1802
2011/12	C	2011/12-C	AG8041PRO	07/12/11	14/05/12	29/04/12	15/06/12	28/06/12	159	1704
2012/13	A	2012/13-A	AG8041PRO	01/10/12	15/03/13	01/04/13	16/04/13	29/04/13	165	2083
2012/13	B	2012/13-B	AG8041PRO	06/11/12	25/04/13	09/05/13	27/05/13	10/06/13	170	2073
2013/14	A	2013/14-A	AG8041PRO	08/10/13	18/03/14	02/04/14	15/04/14	29/04/14	161	1908
2013/14	B	2013/14-B	AG8041PRO	28/10/13	16/04/14	29/04/14	16/05/14	30/05/14	170	2062
2011/12	A	2011/12-A	P30F53YH	30/09/11	22/03/12	05/04/12	20/04/12	07/05/12	174	1843
2011/12	B	2011/12-B	P30F53YH	27/10/11	16/04/12	02/05/12	17/05/12	31/05/12	172	1879
2011/12	C	2011/12-C	P30F53YH	07/12/11	21/05/12	14/06/12	25/06/12	05/07/12	166	1736
2012/13	A	2012/13-A	P30F53YH	01/10/12	18/03/13	02/04/13	18/04/13	30/04/13	168	2114
2012/13	B	2012/13-B	P30F53YH	06/11/12	06/05/13	23/05/13	05/06/13	18/06/13	181	2159
2013/14	A	2013/14-A	P30F53YH	08/10/13	26/03/14	12/04/14	28/04/14	09/05/14	169	1991
2013/14	B	2013/14-B	P30F53YH	28/10/13	03/04/14	16/04/14	05/05/14	19/05/14	157	1917
2011/12	A	2011/12-A	P30R50YH	30/09/11	28/03/12	12/04/12	26/04/12	11/05/12	180	1902
2011/12	B	2011/12-B	P30R50YH	27/10/11	24/04/12	10/05/12	23/05/12	13/06/12	180	1942
2011/12	C	2011/12-C	P30R50YH	07/12/11	24/05/12	13/06/12	25/06/12	09/07/12	169	1751
2012/13	A	2012/13-A	P30R50YH	01/10/12	14/03/13	28/03/13	12/04/13	29/04/13	164	2070
2012/13	B	2012/13-B	P30R50YH	06/11/12	26/04/13	13/05/13	29/05/13	12/06/13	171	2080
2013/14	A	2013/14-A	P30R50YH	08/10/13	17/03/14	31/03/14	15/04/14	29/04/14	160	1895
2013/14	B	2013/14-B	P30R50YH	28/10/13	12/04/14	28/04/14	12/05/14	27/05/14	166	2030
2011/12	A	2011/12-A	P32R22H	30/09/11	08/03/12	22/03/12	09/04/12	23/04/12	160	1702
2011/12	B	2011/12-B	P32R22H	27/10/11	23/03/12	09/04/12	23/04/12	07/05/12	148	1622
2011/12	C	2011/12-C	P32R22H	07/12/11	24/04/12	10/05/12	23/05/12	14/06/12	139	1588
2012/13	A	2012/13-A	P32R22H	01/10/12	05/03/13	20/03/13	04/04/13	18/04/13	155	1937
2012/13	B	2012/13-B	P32R22H	06/11/12	15/04/13	30/04/13	17/05/13	31/05/13	160	2022
2013/14	A	2013/14-A	P32R22H	08/10/13	06/03/14	24/03/14	07/04/14	24/04/14	149	1754
2013/14	B	2013/14-B	P32R22H	28/10/13	26/03/14	16/04/14	28/04/14	09/05/14	149	1804

Ciclo = número de dias entre a semeadura e a colheita. GDA\_MF Tb.10 = Graus dia acumulados entre a semeadura e a maturação fisiológica do grão calculados com temperatura basal inferior de 10°C (BERLATO; MATZENAUER, 1986). GDA\_MF Tb.4,74 = Graus dia acumulados entre a semeadura e a maturação fisiológica do grão calculados com temperatura basal inferior de 4,74°C (PRESTES et al., 2013). DESVP Ciclo = desvio padrão do ciclo de cada híbrido para o primeiro momento de colheita (Maturação Fisiológica). DESVP GDA10 = desvio padrão do acúmulo de graus dia com temperatura basal inferior de 10°C do primeiro momento de colheita para cada híbrido.

Aproximadamente aos 40 dias antes da semeadura do milho, foi realizado o manejo outonal das plantas daninhas nas áreas experimentais com herbicida glifosato 1.458 g kg<sup>-1</sup> do ingrediente ativo ha<sup>-1</sup>. As sementes de todos os híbridos

foram tratadas no dia anterior ao plantio, com inseticida imidacloprido + tiodicarbe, na dose de 45 g + 135 g do ingrediente ativo para 60.000 sementes. Na semeadura, a adubação de base foi realizada com formulado N:P:K (12:32:00) na dose de 300kg ha<sup>-1</sup>. Durante o estágio V2, segundo a escala proposta por Ritchie e Hanway (1993), realizou-se o controle sequencial de plantas daninhas com herbicidas atrazina e tembotrione nas doses de 1.600 e 105 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo ha<sup>-1</sup>. No estágio V4 com quatro folhas expandidas, foi realizada a adubação de cobertura, com 300 kg ha<sup>-1</sup> de uréia (45% N) e 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), aplicado à lança em superfície, de forma manual sobre as parcelas.

Para controle das doenças foliares foram realizadas pulverizações com piraclostrobina + epoxiconazole associado a um carbendazin e óleo mineral, nas doses de 99,75 + 37,5, 500 e 375 g kg<sup>-1</sup> do ingrediente ativo ha<sup>-1</sup>, respectivamente, durante os estádios V8 e VT. A aplicação foi realizada através de equipamento pressurizado com CO<sub>2</sub>, composto por pontas tipo leque jato plano XR 11002, pressão de 23 libras pol<sup>-2</sup> e volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. As demais pulverizações de herbicidas e inseticidas foram realizadas através de pulverizador Jacto modelo Condor com capacidade de 600L e barra de 12m, equipado com as mesmas pontas.

Quando identificado o estágio R6, procedeu-se as avaliações de porcentagem de colmos podres (C.POD) e colmos quebrados (C.QUE) através da contagem ou avaliação manual de todas as plantas contidas na unidade experimental. No caso da porcentagem de podridões de colmos, utilizou-se o critério de menor resistência à pressão aos dedos polegar e indicador, no segundo entre nó acima do solo, conforme metodologia proposta por Reis et al. (1998). Para a porcentagem de colmos quebrados, não foram considerados os colmos quebrados acima da espiga principal.

A partir da maturidade fisiológica, a colheita das parcelas foi realizada manualmente coletando todas as espigas da área útil da mesma, conforme descrição dos tratamentos. Durante esta operação, realizou-se avaliações visuais das espigas com podridão branca da espiga ou podridão de Diplodia (E.DIP), podridão por *Penicillium* spp. (E.PEN), podridão rosada da base da espiga ou podridão de Fusarium (E.FUS) e podridão rosada da ponta da espiga ou podridão de Gibberela (E.GIB), para obtenção dos valores em porcentagem.

Na Central de Processamento de Amostras da Fundação ABC, os sacos de algodão contendo as espigas avaliadas foram debulhados manualmente, para evitar

tanto os danos aos grãos com maior umidade, quanto as perdas dos grãos ardidos na trilhadora, devido ao seu baixo peso específico. Foram determinadas a produtividade de grãos de cada parcela (P.G), por meio de pesagem em balança eletrônica calibrada, além da medida da umidade dos grãos (UM.G) pelo equipamento Gehaka<sup>®</sup>, modelo G800. Os dados de produtividade por parcela foram transformados em Mg ha<sup>-1</sup> e corrigidos para 13% de umidade. Após a determinação da produtividade, foi avaliada a massa de mil grãos (MMG) através do contador de grãos Seed Count<sup>®</sup>, modelo S-25 e a porcentagem de grãos ardidos (G.ARD), a partir da retirada de 250 gramas de grãos, identificação visual dos caracterizados como ardidos em conformidade com a portaria n.º 11 de 12/04/1996 (BRASIL, 1999) e pesagem dos mesmos em balança analítica. A relação entre massa dos grãos afetados e massa da amostra resultou na porcentagem de grãos ardidos.

Os grãos identificados como ardidos foram devidamente acondicionados e encaminhados para o Laboratório de Fitopatologia da Fundação ABC, onde 100 grãos sintomáticos foram incubados em caixas transparentes tipo gerbox (10,5 x 10,5 x 3,0 cm) contendo papel filtro esterilizado (80 gr.) umedecido em água destilada esterilizada, em sala de incubação por sete dias à temperatura de 20 ± 2° C e fotoperíodo de 12h, para posterior diagnose visual. Com auxílio de uma lupa estereoscópica e microscópio ótico, observou-se as colônias de fungos, a presença de esporos e corpos de frutificação em grãos de milho, tais como: *Penicillium sp.* (G.PEN), *Fusarium graminearum* (G.FGRA), *Fusarium verticillioides* (G.FVER) e *Fusarium subglutinans* (G.FSUB), predominantemente.

Por fim, calculou-se tanto os valores de P.G.REL, UM.G.REL, MMG.REL e G.ARD.REL, através da divisão entre o valor da variável de interesse na colheita realizada aos 15, 30, 45 dias pelo valor obtido na colheita de milho no dia 0, quanto a diferença para estas mesmas variáveis (P.G.DIF, UM.G.DIF, MMG.DIF e G.ARD.DIF), através da subtração entre o valor da variável de interesse na colheita realizada aos 15, 30, 45 pelo valor obtido na colheita de milho no dia 0.

Os dados de todas as variáveis foram submetidos aos testes de aditividade dos efeitos do modelo, homogeneidade de variâncias (Bartlett) e de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk). Também foram realizadas transformações em algumas variáveis por meio do método Box-Cox (BOX, COX, 1964). De posse dos resultados dessas análises, também foi verificada a pressuposição de homogeneidade de variâncias residuais dos experimentos pelo teste de Hartley, citado por Pimentel-

Gomes e Garcia (2002). Assim, os dados de cada variável, obtidos nos 28 experimentos de campo foram submetidos a uma análise de variância em grupo de experimentos, envolvendo num primeiro momento o fator ambiente (AMB) versus momento de colheita após a maturação fisiológica (DAMF) para cada híbrido, em função das características genéticas distintas, e num segundo momento o efeito do fator híbridos (HIBR) versus ambiente (AMB) para cada nível de DAMF. As análises de variância, correlação, regressão, agrupamento hierárquico e não hierárquico foram realizadas através do software JMP<sup>®</sup>, Version 11 Pro (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007).

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os registros meteorológicos observados nos sete ambientes de produção foram sumarizados em períodos de 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica de cada híbrido de milho. Para estes quatro períodos de exposição das plantas às intempéries bióticas e abióticas, calculou-se o acúmulo da precipitação pluvial (volume e distribuição) e as médias para as demais variáveis meteorológicas (Figura 5.2).

Em resumo, o ambiente 2011/12-C apresentou os maiores volumes acumulados de precipitação pluvial (PREC.AC) durante os períodos de pré-colheita dos híbridos AG8041PRO (273 mm), P30F53YH (272 mm) e P32R22H (327 mm), distribuídos em pelo menos 80% dos dias. Precipitação semelhante no período que antecedeu a colheita do P30R50YH também foi observada no 2011/12-B, com 325 mm aos 45 dias após o estágio de maturação fisiológica. O maior volume de precipitação em 2011/12-C colaborou com as maiores médias de umidade relativa do ar (> 90 %) durante o período de até 45 dias após a maturação fisiológica (DAMF), seguido pelos ambientes 2013/14-A e 2013/14-B.

Por outro lado, as menores médias de umidade relativa do ar (82 a 83%) foram observadas nos ambientes 2011/12-A e 2012/13-B, quando predominaram também as maiores taxas de radiação solar global (14 a 21 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>). No ambiente 2012/13-A, apesar das médias elevadas de umidade relativa, foram registrados os menores volumes de precipitação (< 134 mm para os híbridos AG8041PRO, P30F53YH e P30R50YH).

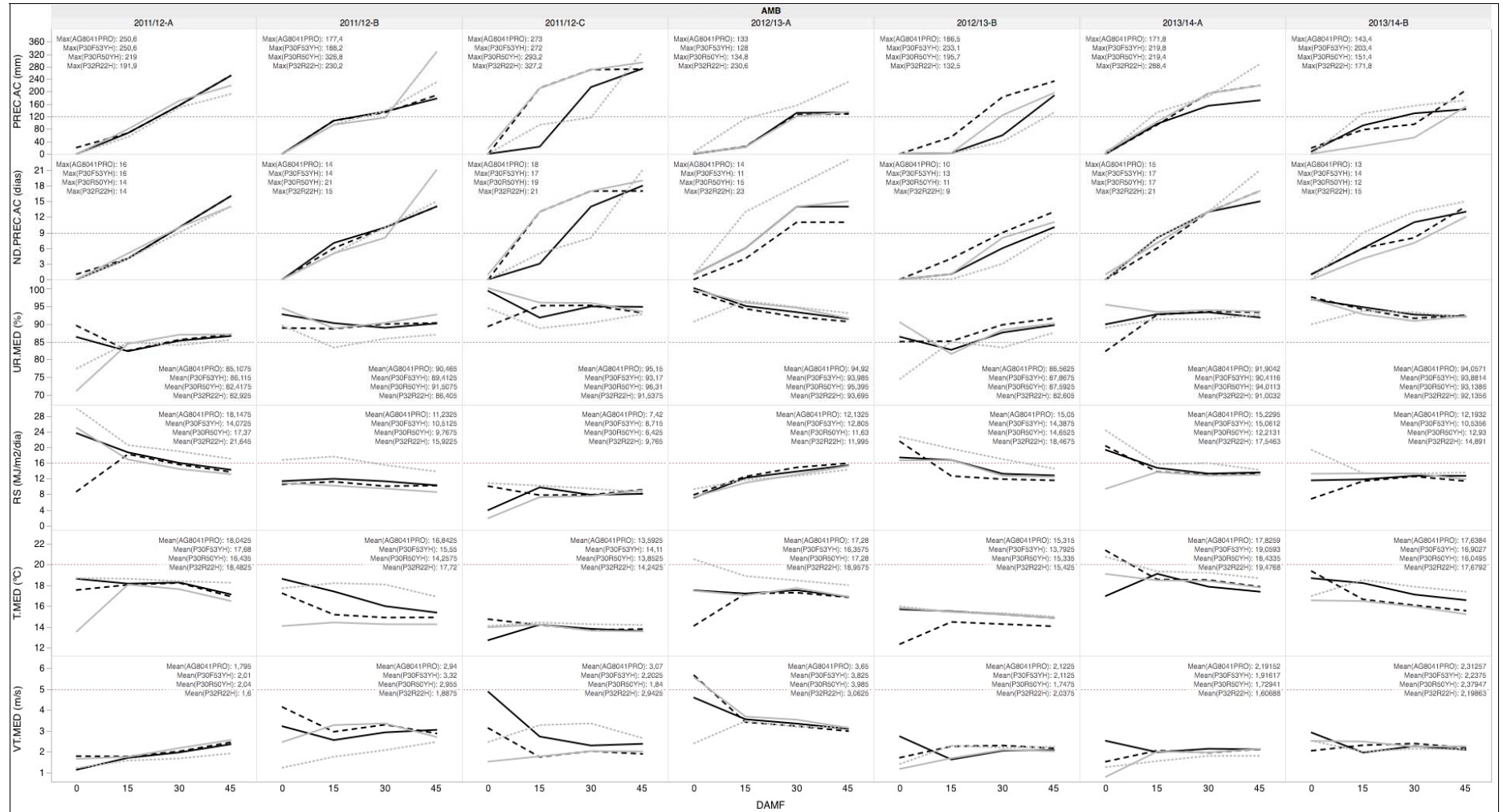
Em função da colheita dos híbridos coincidir com o final do verão e início do outono, a temperatura média do ar apresentou declínio em relação aos dias após a maturação fisiológica. Os termômetros de bulbo seco registraram as menores médias de temperatura nos ambientes 2011/12-C (13,4 a 14,2 °C) e as maiores médias nos ambientes 2013/14-A (17 a 19 °C), considerando o período entre a maturação fisiológica e a colheita.

A associação entre os baixos valores de umidade relativa do ar e as altas taxas de radiação solar observadas em 2011/12-A corroborou com as menores porcentagens de podridões de colmo (C.POD), apresentadas na Tabela 5.3 e Apêndice A. Entre os híbridos avaliados, o P32R22H apresentou as maiores porcentagens de podridão de colmos (56,8 %), principalmente no ambiente 2013/14-B, onde foram registrados os maiores valores de umidade relativa (Figura 5.2). Em condições de altos volumes de precipitação na pré-colheita do milho, Panisson (2014) também observou maiores porcentagens de C.POD no híbrido P32R22H em relação a outros 5 genótipos, com 90,5 % após 40 dias da maturação fisiológica.

Segundo Costa, Casela e Cota (2010), as altas porcentagens de C.POD podem estar relacionadas ao processo de disseminação dos patógenos pela ação da precipitação e do vento, assim como pela alta disponibilidade de umidade para o processo de infecção, agravados tanto pela manutenção de cobertura vegetal morta na superfície do solo, quanto pelo início do processo de maturação fisiológica. Apesar da interação significativa entre AMB e DAMF, observou-se o aumento da porcentagem de C.POD em função do atraso na colheita em todos os ambientes e híbridos avaliados.

Com exceção do P32R22H, os demais híbridos apresentaram menores porcentagens de colmos quebrados (C.QUE) no ambiente 2011/12-A, que se destaca dos demais principalmente pelos menores valores de umidade relativa do ar e maior radiação solar (Figura 5.2). Para os híbridos AG8041PRO, P30F53YH e P30R50YH, considerando a interação entre os fatores AMB e DAMF não houve efeito do DAMF na porcentagem de C.QUE nos ambientes 2011/12-A e 2012/13-A (Tabela 5.3), distintos dos outros ambientes principalmente em função da baixa umidade relativa do ar e do baixo volume acumulado de precipitação, respectivamente.

**Figura 5.2** - Registros diários de precipitação pluvial acumulada (PREC.AC em mm), acúmulo do número de dias com precipitação (ND.PREC.AC em dias), umidade relativa média do ar (UR.MED em %), radiação solar global (RS em MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), temperatura média do ar (T.MED em °C) e velocidade média do vento (VT.MED em m s<sup>-1</sup>) observados no período de 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO (linha preta contínua), P30F53YH (linha preta pontilhada), P30R50YH (linha cinza contínua) e P32R22H (linha cinza pontilhada), semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR.



Nos demais ambientes notou-se o aumento significativo de C.QUE em função do atraso na colheita, sempre relacionado com os maiores valores de umidade relativa do ar ou maior número de dias com precipitação (P30F53YH, P30R50YH e P32R22H nos ambientes 2013/14-A, 2011/12-B e 2013/14-B respectivamente) durante o período de 45 dias após a maturação fisiológica. Esta resposta pode estar associada ao início do processo de maturação fisiológica, onde segundo Fontoura et al. (2006), as plantas de milho ficam mais suscetíveis a infecção por diversos tipos de fitopatógenos, favorecendo o aumento das podridões de colmo, do quebramento e do acamamento de plantas.

A podridão branca da espiga ou podridão de diplodia (E.DIP), causada pelos fungos *Stenocarpella macrospora* e *Stenocarpella maydis* apresentou máximos valores de incidência nos ambientes 2012/13-B (AG8041PRO e P32R22H) e 2013/14-B (P30F53YH e P30R50YH), representados na Tabela 5.4 e Apêndice B. Diferentes dos demais, estes ambientes apresentam menor quantidade de dias com precipitação e temperaturas entre 15 e 17°C (Figura 5.2). Segundo Casa, Reis e Zambolim (2006), estes patógenos possuem ampla ocorrência, abrangendo todas as regiões produtoras de milho, com maior severidade as regiões quentes e úmidas, principalmente no período de duas a três semanas após a polinização.

A interação entre os fatores AMB e DAMF novamente se mostrou significativa, com aumento das E.DIP em função do atraso na colheita para os quatro híbridos, em quase todos os ambientes avaliados. Exceção foi constatada no ambiente 2011/12-A, quando se observou os menores valores de umidade do ar (Figura 5.2) e semelhança entre os valores de E.DIP mesmo nas colheitas realizadas 45 dias após a maturação fisiológica dos respectivos híbridos.

Em experimentos conduzidos para avaliar o efeito do atraso na colheita do milho, Marcondes (2012) relatou aumento de 30 % da incidência de *Stenocarpella* spp. em grãos sintomáticos do híbrido StatusTL em Guarapuava/PR, assim como o aumento de 58 % na incidência deste patógeno em grãos de milho colhidos tardiamente em condições de altas temperaturas (Sete Lagoras/MG).

Em relação as podridões de espiga por *Penicillium* (E.PEN), as maiores porcentagens foram obtidas nos híbridos P30F53YH (50,1 %) e AG8041PRO (17,5 %), nos ambientes 2012/13-A e 2011/12-C, respectivamente (Tabela 5.4). Em comum, destaca-se a alta umidade relativa do ar (> 90,6 %) durante os períodos de pré-colheita de ambos os híbridos (Figura 5.2), citada por Barbosa (2010) como um

dos principais fatores favoráveis ao desenvolvimento da E.PEN. Quanto ao efeito significativo de DAMF sobre os diferentes ambientes e híbridos avaliados, observou-se o decréscimo de E.PEN em função do atraso na colheita, ao contrário dos resultados obtidos para C.POD, C.QUE e E.DIP.

**Tabela 5.3** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a podridão dos colmos (C.POD em %) e colmos quebrados (C.QUE em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Fontes Variação	C.POD (%)					
	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	
<b>Ambiente (AMB)</b>						
2011/12-A	1,6 D	2,6 D	5,9 C	20 C	1,0 D	1,8
2011/12-B	15 C	10 C	18 B	.	5,1 C	3,5
2011/12-C	31 B	43 AB	50 A	59 B	16 B	5,6
2012/13-A	20 C	5,5 D	10 C	78 A	3,6 CD	0,5
2012/13-B	58 A	51 A	39 A	75 A	5,9 C	23
2013/14-A	8,8 C	35 B	15 B	52 B	6,5 C	41
2013/14-B	39 B	6,5 D	16 B	75 A	46 A	7,5
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	
<b>Dias Após a Maturação Fisiológica (DAMF)</b>						
0	13 C	12 D	14 D	33 C	5,7 B	9,3
15	23 B	16 C	17 C	.	8,4 B	8,2
30	24 B	23 B	24 B	70 A	17 A	8,8
45	39 A	37 A	32 A	67 A	17 A	22
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	
<b>Ambiente (AMB) * Dias após a maturação fisiológica (DAMF)</b>						
2011/12-A,0	0,5 L	0,2 J	3,7 GHI	2,8 JK	0,2 F	0,0
2011/12-A,15	0,5 L	3,1 HIJ	1,6 HI	21 GHIJ	0,4 EF	1,3
2011/12-A,30	2,2 KL	3,1 HIJ	6,4 FGHI	27 GHI	0,2 F	0,6
2011/12-A,45	2,9 JKL	4,1 HI	12 CDEFG	31 GH	3,1 DEF	5,1
2011/12-B,0	1,9 KL	1,6 IJ	10 EFGH	10 IJK	1,9 DEF	0,4
2011/12-B,15	6,7 HIJKL	3,6 HIJ	15 CDEF	.	5,0 CDEF	3,3
2011/12-B,30	17 EFGHIJ	15 G	26 ABCD	65 DE	8,3 BC	4,5
2011/12-B,45	33 BCDEFG	19 FG	21 BCDE	27 GHI	5,4 BCDEF	5,9
2011/12-C,0	16 FGHJK	24 DEFG	43 ABC	32 GH	8,8 BCDE	0,0
2011/12-C,15	36 CDEFG	45 ABCDE	44 AB	62 E	4,9 CDEF	5,5
2011/12-C,30	37 ABCDEF	50 ABC	57 A	73 ABCDE	23 ABC	11
2011/12-C,45	34 ABCDEFG	53 ABC	55 A	66 CDE	27 AB	6,0
2012/13-A,0	4,6 IJKL	0,3 J	0,2 I	61 EF	0,3 F	0,0
2012/13-A,15	21 GHIJK	0,6 IJ	4,1 GHI	90 ABCD	0,5 DEF	0,0
2012/13-A,30	21 FGHJK	4,7 HI	12 EFGH	90 ABCD	7,5 CDEF	0,9
2012/13-A,45	34 CDEFG	16 G	22 BCDE	71 BCDE	6,2 CDEF	1,0
2012/13-B,0	43 ABCDE	41 CDEF	28 BCDE	72 BCDE	1,2 DEF	30
2012/13-B,15	48 ABCD	46 ABCD	33 ABCD	74 ABCDE	4,6 CDEF	23
2012/13-B,30	62 ABC	42 BCDE	46 AB	73 ABCDE	6,8 BCDEF	7,4
2012/13-B,45	79 AB	76 A	50 AB	80 ABCDE	11 CDEF	33
2013/14-A,0	4,5 HIJKL	19 EFG	7,3 EFGH	37 FG	1,2 DEF	29
2013/14-A,15	15 DEFGHI	14 G	9,2 DEFG	7,1 JK	6,5 BCDEF	20
2013/14-A,30	6,7 HIJKL	35 CDEF	2,8 GHI	68 CDE	8,0 BCDEF	26
2013/14-A,45	9,4 FGHJK	73 AB	40 AB	96 AB	10 BCDE	91
2013/14-B,0	23 HIJKL	0,2 J	7,7 GHI	14 HIJK	27 ABC	5,7
2013/14-B,15	32 BCDEFG	1,0 IJ	10 DEFGH	92 ABC	37 AB	4,3
2013/14-B,30	21 CDEFGH	10 GH	21 BCDE	93 ABC	63 A	11
2013/14-B,45	80 A	14 G	23 ABCDE	100 A	57 A	8,8
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,0098	
Média	25	22	22	57	12	
C.V. (%)	70	72	59	57	95	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. Tabela de interação com dupla entrada (AMB x DAMF).

Este fato pode estar associado as diferentes espécies que caracterizam o gênero *Penicillium*, caracterizados por Smith e White (1988) através da sua capacidade de colonização das espigas no campo. Segundo estes autores, o *P. oxalicum* é uma espécie patogênica de campo (menos favorecida com a redução da

umidade do grão), ao passo que a espécie *P. viridicatum*, produtora de micotoxinas, raramente coloniza espigas no campo, podendo ocorrer em situações de colheita atrasada.

**Tabela 5.4** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre as podridões de espigas por *Diplodia* (E.DIP em %) e por *Penicillium* (E.PEN em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Fontes Variação	E.DIP (%)				
	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO
<b>Ambiente (AMB)</b>					
2011/12-A	0,4 CD	1,1 C	3,5 E	0,4 E	0,5 BC
2011/12-B	1,1 C	13 B	8,1 CD	.	0,0 D
2011/12-C	0,5 D	10 B	13 B	1,1 E	18 A
2012/13-A	2,8 B	12 B	6,0 CD	2,6 D	1,7 B
2012/13-B	8,9 A	11 B	8,3 BC	22 A	0,5 BCD
2013/14-A	0,1 D	8,7 B	7,3 DE	5,8 C	0,0 D
2013/14-B	5,0 B	34 A	31 A	14 B	0,5 CD
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
<b>Dias Apos a Maturação Fisiológica (DAMF)</b>					
0	1,4 B	3,6 C	5,3 D	4,1 B	4,7 AB
15	2,7 A	5,2 C	9,3 C	.	3,6 A
30	3,8 A	21 B	13 B	8,6 A	3,1 BC
45	2,9 A	23 A	16 A	8,8 A	0,5 C
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
<b>Ambiente (AMB) * Dias após a maturação fisiológica (DAMF)</b>					
2011/12-A,0	0,2 GH	0,8 KL	0,8 KL	0,0 I	1,4 BC
2011/12-A,15	0,7 EFGH	0,7 KL	1,8 IJKL	0,2 HI	0,6 CD
2011/12-A,30	0,0 H	0,8 KL	0,3 KL	0,7 FGHI	0,0 D
2011/12-A,45	0,6 FGH	2,1 JKL	11 DEFGH	0,9 FGHI	0,0 D
2011/12-B,0	0,2 GH	2,0 KL	1,7 JKL	0,4 HI	0,0 D
2011/12-B,15	2,7 ABCDE	2,5 JKL	2,6 IJKL	.	0,0 D
2011/12-B,30	0,6 FGH	23 CDE	17 ABCDE	0,4 HI	0,0 D
2011/12-B,45	1,1 EFGH	26 CD	11 CDEFG	0,8 GHI	0,0 D
2011/12-C,0	0,0 H	3,9 IJKL	2,6 HIJKL	1,9 GHI	3,0 A
2011/12-C,15	0,0 H	4,2 IJKL	13 CDEFG	2,3 EFGHI	18 A
2011/12-C,30	0,0 H	20 CDE	25 ABCD	0,0 I	20 A
2011/12-C,45	2,1 DEFGH	14 DEFGH	13 CDEFG	0,0 I	1,8 CD
2012/13-A,0	0,7 FGH	0,0 L	8,1 EFGHIJ	4,9 CDEFG	0,0 D
2012/13-A,15	5,7 ABC	6,6 FGHJK	3,7 FGHJKL	0,3 HI	5,4 AB
2012/13-A,30	3,1 BCDEF	3,3 IJKL	7,0 EFGHIJ	2,9 DEFGH	0,2 CD
2012/13-A,45	1,6 CDEFG	39 BC	5,2 EFGHIJK	2,3 DEFGHI	1,4 BCD
2012/13-B,0	5,4 ABC	11 EFGHI	6,8 EFGHIJ	20 AB	1,0 CD
2012/13-B,15	8,4 AB	11 EFGHIJ	10 DEFGHI	17 ABC	1,0 CD
2012/13-B,30	11 A	9,4 EFGHIJ	4,2 GHIJKL	26 A	0,0 D
2012/13-B,45	11 A	14 DEFG	12 BCDEF	25 A	0,2 CD
2013/14-A,0	0,0 H	1,6 KL	0,0 L	0,0 I	0,0 D
2013/14-A,15	0,2 GH	4,6 HIJKL	0,8 KL	3,7 CDEF	0,0 D
2013/14-A,30	0,3 GH	17 DEF	4,8 FGHJKL	6,7 ABCD	0,0 D
2013/14-A,45	0,0 H	11 DEFGHI	24 ABCD	13 ABC	0,0 D
2013/14-B,0	3,2 BCDEF	6,0 GHIJK	17 ABCDE	1,6 DEFGHI	1,0 CD
2013/14-B,15	1,3 DEFGH	6,9 GHIJK	34 AB	11 BCDE	0,0 D
2013/14-B,30	11,2 A	73 A	35 ABC	23 A	0,9 CD
2013/14-B,45	4,2 ABCD	51 AB	38 A	20 AB	0,0 D
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Média	2,7	13	11	6,8	3,0
C.V. (%)	114	87	73	108	172

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. Tabela de interação com dupla entrada (AMB

A podridão rosada da espiga, da base da espiga ou podridão da espiga por *Fusarium* (E.FUS) pode ser causada pelos fungos *Fusarium verticillioides* (sinônimo *Fusarium moniliforme*) e *F. subglutinans*. Esta podridão foi mais expressiva no ambiente 2011/12-C (Tabela 5.5), caracterizado por até 21 dias com precipitação e umidade relativa média do ar acima de 91 % durante a pré-colheita (Figura 5.2). Cao

et al. (2014) coletou informações em 36 ambientes no Noroeste da Itália e concluiu que as precipitações significativas e alta umidade relativa do ar durante o florescimento e a maturação fisiológica foram os fatores decisivos para ocorrência de *F. verticillioides*.

Na interação significativa, notou-se tanto o aumento da porcentagem E.FUS em função do atraso na colheita em 2011/12-C, quanto a redução da E.FUS nos demais ambientes, onde a incidência máxima absoluta foi de 3,6 % (P32R22H, 2012/13-B, 0 DAMF). A resposta de aumento da E.FUS observada exclusivamente em 2011/12-C está associada a manutenção dos altas porcentagens de umidade dos grãos (Tabela 5.8) em períodos meteorologicamente desfavoráveis para a colheita, visto que mesmo aos 45 dias após a maturação fisiológica, houve declínio do teor de água nos grãos de apenas 1,96 %, 2,32 %, 3,61 % e 3,09 % para o AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, respectivamente. Por outro lado, a redução do *F. verticillioides* a partir da maturação fisiológica, observada na maioria dos ambientes, também foi relatada por Santin et al. (2004), que iniciou a análise dos patógenos na colheita do milho realizada com 38 % de umidade dos grãos e finalizou somente 63 dias depois (7 colheitas em intervalos de 9 dias).

A podridão rosada da ponta da espiga ou podridão de giberela (E.GIB), causada pelo fungo *Gibberella zeae* (anamórfico *Fusarium graminearum*) desenvolve-se principalmente em regiões onde predominam menores temperaturas e elevada umidade relativa do ar, principalmente durante os meses de florescimento e maturação fisiológica do milho (WORDELL FILHO; CASA, 2010). Nos ambientes 2011/12-C e 2012/13-B, as menores temperaturas do ar durante o período de pré-colheita (Figura 5.2) favoreceram as maiores porcentagens de E.GIB (Tabela 5.5), com valores médios de 4,1 %, 5,7 %, 5,6 % e 32,4 % para os respectivos híbridos, AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H.

Para os híbridos AG8041PRO, P30F53YH e P32R22H, o atraso na colheita não influenciou a porcentagem de E.GIB. Quanto ao P30R50YH, a interação demonstrou que apenas no ambiente 2012/13-B houve aumento significativo da E.GIB em função do atraso na colheita. Estes resultados realçam os apresentados por Reid et al., (2014), onde a menor ou maior quantidade de dias de exposição das plantas ao ambiente não regulou a expressão da E.GIB, mas sim a combinação entre a curva de decréscimo da umidade do grão com as variações meteorológicas antes, durante e após a maturação fisiológica.

**Tabela 5.5** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre as podridões de espiga por *Fusarium* (E.FUS em %) e por *Giberela* (E.GIB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Fontes Variação	E.FUS (%)				E.GIB (%)			
	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H
Ambiente (AMB)								
2011/12-A	0,8 B	1,0 BC	1,0 B	0,8 B	0,0 C	0,0 E	0,1 C	0,0 D
2011/12-B	0,9 B	1,8 B	0,7 BC	.	0,0 C	0,0 E	0,1 C	.
2011/12-C	3,7 A	4,2 A	3,7 A	17 A	4,1 A	3,9 AB	2,7 B	32 A
2012/13-A	0,2 BC	0,6 BC	1,1 BC	1,3 B	0,8 B	1,7 BC	5,4 A	1,3 B
2012/13-B	0,3 BC	0,4 C	0,8 C	1,5 B	3,1 A	5,7 A	5,6 A	1,3 B
2013/14-A	0,0 C	0,9 BC	0,9 BC	0,7 B	0,0 C	0,8 CD	0,2 C	1,2 BC
2013/14-B	0,0 C	0,8 BC	0,8 BC	0,5 B	0,1 C	0,3 DE	0,4 C	0,9 BC
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Dias Apos a Maturação Fisiológica (DAMF)								
0	0,6	1,3	1,6 A	3,9 A	1,3	2,1	1,3 B	5,2
15	0,9	1,3	1,3 AB	.	1,0	1,7	2,2 AB	.
30	1,0	1,7	1,3 AB	2,6 B	1,1	1,8	2,6 A	6,2
45	0,8	1,2	1,0 B	4,1 B	1,3	1,6	2,2 AB	5,0
Prob > F	0,4011	0,4884	0,0078	<.0001	0,2887	0,7950	0,0213	0,1264
Ambiente (AMB) * Dias após a maturação fisiológica (DAMF)								
2011/12-A,0	1,1 ABCD	1,9 ABC	2,1 AB	0,8 EF	0,2	0,0 E	0,3 D	0,0 B
2011/12-A,15	0,9 ABCD	0,8 BC	1,1 ABCD	1,5 DEF	0,0	0,0 E	0,0 D	0,0 B
2011/12-A,30	0,9 BCD	0,5 BC	0,3 ABCD	0,9 DEF	0,0	0,0 E	0,0 D	0,0 B
2011/12-A,45	0,4 CD	0,9 ABC	0,3 ABCD	0,0 F	0,0	0,0 E	0,0 D	0,0 B
2011/12-B,0	2,3 AB	2,1 ABC	0,0 D	1,9 BCDEF	0,0	0,0 E	0,0 D	1,2 B
2011/12-B,15	0,4 D	1,7 ABC	0,6 ABCD	.	0,0	0,0 E	0,0 D	.
2011/12-B,30	0,4 D	1,0 ABC	0,6 BCD	0,0 F	0,0	0,0 E	0,0 D	0,0 B
2011/12-B,45	0,4 D	2,4 ABC	1,4 ABCD	0,4 EF	0,0	0,2 DE	0,4 D	0,0 B
2011/12-C,0	0,0 D	1,5 ABC	1,9 ABCD	15 ABC	3,1	6,9 A	3,0 ABCD	32 A
2011/12-C,15	4,9 ABC	4,6 AB	3,4 ABC	12 ABCD	2,9	2,6 BCDE	1,7 BCD	29 A
2011/12-C,30	5,3 A	7,4 A	5,5 A	15 AB	5,3	4,7 ABC	4,2 ABCD	40 A
2011/12-C,45	4,7 ABC	3,1 ABC	3,9 AB	26 A	5,1	1,3 BCDE	2,1 ABCD	28 A
2012/13-A,0	0,5 ABCD	1,1 ABC	1,3 ABCD	2,2 BCDE	1,9	2,0 ABCD	1,3 D	1,3 B
2012/13-A,15	0,3 D	0,5 BC	1,6 ABCD	0,3 EF	0,5	3,6 ABCD	5,9 A	1,8 B
2012/13-A,30	0,0 D	1,0 ABC	1,3 ABCD	1,1 DEF	0,2	0,6 CDE	7,7 A	0,3 B
2012/13-A,45	0,0 D	0,0 C	0,2 CD	1,6 CDEF	0,5	0,5 DE	6,8 AB	1,9 B
2012/13-B,0	0,3 CD	0,8 ABC	1,5 ABCD	3,6 ABCDE	3,7	5,1 ABCD	4,6 AB	0,6 B
2012/13-B,15	0,2 D	0,2 C	1,1 BCD	0,6 EF	3,1	4,4 AB	7,8 ABC	1,4 B
2012/13-B,30	0,7 BCD	0,3 BC	0,5 BCD	1,2 DEF	2,3	6,3 AB	5,2 AB	1,6 B
2012/13-B,45	0,0 D	0,4 BC	0,0 D	0,5 EF	3,4	7,1 A	4,8 ABC	1,7 B
2013/14-A,0	0,0 D	1,2 ABC	1,8 ABCD	2,4 CDEF	0,0	0,0 E	0,0 D	0,3 B
2013/14-A,15	0,0 D	0,8 ABC	1,2 ABCD	0,4 EF	0,0	0,3 DE	0,0 D	0,9 B
2013/14-A,30	0,0 D	1,5 ABC	0,4 BCD	0,0 F	0,0	0,8 BCDE	0,0 D	1,5 B
2013/14-A,45	0,0 D	0,0 C	0,3 BCD	0,0 F	0,0	2,2 ABC	0,8 CD	1,9 B
2013/14-B,0	0,0 D	0,5 BC	2,2 ABCD	1,9 CDEF	0,0	0,3 CDE	0,2 D	0,2 B
2013/14-B,15	0,0 D	0,5 BC	0,5 ABCD	0,0 F	0,3	1,0 DE	0,2 D	1,2 B
2013/14-B,30	0,0 D	0,3 BC	0,2 CD	0,0 F	0,0	0,0 E	1,1 ABCD	0,2 B
2013/14-B,45	0,0 D	1,9 ABC	0,5 BCD	0,0 F	0,2	0,0 E	0,2 D	2,0 B
Prob > F	<.0001	0,0338	0,0162	0,0101	0,5855	<.0001	<.0001	0,0075
Média	0,8	1,4	1,3	3,3	1,2	1,8	2,1	5,5
C.V. (%)	190	126	128	133	163	142	132	140

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. Tabela de interação com dupla entrada (AMB e DAMF) foi adaptada para apresentação das comparações em uma única coluna.

As maiores incidências de grãos com *Fusarium graminearum* Schwabe (G.FGRA) foram observadas em 2012/13-A (28,5 % no P30F53YH e 33,7 % no P30R50YH) e 2013/14-A (37,3 % no P32R22H e 20 % no AG8041PRO), de acordo com a Tabela 5.6 e Apêndice C. Em comum, estes ambientes registraram as maiores temperaturas e altas porcentagens de umidade relativa (Figura 5.2), descritas como favoráveis ao processo de produção (SUTTON, 1982) e dispersão do inóculo (PAUL et al, 2004).

A interação significativa entre AMB e DAMF revelou a relação direta entre o atraso na colheita e a porcentagem de G.FGRA, na maioria dos ambientes avaliados. Em estudo semelhante, Santin (2001) obteve o aumento da incidência de grãos com *F. graminearum* em 2 híbridos distintos, semeados em Passo Fundo-RS, sob palhada de aveia preta e nabo forrageiro em sistema de semeadura direta. A relação inversa entre G.FGRA e DAMF observada para todos os híbridos em 2012/13-A pode estar associada a umidade dos grãos (Tabela 5.8). Neste ambiente, foram registradas as maiores taxas de decréscimo da umidade dos grãos, influenciadas pelas temperaturas elevadas, declínio da umidade relativa e ocorrência de ventos durante a janela de 45 dias após a maturação fisiológica (Figura 5.2).

Segundo Kebede et al. (2015), quanto maior a velocidade de perda da umidade do grão, menor a umidade dentro da espiga e maior a sua resistência ao desenvolvimento de *F. graminearum*. Outro fator interessante foi o ajuste quadrático para o híbrido XL344 e linear para XL212 obtido por Santin (2001), evidenciando o declínio do *F. graminearum* nas colheitas mais tardias e a diferença entre os genótipos de milho.

Outro patógeno de relevante interesse em situações de atraso na colheita é o *Penicillium* spp. (G.PEN), que apresentou as maiores incidências entre os patógenos avaliados nos grãos (Tabela 5.6), com médias globais entre 30,4 % (P32R22H) e 43,7 % (P30R50YH). A correspondência entre ambientes, relativos aos máximos valores de E.PEN e G.PEN, foi observada para os híbridos AG8041PRO e P32R22H, em 2011/12-C e 2012/13-B, onde as porcentagens de G.PEN foram máximas e da ordem de 55,5 % e 51,4 %, respectivamente.

Entretanto, ao contrário dos resultados observados para E.PEN, a interação significativa para AMB evidenciou o aumento da porcentagem de G.PEN em função dos diferentes momentos de colheita ( $0,17 \text{ \% dia}^{-1}$ ), realizados após a maturação fisiológica (DAMF). Resultados semelhantes foram obtidos por Marcondes (2012), que obteve aumento da incidência de grãos assintomáticos com *Penicillium* spp. nas colheitas realizadas 42 dias após a maturação fisiológica ( $0,74 \text{ \% dia}^{-1}$ ), em condições meteorológicas semelhantes (Guarapuava-PR). Ainda na região Sul do Brasil, porém em Passo Fundo-RS, Santin (2004) também demonstrou o aumento da incidência de grãos com *Penicillium* spp., porém com porcentagens inferiores a 12% em 63 dias ( $0,17 \text{ \% dia}^{-1}$ ). Esta mesma taxa diária de infecção por *Penicillium*

spp. foi obtida por Kaaya et al. (2005) dentro de uma janela de 21 dias de atraso na colheita após a maturação fisiológica do milho em Mayuge, Uganda.

**Tabela 5.6** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a incidência de grãos contaminados por *F. graminearum* (G.FGRA em %) e por *Penicillium* spp. (G.PEN em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Fontes Variação	G.FGRA (%)				
	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO
<b>Ambiente (AMB)</b>					
2011/12-A	13 BC	10 BC	24 A	22 BC	35 BC
2011/12-B	13 A	13 B	8,7 B	16 C	51 A
2011/12-C	8,9 A	22 A	24 A	14 CD	56 A
2012/13-A	15 CD	28 A	34 A	20 CD	28 CD
2012/13-B	4,5 BC	4,5 D	3,1 C	7,8 D	32 BC
2013/14-A	20 D	21 A	21 A	37 A	21 D
2013/14-B	15 B	6,5 CD	5,0 B	25 AB	39 B
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
<b>Dias Apos a Maturação Fisiológica (DAMF)</b>					
0	13 B	16 A	14 B	18 AB	33 B
15	10 AB	18 A	17 A	24 AB	38 AB
30	12 AB	14 A	19 A	23 A	37 AB
45	15 A	13 A	18 A	17 B	41 A
Prob > F	0,0312	0,4464	<.0001	0,0295	0,0312
<b>Ambiente (AMB) * Dias após a maturação fisiológica (DAMF)</b>					
2011/12-A,0	19 ABCDEFGH	15 DEFGHI	7,6 EFGHI	25 ABCDE	42 ABCDEFGH
2011/12-A,15	17 BCDEFGHI	6,1 GHIJ	21 ABCDEF	40 AB	31 BCDEFGHI
2011/12-A,30	7,5 CDEFGHI	11 EFGHI	26 ABCD	5,0 FG	27 CDEFGHI
2011/12-A,45	10 ABCDEFGH	7,8 EFGHI	40 AB	18 BCDEF	38 ABCDEFGH
2011/12-B,0	10 ABCDEF	13 DEFGHI	3,7 HIJ	19 ABCDE	50 ABCDEF
2011/12-B,15	8,8 ABCDE	11 EFGHI	6,7 FGH	8,2 EF	53 ABCDE
2011/12-B,30	14 ABCDEF	11 EFGHI	9,1 CDEFGHI	25 ABCDE	46 ABCDEF
2011/12-B,45	18 ABC	19 BCDEFG	16 BCDEFG	11 BCDEF	55 ABC
2011/12-C,0	5,5 ABCD	16 CDEFGH	13 CDEFGHI	5,3 EFG	54 ABCD
2011/12-C,15	2,8 A	37 ABC	22 ABCDE	12 BCDEF	64 A
2011/12-C,30	11 ABCD	30 ABCD	26 ABC	20 ABCDE	54 ABCD
2011/12-C,45	17 ABCDEF	6,6 FGHI	37 AB	17 ABCDE	50 ABCDEF
2012/13-A,0	30 I	46 AB	47 AB	7,6 DEF	8,9 I
2012/13-A,15	14 HI	50 A	50 A	31 ABCDE	18 HI
2012/13-A,30	2,0 ABCDE	0,0 K	37 ABC	43 AB	53 ABCDE
2012/13-A,45	15 BCDEFGHI	18 BCDEF	0,0 J	0,0 G	32 BCDEFGHI
2012/13-B,0	0,0 CDEFGHI	0,1 JK	0,0 J	13 BCDEF	27 CDEFGHI
2012/13-B,15	0,0 ABCDEFGH	2,6 IJK	0,0 J	0,0 G	37 ABCDEFGH
2012/13-B,30	7,1 ABCDEFGH	8,1 FGH	6,4 GHIJ	10 CDEF	36 ABCDEFGH
2012/13-B,45	11 CDEFGHI	7,3 GHIJ	5,9 GHIJ	8,0 DEF	26 CDEFGHI
2013/14-A,0	17 FGH	17 BCDEFG	23 ABCDEF	35 ABC	22 FGH
2013/14-A,15	18 GHI	15 CDEFGH	11 CDEFGH	51 A	17 GHI
2013/14-A,30	24 HI	25 ABCDE	22 BCDEFG	34 ABCD	17 HI
2013/14-A,45	21 DEFGHI	26 ABCDE	26 ABCDE	29 ABCDE	26 DEFGHI
2013/14-B,0	10 EFGHI	3,5 IJK	1,6 IJ	18 ABCDE	24 EFGHI
2013/14-B,15	12 ABCDEFG	4,4 HIJK	6,6 GHI	23 ABCDE	45 ABCDEFG
2013/14-B,30	23 CDEFGHI	10 DEFGHI	7,0 DEFGHI	23 ABCDE	26 CDEFGHI
2013/14-B,45	15 AB	7,9 FGH	4,6 GHIJ	34 ABC	59 AB
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Média	13	15	17	20	37
C.V. (%)	48	59	64	54	48

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. Tabela de interação com dupla entrada (AMB

A elevada frequência de dias com precipitação, umidade relativa do ar e altas temperaturas (16 a 19°C), combinada com baixa radiação solar registradas entre a maturação fisiológica e a colheita do milho nos ambientes 2013/14-A e 2013/14-B, favoreceram as maiores incidências de grãos com *F. verticillioides* (Tabela 5.7). Estudos de monitoramento das espécies de *Fusarium* conduzidos por Aguin et al.

(2014) revelaram o predomínio do *F. verticillioides* em regiões com características climáticas semelhantes.

De forma similar ao observado para E.FUS, a interação significativa evidenciou resultados distintos para G.FVER. Quando foram consideradas apenas as situações com diferenças estatística de G.FVER entre os níveis de DAMF, dentro de cada ambiente, verificou-se a relação direta com o atraso na colheita (6 entre 9 casos). Lanza (2013) conduziu experimentos com diferentes momentos de colheita e observou um aumento gradual do total de fumonisinas, produzidas pelo *F. verticillioides* de acordo com o atraso na colheita.

Por outro lado, observou-se também a redução de G.FVER em função dos níveis de DAMF para os híbridos P32R22H e P30R50YH nos ambientes 2011/12-C e 2013/14-A, respectivamente. Seguindo a mesma fundamentação discutida para a variável E.FUS, as respostas obtidas para G.FVER podem estar associadas à umidade dos grãos. Santin (2004) comprovou esta relação de dependência entre a umidade dos grãos com a incidência de *F. moliniforme* (= *F. verticillioides*), representada através de uma função quadrática, com coeficiente  $a < 0$  (-0,87 a -2,71) e ápice com a umidade dos grãos entre 26 e 24 %. Os híbridos AG8041PRO e P30F53YH, cujas médias gerais foram de 23,6 % e 21,5 %, não apresentaram significância de G.FVER para o fator individual atraso na colheita (DAMF).

Além da identificação de patógenos como o *Penicillium* spp., *F. verticillioides* e *F. graminearum* sobre as amostras de grãos de milho colhidas em diferentes momentos ou graus de umidade (15 a 35 %), verificou-se também a presença de *F. subglutinans* (G.FSUB) em 2,6 % das amostras avaliadas (Tabela 5.7). Através do sequenciamento genético específico para *Fusarium* (TEF 1-alpha), Micheli (2016) também identificou a presença de *F. subglutinans* em 15,6 % das amostras de grãos sintomáticos de milho, coletados em Castro e Arapoti-PR. Ambos os registros de ocorrência de *F. subglutinans* contrariam os resultados de Lanza et al. (2014), que não identificou tal patógeno em amostras coletadas na região Sul do Brasil (Londrina e Campo Mourão/PR, Campos Novos/SC e Passo Fundo/RS), porém em condições climatológicas distintas.

Os maiores valores de G.FSUB nos grãos foram registrados no ambiente 2012/13-B, que apresentou médias de temperatura e umidade relativa do ar inferiores a 2013/14-B, caracterizado pela maior incidência de G.FVER. A interação

significativa com AMB, demonstrou a redução de G.FSUB em função do atraso na colheita (DAMF) em todos os híbridos avaliados.

**Tabela 5.7** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a incidência de grãos contaminados por *F. verticillioides* (G.FVER em %) e por *F. subglutinans* (G.FSUB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Fontes Variação	G.FVER (%)				G.FSUB (%)			
	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H
<b>Ambiente (AMB)</b>								
2011/12-A	12 D	8,5 EF	3,3 D	6,0 C	0,0 C	0,0 B	0,0 C	0,0 B
2011/12-B	23 BC	14 CD	6,3 C	17 B	0,0 C	0,0 B	0,0 C	0,0 B
2011/12-C	23 B	8,3 F	5,8 C	34 A	0,0 C	0,0 B	0,0 C	0,0 B
2012/13-A	17 CD	17 C	12 C	20 B	3,8 B	3,3 A	1,7 B	7,6 A
2012/13-B	14 D	12 DE	10 C	34 A	18 A	6,1 A	12 A	14 A
2013/14-A	48 A	35 B	43 B	32 A	0,3 C	2,5 A	1,2 C	0,8 A
2013/14-B	28 B	56 A	53 A	40 A	0,0 C	0,0 B	0,0 C	0,8 A
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
<b>Dias Apos a Maturação Fisiológica (DAMF)</b>								
0	27	21	22 AB	26 B	4,7 A	4,9 A	4,4 A	0,4 BC
15	24	23	16 B	23 B	5,5 AB	0,0 C	2,3 A	8,4 A
30	20	22	17 AB	32 A	2,1 B	1,9 B	0,0 B	0,3 C
45	23	20	21 A	24 AB	0,0 C	0,0 C	1,7 A	4,4 AB
Prob > F	0,3032	0,4789	0,0256	0,0086	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
<b>Ambiente (AMB) * Dias após a maturação fisiológica (DAMF)</b>								
2011/12-A,0	7,1 EFG	3,1 LM	1,7 KL	0,8 IJ	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-A,15	7,9 FG	10 GHIJKL	3,8 HIJKL	3,9 HIJ	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-A,30	12 DEFG	4,8 JKLM	6,0 GHIJKL	16 GHIJ	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-A,45	21 CDEF	16,0 EFGH	1,8 JKL	3,7 HIJ	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-B,0	21 BCDEF	7,0 HIJKLM	7,1 FGHJK	12 EFGHI	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-B,15	36 ABCD	17 EFGH	7,0 FGHJK	15 EFGH	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-B,30	15 CDEFG	14 FGHJK	10 FGH	17 CDEFGH	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-B,45	20 BCDEF	18 EFGH	1,2 JKL	23 CDEFG	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-C,0	27 BCDE	23 DEFG	7,7 FGHJK	69 A	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-C,15	21 BCDEF	2,9 KLM	3,2 IJKL	18 CDEFGH	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-C,30	19 BCDEF	6,5 HIJKLM	4,1 HIJKL	33 ABCDE	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2011/12-C,45	26 BCDE	1,1 M	8,4 FGHJK	18 CDEFGH	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2012/13-A,0	17 CDEFG	15 EFGHI	3,1 JKL	0,4 J	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2012/13-A,15	20 DEFG	12 FGHJKL	4,1 HIJKL	33 ABCDE	0,1 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2012/13-A,30	12 CDEFG	24 CDEFG	0,6 L	18 DEFGH	15 A	13 A	-0,1 B	0,0 D
2012/13-A,45	21 CDEF	16 EFGH	41 ABCD	30 BCDEF	0,0 C	0,0 B	7,1 A	30 AB
2012/13-B,0	8,9 EFG	4,3 JKLM	7,1 HIJKL	31 ABCDEF	32 A	25 A	30 A	0,0 D
2012/13-B,15	3,3 G	13 FGHJKL	1,9 L	10 FGHJK	38 A	0,0 B	16 A	58 A
2012/13-B,30	28 BCDE	15 EFGHIJ	18 DEFG	63 AB	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2012/13-B,45	16 CDEFG	16 EFGHIJ	13 EFGH	33 ABCDE	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2013/14-A,0	69 A	30 CDEF	60 AB	20 CDEFG	1,1 B	10 A	0,3 B	0,0 D
2013/14-A,15	51 AB	47 ABC	48 ABC	37 ABCDE	0,0 C	0,1 B	0,0 B	1,0 C
2013/14-A,30	31 ABCD	32 BCDE	34 BCDE	36 ABCDE	0,0 C	0,0 B	0,0 B	1,8 CD
2013/14-A,45	38 ABCD	31 CDEF	30 CDEF	34 BCDEF	0,0 C	0,0 B	4,5 B	0,5 D
2013/14-B,0	36 ABC	68 A	70 A	51 ABC	0,0 C	0,0 B	0,0 B	3,1 B
2013/14-B,15	32 ABCD	57 AB	43 ABC	41 ABCD	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2013/14-B,30	23 BCDE	57 AB	44 ABC	39 ABCDE	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
2013/14-B,45	22 BCDEF	41 ABCD	54 AB	30 BCDEF	0,0 C	0,0 B	0,0 B	0,0 D
Prob > F	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Média	24	21	19	26	3,1	1,7	2,1	3,4
C.V. (%)	49	57	71	58	283	283	277	277

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. Tabela de interação com dupla entrada (AMB e DAMF) foi adaptada para apresentação das comparações em uma única coluna.

As menores perdas de umidade dos grãos (UM.G) foram registradas em 2011/12-C (Tabela 5.8 e Apêndice D), caracterizado por condições meteorológicas desfavoráveis (alta precipitação e umidade relativa). Neste ambiente, mesmo 45 dias após a maturação fisiológica, os híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H apresentaram valores de UM.G, da ordem de 28,2 %, 28,1 %, 28,6 % e

27,3 %, respectivamente. Por outro lado, as maiores perdas de UM.G nesta mesma janela de 45 dias foram obtidas em 2012/13-A (baixo volume e frequência da precipitação, altas temperaturas e radiação solar), com reduções de até 14,9 % e 13,8 % nos híbridos P30F53YH e P30R50YH, respectivamente ( $-0,32 \text{ \% dia}^{-1}$ ).

Segundo Reid et al. (2014), a habilidade dos materiais genéticos em perder rapidamente a umidade dos grãos (kernel drydown) pode ser vantajosa para evitar o desenvolvimento de doenças de espiga, mas também prejudicial ao processo de enchimento de grãos, principalmente em situações meteorológicas adversas, como as registradas em 2011/12-C (Figura 5.2). Entre os fatores que mais influenciaram estas perdas de UM.G, destaca-se principalmente a própria evaporação da água através da superfície exposta do grão (KIESSELBACH; WALKER, 1952) e a temperatura e umidade relativa do ar a partir da maturação fisiológica (SCHMIDT; HALLAUER, 1966).

Por sua vez, a maturação fisiológica, momento de máxima qualidade fisiológica da semente pode ser caracterizada pela formação da camada negra, pelo desenvolvimento da linha de leite, conteúdo de umidade da semente ou pelo máximo acúmulo de massa seca. Segundo Jacob Junior et al. (2014), o melhor indicativo para determinar a época ideal de colheita de sementes de milho é quando elas estão com a linha de leite no estágio 4 (75% do endosperma solidificado). Os autores afirmam ainda que o desenvolvimento da camada preta ocorreu quando a linha do leite atingiu a base do grão, momento em que a umidade estava inferior a 30%. As menores umidades dos grãos registradas em DAMF = 0 no ambiente 2012/13-B podem estar relacionadas ao atraso na formação da camada escura.

Independente deste caso, a interação significativa para todos os híbridos fundamentou estatisticamente a amplitude da resposta da UM.G em função dos diferentes ambientes e momentos de colheita, que por sua vez esteve associada as condições ambientais predominantes. Considerando as médias de UM.G obtidas nos 4 híbridos, entre 0 e 45 dias após a maturação fisiológica, em situações meteorológicas desfavoráveis (2011/12-C) o decréscimo da UM.G foi de  $-0,06 \text{ \% dia}^{-1}$ , contra  $-0,26 \text{ \% dia}^{-1}$  obtida situações favoráveis (2012/13-A).

A porcentagem de grãos ardidos (G.ARD) apresentou resposta inversa a UM.G, com maiores valores de G.ARD nos tratamentos colhidos tardiamente, independente dos ambientes e híbridos avaliados (Tabela 5.8). Considerando as médias por ambiente, as maiores porcentagens de G.ARD foram registradas em

2011/12-C (6 %). Neste ambiente desfavorável, o acréscimo médio diário de G.ARD foi de  $0,13 \text{ \% dia}^{-1}$ . Quando foram avaliados somente os ambientes com altas taxas de radiação solar e baixa umidade relativa do ar (2011/12-A e 2012/13-B), nota-se a semelhança estatística entre os valores de G.ARD, mesmo nas colheitas realizadas aos 45 dias após a maturação fisiológica, independente do híbrido estudado (acréscimo de  $0,01 \text{ \% dia}^{-1}$ ).

Esta resposta de redução da porcentagem de G.ARD em função da colheita com maiores teores de umidade nos grãos foi relatada mais recentemente em Ponta Grossa/PR na safra 2009/2010, com acréscimo de  $0,07 \text{ \% dia}^{-1}$  (KOCHINSKI; TSUKAHARA, 2011), em Sete Lagoas/MG nas safras 2009/10 e 2010/2011, com acréscimo de  $0,018 \text{ \% dia}^{-1}$  (LANZA, 2013) e em Guarapuava/PR na safra 2011/12, com  $0,08 \text{ \% dia}^{-1}$  (MARCONDES, 2012).

A interação entre AMB e DAMF para a massa de mil grãos (MMG) foi significativa em todos os híbridos (Tabela 5.9). O mesmo ambiente que proporcionou pequena redução da UM.G devido ao alto volume e distribuição da precipitação durante a pré-colheita (2011/12-C) também resultou em maiores perdas de MMG aos 45 dias após a maturação fisiológica ( $-0,59 \text{ g dia}^{-1}$ ). Da mesma forma, os ambientes com menor umidade relativa e maiores taxas de radiação solar (2011/12-A e 2012/13-B), resultaram em maior redução da UM.G e menores perdas de MMG.

Em situação de precipitação na colheita, Panison (2014) relatou a perda de MMG para os híbridos P32R22H, P30R53YH e P2530, mas também o ganho de MMG para os híbridos P30R50YH, X40B143H, P1630H. Apesar de apresentar os registros pluviométricos, o autor não os relacionou com as respostas contrárias de MMG para os diferentes genótipos de momentos de colheita. Da mesma forma, Marcondes (2012) obteve efeito não significativo de MMG para o atraso na colheita em Guarapuava/PR, e aumento significativo da MMG no experimento de Sete Lagoas/MG. Estes resultados evidenciam a necessidade de caracterizar meteorologicamente os ambientes avaliados, de forma a auxiliar na compreensão das respostas agronômicas.

**Tabela 5.8** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a umidade dos grãos (UM.G em %) e grãos ardidos (G.ARD em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Fontes Variação	UM.G (%)				G.ARD (%)			
	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H
<b>Ambiente (AMB)</b>								
2011/12-A	26 C	29 B	29 C	25 C	0,8 CD	1,0 E	1,2 D	0,4 E
2011/12-B	27 B	30 A	31 A	27 B	1,0 C	1,9 D	2,6 C	1,0 D
2011/12-C	30 A	30 A	30 B	29 A	1,9 B	7,3 AB	8,7 A	6,4 A
2012/13-A	22 E	23 D	25 F	20 E	1,7 B	8,3 A	4,8 B	2,1 C
2012/13-B	19 F	20 E	22 G	18 F	3,0 A	5,2 B	4,7 B	7,7 A
2013/14-A	23 D	24 D	27 D	23 D	0,6 D	2,4 CD	1,7 CD	1,5 C
2013/14-B	23 D	27 C	26 E	24 D	1,7 B	3,4 C	3,9 B	3,7 B
Prob > F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
<b>Dias Após a Maturação Fisiológica (DAMF)</b>								
0	28 A	30 A	31 A	28 A	1,2 B	2,7 B	2,2 C	2,7 B
15	25 B	26 B	27 B	24 B	1,4 AB	4,6 A	3,7 B	2,9 B
30	23 C	26 C	26 C	22 C	1,8 A	5,0 A	4,7 A	3,3 AB
45	22 D	22 D	24 D	21 D	1,7 A	4,6 A	5,2 A	4,0 A
Prob > F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0071	<,0001	<,0001	0,0012
<b>Ambiente (AMB) * Dias após a maturação fisiológica (DAMF)</b>								
2011/12-A,0	34 A	33 BC	33 A	32 A	0,4	0,8 J	1,1 KLM	0,5 KLM
2011/12-A,15	25 EFG	29 EFG	30 CD	26 EF	1,0	1,1 IJ	0,9 LM	0,2 LM
2011/12-A,30	24 FGHI	28 GH	28 EF	23 HIJ	0,8	0,7 J	1,4 IJKLM	0,2 M
2011/12-A,45	22 IJK	25 I	25 HI	21 KL	1,0	1,3 HIJ	1,4 HIJKLM	0,5 KLM
2011/12-B,0	29 BC	35 A	33 A	31 B	0,7	1,0 IJ	1,5 GHIJKLM	0,7 JKLM
2011/12-B,15	30 BC	30 E	30 CD	28 CD	1,3	1,9 GHIJ	2,7 FGHJKLM	0,8 JKLM
2011/12-B,30	26 EFG	29 EFGH	30 CD	24 FGH	1,0	2,7 EFGH	1,5 GHIJKLM	1,1 IJKL
2011/12-B,45	25 EFGH	25 I	31 BC	24 GHI	1,0	2,1 GHIJ	4,9 BCDEF	1,5 HIJK
2011/12-C,0	30 BC	30 DE	32 A	30 B	0,8	2,1 FGHJ	2,2 EFGHIJKLM	5,2 ABCD
2011/12-C,15	30 BC	28 H	31 BC	29 BC	1,2	9,4 AB	9,2 ABC	5,8 ABCD
2011/12-C,30	31 B	35 A	30 CD	28 CD	2,4	9,0 AB	11 AB	5,4 ABCD
2011/12-C,45	28 CD	28 FGH	29 DE	27 D	3,1	8,8 AB	12 A	9,2 AB
2012/13-A,0	29 BC	32 CD	32 AB	22 IJK	1,2	6,0 ABCD	2,6 EFGHIJKL	2,7 DEFGH
2012/13-A,15	22 JK	24 I	27 FGH	22 IJKL	2,2	8,6 ABC	2,7 DEFGHIJK	1,8 FGHIJ
2012/13-A,30	19 MN	20 KL	23 J	19 M	1,6	10 A	7,3 ABCD	1,7 GHIJ
2012/13-A,45	17 O	17 M	18 L	16 N	1,8	8,4 ABC	6,6 ABCD	2,1 EFGHI
2012/13-B,0	21 KL	20 L	25 H	22 JKL	2,9	5,1 BCDE	4,4 CDEFG	5,7 ABCD
2012/13-B,15	18 N	19 L	20 K	16 N	2,1	5,0 BCDE	5,6 BCDEF	6,6 ABC
2012/13-B,30	19 MN	20 KL	21 K	16 N	4,1	5,7 BCDE	4,7 CDEFGHI	9,4 A
2012/13-B,45	18 N	20 L	20 KL	19 M	3,1	4,8 BCDE	3,9 CDEFGH	9,1 AB
2013/14-A,0	26 DEF	28 FGH	31 C	29 CD	0,4	1,7 GHIJ	0,6 M	1,1 IJKL
2013/14-A,15	24 GHI	25 I	27 EFG	23 GHI	0,5	2,4 EFGHI	1,2 JKLM	1,1 IJKL
2013/14-A,30	23 HIJ	22 J	26 GH	21 L	0,8	2,9 DEFGH	2,7 DEFGHIJK	1,9 EFGHIJ
2013/14-A,45	20 LM	19 L	23 J	21 L	0,6	2,7 DEFGH	2,1 EFGHIJKLM	1,9 FGHIJ
2013/14-B,0	26 DE	34 AB	30 CD	27 DE	1,9	2,0 FGHI	2,8 DEFGHIJ	3,0 DEFGH
2013/14-B,15	23 IJK	30 EF	26 H	25 FG	1,8	3,7 DEFG	3,5 CDEFGHI	4,1 BCDE
2013/14-B,30	21 KL	24 I	23 J	23 HIJ	1,8	3,3 DEFG	4,1 CDEF	3,5 CDEFG
2013/14-B,45	22 JK	22 JK	24 IJ	21 KL	1,4	4,4 CDEF	5,2 ABCDE	4,0 BCDEF
Prob > F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,1046	<,0001	<,0001	0,0410
Média	24	26	27	24	1,5	4,2	3,9	3,2
C.V. (%)	6,0	20	16	19	47	44	43	54

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação. Tabela de interação com dupla entrada (AMB e DAMF) foi adaptada para apresentação das comparações em uma única coluna.

A produtividade de grãos (P.G) apresentou resposta muito semelhante a MMG (Tabela 5.9), com menores médias registradas em 2011/12-C (10,9, 11,9, 11,3 e 10,4 Mg ha<sup>-1</sup>), explicadas pelas condições desfavoráveis durante o enchimento de grãos (Figura 5.1) e durante a pré-colheita do milho (Figura 5.2). Neste ambiente, a comparação da P.G entre 0 e 45 DAMF resultou em perdas de 1,54, 1,51 e 1,89 Mg ha<sup>-1</sup>, nos híbridos AG8041PRO, P30F53YH e P30R50YH respectivamente, com registros pluviométricos de 273, 272 e 293 mm acumulados. Entretanto, quando avaliadas as máximas perdas de produtividade de grãos entre 0 e 15, 15 e 30, 30 e 45 DAMF, obteve-se valores de -81,07 e -95,67 kg dia<sup>-1</sup> nos híbridos P30F53YH e P30R50YH respectivamente.

O ambiente 2012/13-A, com registros inferiores a 135 mm acumulados entre 0 e 45 DAMF proporcionou as menores perdas de P.G, com valores de -0,57 e -0,49 Mg ha<sup>-1</sup> 45 dias<sup>-1</sup> nos híbridos AG8041PRO e P30R50YH. O P30F53YH registrou as menores perdas em 2011/12-B (-0,16 Mg ha<sup>-1</sup> 45 dias<sup>-1</sup>) com 132 mm acumulados de precipitação até 30 DAMF e mais 55mm nos outros 15 dias. O P32R22H, o mais precoce de todos apresentou as menores perdas em 2012/13-B (-0,49 Mg ha<sup>-1</sup> 45 dias<sup>-1</sup>), com volumes acumulados de 132 mm.

Em safra sob influência do El Niño (2009/10), com 197 mm de precipitação, 20,1°C de temperatura média do ar e umidade relativa de 81% entre a maturação fisiológica e a última colheita (49 dias depois), Kochinski e Tsukahara (2011) avaliaram as perdas de produtividade 7 momentos distintos em Ponta Grossa. Ao final do período, obtiveram uma perda média de -43 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> nos híbridos DKB 330 e DKB 330YG. Entretanto, esta resposta não foi linear, uma vez que as diferenças de P.G oscilaram entre +54 a -119 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Panison (2014) em Lages/SC avaliou as perdas em função da colheita em 5 momentos distintos na safra 2012/13, com aproximadamente 300 mm de precipitação entre a maturação e a última colheita e registrou no P2530 diferenças de produtividade não lineares, oscilando entre +94 e -181 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Quanto a interação, apenas o P30F53YH apresentou dependência entre os fatores AMB e DAMF para a P.G, evidenciando que este híbrido apresenta boa adaptabilidade, ou um melhor aproveitamento aos estímulos do ambiente. Os demais híbridos apresentaram características de estabilidade, com efeito significativo aos fatores individuais (AMB e DAMF) e redução significativa da produtividade em função dos dias após a maturação fisiológica.

**Tabela 5.9** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) e da interação (AMB x DAMF) sobre a massa de mil grãos (MMG em g) e produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

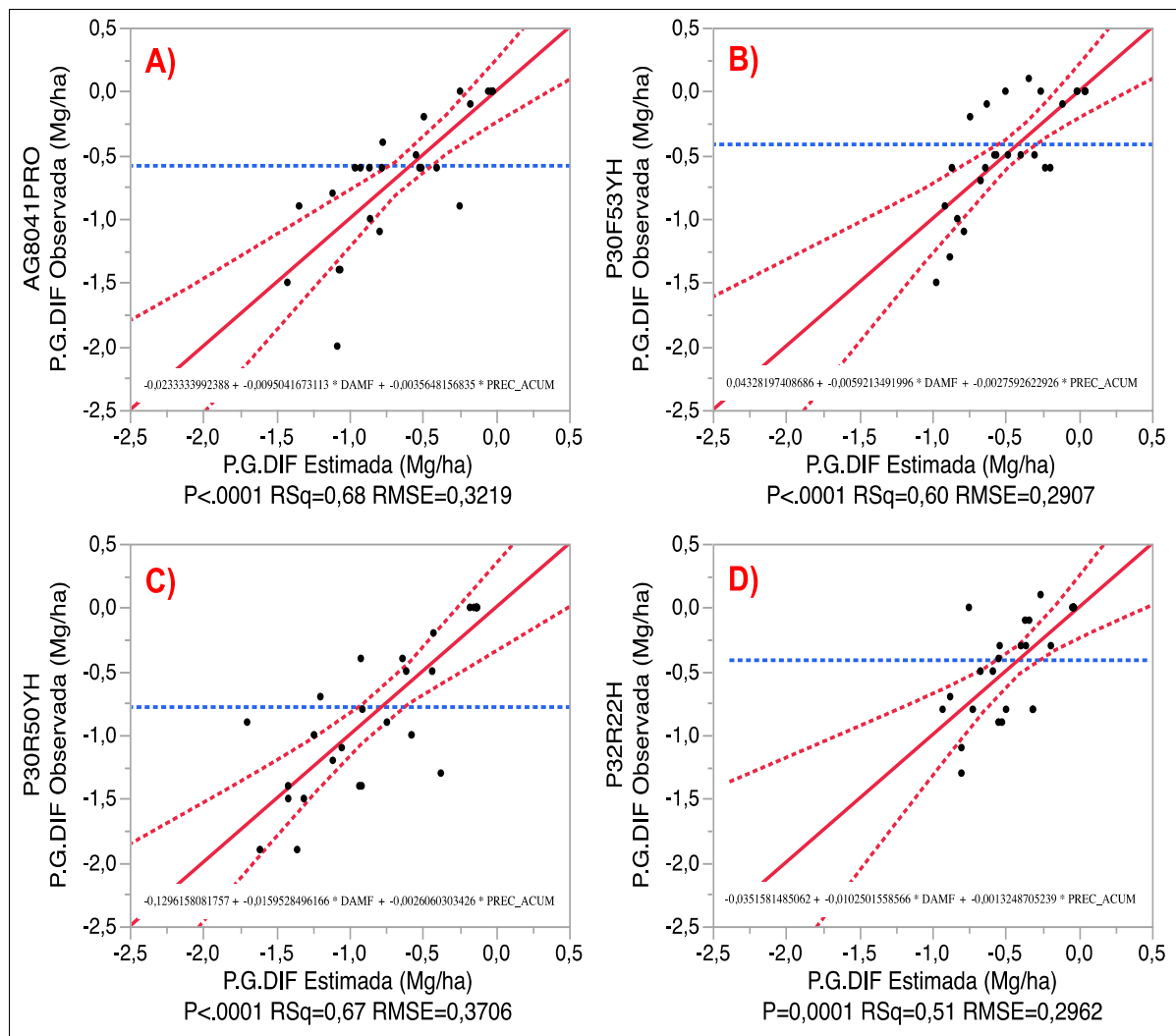
Fontes Variação	MMG (g)				P.G (Mg / ha <sup>-1</sup> )				
	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	AG8041PRO	P30F53YH	P30R50YH	P32R22H	
<b>Ambiente (AMB)</b>									
2011/12-A	410 A	344 B	371 BC	370 A	14 B	15 B	15 B	15 A	
2011/12-B	394 B	329 D	382 A	346 BC	13 C	12 D	13 C	13 C	
2011/12-C	355 C	331 CD	359 D	328 D	11 E	12 E	11 D	10 F	
2012/13-A	400 AB	355 A	377 AB	355 B	15 A	16 A	16 A	15 A	
2012/13-B	319 D	303 E	345 E	301 E	12 D	12 F	11 D	12 E	
2013/14-A	354 C	307 E	352 DE	344 C	14 B	12 D	13 C	14 B	
2013/14-B	354 C	338 BC	362 CD	289 F	13 C	13 C	13 C	13 D	
Prob > F	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	
<b>Dias Apos a Maturação Fisiológica (DAMF)</b>									
0	377 A	330 AB	369 A	339 A	14 A	13 A	14 A	14 A	
15	368 B	334 A	371 A	328 B	13 B	13 B	13 B	13 B	
30	364 B	326 B	361 B	332 B	13 C	13 C	13 BC	13 BC	
45	367 B	328 B	357 B	332 B	12 C	13 D	13 C	13 C	
Prob > F	<,0001	0,0043	<,0001	0,0003	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	
<b>Ambiente (AMB) * Dias após a maturação fisiológica (DAMF)</b>									
2011/12-A,0	410 A	350 AB	378 ABCD	368 ABC	14	15 AB	16	15	
2011/12-A,15	410 A	340 BC	369 ABCDE	365 ABCD	14	14 BC	15	15	
2011/12-A,30	402 AB	336 BCD	369 ABCDE	371 AB	14	15 BC	15	14	
2011/12-A,45	417 A	349 AB	368 ABCDE	375 A	13	14 CD	15	15	
2011/12-B,0	416 A	318 CDEFGH	386 AB	359 ABCDE	14	12 FG	14	14	
2011/12-B,15	377 BCDE	334 BCD	387 A	331 FGH	13	12 FG	13	13	
2011/12-B,30	390 ABCD	329 BCDEFG	378 ABCD	341 EFG	13	12 FG	13	13	
2011/12-B,45	392 ABC	333 BCD	379 ABCD	352 ABCDEF	12	12 FGH	13	13	
2011/12-C,0	373 CDEF	347 AB	368 ABCDE	347 CDEFG	12	13 EFG	12	11	
2011/12-C,15	348 FGH	338 BC	375 ABCD	312 HIJ	11	12 FG	11	10	
2011/12-C,30	347 FGH	319 CDEFGH	361 ABCDEF	331 FGH	10	11 IJ	11	10	
2011/12-C,45	352 EFGH	319 CDEFGH	335 GH	324 GHI	10	11 J	11	10	
2012/13-A,0	397 ABC	349 AB	372 ABCD	360 ABCDE	16	16 A	16	15	
2012/13-A,15	409 A	370 A	386 A	361 ABCDE	16	16 A	16	15	
2012/13-A,30	393 ABC	349 AB	369 ABCDE	346 CDEFG	15	15 AB	16	14	
2012/13-A,45	401 AB	350 AB	381 ABC	350 BCDEF	15	15 AB	15	14	
2012/13-B,0	326 HI	306 FGH	358 CDEFGH	307 HIJK	12	12 GHIJ	13	12	
2012/13-B,15	328 GHI	302 H	353 DEFGH	297 JK	12	11 HIJ	11	12	
2012/13-B,30	309 I	297 H	333 H	300 IJK	11	11 HIJ	11	12	
2012/13-B,45	313 I	308 EFGH	337 FGH	298 JK	11	11 HIJ	11	12	
2013/14-A,0	354 EFG	312 DEFGH	354 DEFGH	341 EFG	14	13 EF	14	14	
2013/14-A,15	353 EFG	307 FGH	358 CDEFGH	342 DEFG	14	13 EFG	14	14	
2013/14-A,30	357 EF	305 GH	354 DEFGH	349 BCDEF	13	12 FG	13	14	
2013/14-A,45	350 EFGH	303 H	344 EFGH	344 CDEFG	13	12 GHI	13	14	
2013/14-B,0	363 DEF	330 BCDEF	366 ABCDE	292 JK	13	13 DE	13	13	
2013/14-B,15	353 EFGH	347 AB	366 ABCDE	291 JK	13	13 DE	13	13	
2013/14-B,30	351 EFGH	344 B	360 BCDEFG	288 JK	13	13 EF	13	13	
2013/14-B,45	347 FGH	332 BCDE	356 CDEFGH	284 K	13	12 FG	12	12	
Prob > F	0,0004	<,0001	0,0032	0,0006	0,1484	0,0003	0,3896	0,1032	
Média	369	329	364	333	13	13	13	13	
C.V. (%)	10	7,4	6,3	10	13	12	15	14	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação.

Tabela de interação com dupla entrada (AMB e DAMF) foi adaptada para apresentação das comparações em uma única coluna.

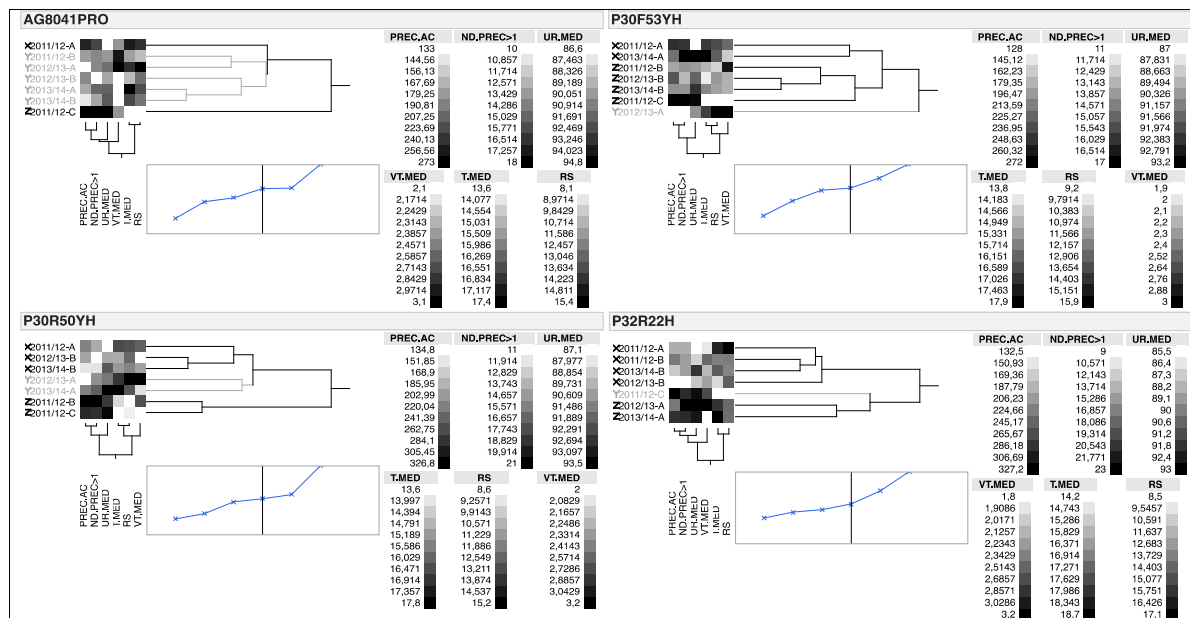
Em função da facilidade de obtenção de variáveis como o número de dias após a maturação fisiológica (DAMF em dias) e a precipitação acumulada (PREC.AC em mm) desde o estágio fenológico de maturação fisiológica até a data da respectiva colheita do milho, foram ajustadas 4 regressões lineares múltiplas para a estimativa do decréscimo da produtividade de grãos (P.G.DIF em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ). A significância das 4 análises de regressão possibilitou gerar equações para a estimativas da perda de produtividade de grãos em todos os híbridos, com coeficientes  $R^2$  ajustados entre 0,51 e 0,68 e raiz quadrática do erro médio (REQM) entre 0,29 e 0,37  $\text{Mg ha}^{-1}$  (Figura 5.3).

**Figura 5.3** - Estimativa da diferença da produtividade de grãos (P.G.DIF em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) através de regressão linear múltipla com as variáveis independentes precipitação acumulada após a maturação fisiológica (PREC.AC em mm) e o número de dias após a maturação fisiológica (DAMF em dias), para os híbridos AG8041PRO (A), P30F53HY (B), P30R50YH (C) e P32R22H (D), cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.



Visto que as perdas de produtividade de grãos (P.G.DIF) oscilam em função do número de dias após a maturação fisiológica, da precipitação acumulada e do híbrido utilizado, realizou-se a análise de agrupamento hierárquico proposto por Ward (1963), para a identificação dos ambientes contrastantes, com base nos registros meteorológicos obtidos na pré-colheita (Figura 5.4).

**Figura 5.4** - Agrupamento hierárquico dos ambientes avaliados (x = favorável, y = intermediário, z = desfavorável) em função dos registros de precipitação pluvial acumulada (PREC.AC em mm), acúmulo do número de dias com precipitação (ND.PREC.AC em dias), umidade relativa média do ar (UR.MED em %), radiação solar global (RS em MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), temperatura média do ar (T.MED em °C) e velocidade média do vento (VT.MED em m s<sup>-1</sup>), observados no período de 0 a 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR.



A partir da frequência de agrupamento entre os ambientes, optou-se pela formação de três grupos, sendo: Grupo (x), considerado favorável a estabilidade dos componentes de produção mesmo em situações de atraso na colheita, com valores médios 201 mm de precipitação, 13,8 dias com precipitação, 88,7 % de umidade relativa, 13,7 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de radiação solar, 16,6 °C de temperatura média do ar e 2,3 m/s de velocidade média do vento; Grupo (y), considerado intermediário, com precipitação de 181 mm, 15,3 dias com precipitação, umidade relativa de 91,6 %, radiação solar de 13,7 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, temperatura média de 16,9 °C e velocidade média do vento de 2,6 m/s; Grupo (z), desfavorável, com valores médios 264 mm de precipitação, 17,1 dias com precipitação, 92,6 % de umidade relativa, 9,6 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de radiação solar, 14,3 °C de temperatura média do ar e 2,4 m/s de velocidade média do vento.

Após a identificação dos ambientes favoráveis, intermediários e desfavoráveis para a manutenção da qualidade e produção de grãos, realizou-se a análise de grupo de experimentos para os fatores híbrido (HIB) e atraso na colheita (DAMF), para as variáveis UM.G.DIF, G.ARD.DIF, MMG.DIF e P.G.DIF (Tabela 5.10), dentro de cada grupo de ambientes.

Em condições meteorológicas desfavoráveis (grupo z), semelhantes aos anos de El Niño em latitudes superiores a 24° S, os maiores decréscimos da umidade dos grãos (UM.G.DIF), as menores perdas de MMG.DIF e os menores incrementos de G.ARD.DIF aos 45 DAMF foram observados no P32R22H, quando comparados aos demais híbridos. O P30R50YH apresentou acréscimo de 9,88 % de grãos ardidos aos 45 dias, quando comparado a avaliação realizada na maturação fisiológica. Não houve diferença para a variável P.G.DIF entre os híbridos, dentro do ambiente desfavorável.

**Tabela 5.10** - Efeito da interação entre o ambiente (AMB) e híbridos (HIBR), sobre as diferenças de umidade dos grãos (UM.G.DIF em %), de grãos ardidos (G.ARD.DIF), de massa de mil grãos (MMG.DIF em g) e de produtividade de grãos (P.G.DIF em Mg ha<sup>-1</sup>), calculados a partir da subtração entre os valores obtidos aos 45 dias após a maturação fisiológica e os valores no dia 0, considerando os híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.

Ambiente (AMB) x Híbrido (HIBR)	Agrupamento de Ambientes	UM.G.DIF (%)	MMG.DIF (g)	P.G.DIF (Mg ha <sup>-1</sup> )	G.ARD.DIF (%)				
2011/12-A,AG8041PRO	Favorável (grupo x): Precipitação 201mm / Número de dias com precipitação > 13,9 / Umidade relativa > 88,7% / Radiação solar 13,7 MJ/m2/dia / Temperatura média 16,6°C	g	-11,68	a	7,09	a	-0,89	e	0,61
2011/12-A,P30F53YH		e	-7,56	a	-0,85	a	-0,95	e	0,54
2013/14-B,P30R50YH		d	-5,75	b	-10,13	a	-0,98	d	2,47
2011/12-A,P32R22H		g	-11,35	a	7,15	a	0,03	e	-0,03
2012/13-A,AG8041PRO	Intermediário (grupo y): Precipitação 181mm / Número de dias com precipitação > 15,3 / Umidade relativa > 91,6% / Radiação solar 13,7 MJ/m2/dia / Temperatura média 16,9°C	g	-12,35	a	4,64	a	-0,57	e	0,63
2012/13-A,P30F53YH		h	-14,94	a	0,76	a	-0,49	d	2,40
2012/13-A,P30R50YH		h	-13,84	a	9,38	a	-0,67	c	4,03
2011/12-C,P32R22H		b	-3,09	c	-23,09	a	-0,85	c	4,02
2011/12-C,AG8041PRO	Desfavorável (grupo z): Precipitação < 188mm / Número de dias com precipitação 17,1 / Umidade relativa < 92,6% / Radiação solar > 9,5 MJ/m2/dia / Temperatura média 14,2°C	b	-1,96	c	-21,45	b	-1,54	d	2,38
2011/12-C,P30F53YH		b	-2,32	c	-27,95	b	-1,51	b	6,69
2011/12-C,P30R50YH		c	-3,61	c	-33,13	b	-1,89	a	9,88
2012/13-A,P32R22H		d	-6,23	b	-10,20	b	-1,30	e	-0,62
Prob > F			<,0001		<,0001		<,0001		<,0001
Média			-6,8		-7,7		-1,0		1,7
C.V.			-59,1		-230,6		-84,2		165,4

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. C.V. = Coeficiente de variação.

Em condições meteorológicas favoráveis (grupo x), o AG8041PRO e o P32R22H apresentaram as maiores perdas de umidade. Novamente o P30R50YH obteve as maiores porcentagens de G.ARD.DIF (aumento de 2,47 %), quando comparados aos demais híbridos. Não houve diferença entre os híbridos para

MMG.DIF e a P.G.DIF. Diferenças significativas de P.G.DIF foram observadas somente quando os ambientes favoráveis ou intermediários foram contrastados com os desfavoráveis, onde as perdas em 45 dias oscilaram entre -1,3 e -1,9 Mg ha<sup>-1</sup>.

Diante da relação entre as variáveis agronômicas e meteorológicas, realizou-se as análises de correlação entre as mesmas (Tabela 5.11), onde identificou-se a relação direta entre: i) o número de horas com umidade relativa do ar igual a 100% e as podridões de colmo e colmos quebrados, iv) o número de dias com radiação solar global inferior a 4 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e as podridões de espiga por *Diplodia* spp. e *Fusarium* spp., v) a temperatura mínima do ar e a incidência de grãos por *F. graminearum*, vi) a temperatura do ar durante o período de molhamento foliar e a incidência de grãos por *F. verticillioides* e vii) o número de dias com radiação solar global inferior a 6 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e a diferença de grãos ardidos entre 0 e 45 DAMF.

Da mesma forma, observou-se a relação inversa entre: i) a temperatura média do ar e a podridão por *Gibberella zeae*, ii) a temperatura do ar durante o período de molhamento foliar e a incidência de grãos por *Penicillium* spp., iii) o número de horas com radiação solar global acima de 600 W m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e a umidade dos grãos, iv) o número de horas com temperatura do ar durante o período de molhamento foliar inferior a 10°C e a diferença da massa de mil grãos entre 0 e 45 DAMF e v) o número de horas com radiação solar global inferior a 100 W m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e a diferença da produtividade de grãos entre 0 e 45 DAMF.

A partir dos resultados obtidos na análise de correlação, realizou-se estudos de regressão simples entre as variáveis agronômicas (stepwise) observadas em situações de atraso na colheita (0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica) e as variáveis meteorológicas (independentes). As melhores relações foram obtidas na estimativa de UM.G e P.G.REL, através de ajustes lineares negativos e altamente significativos ao teste F ( $p < ,0001$ ), com valores de R<sup>2</sup> de 0,51 e 0,81 e REQM de 3,3 % e 1,9 % respectivamente (Figura 5.5 A-B).

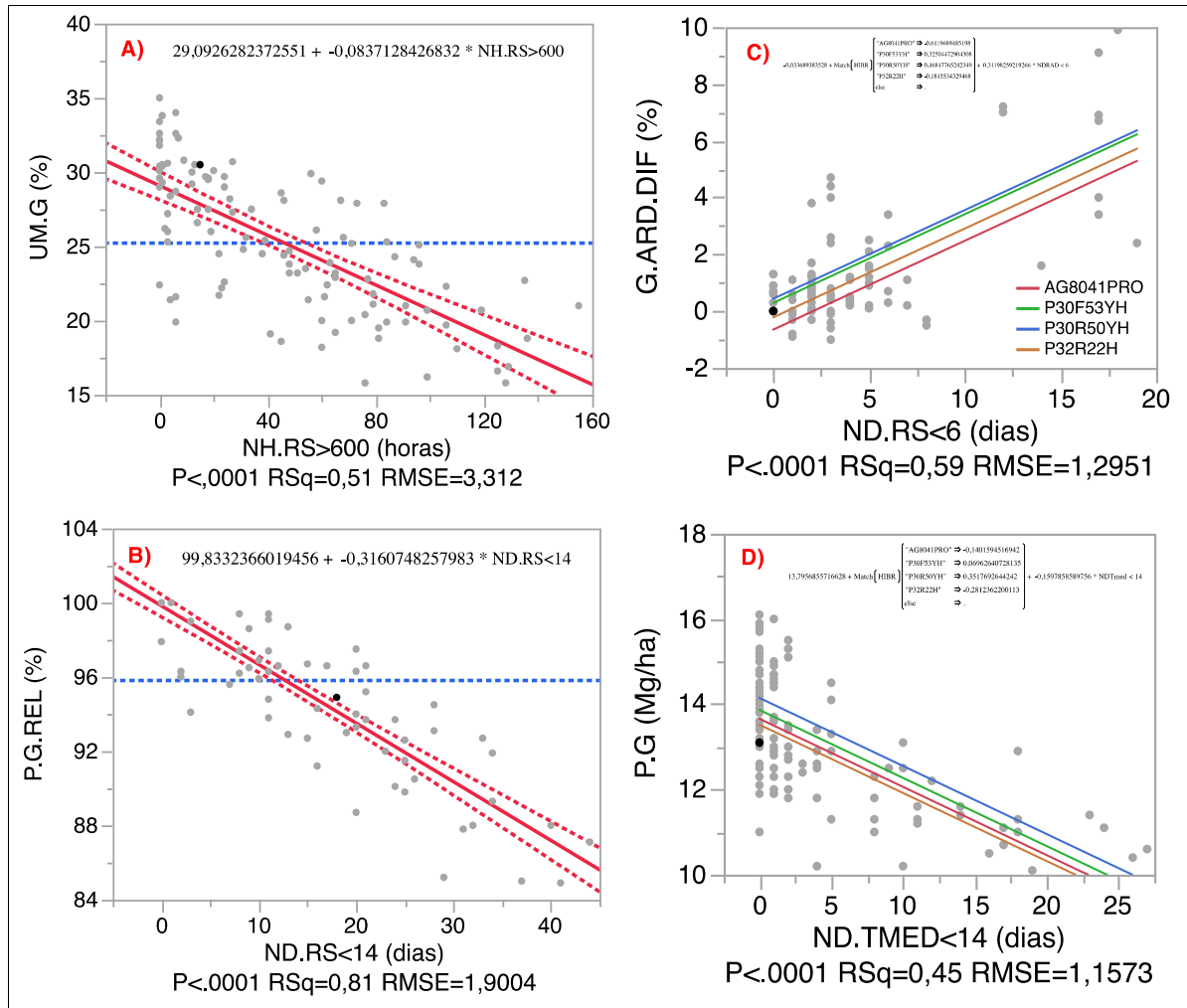
Para as variáveis dependentes G.ARD.DIF e P.G, onde houve efeito significativo adicional para híbridos ( $p < ,0001$ ), os melhores R<sup>2</sup> ajustados foram de 0,62 e 0,45 e REQM de 62% e 1,15 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 5.5 C-D). As características genéticas de qualidade de colmo, espigas e grãos demonstraram influência sobre o aumento da porcentagem de grãos ardidos e sobre a perda de P.G (Mg ha<sup>-1</sup>), em detrimento ao atraso na colheita e consequente aumento do tempo de exposição das plantas as intempéries meteorológicas.

**Tabela 5.11** - Coeficiente de correlação simples entre as variáveis agrônômicas podridões de colmo (C.POD em %), colmos quebrados (C.QUE em %), espigas com *Diplodia* spp. (E.DIP em %), espigas com *Fusarium* spp. (E.FUS em %), espigas com *Gibberella zeae* (E.GIB em %), espigas com *Penicillium* spp. (E.PEN em %), grãos com *F. graminearum* (G.FGRA em %), grãos com *F. subglutinans* (G.FSUB em %), grãos com *F. verticillioides* (G.FVER em %), grãos com *Penicillium* spp. (G.PEN em %), umidade de grãos relativa a 0 DAMF (UM.G.REL em %), diferença da umidade de grãos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (UM.G.DIF em %), grãos ardidos (G.ARD em %), grãos ardidos relativos a 0 DAMF (G.ARD.REL em %), diferença de grãos ardidos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (G.ARD.DIF em %), massa de mil grãos relativa a 0 DAMF (MMG.REL em %), diferença da massa de mil grãos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (MMG.DIF em g), produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), produtividade de grãos relativa a 0 DAMF (P.G.REL em %), diferença da produtividade de grãos aos 45 DAMF relativa a 0 DAMF (P.G.DIF em Mg ha<sup>-1</sup>), versus as variáveis meteorológicas observadas entre 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53HY, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14 em Castro-PR.

Dependente	Independente	Correl	Prob.Sig	Plot.Correl	Dependente	Independente	Correl	Prob.Sig	Plot.Correl
C.POD	DAMF	0,34	0,0002	++++	G.PEN	TMOL	-0,52	<,0001	-----
C.POD	NH.UR = 100	0,47	<,0001	+++++	UM.G	P.G.DIF	0,24	0,0124	+++
C.POD	C.QUE	0,44	<,0001	+++++	UM.G	NH.RS>600	-0,71	<,0001	-----
C.QUE	NH.UR = 100	0,34	0,0003	++++	UM.G	NH.RS<100	-0,49	<,0001	-----
C.QUE	DAMF	0,25	0,0073	+++	UM.G	DAMF	-0,52	<,0001	-----
C.QUE	NH.TMAX > 30	0,52	<,0001	+++++	UM.G.DIF	DAMF	-0,65	<,0001	-----
E.DIP	DAMF	0,32	0,0006	++++	UM.G.REL	DAMF	-0,67	<,0001	-----
E.DIP	TMED	-0,22	0,0179	---	G.ARD	DAMF	0,23	0,0141	+++
E.DIP	ND.RS < 4	0,22	0,0199	+++	G.AR.DIF	DAMF	0,32	0,0005	++++
E.DIP	NH.VTMED > 9	0,52	<,0001	+++++	G.AR.DIF	ND.RS<6	0,73	<,0001	+++++
E.FUS	TMED	-0,34	0,0003	---	G.AR.DIF	NH.RS<100	0,41	<,0001	+++++
E.FUS	ND.RS < 4	0,39	<,0001	+++++	G.AR.DIF	NH.TMOL<10	0,67	<,0001	+++++
E.FUS	E.GIB	0,82	<,0001	+++++	G.AR.REL	DAMF	0,37	<,0001	+++++
E.GIB	TMED	-0,36	<,0001	-----	MMG.DIF	NH.RS<100	-0,31	0,0007	---
E.PEN	VTMED	0,37	<,0001	+++++	MMG.DIF	DAMF	-0,28	0,0031	---
G.FGRA	TMOL	0,35	0,0002	++++	MMG.DIF	G.AR.DIF	-0,19	0,0450	--
G.FGRA	G.FSUB	-0,34	0,0002	---	MMG.DIF	NH.TMOL<10	-0,47	<,0001	-----
G.FGRA	TMED	0,28	0,0028	+++	MMG.DIF	P.G.DIF	0,59	<,0001	+++++
G.FGRA	TMIN	0,38	<,0001	+++++	MMG.DIF	ND.RS<6	-0,41	<,0001	-----
G.FGRA	G.PEN	-0,41	<,0001	-----	MMG.REL	DAMF	-0,28	0,0028	---
G.FSUB	RS	0,27	0,0035	+++	P.G	DAMF	-0,24	0,0095	---
G.FSUB	TMIN	-0,20	0,0318	---	P.G.DIF	NH.RS>600	-0,40	<,0001	-----
G.FVER	TMOL	0,31	0,0007	++++	P.G.DIF	NH.TMOL<10	-0,58	<,0001	-----
G.FVER	TMIN	0,28	0,0027	++++	P.G.DIF	NH.RS<100	-0,73	<,0001	-----
G.FVER	TMED	0,22	0,0226	+++	P.G.DIF	G.AR.DIF	-0,39	<,0001	-----
G.PEN	RS	-0,25	0,0069	---	P.G.DIF	ND.RS<6	-0,62	<,0001	-----
G.PEN	TMED	-0,55	<,0001	-----	P.G.DIF	DAMF	-0,70	<,0001	-----
G.PEN	TMIN	-0,49	<,0001	-----	P.G.REL	DAMF	-0,68	<,0001	-----

Correl = coeficiente de correlação simples de Pairwise. Prob.Sig = probabilidade de significância. DAMF = dias após a maturação fisiológica. NH = número de horas. ND = número de dias. UR = umidade relativa do ar. TMAX = temperatura máxima do ar. TMED = temperatura média do ar. TMIN = temperatura mínima do ar. TMOL = temperatura do ar durante o período de molhamento foliar. RS = radiação solar global. VTMED = velocidade média do vento.

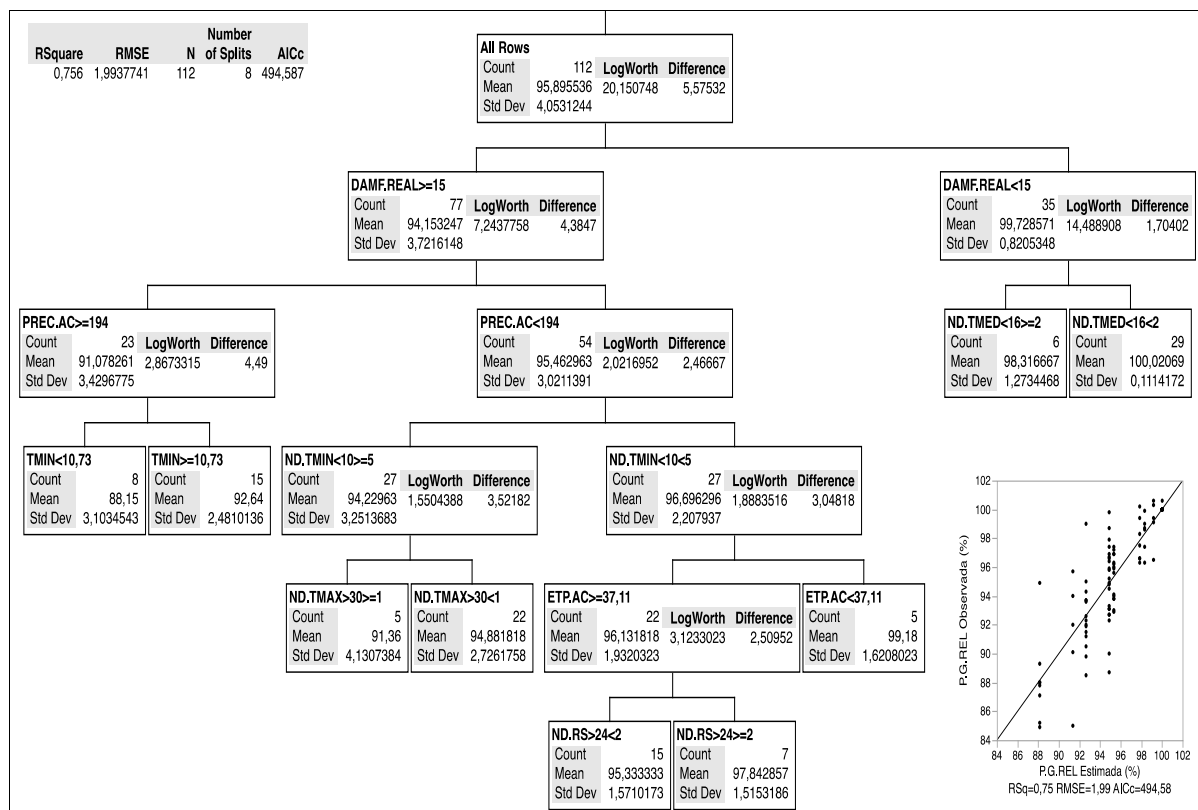
**Figura 5.5** - Análise de regressão linear simples entre: A) umidade de grãos (UM.G em %) e o número de horas com radiação solar global superior a  $600 \text{ W m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (NH.RS>600 em horas); B) produtividade de grãos relativa a 0 DAMF (P.G.REL em %) e número de dias com radiação solar global inferior a  $14 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (ND.RS<14 em dias); e regressão linear múltipla entre: C) diferença da porcentagem de grãos ardidos relativa ao 0 DAMF (G.ARD.DIF em %), número de dias com radiação solar global inferior a  $6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (ND.RS<6 em dias) e híbridos (HIBR); D) produtividade de grãos (P.G em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ), número de dias com temperatura média do ar inferior a  $14^\circ\text{C}$  (ND.TMED<14 em dias) e híbridos (HIBR), a partir de registros observados no período de 0, 15, 30 e 45 dias após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR.



Aplicou-se a técnica de particionamento não hierárquico denominada árvore de decisão sobre as variáveis P.G.REL (Figura 5.6) e G.ARD.REL (Figura 5.7), a partir das variáveis meteorológicas observadas entre 0 e 45 dias após a maturação fisiológica, em estações meteorológicas de superfície. A proposta da maioria dos métodos por particionamento é escolher uma partição inicial dos elementos e, em seguida, alterar os membros dos grupos para obter-se a melhor resposta. Como o atraso na colheita apresentou significativa influência sobre as variáveis agrônômicas, o primeiro passo da partição foi composto pelo fator DAMF. Os demais passos foram

monitorados para maximizar a diferença nas respostas entre os dois ramos do desdobramento, com o menor número possível de ramificações.

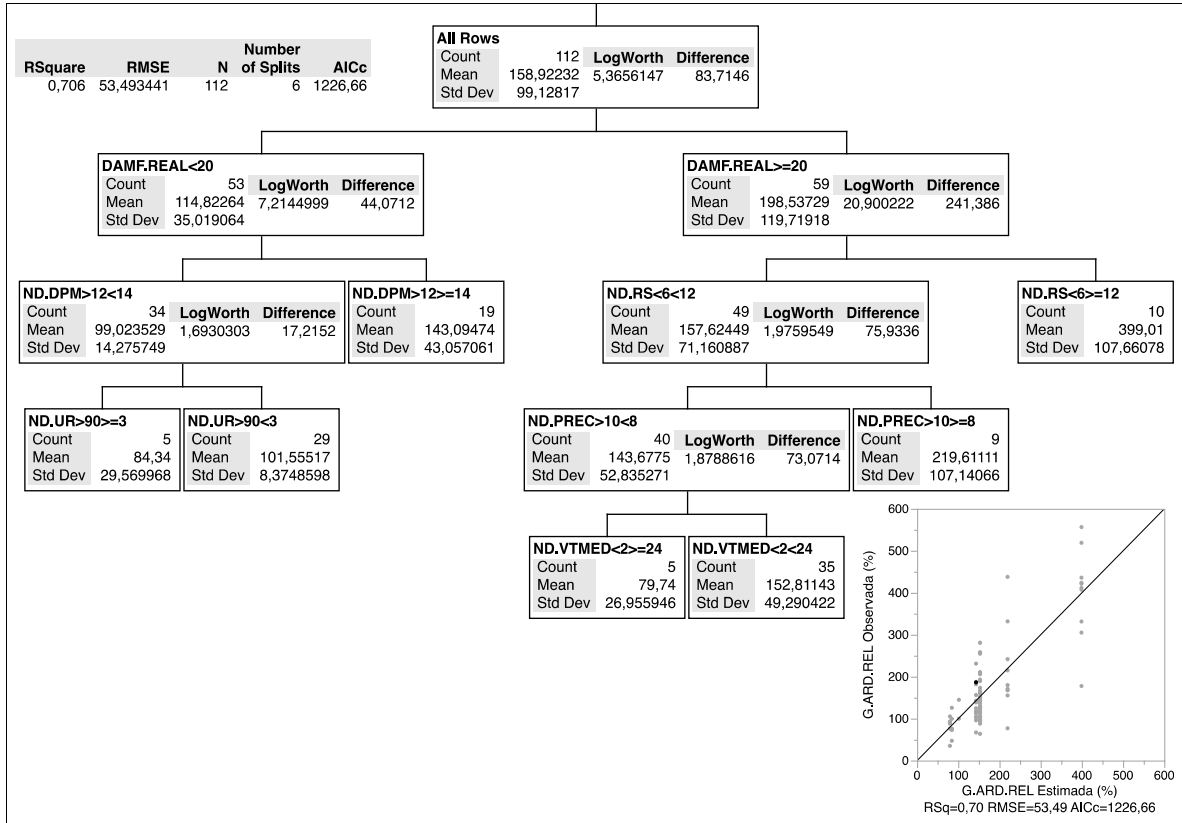
**Figura 5.6** - Estrutura conceitual de uma árvore de decisão para estimativa da perda da produtividade relativa de grãos (P.G.REL em %), em função das variáveis dias após a maturação fisiológica (DAMF em dias), precipitação pluvial acumulada (PREC.AC em mm), temperatura mínima do ar (TMIN em °C), número de dias com temperatura mínima inferior a 10 °C (ND.TMIN<10 em dias), evapotranspiração potencial acumulada (ETP.AC em mm) pelo método de Penman Monteith (ALLEN et al., 1998), número de dias com radiação solar global superior a 24 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (ND.RS>24 em dias) e número de dias com temperatura média inferior a 16 °C (ND.TMED<16 em dias), medidas entre os dias 0 e 45 após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR.



As árvores de decisão são representações simples do conhecimento e também uma forma de propor regras facilmente explicadas e traduzidas para linguagem natural. Neste sentido, as estimativas para a P.G.REL e G.ARD.REL utilizaram variáveis medidas normalmente em estações agrometeorológicas automáticas, as quais resultaram em bons coeficientes de correlação ajustados (R<sup>2</sup>) de 0,75 e 0,70, raiz do erro quadrático médio (REQM) de 1,99 % e 53,49 % e critério de informação Akaike (AICc) de 494 e 1226 respectivamente.

**Figura 5.7** - Estrutura conceitual de uma árvore de decisão para estimativa do acréscimo de grãos ardidos (G.ARD.REL em %), em função das variáveis dias após a maturação fisiológica

(DAMF em dias), número de dias com duração do período de molhamento foliar superior a 12 horas (ND.DPM>12 em dias), número de dias com umidade relativa do ar superior a 90 % (ND.UR>90 em dias), número de dias com radiação solar global inferior a 6 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (ND.RS<6 em dias), número de dias com precipitação pluvial superior a 10 mm (ND.PREC>10 em dias), número de dias com velocidade média do vento inferior a 2 m/s (ND.VTMED<2 em dias), medidas entre os dias 0 e 45 após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, semeados nas épocas A, B e C, safras 2011/12, 2012/2013, 2013/2014, em Castro, PR.



Pelos gráficos de dispersão de 1:1 presentes no canto inferior direito das Figuras 5.6 e 5.7, entende-se que estas árvores de decisão podem ser facilmente acopladas aos sistemas de suporte a decisão, com o objetivo de redução das perdas de produtividade e qualidade do milho em função da simples definição dos agricultores e assistentes técnicos em determinar a data de início da colheita do milho, baseada na identificação da maturação fisiológica no campo e nas informações de previsão do tempo.

Por fim, em posse das equações de estimava das perdas de umidade e de produtividade de grãos, além do aumento de grãos ardidos em função dos dias após a maturação fisiológica de cada híbrido, foram realizados os cálculos de custo de produção para verificar a viabilidade financeira da colheita antecipada (Apêndice E). Os resultados indicam que quanto mais próximo da maturação fisiológica, maior é o saldo financeiro final do agricultor, mesmo descontando os custos adicionais de

transporte, recepção e secagem, cobradas pelas Cooperativas ABC em função da maior umidade dos grãos de milho.

Este fato está diretamente relacionado com a menor penalização por impurezas e grãos ardidos e com a maior produtividade de grãos. Os híbridos P32R22H e AG8041PRO apresentaram melhor saldo final de produção do milho (rentabilidade), devido principalmente a menor porcentagem de grãos ardidos.

Uma forma simples de evitar o atraso na colheita pode ser através do planejamento da semeadura das culturas de verão, com ênfase no período de maturação fisiológica. De posse de informações como ciclo ou soma térmica de cada híbrido, tamanho das áreas agrícolas, capacidade operacional para semeadura e colheita e número de dias favoráveis para estas operações agrícolas (Apêndice F), o agricultor pode simular as datas de semeadura e constatar as datas mais prováveis de colheita, evitando assim os problemas de produção e qualidade relatados no presente estudo.

#### 5.4. CONCLUSÕES

A técnica de agrupamento possibilitou a identificação de condições ambientais favoráveis e desfavoráveis à manutenção da produtividade e qualidade, sendo a precipitação pluvial e a radiação solar as variáveis mais importantes durante o período de pré-colheita do milho.

O atraso na colheita resultou em aumento das podridões de colmo, de espiga e a incidência de patógenos nos grãos e porcentagem de grãos ardidos, assim como a redução da umidade dos grãos, massa de mil grãos e produtividade, com amplitude das respostas em função do volume de precipitação e da radiação solar após a maturação fisiológica do milho.

A podridão de espiga por Giberela, a incidência de grãos *Penicillium spp.*, *F. graminearum* e *F. verticillioides* apresentaram relação significativa com a temperatura média do ar e com a temperatura durante a presença de orvalho.

Em condições meteorológicas desfavoráveis, destacam-se o P32R22H e o AG8041PRO pelos menores incrementos de grãos ardidos. Em condições meteorologicamente favoráveis, destaca-se o AG8041PRO pelos menores incrementos de grãos ardidos e o P30F53YH devido as menores perdas de produtividade de grãos em cenários com 45 dias de atraso na colheita.

Através dos registros obtidos em estações agrometeorológicas automáticas, foi possível estimar o decréscimo da umidade de grãos e a perda relativa de produtividade relativa do milho com o atraso na colheita.

A melhor rentabilidade no cultivo de milho é obtida quando a colheita é realizada o mais próximo possível da maturação fisiológica.

## 5.5. REFERÊNCIAS

- AGUÍN, O.; CAO, A.; PINTOS, C.; SANTIAGO, R.; MANSILLA, P.; BURTÓN, A. Occurrence of *Fusarium* species in maize kernels grown in northwestern Spain. **Plant Pathology**; 63: 946–951. 2014.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration—**guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation & Drainage Paper 56. FAO, Rome. 1998.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration:** Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56)
- ALMEIDA, A. P.; CORREA, B.; MALLOZZI, M. A. B. Mycoflora and aflatoxin/fumonisin production by fungal isolates from freshly harvested corn hybrids. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 31, n. 4, p. 321-326, 2000.
- ALVES, W. M.; FARONI, L. R. A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, D. M.; TEIXEIRA, M. M. Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, n. 2, p. 40-45, 2001.
- ASAE EP505 APR2004. **Measurement and Reporting Practices for Automatic Agricultural Weather Stations**, ASABE Standards 2010, p. 53-63, American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2004.
- BARBOSA, C.A. **Manual da Cultura do Milho**. Viçosa: AgroJuris, 199p., 2010.
- BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R. Teste de um modelo de estimativa do espigamento do milho com base na temperatura do ar. **Agronomia Sulriograndense**, v.22, p. 243-259. 1986.
- BORBA, C.S. et al. Maturidade fisiológica de sementes de híbrido simples BR 203 de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.63-67, 1994.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, B, v.26, p.211-234, 1964.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009, p. 399.
- BRUNS, H.A.; ABBAS, H.K. Effects of harvest date on maize in the humid subtropical mid-south USA. **Maydica**, v. 49, p. 1-7, 2004.
- CAO, A.; SANTIAGO, R.; RAMOS, A. J.; SOUTO, X. C.; AGUÍN, O.; MALVAR, R. A.; BUTRÓN, A. Critical environmental and genotypic factors for *Fusarium verticillioides*

infection, fungal growth and fumonisin contamination in maize grown in northwestern Spain, **International Journal of Food Microbiology**, Volume 177, 2 May 2014.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; ZAMBOLIM, L. Fungos associados à semente de milho produzida nas regiões sul e sudeste do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 370-373.1998.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. **Doenças**. In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). 2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/doencas.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/doencas.htm)>. Acesso em: 21 dez. 2015.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SIMÃO, E. de P.. 478 **Cultivares de Milho estão Disponíveis no Mercado de Sementes do Brasil para a Safra 2014/15**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 35 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1002755/3/doc167.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

EGLI, D. B.; TEKRONY, D. M. Species differences in seed water status during seed maturation and germination. **Seed Science Research**, v. 7, n. 1, p. 3-11, 1997.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; MONIZ, E. A. L.; OLIVEIRA, A. L. F. Avaliação da maturação de grãos de milho através da linha do leite para aplicação de dessecantes químicos. **Bragantia**, v.53, 2ed., p. 209-218. 1994.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P. **Manejo de doenças na cultura do milho safrinha**. Campinas: Instituto Agrônomo, 99p., 2009.

FONTOURA, D. da; STANGARLIN, J.R.; TRAUTMANN, R.R.; SCHIRMER, R.; SCHWANTES, D.O.; ANDREOTTI, M. Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho na safrinha. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v.28, p.545-551, 2006.

JACOB JUNIOR, E. A. et al. Ideal seeds harvest moment of different maize hybrids. **Ciência Rural**, Feb 2014, vol.44, no.2, p.253-260. ISSN 0103-8478.

KAAYA, A. N.; WARREN, H. L.; KYAMANYWA, S.; KYAMUHANGIRE, W. The effect of delayed harvest on moisture content, insect damage, moulds and aflatoxin contamination of maize in Mayuge district of Uganda. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, p. 2595-2599, 2005.

KEBEDE, A. Z.; REID, L. M.; ZHU, X.; WU, J.; WOLDEMARIAM, T.; VOLOACA, C.; XIANG, K. Relationship between kernel drydown rate and resistance to Gibberella ear rot in maize. **Euphytica** 201:79–88. 2015.

KIESSELBACH, T. A.; WALKER, E. R. Structure of certain specialized tissue in the kernel of corn. **American Journal of Botany**, 39: 561-569, 1952.

KOCHINSKI, E. G.; TSUKAHARA, R. Y. Efeito do atraso na colheita sobre os componentes de produção de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2011, Guarapari/ES. **Resumos...** 2011. CD-ROM.

LANZA, F. E. **Prevalência de Fusarium verticillioides e manejo de grãos ardidos e fumonisinas em milho**. Tese (Doutorado) – Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, UFV – MG, 64p. 2013.

LANZA, F. E.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R. V.; QUEIROZ, V. A. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; SOUZA, A. G. C.; FIGUEIREDO, J. E.F. Prevalence of fumonisin-producing Fusarium species in Brazilian corn Grains. **Crop Protection**, v. 65, p. 232-237, 2014.

LAUREN, D.R.; SMITH, W.A.; DI MENNA, M.E. Influence of harvest date and hybrid on the micotoxin content of maize (*Zea mays*) grain grow in New Zeland. **New Zeland Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 35, p. 331-340, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. **Circular Técnica 76**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 10p, 2006.

MARCONDES, M. M. **Incidência de podridão de colmo e grãos ardidos em híbridos de milho sob diferentes densidades de plantas e épocas de colheita**. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Guarapuava – PR, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro – PR, 76p. 2012.

MICHELI, A. **Fungos com potencial toxicogênico associados a grãos ardidos de milho**. 2016. Tese de Doutorado. Maringá-PR, Universidade Estadual de Maringá, UEM, 91p. 2016.

MUNKVOLD, G.P. DESJARDINS, A.E. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence? **Plant Disease**, v81, n.6, p. 556-565, 1997.

NESCI, A.; RODRIGUEZ, M.; ETCHEVERRY, M. Control of Aspergillus growth and aflatoxin production using antioxidants at different conditions of water activity and pH. **Journal of Applied Microbiology**, v. 95, n. 2, p. 279-287, 2003.

OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F.T.; CASELA, C.R.; PINTO, N.F.J.A.; FERREIRA, A.S. **Diagnose e controle de doenças na cultura do milho**. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. (Eds) Tecnologia de produção do milho. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 226-267, 2004.

PACHECO, A. C.; DIETRICH, R. C. Avaliação de grãos ardidos em 32 híbridos de milho em Campo Erê-SC. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 3, p. 153-155, 1997.

PANISON, F. **Épocas de colheita e desempenho agrônômico de híbridos de milho com ciclos distintos**. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Lages – SC, 81p. 2014.

PAUL, P. A.; EL-ALLAF, S. M.; LIPPS, P. E.; MADDEN, L. V. Rain splash dispersal of *Gibberella zeae* within wheat canopies in Ohio. **Phytopathology**. 94: 1342–1349. 2004.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.

PRESTES NETO, J.; TSUKAHARA, R. Y.; KOCHINSKI, E. G.; OLIVEIRA, A. N. Caracterização da temperatura basal inferior do milho para a região dos campos gerais no Paraná e sul de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (18. : 2013 : Belém, PA). **Anais** : Cenários de mudanças climáticas e a sustentabilidade socioambiental e do agronegócio na Amazônia [recurso eletrônico]. Belém, PA:SB Agro, 2013. 6 p. : il.

REID, L. M.; ZHU, X. Wu. J.; WOLDEMARIAM, T.; VOLOACA, C.; MORRISON, M. J.; XIANG, K. Selecting maize for rapid kernel dry-down: timing of moisture measurement. **Maydica** 59:9–15, 2014.

REIS, E.M.; DENTI, E.A.; TRENTO, S.M.; CASA, R.T; SEVERO, R. Método para quantificar os danos no rendimento de grãos causados pelas podridões da base do colmo do milho. **Fitopatologia Brasileira** v.23, p. 300, 1998 (Resumo).

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

SANTIN, J. A. **Fungos de pré e pós colheita e a qualidade de grãos de milho**. 2001. 219p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTIN, J. A.; REIS, E. M.; MATSUMURA, A. T. S.; MORAES; M. G. Efeito do retardamento da colheita de milho na incidência de grãos ardidos e de fungos patogênicos, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.2, p.182-192, 2004.

SCHIMIDT, J. L.; HALLAUER, A. R. Estimating harvest date of corn in the field. **Crop Science**, 6: 227-231, 1966.

SMITH, D.R.; WHITE, D.G. **Corn and Corn improvement**. 3.ed. Madison: American Society Agronomy, 1988. 986p. Cap. 12: Diseases of corn.

STRACK, M. **Degradabilidade de grãos de milho de diferentes texturas em dois estádios de maturação**. 2016. 80f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SUTTON, J. C. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. **Canadian Journal Plant Pathology**. 4: 195–209. 1982

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236 – 244. Mar. 1963.

WORDELL FILHO, J.; CASA, R. T. Doenças na cultura do milho. In: Wordell Filho J, Elias HT (Eds). **A cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis. Epagri. pp. 207-273.



## 6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As condições ambientais ocorridas durante o desenvolvimento do milho foram decisivas na sanidade das folhas, colmos, espigas e grãos. Em situações de baixa umidade relativa do ar e alta radiação solar, o uso do fungicida apresentou as melhores respostas na redução da *P. sorghi*, *E. turcicum* e podridões de colmos.

Em condições ambientais de alta umidade e precipitação, o fungicida resultou em produtividades entre 1,85 e 4,6 Mg ha<sup>-1</sup> superiores ao não uso do fungicida.

Não houve efeito do controle químico sobre as podridões de Diplodia e Giberela, independente do híbrido. Da mesma forma, o fungicida não foi efetivo na redução dos grãos ardidos no CeleronTL e P32R22H.

O atraso na colheita resultou em aumento dos colmos podres e quebrados, das podridões de espiga por Diplodia e Fusarium, dos grãos contaminados por *Penicillium* spp., *F. verticillioides*, dos grãos ardidos, assim como na redução da incidência de grãos com *F. subglutinans*, da umidade dos grãos e produtividade.

Sob volumes de precipitação > 188 mm em > 17 dias, umidade relativa do ar > 92,6 %, radiação solar < 9,5 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e temperatura média < 14,2 °C durante a maturação fisiológica, observa-se a amplificação destas respostas descritas acima.

Em condições opostas, observou-se a manutenção dos valores de produção e qualidade agronômicas, mesmo após 45 dias após a maturação fisiológica.

Através do simples registro diário da precipitação pluvial, facilmente obtido em propriedades rurais, foi possível estimar tanto a evolução da: i) *P. sorghi* do milho entre V4 e R2 quanto o decréscimo da: ii) produção de grãos devido a redução da área foliar sadia, iii) umidade dos grãos e iv) produtividade de grãos em função do atraso na colheita. Em situações de disponibilidade de registros meteorológicos obtidos em estações automáticas, foi possível estimar a evolução de grãos ardidos.

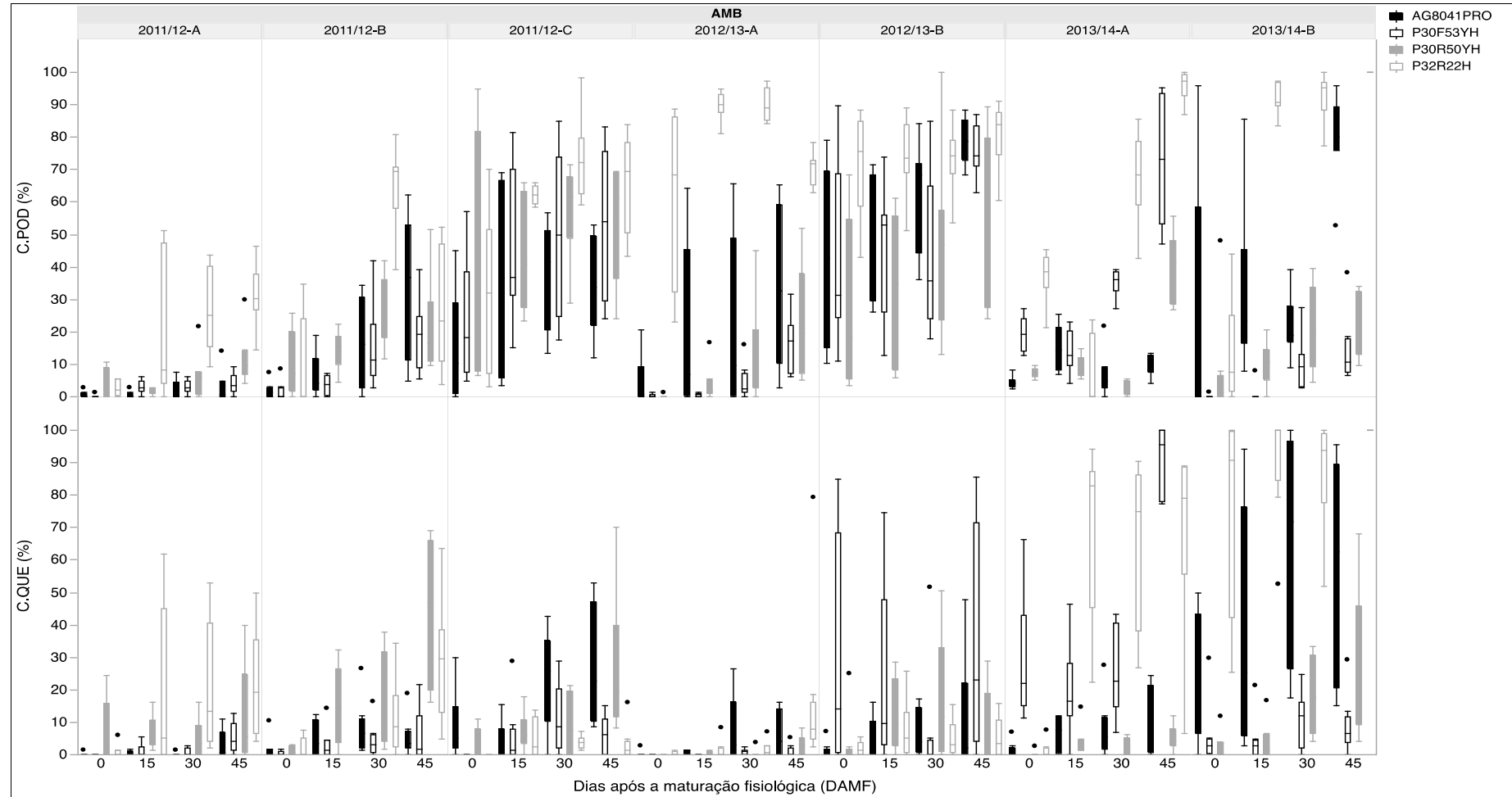
O uso de fungicidas e a colheita antecipada, mesmo com umidades dos grãos próximas a 30%, demonstraram ser tecnologias importantes para a garantir a manutenção da produtividade potencial, da qualidade e da rentabilidade do cultivo de milho na região dos Campos Gerais, Paraná, Brasil.

Dentro da região de abrangência da Fundação ABC, os agricultores já adotaram esta prática de antecipar a colheita do milho em suas propriedades. Da mesma forma, as Cooperativas ABC adotaram tabelas de secagem com menor

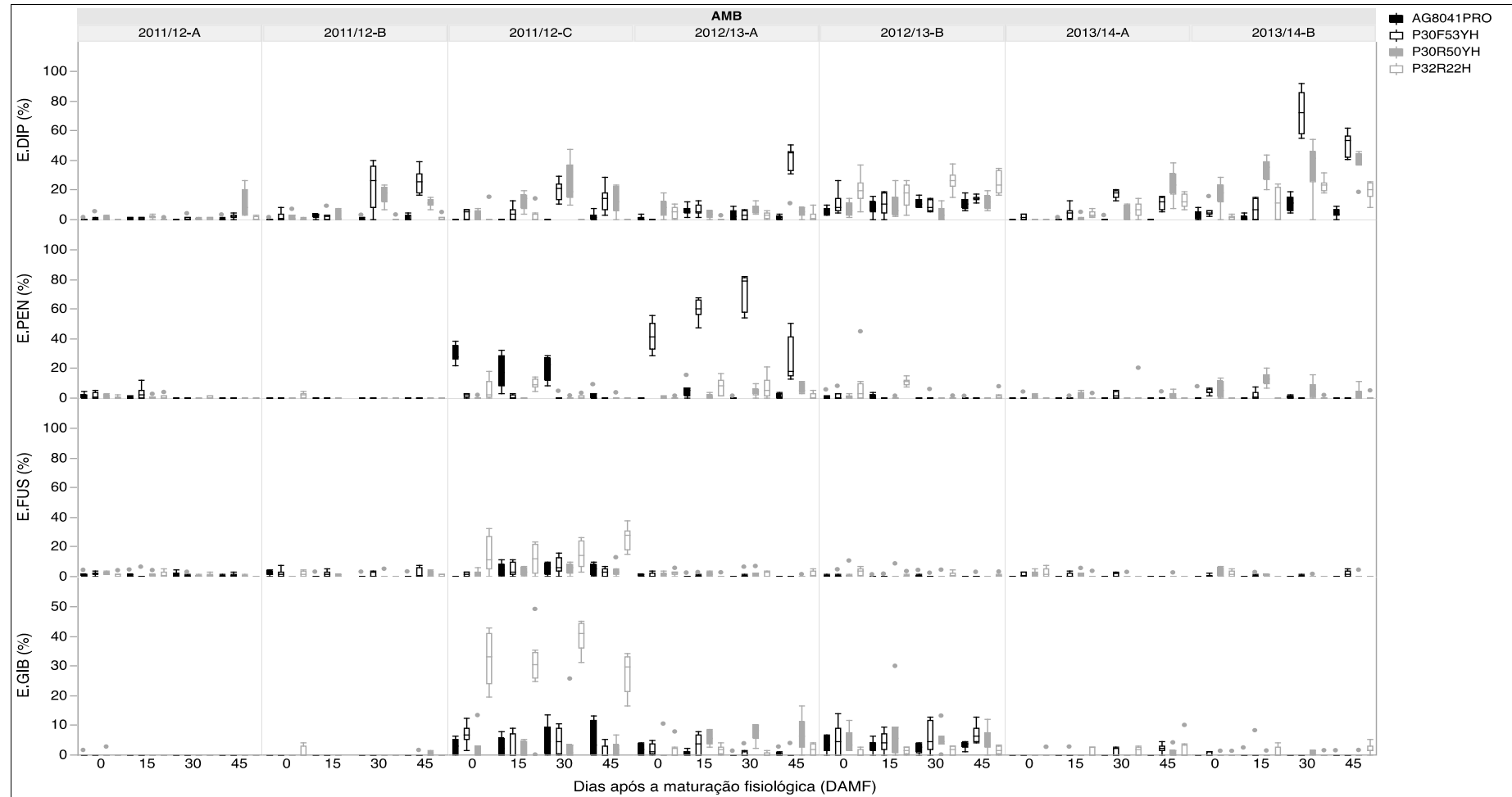
penalização para o milho entregue com umidades maiores, garantindo a qualidade e evitando problemas de logística nos momentos de maior fluxo na recepção de grãos.

## APÊNDICES

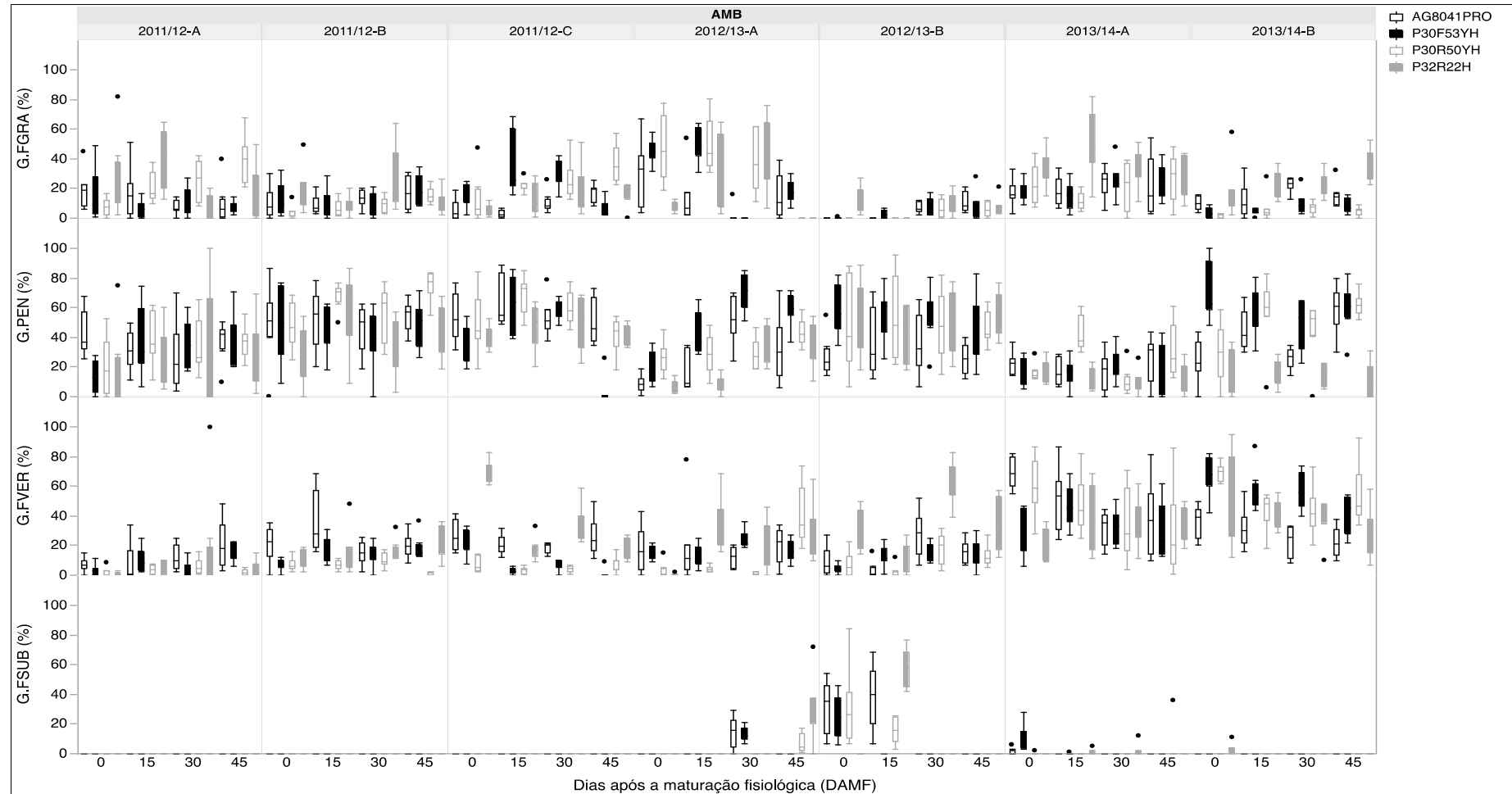
**APÊNDICE A** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre a podridão dos colmos (C.POD em %) e colmos quebrados (C.QUE em %), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.



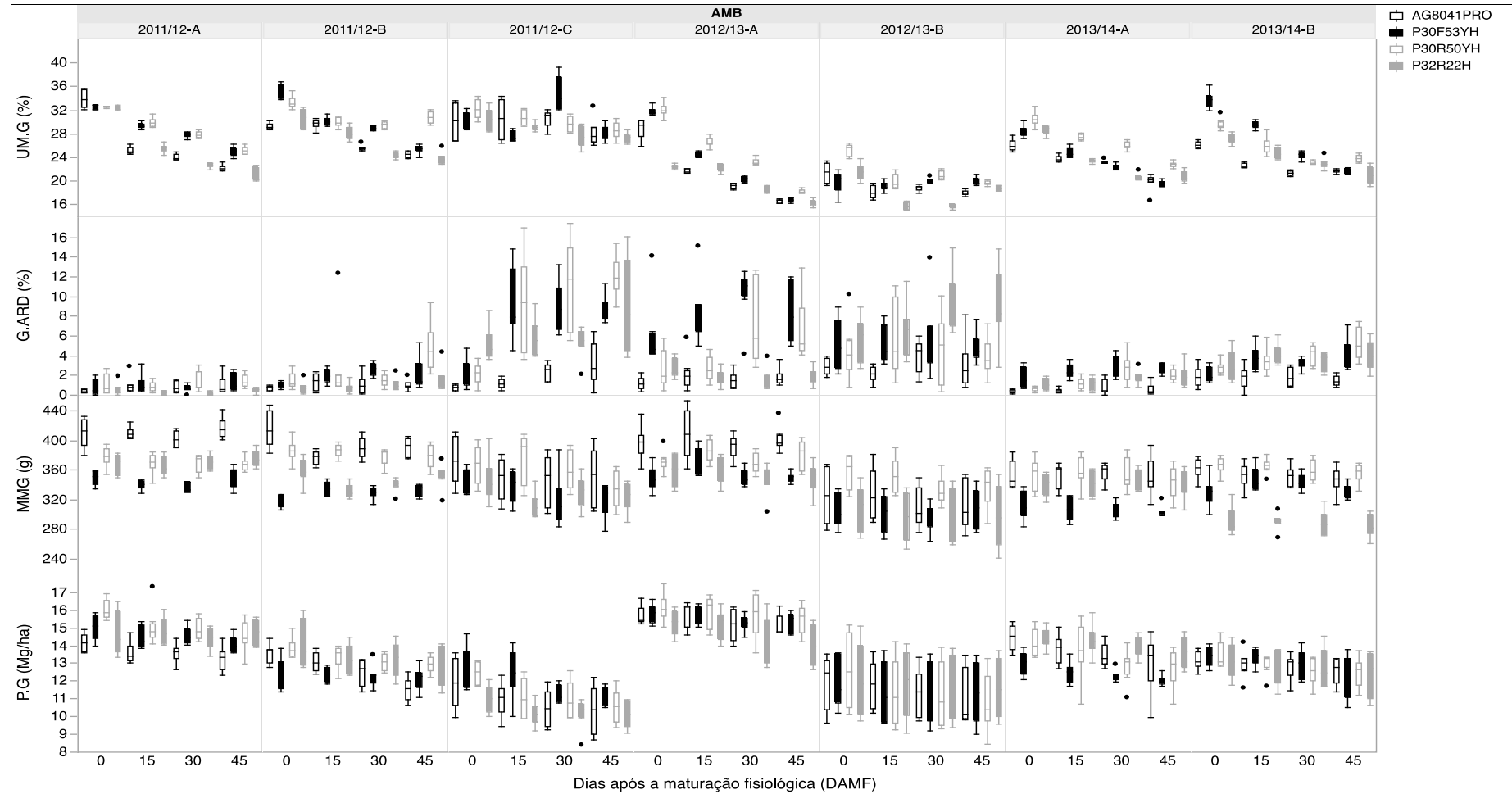
**APÊNDICE B** - Efeito do ambiente (AMB) e do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre as podridões espiga por *Diplodia* (E.DIP em %), *Penicillium* spp. (E.PEN em %), *Fusarium* (E.FUS em %) e *Giberela* (E.GIB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.



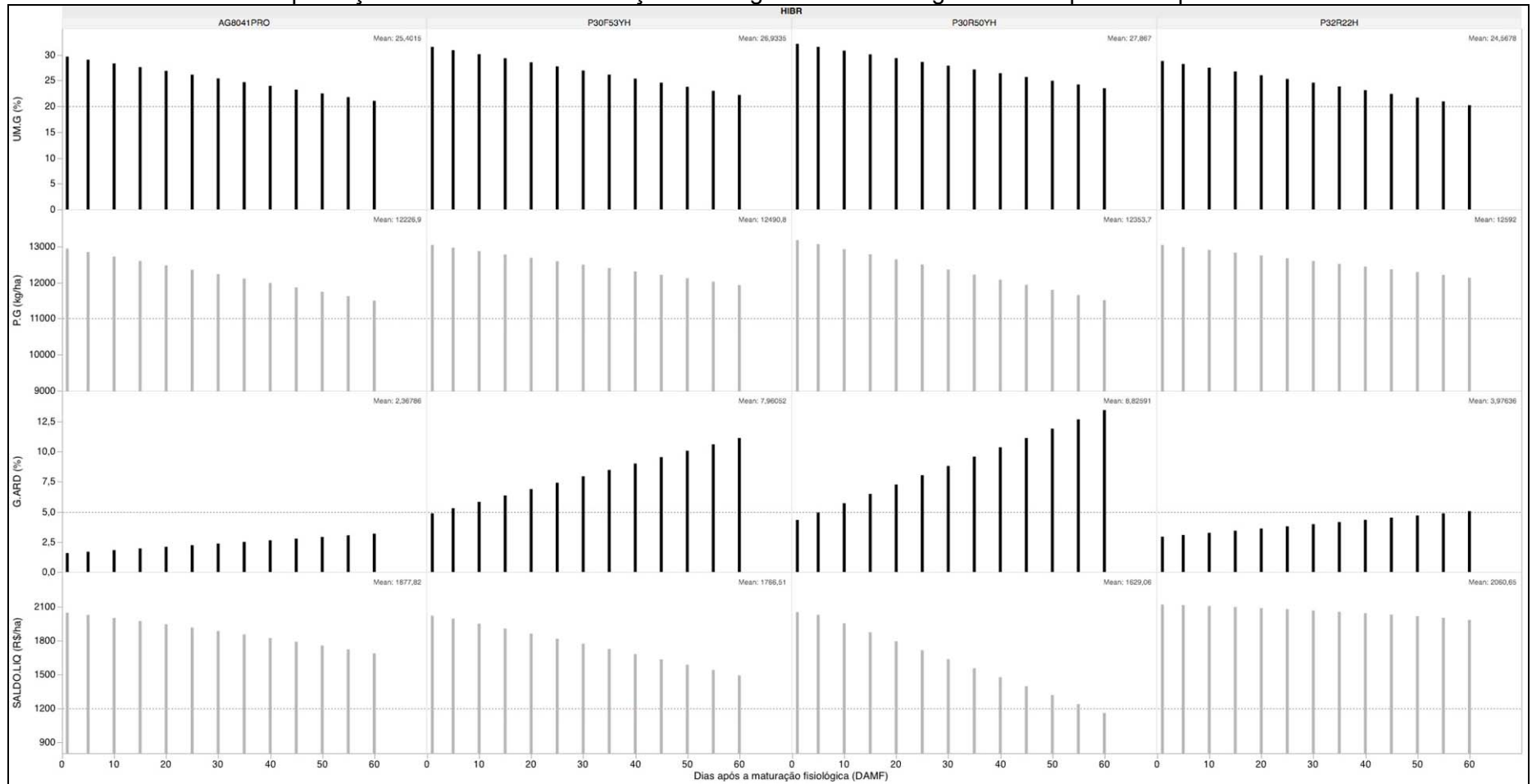
**APÊNDICE C** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre a incidência de grãos contaminados por *F. graminearum* (G.FGRA em %), *Penicillium* spp. (G.PEN em %), *F. verticillioides* (G.FVER em %) e *F. subglutinans* (G.FSUB em %), avaliadas na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.



**APÊNDICE D** - Efeito do ambiente (AMB), do atraso na colheita em relação aos dias após a maturação fisiológica (DAMF) sobre a umidade dos grãos (UM.G em %), grãos ardidos (G.ARD em %), massa de mil grãos (MMG em g) e produtividade de grãos (P.G em Mg ha<sup>-1</sup>), avaliados na colheita dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, cultivados nas épocas de semeadura A, B e C, safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14, Castro-PR.



**APÊNDICE E** – Saldo líquido financeiro da produção de milho (SALDO.LIQ em R\$ ha<sup>-1</sup>) em função do atraso na colheita após a maturação fisiológica dos híbridos AG8041PRO, P30F53YH, P30R50YH e P32R22H, considerando os valores de umidade de grãos (UM.G em %), produtividade de grãos (P.G em kg ha<sup>-1</sup>) e porcentagem de grãos ardidos (G.ARD em %) obtidos a partir das análises de regressão. O valor de comercialização considerado foi de R\$ 30,00 saca<sup>-1</sup>, custo de transporte de R\$ 20 R\$ t<sup>-1</sup>, custo de produção e tabelas de classificação e secagem utilizadas regionalmente pelas Cooperativas ABC.



**APÊNDICE F** – Probabilidade de 75 e 90% do número máximo de dias favoráveis para a colheita do milho dentro de cada decêndio, calculada para os municípios de Ponta Grossa, Carambeí, Castro e Piraí do Sul-PR, considerando a série histórica de precipitação pluvial entre 1985 e 2014. Precipitação pluvial diária igual ou superior a 5, 15 e 30 mm resultou em 1, 2 e 3 dias desfavoráveis a colheita, respectivamente.

