

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

**MANEJO DE FUNGICIDAS E NITROGÊNIO EM  
TRIGO E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE  
E QUALIDADE DE GRÃOS**

**TESE DE DOUTORADO**

**Lucas Navarini**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

**MANEJO DE FUNGICIDAS E NITROGÊNIO EM  
TRIGO E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE  
E QUALIDADE DE GRÃOS**

**Lucas Navarini**

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

**Orientador: Prof. PhD. Ricardo Silveiro Balardin**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

Navarini, Lucas

N319d

Manejo de fungicidas e nitrogênio em trigo e seus efeitos na produtividade e qualidade de grãos / por Lucas Navarini. - Santa Maria, 2010.

71f., il.

Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação, RS, 2010.

Orientador: Ricardo Silveiro Balardin

1. Agronomia. 2. Trigo. 3. Estrobilurinas. 4. Força do glúten. 5. Nitrogênio. 6. Trigo - produtividade. 8. Fungicidas. I. Balardin, Ricardo Silveiro, orient. II. Título.

CDU: 632.26-952:633.11

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes CRB-5/1644  
Biblioteca Central/Divisão de Processamento Técnico da  
Universidade Federal de Sergipe.

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

A comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**MANEJO DE FUNGICIDAS E NITROGÊNIO EM TRIGO E SEUS  
EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS**

elaborada por  
**Lucas Navarini**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Ricardo Silveiro Balardin, PhD.** (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

---

**Gustavo Rossato Busato, Dr.** (SYNGENTA)

---

**Jerson Vanderlei Carús Guedes, Dr.** (UFSM)

---

**Luis Antonio de Avila, PhD.** (UFPEL)

---

**Adilson Jauer, Dr.** (SYNGENTA)

Santa Maria, 10 de dezembro de 2010

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha esposa Gislene de Andrade Nicolodi e filhos,  
Lorenzo Nicolodi Navarini e Benicio Nicolodi Navarini,  
por resistirem bravamente junto comigo nesta corrida chamada Doutorado.  
Especialmente os 'guris' que vieram ao mundo em meio a essa tempestade.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Cooperativa Central Gaúcha Ltda. (CCGL) em especial a FUNDACEP FECOTRIGO pelo apoio e todo o suporte para o desenvolvimento do trabalho de campo. Em especial a BASF na pessoa de Edi Verner Jann pela ajuda com os fungicidas e na obtenção dos dados de qualidade do trigo.

Agradeço em especial ao Professor orientador e grande amigo Ricardo Silveiro Balardin por todos os ensinamentos, apoio, paciência e exemplo.

Ao programa de pós-graduação em Agronomia e seu corpo docente pelos ensinamentos, experiências e exemplos de profissionalismo.

Meus agradecimentos especiais a minha esposa companheira forte e aos meus filhos Lorenzo e Benicio que vieram ao mundo durante a construção desta tese.

Um agradecimento especial aos meus pais e irmãos pelo apoio e força durante o desenvolvimento desta etapa.

## **RESUMO**

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **MANEJO DE FUNGICIDAS E NITROGÊNIO EM TRIGO E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS**

Autor: Lucas Navarini

Orientador: Ricardo Silveiro Balardin

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de dezembro de 2010

A cultura do trigo é severamente atacada por doenças, reduzindo significativamente sua rentabilidade. As doenças diminuem não só a produtividade, mas também a qualidade, fator esse imprescindível para a rentabilidade atual da cultura. Com o intuito de determinar os fatores, do ponto de vista do manejo químico de doenças foliares, necessários para obtenção de trigo com qualidade de panificação, esta tese buscou esclarecer a interação entre cultivares e fungicidas na melhor utilização do nitrogênio e suas implicações na produtividade e qualidade de grãos de trigo. Os dois experimentos foram arranjos em esquema fatorial com parcelas subdivididas no delineamento de blocos ao acaso com seis repetições. Os resultados obtidos mostraram que os fungicidas, com destaque para as estrobilurinas, promoveram uma melhor utilização do nitrogênio em plantas de trigo. As interações entre os efeitos proporcionados pelos fungicidas, no controle de doenças, e seus efeitos diretos na fisiologia de plantas de trigo, foram fatores determinantes para obtenção de trigo com alta qualidade de panificação. Os dados mostraram que o aumento na disponibilidade de nitrogênio aumentou significativamente a força de glúten, e que as doenças comprometeram a remobilização do nitrogênio das folhas para os grãos. Ficaram evidentes as diferenças entre estrobilurinas e triazóis no controle de manchas foliares e de ferrugem da folha, onde o epoxiconazol foi mais eficiente no controle do complexo de manchas foliares, enquanto que o controle efetivo da ferrugem da folha do trigo foi proporcionado pelas estrobilurinas. Os estádios fenológicos do alongamento e emissão de espigas foram momentos críticos para o controle químico de manchas foliares. O uso de nitrogênio no período vegetativo do trigo aumentou a produtividade e o seu uso no período reprodutivo aumentou a força de glúten. O fungicida piraclostrobina aplicado desde o tratamento de sementes proporcionou maior produtividade e força de glúten.

Palavras-chave: estrobilurinas, força de glúten, nitrogênio, produtividade.

## **ABSTRACT**

Doctorate Thesis  
Agronomy Post-Graduation Program  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### **FUNGICIDE AND NITROGEN MANAGEMENT IN WHEAT AND ITS EFFECTS ON YIELD AND GRAIN QUALITY**

Author: Lucas Navarini

Advisor: Ricardo Silveiro Balardin

Date e Place of Examination: Santa Maria, December 10, 2010

The wheat crop is severely attacked by diseases, which significantly reduce its profitability. The diseases reduce not only productivity but also quality, factor that is essential for the actual economic culture viability. In order to analyze which factors regarding chemical control of foliar diseases are essential to allow bread wheat varieties express the trait, this thesis sought to clarify the interaction between varieties and fungicides in better utilization of nitrogen and its implications for productivity and quality of wheat grains. The two experiments were arranged in a factorial split-plot design in randomized blocks with six replications. The results showed that the fungicides, especially strobilurins, promoted better use of nitrogen in wheat plants. The interactions between the effects provided by fungicides in disease control, and its direct effects on wheat plants physiology, were decisive factors for obtaining high-quality wheat for bread production. The data showed that the increase in nitrogen availability significantly increased the gluten strength. Showing also that, the diseases have committed the remobilization of nitrogen from leaves to grains. Differences were evident between strobilurin and triazole fungicides to control leaf spot and leaf rust, where the epoxiconazole were more effective in the leaf spot complex control, compared to strobilurins. The growth stages of elongation and emission of spikes were critical times for the chemical control of leaf spot. The use of nitrogen in the vegetative stage of wheat increased productivity and its use in the reproductive stages increased the gluten strength. The pyraclostrobin fungicide applied since the seed treatment provided a higher yield and gluten strength.

Key words: gluten strength, nitrogen, strobilurin, yield.

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 – Relação dos cultivares utilizados no experimento, suas características agronômicas e reação às doenças apresentadas no local do experimento. Cruz Alta – RS/2009.....</b>	<b>27</b>
<b>TABELA 2 – Programas de controle químico aplicados nos doze cultivares trigo. Cruz Alta – RS/2009.....</b>	<b>27</b>
<b>TABELA 3 – Composição dos tratamentos conduzidos no experimento (B). Cruz Alta – RS/2009.....</b>	<b>28</b>
<b>TABELA 4 – Média da produtividade de grãos, peso de mil grãos e peso hectolitro para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.....</b>	<b>38</b>
<b>TABELA 5 – Médias das variáveis agronômicas e fitopatológicas avaliadas para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.....</b>	<b>39</b>
<b>TABELA 6 – Classificação em ordem alfabética da maior para a menor quantidade de doença acumulada (média da área abaixo da curva de progresso de manchas foliares e média da área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha) na interação entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.....</b>	<b>41</b>
<b>TABELA 7 – Classificação em ordem alfabética da maior para a menor produtividade de grãos média na interação entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009. ....</b>	<b>43</b>
<b>TABELA 8 – Valores dos quadrados médios para a porcentagem de nitrogênio foliar na folha bandeira e força de glúten (W) nas interações entre cultivares de trigo e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009. ....</b>	<b>46</b>
<b>TABELA 9 – Porcentagem de nitrogênio na folha bandeira no estágio fenológico de grãos duro (11.3) para as interações entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.....</b>	<b>47</b>
<b>TABELA 10 – Força de glúten (W) para as interações entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.....</b>	<b>47</b>
<b>TABELA 11 – Médias da produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) para os cultivares de trigo, submetidos aos tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009. ....</b>	<b>48</b>

<b>TABELA 12 – Média da área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF) para os cultivares de trigo, na interação entre os tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.....</b>	<b>49</b>
<b>TABELA 13 – Média da produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) para os cultivares de trigo, na interação entre os tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.....</b>	<b>49</b>
<b>TABELA 14 – Média da força de glúten (W) para os cultivares de trigo, submetidas aos tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.....</b>	<b>51</b>
<b>TABELA 15 – Média da força de glúten (W) para os cultivares de trigo, na interação entre os tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009. ....</b>	<b>52</b>

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Médias das temperaturas máximas e mínimas e distribuição de chuvas no local de condução do experimento nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Cruz Alta – RS/2009..... 25**
- FIGURA 2 – Média da área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF) considerando quatro avaliações para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009. .... 36**
- FIGURA 3 – Média da área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPFF) considerando quatro avaliações para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009. .... 36**
- FIGURA 4 – Média do índice de área foliar verde para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009. .... 37**
- FIGURA 5 – Índice de resposta de cultivares para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009. .... 39**
- FIGURA 6 – Índice de resposta de cultivares calculado sobre a área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF) para a interação entre os doze cultivares de trigo e os seis programas de controle fungicidas. Cruz Alta – RS/2009. .... 45**

## LISTA DE APÊNDICES

<b>APÊNDICE A – Escala fenológica do trigo elaborada por Large, 1954:</b> .....	69
<b>APÊNDICE B – Escala diagramática para avaliação da severidade de ferrugem segundo Peterson et al, 1948:</b> .....	70
<b>APÊNDICE C – Escala diagramática para avaliação da severidade de manchas foliares segundo James, 1971:</b> .....	70
<b>APÊNDICE D – Fenologia observada nas doze cultivares utilizadas nos experimentos em Cruz Alta, RS - 2010:</b> .....	71
<b>APÊNDICE E – Valores dos quadrados médios para as características agronômicas e fitopatológicas analisadas no experimento (A):</b> .....	71
<b>APÊNDICE F – Valores dos quadrados médios para as características fitopatológicas analisadas no experimento (A):</b> .....	72
<b>APÊNDICE G – Valores dos quadrados médios para as características agronômicas e fitopatológicas analisadas no experimento (B):</b> .....	72

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
<b>2.1 A cultura do trigo e sua utilização:</b> .....	14
<b>2.2 As principais doenças foliares do trigo:</b> .....	16
<b>2.3 Efeito do controle das doenças e dos fungicidas sobre a qualidade de grãos de trigo:</b> .....	17
2.3.1 Efeito do controle de ferrugem sobre a qualidade de grãos de trigo: .....	18
2.3.2 Efeito do controle de manchas foliares sobre a qualidade de grãos de trigo:.....	19
2.3.3 Interações entre o controle das doenças e a qualidade de grãos de trigo: .....	20
<b>2.4 Efeitos fisiológicos de fungicidas:</b> .....	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
<b>3.1 Local e instalação do experimento:</b> .....	24
<b>3.2 Tratamentos:</b> .....	26
<b>3.3 Aplicação dos Tratamentos:</b> .....	29
<b>3.4 Dados e análise:</b> .....	29
3.4.1 Área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF):.....	29
- Área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPPF): .....	29
3.4.2 Índice de Área foliar verde: .....	30
3.4.3 Teor de clorofila: .....	31
3.4.4 Porcentagem de nitrogênio: .....	31
3.4.5 Produtividade, peso de mil grãos e peso hectolitro: .....	31
3.4.6 Índice de resposta de cultivares (IRC):.....	32
3.4.7 Força de Glúten (W):.....	33
3.4.8 Análise dos dados: .....	34
<b>4 RESULTADOS</b> .....	35
<b>4.1 Eficiência dos programas de controle sobre as doenças:</b> .....	35
<b>4.2 Resposta de cultivares de trigo aos programas de controle fungicidas:</b> .....	38
<b>4.3 Interações:</b> .....	40
<b>4.4 Efeito das interações na qualidade de grãos de trigo:</b> .....	45
<b>4.5 Efeito do tratamento de sementes na qualidade e produtividade do trigo:</b> .....	48
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	53
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	58
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	59
<b>APÊNDICES</b> .....	68

# 1 INTRODUÇÃO

O clima, fator preponderante no aparecimento e evolução das doenças na cultura do trigo, rege o potencial de dano e o tipo de doenças que proporcionam perdas econômicas e dificultam a produção. Considerando que os invernos da região sul do Brasil são predominantemente chuvosos e geralmente com temperaturas amenas a altas, a ocorrência de ferrugem da folha do trigo (*Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f.sp. *tritici* Heriks. & Henn) é bastante comum. Picinini (1995) quantificou reduções de até 80% na produtividade de grãos, enquanto que os resultados de Reis *et al.* (2000) apresentaram um dano de 10,5 a 18,7 kg ha<sup>-1</sup> para cada 1% de incidência foliar da ferrugem.

As manchas foliares do trigo que é uma denominação genérica atribuída a um conjunto de quatro diferentes doenças fúngicas: mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs. (anamorfo: *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Schoem.), mancha marrom (*Cochliobolus sativus* (Ito & Kurib.), Drechs. ex. Dastur. (anamorfo: *Bipolaris sorokiniana* Sacc. in. Sorok.), mancha da gluma (*Phaeosphaeria nodorum* (anamorfo: *Stagonospora nodorum* (Berk.) Cast & Germ) e mancha salpicada (*Septoria tritici* Roberge in Desmaz. (teleomorfo: *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schöt. In Chon), é considerando o complexo de doenças mais danoso para a cultura do trigo (MEHTA, *et al.*, 1992), chegando a acarretar perdas de até 80% na produtividade de grãos (BARROS, 1985; HETZLER, *et al.*, 1991; MEHTA, 1993).

Estas doenças comprometem a manutenção da área foliar verde durante o enchimento de grãos, que é fundamental para garantir a produtividade e conseqüentemente a qualidade (REYNOLDS *et al.*, 2000; RICHARDS, 2000). Isto torna a senescência foliar precoce (proporcionado por essas doenças) um fator que afeta seriamente o potencial produtivo (ZHANG *et al.*, 2006), tornando o atraso da senescência foliar uma característica agrônômica desejável (QUIRINO *et al.*, 2000; SUBHAN e MURTHY, 2001). A manutenção da vida verde da folha bandeira é particularmente importante porque é a última folha que senesce, intercepta mais luz do que as folhas mais baixas (GOODING *et al.*, 2000), e contribui com cerca de 30 a 50% dos fotoassimilados para o enchimento de grãos, comparativamente as demais folhas (SYLVESTER-BRADLEY *et al.*, 1990), sendo que a sua longevidade correlaciona-se estreitamente com acúmulo de proteína no grão (PEPLER *et al.*, 2005b).

Portanto, quaisquer estratégias que visam proteger a folha bandeira e atrasar o processo de senescência são importantes para garantir maior produtividade com maior qualidade de grãos.

Os fungicidas, por proporcionarem o controle das doenças, têm sido associados com o aumento de produtividade, especialmente devido à manutenção fotossintética do dossel foliar durante o enchimento de grãos (PEPLER *et al.*, 2005a; RUSKE *et al.*, 2003), ou ainda através de efeitos diretos dos fungicidas na fisiologia da planta de trigo (GROSSMANN e RETZLAFF, 1997).

Recentemente na produção de trigo de alta qualidade, ocorre a adição de nitrogênio via pulverização foliar aplicado juntamente com os fungicidas visando aumentar a qualidade de grãos (WOOLFOLK *et al.*, 2002). O nitrogênio aplicado na antese aumenta o teor de proteína nos grãos do trigo (GOODING *et al.*, 2007). Uma relação positiva entre o N fornecido pela adubação foliar e a qualidade de panificação da farinha foi observada por TEA *et al.* (2007). As aplicações de fungicidas também afetam a concentração de N nos grãos, embora existam respostas positivas (HERRMAN *et al.*, 1996) e negativas (SALMON e COOK, 1987) em diferentes estudos. Dimmock e Gooding (2002b) sugeriram que essa variação nos efeitos dos fungicidas sobre a concentração de N nos grãos foi em parte devido às diferentes doenças foliares controladas.

Portanto, a aplicação de fungicidas tem um papel importante no uso eficiente do nitrogênio proporcionando maior sustentabilidade econômica e ambiental da cultura do trigo (FOULKES *et al.*, 1998). Melhorar a absorção e o particionamento para os grãos reduz a quantidade de nitrogênio em risco de perdas para o ambiente (RAUN e JOHNSON, 1999). Prolongar a vida do dossel foliar com os efeitos proporcionados pelos fungicidas pode aumentar a recuperação de nitrogênio, através não só da melhoria na absorção, mas também na maior remobilização para os grãos (RUSKE *et al.*, 2003).

Assim, a hipótese do trabalho foi analisar quais os fatores do ponto de vista do controle químico das doenças foliares são essenciais para que os cultivares de trigo pã expressem a característica. Para isso os objetivos foram de avaliar como a interação entre as doenças foliares e aplicação de fungicidas influencia no metabolismo e partição do nitrogênio entre cultivares de trigo, e comparar como esse aumento na eficiência de utilização do nitrogênio pela planta de trigo pode impactar na força de glúten entre cultivares de trigo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do trigo e sua utilização:

O trigo (*Triticum aestivum* L.), um cereal da família Poaceae, é o segundo cereal em produção no mundo, sendo superado apenas pelo milho. A produção anual é em torno de 600 milhões de toneladas, sendo a China o maior produtor. O Brasil produz cerca de cinco milhões de toneladas por ano (CONAB, 2009). Supõe-se que o trigo é consumido há mais de 12 mil anos, acreditando-se que foi no crescente fértil, região que vai do norte do vale do rio Nilo até a mesopotâmia, hoje Iraque, Kuwait, passando pelo Líbano, Israel, Síria e Jordânia (na parte asiática) que teria surgido a agricultura a partir do trigo. Já o uso do pão branco de massa fermentada, é atribuído aos egípcios 20 ou 30 séculos antes de Cristo.

As massas preparadas a partir de farinha de trigo têm propriedades reológicas únicas que contribuíram para a importância da cultura na agricultura, nutrição humana e comércio (FARIDI e FAUBION, 1995). O comportamento das massas feitas a partir da farinha de trigo está fortemente ligado ao tipo e a quantidade de proteínas presentes na farinha e a concentração de proteínas nos grãos (GOODING e DAVIES, 1997). A concentração de proteína nos grãos, expressa como concentração de nitrogênio, normalmente é listada nas classificações qualitativas de grãos que são usadas para inúmeros tipos de produtos derivados de trigo, incluindo pão, macarrão, massas, bolachas e bolos (BLACKMAN e PAYNE, 1987; LIN *et al.* 1990; MORRIS e ROSE, 1996; GOODING e DAVIES, 1997). Trigos com baixas concentrações de proteína nos grãos são destinados para produção de álcool em alguns países e no caso do Brasil, também chamado de ‘triguiho’, é destinado à produção de ração.

A farinha obtida dos grãos de trigo é o componente estrutural da massa, constituindo o ingrediente fundamental para produção do pão. Ela possui as proteínas gliadina e glutenina, com características capazes de formar uma rede de estruturação chamada de glúten (ABITRIGO, 2009). O papel do glúten nos processos de panificação está basicamente ligado a sua capacidade de dar extensibilidade e consistência a massa, além de reter o gás carbônico proveniente da fermentação, promovendo o aumento de volume desejado. As gliadinas são proteínas de cadeia simples, extremamente pegajosas, responsáveis pela consistência e viscosidade da massa, apresentando pouca resistência a extensão. Já as gluteninas apresentam

cadeias ramificadas que são responsáveis pela extensibilidade da massa (ABITRIGO, 2009). A proporção e as quantidades destas duas proteínas nos grãos de trigo são os fatores determinantes para a qualidade da rede formada no processo de panificação (POMERANZ, 1973).

Embora as proteínas possuam grande importância do ponto de vista nutricional, normalmente entende-se por qualidade de proteína, na farinha ou no grão, as suas características do ponto de vista da panificação, através da proporção das gliadinas e gluteninas. A variação qualitativa e quantitativa dessas proteínas depende do genótipo, do ambiente e da interação destes, bem como o processo de colheita e armazenagem (GUARIENTI, 1996).

As variações de qualidade devido ao ambiente são majoritárias quando comparadas as variações genotípicas (PETERSON *et al.*, 1998). Na principal região produtora de trigo do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), os principais problemas à qualidade da farinha de trigo são o excesso de umidade, temperaturas elevadas, as chuvas na colheita, a ocorrência de geadas e principalmente as doenças durante o enchimento de grãos (NODA *et al.*, 1994).

Quando ocorre estresse térmico por altas temperaturas, a síntese de gliadinas e as subunidades de gluteninas de baixo peso molecular não são afetadas. Entretanto, as subunidades de gluteninas de alto peso molecular são reduzidas (BLUMENTHAL *et al.*, 1994). Essa redução da síntese de gluteninas de alto peso afeta negativamente a formação de agregados responsáveis pela coesividade do glúten e da firmeza das massas (SHEWRY *et al.*, 2003).

Além disso, a germinação na espiga, que pode ocorrer na pré-colheita do trigo, induzida quando os grãos absorvem água logo após completar a maturação, promove a ativação da enzima  $\alpha$ -amilase (sintetizada na camada de aleurona do endosperma), que reduz significativamente a qualidade da farinha (NODA *et al.*, 1994). Esta enzima é responsável pela quebra de proteínas e outras moléculas de alto peso molecular para liberar energia e iniciar o processo de germinação. Chuvas no período inicial da maturação afetam principalmente as características quantitativas (peso de mil grãos, peso do hectolitro e rendimento de farinha) e aumentam o teor de cinzas no grão, enquanto que as chuvas ao final da maturação reduzem a estabilidade, a elasticidade e a extensibilidade da massa, bem como sua viscosidade (HIRANO, 1976).

## 2.2 As principais doenças foliares do trigo:

As doenças da cultura do trigo são o principal redutor de produtividade e de qualidade dos grãos colhidos. Podemos dividi-las em ferrugens e manchas foliares, como as mais danosas a cultura, afetando de forma diferenciada o potencial produtivo e a qualidade de grãos entre os cultivares de trigo.

A ferrugem da folha do trigo está presente em todas as regiões onde o cereal é cultivado. Seu surgimento no Brasil data entre 1811 e 1814, uma das razões mencionadas como responsável pelo desaparecimento da cultura do trigo em 1823 no Brasil, só ressurgindo por volta de 1875, dada a agressividade desta doença (CUNHA, 1999). Segundo Reis (1991), as perdas na produtividade de grãos dependem do estágio de desenvolvimento da cultura em que ocorre a doença e, principalmente, da severidade, que é função da suscetibilidade do cultivar, da virulência da raça fisiológica do patógeno e das condições ambientais.

As ferrugens causam perdas devido à redução da área fotossintética e aumento da respiração e transpiração, afetando diretamente a qualidade dos grãos (REIS, 1991; WIESE, 1998). O fluxo de carboidratos através do floema destinado ao enchimento de grãos é reduzido. Como consequência as plantas infectadas formam menor quantidade de grãos por espiga, grãos de menor tamanho, e de baixa qualidade industrial com valor alimentar reduzido (REIS, 1991). No Brasil, a maioria das áreas tradicionais de cultivo de trigo constitui ambiente favorável ao desenvolvimento da ferrugem da folha (BARCELLOS *et al.*, 1997).

O complexo das manchas foliares, mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*), mancha da gluma (*Stagonospora nodorum*) e mancha salpicada (*Septoria tritici*) é tão danoso quanto a ferrugem da folha. O fungo *Drechslera tritici-repentis* está muito relacionado ao plantio direto em monocultura, uma vez que esse e os demais patógenos do complexo podem sobreviver em restos culturais e em hospedeiros secundários (PRESTES *et al.* 2002). Rees e Platz 1983 relataram danos de 13 a 48%, sendo grande parte dessa redução na produtividade devido à redução do tamanho de grãos. No Brasil, em avaliações realizadas no Paraná, Linhares *et al.* 1995, apresentou perdas de 36 %. No Rio Grande do Sul, Picinini e Fernandes (1992), avaliando o controle de manchas foliares com fungicidas, verificaram uma diferença de até 59 % de produtividade entre testemunha e tratado.

Portanto, considerando o complexo de manchas foliares e a ferrugem da folha, temos que ambas podem reduzir mais da metade da capacidade produtiva da cultura do trigo. Visto que, este comprometimento, às vezes, não observado na forma de quilos por hectares, pode estar presente na má qualidade do trigo brasileiro frente ao trigo importado.

### 2.3 Efeito do controle das doenças e dos fungicidas sobre a qualidade de grãos de trigo:

O manejo dessas doenças com fungicidas é importante para produção do trigo, particularmente para trigo de primavera. Na Alemanha, França e Reino Unido a aplicação de fungicidas é muitas vezes justificada economicamente por uma combinação de altos potenciais produtivos e altas pressões de doenças, advindas de temperaturas favoráveis ao estabelecimento das doenças, altas doses de nitrogênio, e áreas sem rotação de culturas (trigo sobre trigo), assim como no Brasil (CHRISTEN, 2001). O uso de fungicidas na cultura do trigo se justifica pelos efeitos do controle de doenças na qualidade de grãos, através do prolongamento do período de enchimento de grãos (BROADFOOT, 1931; CALDWELL *et al.*, 1934). Os fungicidas impedem que as doenças acometam as folhas, acelerando a senescência. Conseqüentemente diminuindo a ocorrência de grãos murchos, secos ou enrugados. Grãos estes indesejáveis por estarem associados ao baixo rendimento de farinha (GOODING e DAVIES, 1997).

Os fungicidas aplicados logo após a expansão da folha bandeira têm o melhor efeito na produtividade (COOK e KING, 1984; COOK e THOMAS, 1990), proporcionado pelo seu efeito em atrasar a senescência precoce das plantas promovido pelas doenças (GOODING *et al.*, 2000; DIMMOCK e GOODING, 2002b). Trabalhos na Austrália e Egito com ferrugem (*P. striiformis*) mostraram resultados sobre a concentração de proteína nos grãos, plantas infectadas apresentaram níveis reduzidos e controlando a ferrugem aumentou-se a concentração de proteína nos grãos (ABDEL - HAK *et al.*, 1987; PARK *et al.*, 1998). Portanto, há muitos indícios que a infecção por *Puccinia spp.* pode ser mais prejudicial para o acúmulo de nitrogênio nos grãos do que no acúmulo de matéria seca (DIMMOCK e GOODING, 2002b).

### 2.3.1 Efeito do controle de ferrugem sobre a qualidade de grãos de trigo:

A concentração de proteína nos grãos de trigo é frequentemente reduzida pela infecção de ferrugens. Shutt (1905) relatou que a concentração de proteína na palha de trigo com ferrugem foi três vezes maior que a encontrada na palha de trigo sem ferrugem. Caldwell *et al.* (1934) e Greaney *et al.* (1941) mostraram claramente que a infecção de *P. recondita* em cultivares suscetíveis aumentou a concentração de proteína nas folhas e hastes e reduziu a concentração protéica nos grãos. Estes efeitos foram superiores aos efeitos sobre o acúmulo de matéria seca. Walters (1989) relatou um acúmulo significativo de nitrogênio dentro de pústulas de *P. graminis* em folhas de trigo enquanto que a concentração de nitrogênio nas áreas circundantes se manteve inalterada. Isto mostrou a importação líquida de nitrogênio para a região infectada da folha.

Da mesma forma outros autores (AHMAD *et al.*, 1982) encontraram mais nitrogênio em folhas de cevada infectadas com *P. hordei* do que em folhas não infectadas. A situação para esses efeitos é significativamente diferente sobre o acúmulo de carbono, não havendo evidência de fungos biotróficos causando importação líquida de açúcares em tecido foliar de cereais infectados, nem transporte contra o fluxo normal do floema no interior da folha (WALTERS, 1989). Isto não quer dizer que o acúmulo e translocação de carbono não são também gravemente afetados pela infecção por ferrugem. Urédias de ferrugens reduzem a quantidade de tecido foliar verde disponível para interceptar a radiação solar e perturbam o balanço entre a captação de água e a transpiração. Assim, a resistência à perda de água fica reduzida comprometendo a expansão de novas folhas. Além de fazê-las senescer prematuramente o que reduz o tempo de interceptação de radiação e fotossíntese. Reduzindo a eficiência de utilização da radiação aumenta-se a respiração e ainda o carbono fixado é utilizado nas estruturas do fungo (DIMMOCK e GOODING, 2002b).

A retenção de assimilados nos órgãos das plantas de trigo infectadas por fungos biotróficos tais como as ferrugens, tem sido relatada (CROWDY e MANNERS, 1971) e contrasta com os necrotróficos onde há pouco ou nenhum acúmulo. Lucas (1998) relatou que as ferrugens podem causar uma perturbação do equilíbrio nutricional da planta através de danos físicos nas folhas, reduzindo tanto a fotossíntese quanto a translocação. Os danos na cutícula aumentam a transpiração provocando uma senescência precoce através da desidratação, aumentando com isto a retenção de açúcares e aminoácidos nas folhas doentes,

o que restringe a remobilização para o desenvolvimento de grãos. Se a doença desorganiza o controle da perda de água, efeitos sobre a produtividade e a qualidade são agravados quando em condições de clima quente e seco durante o enchimento de grãos e durante a maturação (HARTILL, 1961). Portanto *Puccinia spp.* pode reduzir tanto o acúmulo de nitrogênio, quanto o de carbono nos grãos, e geralmente a adição do nitrogênio é mais afetada quando comparada com a do carbono (DIMMOCK e GOODING, 2002b). Por outro lado, Broadfoot (1931) relatou reduções na concentração protéica em uma série de comparações. Do mesmo modo, durante um período de sete safras em experimentos realizados no Canadá, numa das safras o controle de *P. recondita* reduziu a concentração protéica, sendo que em cinco safras o inverso ocorreu (PETURSON e NEWTON, 1939; PETURSON *et al.*, 1945, 1948). Rees e Syme (1981) encontraram redução significativa na concentração de nitrogênio nos grãos quando controlada *P. graminis* em duas cultivares altamente suscetíveis, mas quando o mesmo patógeno foi controlado em uma cultivar moderadamente suscetível, a concentração de nitrogênio nos grãos aumentou significativamente. Todavia existem situações em que o controle de *Puccinia spp.* reduziu a concentração de nitrogênio nos grãos, porém sem dados tão consistentes quanto para o inverso.

### 2.3.2 Efeito do controle de manchas foliares sobre a qualidade de grãos de trigo:

A diferença entre um patógeno biotrófico em detrimento de um necrotrófico está na agressividade da estratégia de infecção necrotrófica. A capacidade do fungo biotrófico de redirecionar e reter o nitrogênio em tecidos infectados em vez do grão contrasta com os efeitos proporcionados pelos necrotróficos, sendo que sua estratégia de destruir o tecido foliar provoca uma interferência significativa não só na translocação, mas também na fotossíntese líquida e, portanto, apresenta um comprometimento tanto no acúmulo de carbono quanto no de nitrogênio (SCHAREN *et al.*, 1975; WAFFORD e WHITBREAD, 1976).

Epidemias de manchas foliares, assim como de ferrugem, reduzem a concentração de proteína nos grãos por unidade de área, reduzindo tanto a assimilação quanto particionamento de nitrogênio para os grãos (RUSKE *et al.*, 2003). Em alguns casos os efeitos sobre o acúmulo de nitrogênio são mais intensos do que os efeitos sobre a produção de matéria seca nos grãos, por isso, controlando as manchas foliares se aumenta a concentração de proteína nos grãos. Porém, o fato é que o controle de manchas foliares geralmente não aumenta na

mesma proporção a concentração de proteína nos grãos quando comparado ao controle de ferrugem (HEDKE e VERREET, 1999)

Os efeitos dos fungicidas na vida da folha bandeira afetam significativamente a concentração de proteína nos grãos de acordo com qual patógeno é controlado. O cultivar suscetível a ferrugem (com 99% de severidade de ferrugem e 5% de severidade após a aplicação fungicida) quando comparado com o cultivar suscetível a manchas foliares, porém resistente a ferrugem, (com 77% de severidade de manchas e 5% de severidade após a aplicação do fungicida), apresentou uma tendência de aumento na concentração de proteína nos grãos. Enquanto que o cultivar infectado por necrotróficos apresentou uma tendência de redução na concentração de proteína nos grãos (DIMMOCK e GOODING, 2002b).

### 2.3.3 Interações entre o controle das doenças e a qualidade de grãos de trigo:

Há uma evidente interação entre cultivar e fungicida, sendo que muitas vezes, o fungicida controla o mesmo espectro de doenças, mas a resposta na concentração de proteína nos grãos é diferente para diferentes cultivares. As características genéticas de cada cultivar, em tolerar o desenvolvimento dos patógenos em seus tecidos, promove diferenças onde o mesmo nível de controle da doença pode apresentar diferentes efeitos sobre a concentração de proteína nos grãos para cada cultivar (DIMMOCK e GOODING, 2002b). Este tipo de interação foi estudado no controle de *P. graminis* onde a concentração de proteína nos grãos foi tanto aumentada quanto diminuída pela aplicação de fungicidas entre cultivares (REES e SYME, 1981). Van e Sanford Mackown (1987) demonstraram que a porcentagem de nitrogênio da planta acumulado na espiga através da remobilização pode variar significativamente entre cultivares de trigo.

O uso de fungicidas aumenta a concentração de proteína nos grãos mais comumente quando as ferrugens (*Puccinia* spp.) são as principais doenças controladas. A utilização de fungicidas onde predominam manchas foliares pode reduzir a concentração de proteína nos grãos, mas tais perdas são geralmente pequenas, e podem ser minimizadas ou eliminadas através da aplicação foliar de uréia durante o enchimento de grãos (DIMMOCK e GOODING, 2002a). A produtividade de grãos aumenta significativamente com aplicações de nitrogênio ao solo antes ou durante a extensão do caule. A concentração de proteína nos grãos

pode ser aumentada por essas aplicações, mas respostas melhores são alcançadas pela aplicação foliar de uréia líquida logo após a antese (GOODING e DAVIES, 1992).

Enquanto que se diferencia a interação entre patógenos e cultivares sobre a concentração de proteína nos grãos, normalmente as doenças não irão afetar uma lavoura de trigo isoladamente, e sim formando um complexo de diferentes espécies de patógenos, competindo por nutrientes e reprodução nas condições de ambiente e nos limites de resposta que os hospedeiros permitem.

Além disso, há a possibilidade dos fungicidas apresentarem efeitos sobre uma série de espécies saprofíticas de fungos, que podem atuar como patógenos. O controle desses fungos pode estender o período de fotossíntese e aumentar a produtividade (DICKINSON, 1973; BERTELSEN *et al.*, 2001). No entanto, apesar das influências positivas dos fungicidas na qualidade de grãos, existem dúvidas que este substancial incremento na produtividade de grãos possa comprometer a concentração de proteína nos grãos, com a sugestão de que aumentando a produtividade os níveis de proteína estariam diluídos pela produção adicional de carboidrato. Incrementos de produtividade através de melhoramentos genéticos, por exemplo, são associados a reduções na concentração de proteínas (SIMMONDS, 1995; FEIL, 1997; SMITH e GOODING, 1999).

O rápido aumento na produção proporciona mais oferta de trigo no mercado, fazendo com que os agricultores fiquem cada vez mais pressionados a encontrar saídas para seu trigo e satisfazer um mercado cada vez mais exigente em qualidade. O tricultor brasileiro enfrenta esta demanda imposta pelo mercado, por exemplo, o mercado de trigo do Reino Unido como em outros países da Europa, prevê prêmios no preço do trigo com qualidade particularmente adequada para a produção de pão. Os prêmios são em média de 16% acima do valor do trigo destinado a alimentação animal (DIMMOCK e GOODING, 2002b). Considerando que na safra de 2009 houve a segregação por parte de alguns recebedores de trigo (Cooperativas) do Rio Grande do Sul, separando o trigo pão do trigo brando, é importante que os agricultores fiquem atentos para o quanto os insumos e o manejo da cultura influenciam não só nos custos, mas também na qualidade. Olhando para um mercado capaz de pagar a mais pela qualidade é importante rever métodos de manejo objetivando obter trigo pão.

## 2.4 Efeitos fisiológicos de fungicidas:

Ainda pode haver ‘efeitos fisiológicos’ positivos diretos dos fungicidas na planta de trigo. Tais efeitos têm sido verificados em muitos grupos de fungicidas, incluindo benzimidazóis (BRUCK *et al.*, 1984), triazóis (KETTLEWELL *et al.*, 1982, FLETCHER e NATH, 1984), e mais recentemente as estrobilurinas (KONRADT *et al.*, 1996; GROSSMANN e RETZLAFF, 1997; HABERMAYER *et al.*, 1998; GERHARD *et al.*, 1999).

Além da reconhecida ação fungicida das estrobilurinas, estudos demonstram que seu uso propicia aumentos de produtividade, especialmente na cultura do trigo (GROSSMANN e RETZLAFF, 1997), tendo também relatos mais recentes na cultura da soja (FAGAN, 2007). As estrobilurinas são uma das mais recentes classes de fungicidas sistêmicos, com um único modo de ação com alvo na respiração mitocondrial de fungos, considerado o principal desenvolvimento em fungicidas a base de fungos.

Estudos no comportamento das estrobilurinas em plantas têm demonstrado, além do controle das doenças, aumentos significativos na produtividade de grãos, massa seca, no conteúdo de clorofila e proteína e no atraso da senescência foliar (YPEMA e GOLD, 1999; MERCER e RUDDOCK, 1998). Pesquisas sobre os efeitos fisiológicos das estrobilurinas mostraram decréscimos na produção de etileno, sendo este, o principal responsável pelo atraso na senescência foliar, através da desaceleração na degradação das citoquininas (KÖEHLE, *et al.*, 2003).

O sítio de ação desses fungicidas na mitocôndria das células funciona inibindo o transporte de elétrons entre o citocromo-b e o citocromo-c na cadeia transportadora de elétrons, o que promove uma diminuição na produção de ATP (ANKE, 1995). Segundo Köhle *et al.* (2003) e Fagan (2007) esta inibição também ocorre em células vegetais e diminui a respiração de manutenção, promovendo uma acidificação no citoplasma. A acidificação do citosol promove um aumento significativo na atividade da enzima nitrato redutase (GLAAB e KAISER, 1999). Köhle *et al.* (2002) comprovaram estes efeitos em plantas de trigo observando uma redução de 10% de nitrato *in vitro*, sete dias após a aplicação de piraclostrobina, indicando reassimilação para metabólitos mais complexos.

Além disso, as estrobilurinas também proporcionaram uma desaceleração na senescência foliar, inibição da síntese de etileno, aumento no conteúdo de clorofila, diminuição na perda de água, aumento da atividade de enzimas antioxidantes (KÖEHLE *et*

*al.*, 2002, XUEA *et al.*, 2006). A sua ação fungicida é capaz, além de controlar fungos patogênicos, de impedir a germinação de esporos, interrompendo com isso os elicitores que promovem perdas energéticas nas respostas de defesa do hospedeiro (BERGMANN *et al.*, 1999; HAMMOND-KOSACK e PARKER, 2003). Grossmann e Retzlaff (1997) citam que o aumento na fotossíntese líquida proporcionado por tais fungicidas está ligado às alterações no ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, uma vez que a absorção de CO<sub>2</sub> é favorecida pela diminuição na liberação do mesmo pela respiração, fazendo com que ocorra maior entrada de CO<sub>2</sub> do meio externo (mais concentrado) para o meio interno (menos concentrado). Fagan (2007), apresentou, para cultura da soja, um decréscimo da respiração em torno de 76% proporcionado pela aplicação de piraclostrobina, o mesmo autor ainda cita incrementos na atividade da enzima nitrato redutase um dia após a aplicação da estrobilurina com valores de 87%, e aos três dias após aplicação valores de 72%.

O dióxido de carbono é um dos fatores limitantes para o crescimento das plantas, depois de cumpridas as exigências de água e luz. A investigação sobre a base fisiológica dos efeitos colaterais desencadeados pelas estrobilurinas, para a maior produtividade e o aumento de massa verde, mostra que o principal fator está no deslocamento no ponto de compensação de CO<sub>2</sub> (fotossíntese versus a respiração), em favor da assimilação de CO<sub>2</sub> (YPEMA e GOLD, 1999). Após o tratamento com estrobilurinas, as plantas têm o nível de etileno reduzido, maior atividade antioxidante e conseqüente retardamento na degradação de citocininas e pigmentos importantes como a clorofila, como conseqüência tem-se plantas mais verdes e mais capazes de produzir biomassa (YPEMA e GOLD, 1999).

Dessa forma, a interação entre os efeitos proporcionados pelos fungicidas em cada cultivar pode contribuir significativamente para um aumento de produtividade e de qualidade de grãos. Contudo, os cultivares apresentam muitas diferenças genéticas, quanto a capacidade de remobilizar o nitrogênio para os grãos e quanto a resistência à doenças. Existem cultivares muito suscetíveis a ferrugem da folha, porém resistentes a manchas foliares, assim como o inverso. Não excluindo os cultivares muito suscetíveis a ambas, porém com alto potencial produtivo e alta capacidade de remobilização de nitrogênio para os grãos. Portanto, ao desvendar tais diferenças almeja-se clarificar os fatores necessários para aumentar o desempenho atual do manejo de doenças na cultura do trigo.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Local e instalação do experimento:

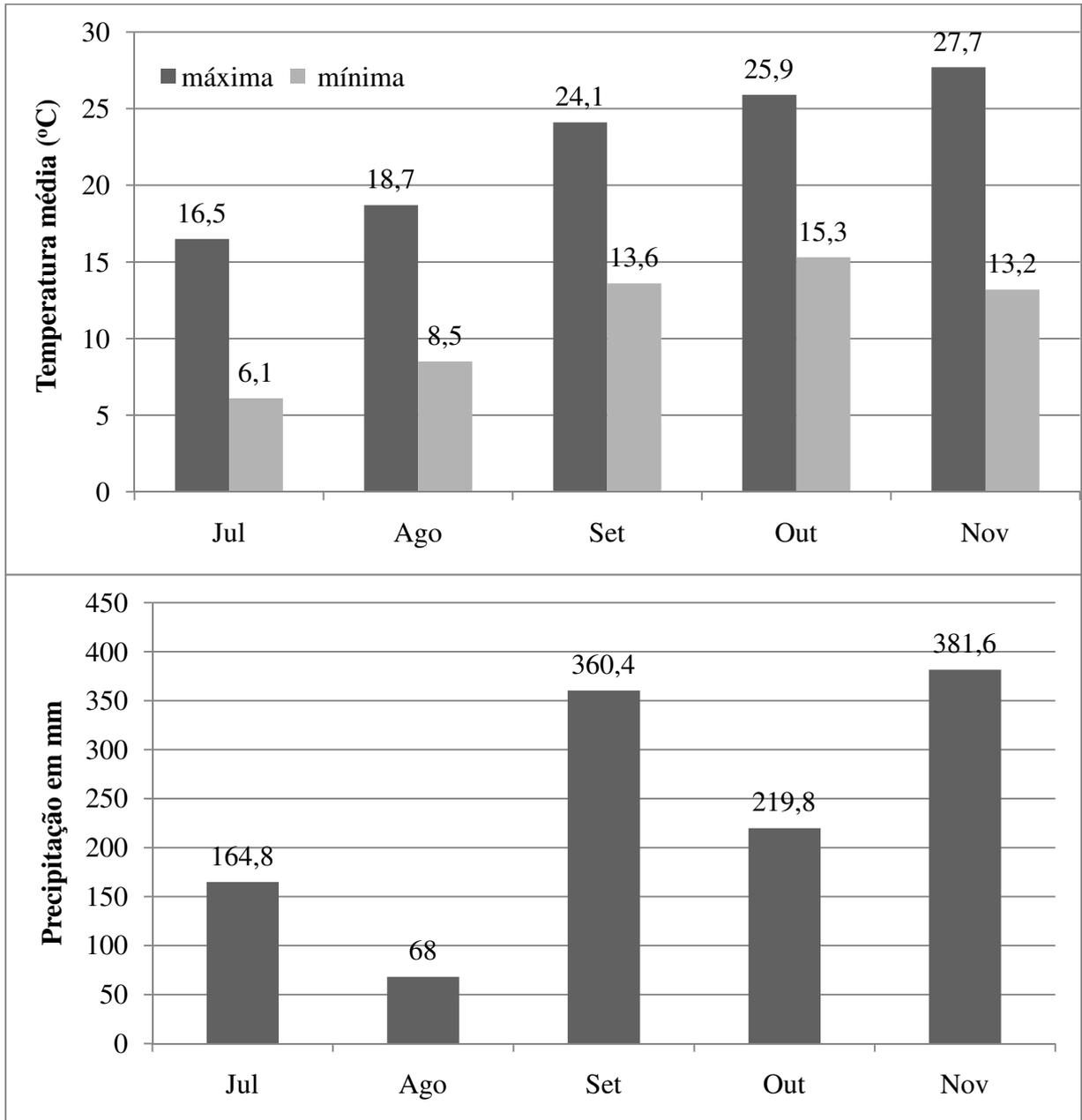
Os dois experimentos foram conduzidos no campo experimental do setor de fitopatologia da CCGL TEC FUNDACEP FECOTRIGO no município de Cruz Alta, região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, localizado em latitude  $-28,6036^{\circ}$ , longitude  $-53,6736^{\circ}$  e altitude de 432 metros.

Os experimentos foram arranjados obedecendo a um delineamento fatorial com parcelas subdivididas, distribuídas em blocos ao acaso com seis repetições. O primeiro (experimento A) foi composto por doze cultivares de trigo (parcelas), e nestas distribuídos sete programas de aplicação de fungicidas (parcelas subdivididas) (tabelas 1 e 2). O segundo (experimento B) foi composto por três fatores, sendo, dois cultivares (parcela), dois diferentes tratamentos de sementes (parcelas subdivididas) e sete momentos de aplicação de nitrogênio na forma de uréia (46-00-00) (parcelas sub-subdivididas) (tabela 3).

A semeadura do trigo ocorreu no dia 20 de junho de 2009, com sua emergência no dia 29 de junho para todas as cultivares. A semeadura foi realizada sob sistema de plantio direto em sucessão a cultura da soja com adubação de base de  $220 \text{ kg.ha}^{-1}$  (fórmula 10-30-20) mais  $150 \text{ kg.ha}^{-1}$  de uréia (46-00-00), aplicada em dois momentos, exceto para o experimento (B) onde os tratamentos foram aplicações de nitrogênio em diferentes estádios. A população média de plantas entre os experimentos foi de  $294 \text{ plantas.m}^{-2}$  e espaçamento entrelinhas de semeadura de 0,17 metros. Para evitar o contato direto da semente com as partículas do fertilizante, este foi depositado a 15 cm de profundidade (plantio em sulco).

A área do experimento foi dessecada com  $2,5 \text{ L.ha}^{-1}$  do herbicida glifosato (480 g/L),  $0,8 \text{ L.ha}^{-1}$  do herbicida Gramoxone® e  $0,10 \text{ L.ha}^{-1}$  do herbicida Hussar®, os demais tratamentos necessários para a proteção da cultura do trigo foram realizados conforme as indicações técnicas para a cultura do trigo (Comissão, 2008), com exceção da aplicação de fungicidas e nitrogênio em pós-emergência. O acompanhamento dos principais estádios fenológicos das plantas de trigo obedeceu à escala fenológica do trigo proposta por Large (1954) (Apêndice A).

Os experimentos foram demarcados utilizando estacas de madeira identificadas com números (tratamentos) e letras (repetições). A precipitação pluviométrica e as médias de temperatura durante o desenvolvimento da cultura no campo estão apresentadas na figura 1.



**FIGURA 1 – Médias das temperaturas máximas e mínimas e distribuição de chuvas no local de condução do experimento nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Cruz Alta – RS/2009.**

As condições climáticas durante o desenvolvimento do experimento não seguiram as médias normais dos invernos da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O inverno de 2009 ficou marcado por se mostrar mais frio e com um volume pluviométrico acima da

média histórica para os meses de julho a novembro, este fator influenciou a incidência e severidade das doenças observadas.

### **3.2 Tratamentos:**

Os cultivares de trigo utilizados nos experimentos estão apresentadas na tabela 1 e os tratamentos avaliados para ambos os experimentos estão apresentados nas tabelas 2 e 3. Para o experimento (A) foram realizadas duas aplicações de uréia nas doses de  $75 \text{ kg.ha}^{-1}$ , a primeira no estágio fenológico de segundo perfilho (2) e a segunda no estágio de segundo nó (7). Para o experimento (B) foram realizadas quatro aplicações em parte aérea da mistura fungicida epoxiconazol mais piraclostrobina na dose de  $0,75 \text{ L.ha}^{-1}$  do produto comercial Opera<sup>®</sup>, estas realizaram-se nos estádios de perfilhamento (3), alongamento (7), emborrachamento (9) e no estágio de grão aquoso (10.5.4).

As parcelas experimentais constaram de dezessete linhas de semeadura espaçadas 0,17 metros entre si por seis metros de comprimento, totalizando uma área de 17,34 metros quadrados. A área útil, onde foram realizadas as coletas das variáveis, constou das 4 linhas centrais de cada parcela, descartando-se um metro de cada extremidade, totalizando 2,72 metros quadrados dos 17,34  $\text{m}^2$ .

**TABELA 1 – Relação dos cultivares utilizados no experimento, suas características agrônômicas e reação às doenças apresentadas no local do experimento. Cruz Alta – RS/2009.**

Cultivares	Ciclo(dias)	Estatura	Classe Comercial	Reação a Ferrugem da Folha	Reação a Manchas Foliaves <sup>1</sup>
FCP 300	Médio(142)	Média/Baixa	Brando	Suscetível	Moderada Resistência
FCP 51	Médio/Tardio(147)	Alta	Brando	Suscetível	Moderada Resistência
FCP 52	Precoce(137)	Baixa	Brando	Suscetível	Moderada Resistência
OR Pampeano	Precoce(136)	Média	Brando	Moderada Resistência	Moderada Suscetibilidade
FCP Campo Real	Precoce(136)	Baixa	Brando (branqueador)	Suscetível	Moderada Suscetibilidade
FCP Raízes	Médio(139)	Média	Pão (branqueador)	Moderada Resistência	Moderada Suscetibilidade
FCP Nova Era	Médio/Tardio(147)	Média/Baixa	Brando	Suscetível	Moderada Resistência
FCP Horizonte	Precoce(137)	Média	Pão (branqueador)	Resistente	Suscetível
OR Quartzo	Médio(145)	Média	Pão	Moderada Suscetibilidade	Moderada Resistência
BRS Guamirin	Precoce(137)	Baixa	Pão	Moderada Resistência	Moderada Resistência
FCP Cristalino	Precoce(136)	Média	Melhorador	Moderada Resistência	Moderada Suscetibilidade
BRS Timbaúva	Médio(139)	Alta	Brando	Moderada Suscetibilidade	Moderada Suscetibilidade

<sup>1</sup>Dados fornecidos pelos obtentores dos cultivares.

**TABELA 2 – Programas de controle químico aplicados nos doze cultivares trigo. Cruz Alta – RS/2009.**

Fungicidas	Dose i.a.ha <sup>-1</sup> (g)	Dose p.c.ha <sup>-1</sup> (L)	Estádios de Aplicação
Epoxiconazol + Piraclostrobina <sup>1</sup>	50 + 133	1,0	Elongamento (7) > Florescimento (10.5.2)
Epoxiconazol + Piraclostrobina	50 + 133	1,0	Emborrachamento (9) > Grão Aquoso (10.5.4)
Epoxiconazol + Piraclostrobina	50 + 133	1,0	1 nó (6) > Emborrachamento (9) > Grão Aquoso (10.5.4)
Piraclostrobina <sup>2</sup>	100	0,4	Elongamento (7) > Florescimento (10.5.2)
Epoxiconazol <sup>3</sup>	100	0,8	Elongamento (7) > Florescimento (10.5.2)
Azoxistrobina <sup>4</sup>	100	0,4	Elongamento (7) > Florescimento (10.5.2)

<sup>1</sup>Opera 183 SE; <sup>2</sup>Comet 250 EC; <sup>3</sup>Opus 125 SC; <sup>4</sup>Priori 250 SC

**TABELA 3 – Composição dos tratamentos conduzidos no experimento (B). Cruz Alta – RS/2009.**

Parcelas	SubParcelas	Sub-SubParcelas	Estádio de Aplicação de Nitrogênio
	Testemunha	-	
FCP Horizonte	TS (A) - Fipronil+Carbendazin <sup>2</sup>	Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Enchimento de Grãos (10.5.4)
		<sup>1</sup> Uréia – 40 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2) > Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4) <sup>1</sup>
		Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2) > Elongamento (5)
		Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4)
	TS (B) - Fipronil+Tiofanato metílico+Piraclostrobina <sup>3</sup>	Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Enchimento de Grãos (10.5.4)
		Uréia – 40 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2) > Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4)
Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>		Perfilhamento (2) > Elongamento (5)	
	Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4)	
	Testemunha	-	
FCP Cristalino	TS (A) - Fipronil+Carbendazin <sup>2</sup>	Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Enchimento de Grãos (10.5.4)
		<sup>1</sup> Uréia – 40 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2) > Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4) <sup>1</sup>
		Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2) > Elongamento (5)
		Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4)
	TS (B) - Fipronil+Tiofanato metílico+Piraclostrobina <sup>3</sup>	Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5)
		Uréia – 120 kg.ha <sup>-1</sup>	Enchimento de Grãos (10.5.4)
		Uréia – 40 kg.ha <sup>-1</sup>	Perfilhamento (2) > Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4)
Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>		Perfilhamento (2) > Elongamento (5)	
	Uréia – 60 kg.ha <sup>-1</sup>	Elongamento (5) > Enchimento de Grãos (10.5.4)	

<sup>1</sup>As aplicações parceladas foram divididas de modo a manter os mesmos 120 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia. <sup>2</sup> Tratamento de sementes (A) mistura dos produtos comerciais Standak (100 mL.ha<sup>-1</sup>) e Derosal (200 mL.ha<sup>-1</sup>). <sup>3</sup> Tratamento de sementes (B) 100mL do produto comercial StandakTop.

### 3.3 Aplicação dos Tratamentos:

As aplicações de fungicidas em ambos os experimento foram realizadas com pulverizador costal pressurizado à CO<sub>2</sub>, com barra de aplicação provida de quatro pontas de pulverização do tipo duplo leque plano defletor (TTJ60 110 02) a uma pressão de 5,0 bar (a pressão segue a recomendação da Spraying Systems Co.), com o objetivo de ser obtido um espectro de gotas médias numa vazão de 204 L.ha<sup>-1</sup>, conforme especificações do fabricante (Spraying Systems Co.).

As aplicações de uréia para ambos os experimentos foram através da pesagem da quantidade de uréia necessária para cada parcela e distribuída manualmente de modo uniforme na área total da parcela.

### 3.4 Dados e análise:

#### 3.4.1 Área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF):

- Área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPPF):

Ambas as variáveis foram construídas a partir de avaliações da severidade de manchas foliares (sem distinção entre as doenças causadoras de manchas) e de ferrugem da folha, distribuídas no tempo. Esse modelo permite uma avaliação mais estável, sendo menos afetado pelo tempo de análise e variações ambientais. A AACPMF e AACPPF foram usadas como descritoras das respectivas epidemias, com o objetivo de resumir a curva de progresso das doenças em dados que possam ser analisados e comparados (CAMPBELL & MADDEN, 1990). Ambas foram obtidas a partir da seguinte equação matemática:

$$AACPD = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i) \times 0,5] \times (T_{i+1} - T_i)$$

Sendo:

$Y_i$ : severidade da doença na época de avaliação  $i$  ( $i= 1, \dots, n$ )

$Y_{i+1}$ : severidade da doença na época de avaliação  $i + 1$

$T_i$ : época da avaliação  $i$ , que considera o número de dias após a emergência das plantas.

$T_{i+1}$ : época da avaliação  $i + 1$

$n = n^\circ$  de observações

Os dados de severidade foram obtidos através de notas da porcentagem da área foliar da parcela com sintomas visíveis das doenças. Foram consideradas pústulas completamente formadas com esporulação abundante, para ferrugem, e lesões foliares maiores que 2 mm para as manchas foliares, em relação à área de tecido foliar sadia da parcela. As notas de severidade foram baseadas na metodologia descrita por Peterson *et al.*, (1948) para severidade de ferrugem da folha e por James, (1971) para severidade de manchas foliares.

Os valores de severidade das doenças foram coletados em seis momentos durante o desenvolvimento do trigo no campo. Estas avaliações foram realizadas nos estádios de (01) emissão da folha bandeira (10/09/2009), (02) início do espigamento (16/09/2009), (03) 50% do espigamento e florescimento (24/09/2009), (04) grão aquoso (17/10/2009), (05) grão leitoso (23/10/2009), (06) grãos massa mole (30/10/2009) para a maioria dos cultivares em ambos os experimentos A e B. As variações de estádios de desenvolvimento para cada data de avaliação entre os cultivares de trigo estão dispostos no apêndice D.

#### 3.4.2 Índice de Área foliar verde:

A área foliar verde foi estimada através do uso de fotos digitais de folhas de trigo. Primeiramente, foram coletadas cinco plantas de trigo por parcela experimental, estas tiveram todas suas folhas destacadas e cortadas em pedaços de aproximadamente dez centímetros. Estes pedaços de folhas foram organizados lado a lado em uma área conhecida de fundo branco. As fotos produzidas a partir destas montagens possibilitaram sua análise no software APS Assess versão 2.0 para Windows (LAMARI, 2008)

A área verde em centímetros quadrados, fornecida pela análise digital das fotos no programa computacional foi utilizada para estimar a área foliar verde de cada parcela. O valor foi dividido por cinco (número de plantas amostradas) e o resultado multiplicado pelo número de plantas por metro quadrado de sua respectiva parcela. Os valores analisados de área foliar

verde nos experimentos estão expressos em metros quadrados de folhas para cada metro quadrado de solo.

#### 3.4.3 Teor de clorofila:

O teor de clorofila foi estimado de forma indireta através do uso do medidor de intensidade verde Minolta SPAD 502. Foram amostrados quatro pontos por parcela, em cada ponto foi medido o teor de clorofila na folha bandeira, e na folha logo abaixo da folha bandeira. Foram realizadas três medições nos estádios de 25% de emissão de espigas, início do florescimento e início do enchimento de grãos.

#### 3.4.4 Porcentagem de nitrogênio:

A folha bandeira dos cultivares FUNDACEP 300, FCP 51, FCP Raízes, FCP Horizonte, OR Quartzo e FCP Cristalino, foi coletada no estágio fenológico de grão duro. Estas folhas foram acondicionadas em sacos de papel e desidratadas em forno a 60°C por 72 horas. Posteriormente foram encaminhadas ao laboratório de solos da CCGL TEC/FUNDACEP para determinação da porcentagem de nitrogênio total.

#### 3.4.5 Produtividade, peso de mil grãos e peso hectolitro:

A produtividade de grãos foi obtida a partir da colheita das unidades experimentais, cortando-se todas as plantas das seis linhas centrais descartando-se 0,5 m de cada extremidade, totalizando uma área colhida de 5,1 metros quadrados dos 17,34 metros quadrados da parcela. As parcelas cortadas foram levadas a um batedor estacionário, onde foram trilhadas e a massa de grãos acondicionada em sacos de papel. As amostras colhidas foram levadas para uma sala de pesagem de grãos, pesadas em balança digital e medida a umidade para cada parcela, sendo posteriormente ajustada a 13% para o cálculo da produtividade final em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

O peso de mil grãos foi obtido através da contagem manual de quatrocentos grãos trilhados de cada parcela e pesados, extrapolando o valor para o peso em gramas de mil grãos por parcela. O peso hectolitro foi obtido pesando o volume de 250 mL de grãos de trigo extrapolando o valor para quilos de grãos para cem litros de grãos.

### 3.4.6 Índice de resposta de cultivares (IRC):

O índice de resposta dos cultivares aos programas de controle químico de doenças tem por objetivo delimitar os resultados na razão entre a quantidade de doença acumulada (AACPD) e a produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) entre parcelas testemunha e parcelas com tratamento de fungicidas. Esta variável permite inferir as diferenças de resposta dos cultivares aos tratamentos fungicidas de forma clara e focada, apresentando somente os valores referentes à amplitude de resposta de cada cultivar para cada tratamento na sua resposta diferencial às doenças.

O índice de resposta dos cultivares aos programas de controle químico de doenças foi calculado com base na razão entre a diferença de produtividade do tratamento em relação à testemunha e a quantidade de doença controlada pelo tratamento para cada parcela. Os valores são dados pelas formulas:

- Índice de resposta de cultivares baseado na severidade de manchas foliares (IRCMF),

$$\{[(Pp-Pt)/Pt]*100\}/[(AACPMFt-AACPMFp)/AACPMFt]*100\} * 100,$$

Sendo:

*Pp*: produtividade em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do programa de controle químico,

*Pt*: produtividade em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  da testemunha,

*AACPMFt*: área abaixo da curva de progresso de manchas foliares da testemunha,

*AACPMFp*: área abaixo da curva de progresso de manchas foliares do programa de controle,

- Índice de resposta de cultivares baseado na severidade de ferrugem da folha (IRCFF),

$$\{[(Pp-Pt)/Pt]*100\}/[(AACPFFt-AACPFFp)/AACPFFt]*100\}}*100,$$

Sendo:

*Pp*: produtividade em  $\text{kg.ha}^{-1}$  do programa de controle químico,

*Pt*: produtividade em  $\text{kg.ha}^{-1}$  da testemunha,

*AACPFFt*: área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha da testemunha,

*AACPFFp*: área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha do programa de controle,

- Índice de resposta de cultivares total baseado na quantidade total de doenças (IRCT),

$$\{[(Pp-Pt)/Pt]*100\}/[(AACPMFt-AACPMFp)/AACPMFt]*100 + (AACPFFt-AACPFFp)/AACPFFt]*100)-100\}}*100,$$

Sendo:

*Pp*: produtividade em  $\text{kg.ha}^{-1}$  do programa de controle químico,

*Pt*: produtividade em  $\text{kg.ha}^{-1}$  da testemunha,

*AACPMFt*: área abaixo da curva de progresso de manchas foliares da testemunha,

*AACPMFp*: área abaixo da curva de progresso de manchas foliares do programa de controle,

*AACPFFt*: área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha da testemunha,

*AACPFFp*: área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha do programa de controle,

#### 3.4.7 Força de Glúten (W):

A força de glúten foi determinada através da alveografia da mistura homogênea de duas unidades experimentais no esquema, parcelas a – b = A; parcelas c – d = B; parcelas d – f = C. Portanto os valores analisados de força de glúten estão dispostos apenas em três

repetições e não seis como as demais variáveis. Foram coletadas amostras para determinar a força de glúten das subparcelas das cultivares FUNDACEP Raízes, FCP Horizonte, OR Quartzo e FCP Cristalino no experimento (A), e para todas as subparcelas do experimento (B). As amostras foram compostas de dois quilogramas de grãos de trigo, acondicionados em sacos de papel devidamente identificados, os quais foram encaminhados ao laboratório de ensaios de cereais da faculdade de agronomia e medicina veterinária da Universidade de Passo Fundo.

#### 3.4.8 Análise dos dados:

Todas as variáveis coletadas foram submetidas à análise de variância, os efeitos estatisticamente significativos pelo teste F foram discriminados pelo teste de comparação múltipla de médias de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas através do software ASSISTAT, versão 7.5 para ambiente Windows (SILVA, 2009).

## **4 RESULTADOS**

As diferenças climáticas observadas no inverno de 2009 (figura 1) proporcionaram uma particularidade ao cenário de doenças foliares, houve uma predominância das manchas foliares frente a ferrugem da folha no início do estabelecimento dos cultivares no campo. As manchas foliares se tornaram visíveis a partir do estágio de primeiro perfilho (2) na maioria dos cultivares, enquanto que a ferrugem da folha a partir do emborrachamento (9) e apenas nos cultivares mais suscetíveis, apresentando níveis finais de severidade menores comparativamente a outras safras.

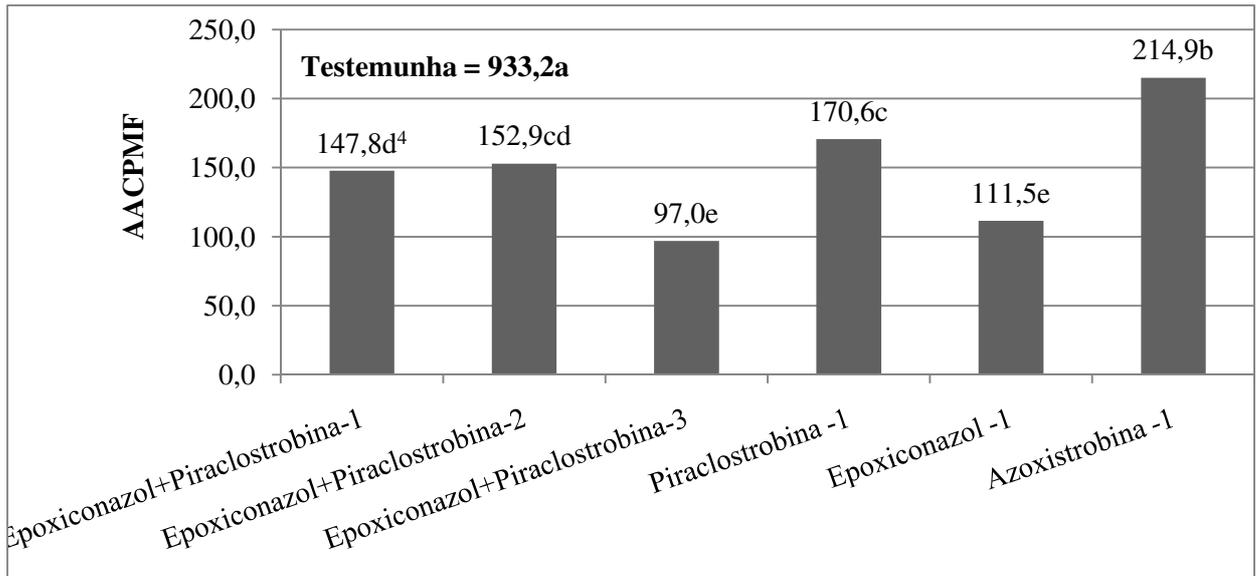
A análise de variância dos dados mostrou que os fungicidas, com destaque para as estrobilurinas, promoveram melhor utilização do nitrogênio em plantas de trigo, maior produtividade e aumento na força de glúten.

### **4.1 Eficiência dos programas de controle sobre as doenças:**

As manchas foliares, nos valores médios dos doze cultivares, apresentou uma área abaixo da curva de progresso média de 933,2 para o tratamento testemunha. Todos os cultivares presentes no experimento apresentaram suscetibilidade diferencial as manchas.

Os melhores programas de controle químico para manchas foliares incluíram três aplicações da mistura de triazol com estrobilurina e a aplicação isolada de cem gramas de ingrediente ativo de epoxiconazol por hectare (figura 2). Ambos os tratamentos formam um grupo estatisticamente distinto dos demais, onde as aplicações isoladas de estrobilurinas, sem adição de triazol, foram deficientes no controle das manchas foliares para os doze cultivares.

Entretanto, a ferrugem da folha (figura 3), com uma área abaixo da curva de progresso média maior no tratamento testemunha (991,8), apresentou relação inversa. A aplicação de 100 gramas de epoxiconazol foi estatisticamente diferente dos demais, apresentando quantidade superior da doença quando comparado aos demais tratamentos, que por sua vez, foram estatisticamente agrupados em função de propiciarem menor severidade final de ferrugem.



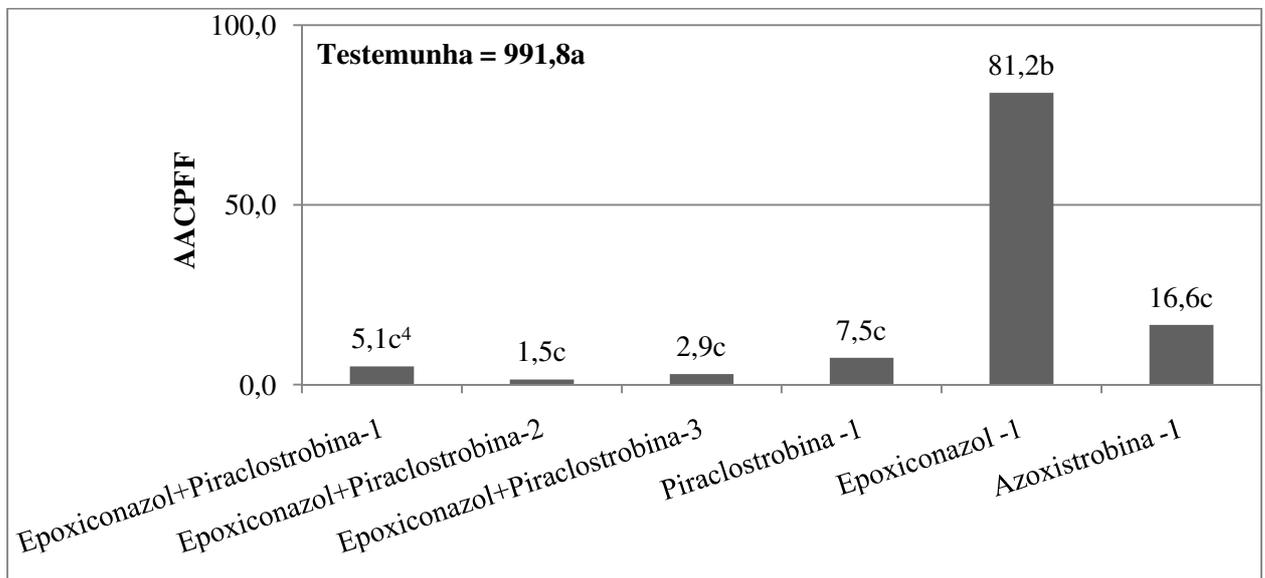
**FIGURA 2 – Média da área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF) considerando seis avaliações para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.**

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .



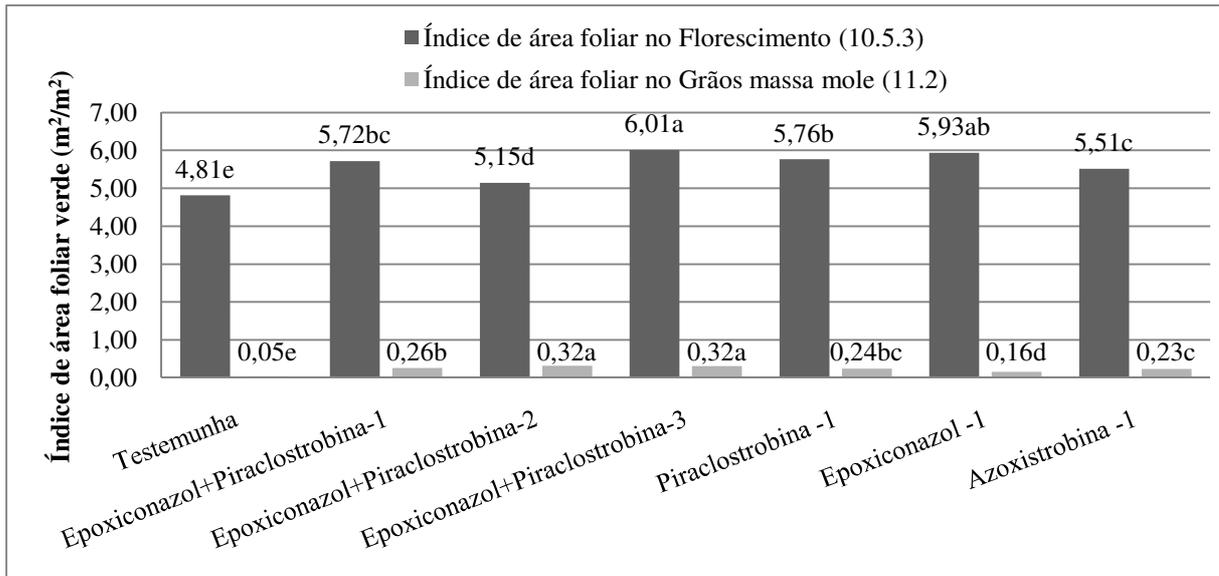
**FIGURA 3 – Média da área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPFF) considerando seis avaliações para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.**

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .



**FIGURA 4 – Média do índice de área foliar verde para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.**

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

A figura 4 mostra as diferenças observadas na área foliar verde em dois estádios distintos. A avaliação digital das fotos das folhas considera essencialmente o tecido verde, desconsiderando qualquer área necrosada ou manchada. É evidente que pela predominância de manchas foliares, em relação à ferrugem em todo o experimento, há uma resposta positiva no uso do triazol, sendo este comparável estatisticamente ao tratamento com três aplicações da mistura de epoxiconazol com piraclostrobina (área foliar no florescimento) cuja eficácia foi a melhor. No entanto, a área foliar remanescente (área foliar no estágio de grão mole) apresentou um atraso significativo na senescência foliar nos tratamentos com estrobilurina aplicada no estágio de grão aquoso (epoxiconazol+piraclostrobina aplicado tarde e aplicado 3x) em relação aos demais tratamentos. Este resultado mostra que independentemente do cultivar de trigo as estrobilurinas promoveram um prolongamento da vida fotossintética das folhas. Ao analisarmos os tratamentos com aplicações isoladas de estrobilurinas, vemos que ambos foram agrupados estatisticamente como melhores que a aplicação do triazol isolado.

**TABELA 4 – Média da produtividade de grãos, peso de mil grãos e peso hectolitro para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.**

Programas de Controle	Kg.ha <sup>-1(4)</sup>		PMG (g) <sup>(5)</sup>		PH <sup>(6)</sup>	
Testemunha	2786,1	e <sup>7</sup>	33,6	d	71,3	d
Epoxiconazol + Piraclostrobina (1)	3190,6	cd	36,4	bc	73,6	abc
Epoxiconazol + Piraclostrobina (2)	3261,6	b	37,1	ab	73,5	abc
Epoxiconazol + Piraclostrobina (3)	3418,7	a	37,5	a	74,3	a
Piraclostrobina (1)	3231,1	bc	36,8	abc	73,8	ab
Epoxiconazol (1)	3161,8	d	36,2	c	72,8	c
Azoxistrobina (1)	3146,1	d	36,4	bc	73,2	bc

1 Aplicação no estádio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estádio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estádio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estádio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estádio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estádio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estádio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Produtividade de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>.

5 Peso de mil grãos em gramas.

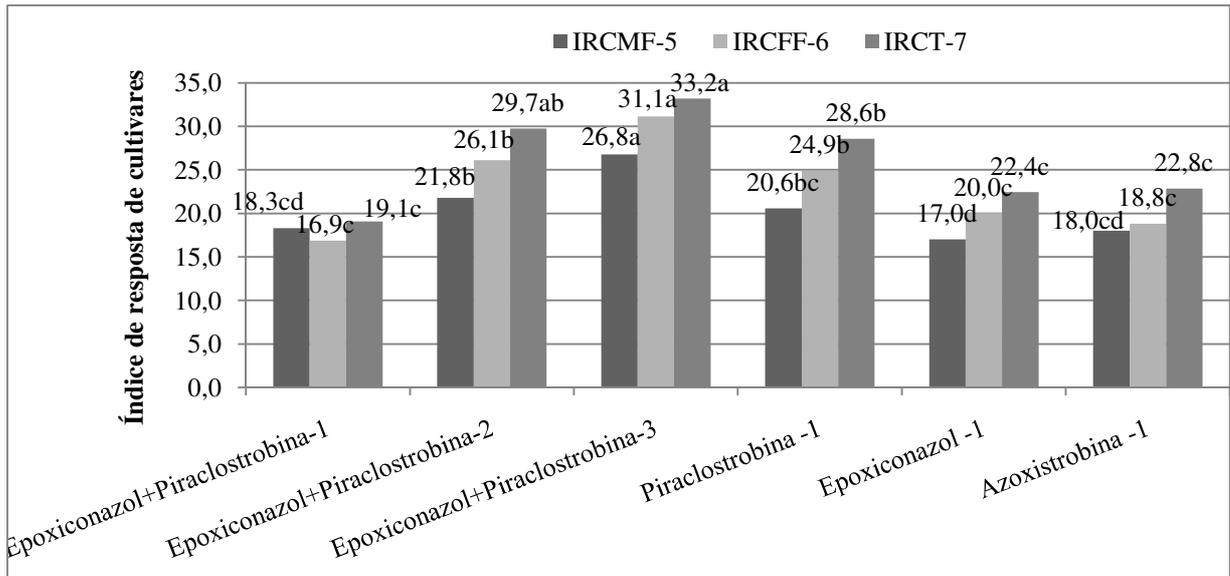
6 Peso hectolitro

7 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05.

Considerando as figuras 2, 3 e 4 em conjunto com os dados da tabela 4, observa-se que a aplicação isolada de epoxiconazol foi eficiente no controle das manchas foliares na média dos doze cultivares, no entanto o tratamento de epoxiconazol isolado, juntamente com o tratamento com aplicações de azoxistrobina apresentaram produtividades significativamente menores que os demais tratamentos fungicidas.

#### 4.2 Resposta de cultivares de trigo aos programas de controle fungicidas:

As médias de área abaixo da curva de progresso das doenças e de produtividade de grãos possibilitaram determinar o programa de controle químico mais adequado a cada um dos doze cultivares. O índice de resposta de cultivares mostrou que, independentemente da doença, o número de aplicações é mais relacionado ao controle eficiente e a produtividade elevada. No entanto, o IRCT juntamente com o IRCFF, que consideram a ferrugem da folha, mostraram a importância de aplicações realizadas no final do ciclo do trigo, que proporcionaram um atraso na senescência precoce das folhas nos tratamentos aplicados no estádio de grão aquoso (10.5.4) (figura 4). Estes tratamentos apresentaram uma resposta positiva na razão entre a produtividade e a quantidade de doença controlada na média dos doze cultivares, proporcionando aumento de produtividade comparativamente aos demais (figura 5).



**FIGURA 5 – Índice de resposta de cultivares para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.**

1 Aplicação no estádio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estádio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estádio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estádio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estádio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estádio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estádio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

5 IRCMF = índice de resposta de cultivares baseado na área abaixo da curva de progresso de manchas foliares.

6 IRCFF = índice de resposta de cultivares baseado na área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha.

7 IRCT = índice de resposta de cultivares baseado na quantidade total de doença avaliada.

**TABELA 5 – Médias das variáveis agrônômicas e fitopatológicas avaliadas para os programas de controle químico aplicados em doze cultivares de trigo. Cruz Alta – RS/2009.**

Cultivares	Kg.ha <sup>-1</sup> ( <sup>1</sup> )		PMG (g)( <sup>2</sup> )		IAF-1( <sup>3</sup> )		IAF-2( <sup>4</sup> )		AACPMF( <sup>5</sup> )		SPAD-3( <sup>6</sup> )	
FCP 300	3087,9	de( <sup>7</sup> )	35,9	e	6,8	a	0,5	a	132,3	f	27,1	a
FCP 51	2582,2	g	40,2	bc	6,1	cd	0,2	c	156,7	f	26,8	ab
FCP 52	3165,5	d	37,2	de	5,8	d	0,5	a	206,3	e	21,4	c
OR Pampeano	3408,9	c	43,7	a	6,7	ab	0,1	d	300,2	c	13,8	ef
FCP Campo Real	3310,7	c	27,4	g	3,1	f	0,1	d	248,3	d	22,4	c
FCP Raízes	3010,9	e	32,0	f	5,0	e	0,2	c	310,4	c	17,6	d
FCP Nova Era	3148,5	d	33,4	f	5,1	e	0,1	d	139,5	f	24,0	bc
FCP Horizonte	3641,6	b	35,9	e	4,8	e	0,1	d	577,7	a	13,5	f
OR Quartzo	3915,3	a	40,8	b	6,4	bc	0,4	b	62,1	g	25,3	ab
BRS Guamirín	3357,4	c	39,1	c	6,1	cd	0,3	b	219,8	de	13,3	f
FCP Cristalino	2755,2	f	37,6	d	6,1	cd	0,1	d	469,4	b	14,9	def
BRS Timbaúva	2666,5	fg	32,2	f	4,8	e	0,1	d	311,0	c	16,6	de

1 Produtividade de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>.

2 Peso de mil grãos em gramas.

3 Índice de área foliar verde avaliado no estádio de florescimento (10.5.3).

4 Índice de área foliar verde avaliado no estádio de grãos massa mole (11.2).

5 Área abaixo da curva de progresso de manchas foliares.

6 Índice SPAD estimativa do teor de clorofila foliar medido pelo aparelho Minolta SPAD 502 no estádio de grãos duros (11.3)

7 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

Os cultivares ‘OR Quartzo’, ‘FCP 300’, ‘FCP Nova Era’ e ‘FCP 51’, apresentaram os menores valores de AACPMF entre os doze, respectivamente. Estas apresentaram teores de clorofila significativamente mais elevados. Os cultivares FCP Horizonte, FCP Raízes, FCP Cristalino, OR Pampeano e BRS Guamirin não apresentaram níveis significativos de ferrugem da folha. A maior produtividade média no experimento foi do cultivar ‘OR Quartzo’. Este cultivar foi o menos afetado pelas manchas foliares, e o mais produtivo. Seguido deste, o cultivar ‘FCP Horizonte’ apresentou alta produtividade média, porém alta quantidade a manchas foliares, ficando isolado em um grupo estatisticamente distinto dos demais quanto a AACPMF (tabela 5).

### **4.3 Interações:**

Considerando a particularidade genética de cada cultivar em reação as doenças e em produtividade, a resposta diferencial ao controle químico empregado ficou mais evidente. Os melhores programas de controle para os cultivares ‘FCP Horizonte’, ‘BRS Timbaúva’, ‘FCP Raízes’ e ‘OR Pampeano’, respectivamente com os maiores valores de AACPMF, foram a aplicação isolada de epoxiconazol e três aplicações da mistura de triazol com estrobilurina. Nos cultivares ‘OR Quartzo’, ‘FCP 300’, ‘FCP Nova Era’ e ‘FCP 51’, respectivamente com os menores valores AACPMF, não houve a mesma discriminação entre os programas de controle químico, onde estes não apresentaram diferenças estatisticamente significativas (tabela 6).

Os dados de AACPFF apresentaram uma severidade mais elevada de ferrugem no cultivar ‘FCP 52’, seguido de ‘FCP 51. O cultivar ‘OR Quartzo’, assim como na AACPMF, apresentou os menores valores de AACPFF, seguido de ‘FCP 300’ e ‘FCP Nova Era’. Contudo, apenas os três cultivares ‘FCP 51’, ‘FCP 52’ e ‘FCP Nova Era’ apresentaram diferenças quanto aos programas de controle, onde nestes, a aplicação de epoxiconazol isolado apresentou valores significativamente mais elevados de AACPFF que os demais programas de controle químico (tabela 6).

**TABELA 6 – Classificação em ordem alfabética da maior para a menor quantidade de doença acumulada (média da área abaixo da curva de progresso de manchas foliares e média da área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha) na interação entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.**

Área abaixo da curva de progresso de manchas foliares														
Cultivares	Testemunha		Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>1</sup>		Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>2</sup>		Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>3</sup>		Piraclostrobina <sup>1</sup>		Epoxiconazol <sup>1</sup>		Azoxistrobina <sup>1</sup>	
FCP 300	496,0	hA <sup>4</sup>	87,1	defB	92,1	cdB	46,1	deB	70,8	deB	41,1	cdB	92,8	fgB
FCP 51	681,2	fA	61,8	efB	63,0	dB	42,3	deB	89,8	cdeB	63,6	bcdB	95,2	efgB
FCP 52	854,9	eA	82,6	efBC	101,3	cdBC	57,5	cdeC	124,9	bcdBC	73,6	bcdC	149,1	efB
OR Pampeano	1027,7	cA	231,8	bBC	190,5	bC	90,9	bcdE	177,3	bCD	105,5	bcDE	277,6	cB
FCP Campo Real	909,5	deA	140,1	cdeBCD	170,9	bcBC	102,0	bcdCD	160,8	bcBC	79,9	bcdD	174,8	deB
FCP Raízes	1162,5	bA	181,2	bcC	184,8	bC	89,7	bcdD	172,5	bC	76,5	bcdD	305,5	cB
FCP Nova Era	586,5	gA	58,1	fBC	60,8	dBC	28,5	deC	68,3	deBC	64,7	bcdBC	109,7	efB
FCP Horizonte	1532,5	aA	443,9	aC	434,8	aC	338,1	aD	429,6	aC	323,0	aD	541,7	aB
OR Quartzzo	332,4	iA	23,5	fB	24,8	dB	1,2	eB	9,5	eB	17,2	dB	26,2	gB
BRS Guamirin	980,0	cdA	79,0	efB	89,7	cdB	60,6	cdeB	132,4	bcdB	82,0	bcdB	114,9	efB
FCP Cristalino	1493,3	aA	216,6	bcCD	229,4	bCD	168,0	bD	446,1	aB	278,9	aC	453,8	bB
BRS Timbaúva	1142,1	bA	167,4	bcdBC	193,2	bBC	138,8	bcC	165,6	bcC	131,7	bC	238,3	cdB
Média Geral = 261,12/Coeficiente de variação (%)-cultivares = 18,39/ Coeficiente de variação (%)-programas de controle = 16,16														
Área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha														
FCP 300	1030,7	cA	8,4	aB	0,0	aB	7,3	aB	8,8	aB	45,3	cdB	12,3	aB
FCP 51	1203,3	bA	8,3	aC	4,8	aC	2,4	aC	17,1	aC	152,6	aB	40,2	aC
FCP 52	1329,1	aA	7,8	aC	2,4	aC	4,8	aC	6,3	aC	82,3	bcB	18,3	aC
FCP Nova Era	1049,8	cA	1,0	aC	0,0	aC	0,0	aC	5,0	aC	100,2	bB	12,2	aC
OR Quartzzo	346,2	dA	0,0	aB	0,0	aB	0,0	aB	0,0	aB	25,5	dB	0,0	aB
Média geral = 158,06/ Coeficiente de variação (%)-cultivares = 18,89/ Coeficiente de variação (%)-programas de controle = 18,47														

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Letras minúsculas classificam colunas e letras maiúsculas classificam linhas pelo teste de Tukey p<0,05.

Apesar disso, alguns cultivares mesmo com valores elevados de AACPMF apresentaram altas produtividades, como no caso do FCP Horizonte (tabelas 6 e 7). Os mais produtivos no experimento foram ‘OR Quartzo’ e ‘FCP Horizonte’, respectivamente. Notadamente, os cultivares ‘OR Pampeano’, ‘FCP Raízes’, ‘FCP Horizonte’ e ‘BRS Timbaúva’ apresentaram mais manchas foliares, e valores insignificantes de ferrugem. A mistura fungicida de epoxiconazol com piraclostrobina aplicada três vezes (primeiro nó seguido de emborrachamento e grão aquoso) e o programa com aplicações de epoxiconazol isolado (alongamento seguida de florescimento) foram estatisticamente comparáveis nestas cultivares (tabela 6). Este resultado demonstra a maior efetividade do triazol no controle de manchas, onde a mistura, apesar de aplicada três vezes, foi estatisticamente igual ao triazol aplicado duas vezes. Todavia, o resultado nos permite inferir que o momento de aplicação é mais importante do que o número de aplicações, em cultivares suscetíveis a manchas foliares, na ausência de ferrugem da folha.

Ao analisarmos a relação entre a suscetibilidade a ferrugem e resistência a manchas (FCP 300) e o inverso, alta suscetibilidade a manchas e resistência a ferrugem (FCP Horizonte). É observado que no ‘FCP 300’ os dados de produtividade revelaram que as aplicações no estágio de enchimento de grãos são fundamentais para o adequado manejo da ferrugem da folha. A importância das estrobilurinas neste patossistema ficou evidente, onde a aplicação isolada de epoxiconazol não foi efetiva neste cultivar, proporcionando menor produtividade. No entanto, o oposto é observado no ‘FCP Horizonte’, onde o tratamento que proporcionou maior produtividade foi a aplicação de epoxiconazol isoladamente (tabela 7).

O cultivar ‘FCP Horizonte’ (resistente a ferrugem) apresentou produtividade estatisticamente igual a do cultivar ‘OR Quartzo’ (susceptível a ferrugem) nos programas de controle com duas aplicações da mistura fungicida (alongamento seguida de florescimento) e no programa com aplicação de epoxiconazol isolado (alongamento seguida de florescimento). Resultado que ressalta a maior eficiência do triazol em relação às estrobilurinas no controle das manchas e as deficiências deste no controle da ferrugem, bem como a necessidade de uma aplicação após o florescimento para o efetivo controle da ferrugem.

**TABELA 7 – Classificação em ordem alfabética da maior para a menor produtividade de grãos média na interação entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.**

	Produtividade de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )													
	Testemunha		Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>1</sup>		Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>2</sup>		Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>3</sup>		Piraclostrobina <sup>1</sup>		Epoxiconazol <sup>1</sup>		Azoxistrobina <sup>1</sup>	
FCP 300	2624,9	dD <sup>4</sup>	3085,0	eBC	3152,0	cABC	3305,7	deA	3244,3	cdAB	3023,2	cC	3179,9	cdeABC
FCP 51	2083,7	fC	2560,8	hB	2687,9	eAB	2814,8	ghA	2720,3	eAB	2630,9	dAB	2576,5	ghB
FCP 52	2607,2	dE	3220,9	eC	3449,3	bAB	3513,8	cdA	3255,1	cdBC	3154,0	bcCD	2958,5	efD
OR Pampeano	3113,1	cD	3618,9	bcA	3489,1	bAB	3684,8	bcA	3374,2	bcBC	3182,1	bcCD	3400,1	bcB
FCP Campo Real	3000,9	cC	3239,5	deB	3407,9	bB	3725,9	bcA	3329,5	cdB	3204,1	bcBC	3267,0	cdB
FCP Raízes	2616,6	dC	3043,1	efAB	2959,8	cdB	3183,0	efA	3087,5	dAB	3104,8	bcAB	3081,3	deAB
FCP Nova Era	2461,8	deD	2769,7	ghC	3557,6	bA	3663,5	bcA	3270,8	cdB	3118,3	bcB	3197,4	cdeB
FCP Horizonte	3382,9	bB	3792,3	abA	3604,6	bA	3796,5	bA	3585,0	bAB	3714,3	aA	3615,4	bA
OR Quartzo	3744,4	aC	3959,7	aAB	3864,4	aBC	4080,0	aA	4124,7	aA	3773,3	aBC	3860,8	aBC
BRS Guamirín	3090,1	cB	3469,4	cdA	3478,5	bA	3491,6	cdA	3346,8	bcA	3285,8	bAB	3339,5	cA
FCP Cristalino	2472,1	deC	2691,5	ghB	2780,9	deB	2758,8	hB	2764,1	eB	3037,2	cA	2782,1	fgB
BRS Timbaúva	2235,1	efD	2836,7	fgAB	2707,7	eB	3006,6	fgA	2670,9	eBC	2713,3	dB	2495,0	hC

Média geral = 3170,86/Coefficiente de variação (%) - cultivares = 4,68/ Coeficiente de variação (%) - programas de controle = 3,91

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

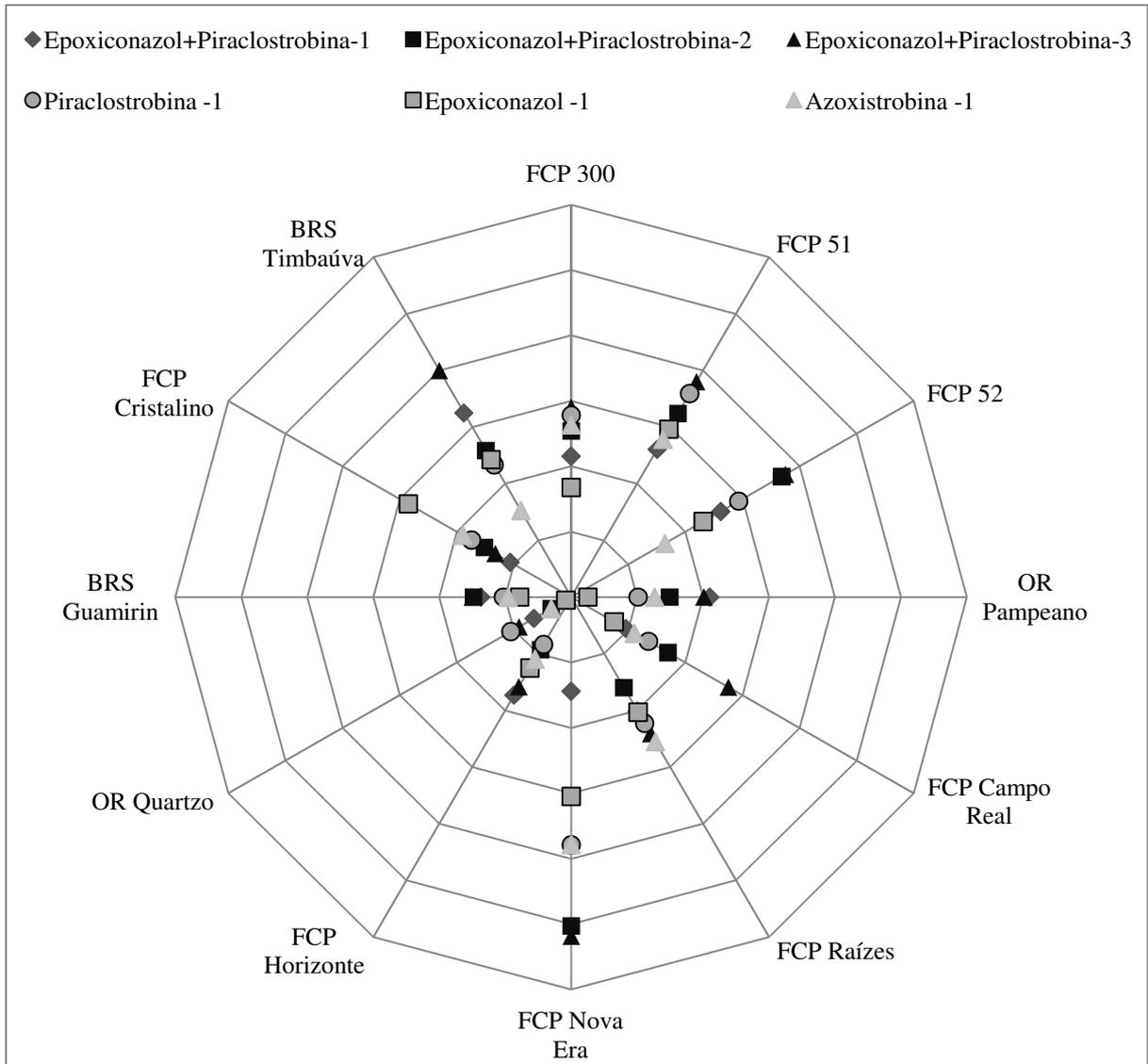
3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Letras minúsculas classificam colunas e letras maiúsculas classificam linhas pelo teste de Tukey p<0,05.

Os resultados apontam que a ferrugem da folha é mais danosa do que as manchas foliares para o trigo. A figura 6 apresenta o índice de resposta de cultivares ao controle químico total (considerando manchas foliares e ferrugem da folha) na interação entre os programas de controle e os doze cultivares. As linhas que compõem o alvo são formadas pelos cultivares e os pontos distribuídos em cada linha são formados pelos programas de controle. É possível observar que os cultivares suscetíveis a manchas foliares, porém, que não apresentaram níveis significativos de ferrugem, apresentaram os programas de controle agrupados no interior do alvo. Já os cultivares ‘FCP Nova Era’, ‘FCP 51’, ‘FCP 52’, ‘FCP Campo Real’ (suscetíveis a ferrugem) apresentaram os pontos mais afastados do centro da figura.

Um comparativo entre os cultivares ‘FUNDACEP Nova Era’, ‘51’, ‘52’, ‘Campo Real’ (com ferrugem) e ‘FUNDACEP Horizonte’, ‘Cristalino’, ‘Raízes’, ‘OR Pampeano’ (com manchas foliares) mostra que os programas de controle com aplicações antecipadas (alongamento seguido de florescimento) se localizam nos discos mais exteriores para os cultivares com manchas e mais no interior para os cultivares com ferrugem. Representando que estes programas com aplicações antecipadas se adéquam melhor ao controle de manchas, faltando-lhes mais uma aplicação após o florescimento para serem efetivos contra a ferrugem. O contrario é verdadeiro para os programas com aplicações mais tardias, onde os pontos ficam nos discos mais afastados do centro nos cultivares com ferrugem e mais ao centro nos cultivares com manchas.

Os dados agrupados da figura 6 mostraram que a efetividade de controle de manchas foliares em condições de monocultura de trigo esta em impedir novas infecções (aplicações antecipadas), enquanto que a efetividade de controle da ferrugem esta em proteger a folha de novas infecções após o florescimento. Também é observado que o controle da ferrugem da folha é mais dependente de estrobilurinas do que de triazóis (linha da ‘FCP Nova Era’).



**FIGURA 6 – Índice de resposta de cultivares calculado sobre a área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF) para a interação entre os doze cultivares de trigo e os seis programas de controle fungicidas. Cruz Alta – RS/2009.**

\*Cada linha que compõe o alvo representa os cultivares de trigo, os círculos unindo os cultivares representam diferentes níveis de resposta ao controle químico e os pontos distribuídos em cada linha dos cultivares representam os programas de controle químico. Quanto mais externo se localiza o programa de controle químico mais adequado à aquele cultivar ele foi.

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

#### 4.4 Efeito das interações na qualidade de grãos de trigo:

O controle de doenças resulta em maior produtividade, mas, uma pergunta ainda persiste. Qual o impacto do controle químico de doenças na qualidade de grãos do trigo, em

especial a força de glúten. A tabela 8 mostra interações significativas para esta variável pelo teste f a 1% de probabilidade de erro.

Primeiramente, as características genéticas de cada cultivar foram majoritárias sobre os programas de manejo nas diferenças de força de glúten. O controle das doenças aumentou significativamente a força de glúten. As duas cultivares mais produtivas ('OR Quartzo' e 'FCP Horizonte') foram as mais influenciadas pelos efeitos dos fungicidas (tabela 10). Notadamente, o melhor programa de controle para a variável força de glúten em ambas foi a aplicação da estrobilurina piraclostrobina (tabela 10).

Considerando a força de glúten composta por quantidade de proteínas e logo quantidade de nitrogênio. A tabela 9 apresenta os dados da quantidade de nitrogênio foliar remanescente na folha bandeira. Os dados mostraram que houve maior remobilização de nitrogênio no tratamento acima referido, ou seja, mais nitrogênio presente na folha bandeira foi para os grãos, comparativamente a testemunha.

**TABELA 8 – Valores dos quadrados médios para a porcentagem de nitrogênio foliar na folha bandeira e força de glúten (W) nas interações entre cultivares de trigo e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.**

Causas da variação	% de Nitrogênio		Força de glúten (W)	
	G.L. <sup>1</sup>	Q.M. <sup>2</sup>	G.L.	Q.M.
Cultivares-a	5	0,96*	3	195437,21*
Resíduo-a	30	0,01	8	519,70
Parcelas	35		11	
Programas fungicidas-b	6	2,86*	6	3048,40*
Int, axb	30	0,31*	18	930,02*
Resíduo-b	180	0,01	48	239,39
Total	251		83	

\* significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

<sup>1</sup> Graus de liberdade.

<sup>2</sup> Quadrado médio.

**TABELA 9 – Porcentagem de nitrogênio na folha bandeira no estágio fenológico de grãos duro (11.3) para as interações entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.**

Cultivares	Testemunha	Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>1</sup>	Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>2</sup>	Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>3</sup>	Piraclostrobina <sup>1</sup>	Epoxiconazol <sup>1</sup>	Azoxistrobina <sup>1</sup>
FCP 300	2,503 aA <sup>4</sup>	1,103 bcD	1,117 bcD	1,111 bD	1,532 aB	1,333 cC	1,334 bC
FCP 51	2,603 aA	1,211 abD	1,199 abD	1,062 bE	1,204 cdD	1,680 aB	1,420 bC
FCP Raízes	1,746 bA	1,022 cC	1,044 cC	0,994 bC	1,076 dC	0,851 eD	1,443 bB
FCP Horizonte	1,429 cA	1,298 aABC	1,294 aBC	1,283 aBC	1,295 bcBC	1,183 dC	1,355 bAB
OR Quartzo	1,725 bA	0,990 cBCD	1,094 bcBC	1,109 bB	0,903 eD	0,967 eCD	1,073 cBC
FCP Cristalino	1,625 bA	1,295 aC	1,280 aC	1,312 aC	1,404 abBC	1,516 bAB	1,607 aA

Média geral = 1,32/Coeficiente de variação (%)-cultivares = 6,69/Coeficiente de variação (%)-programas de controle = 5,76

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Letras minúsculas classificam colunas e letras maiúsculas classificam linhas pelo teste de Tukey p<0,05.

**TABELA 10 – Força de glúten (W) para as interações entre cultivares e programas de controle fungicidas. Cruz Alta - RS/2009.**

Cultivares	Testemunha	Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>1</sup>	Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>2</sup>	Epoxiconazole+ Piraclostrobina <sup>3</sup>	Piraclostrobina <sup>1</sup>	Epoxiconazol <sup>1</sup>	Azoxistrobina <sup>1</sup>
FCP Raízes	128.6 cB	152.6 dAB	155.7 cAB	185.8 cA	144.8 cB	185.3 cA	161.4 cAB
FCP Horizonte	173.0 bD	248.1 bABC	215.8 bBC	254.5 bAB	256.6 bA	251.0 bABC	213.1 bC
OR Quartzo	177.6 bB	200.9 cAB	186.7 bcB	195.5 cB	234.9 bA	191.6 cB	196.6 bcAB
FCP Cristalino	367.6 aAB	391.4 aAB	394.7 aA	391.4 aAB	372.3 aAB	384.7 aAB	355.6 aB

Média geral = 241,71/ Coeficiente de variação (%)-cultivares = 9,43/ Coeficiente de variação (%)-programas de controle = 6,40

1 Aplicação no estágio de Elongamento (7) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Florescimento (10.5.2).

2 Aplicação no estágio de Emborrachamento (9) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Grãos aquoso (10.5.4).

3 Aplicação no estágio de Primeiro nó (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Emborrachamento (9) e uma terceira aplicação no estágio de Grão Aquoso (10.5.4).

4 Letras minúsculas classificam colunas e letras maiúsculas classificam linhas pelo teste de Tukey p<0,05.

Os resultados obtidos apontam a ferrugem da folha como mais danosa para a obtenção de trigo com qualidade. Os cultivares ‘FCP 300’ e ‘FCP 51’ que apresentaram níveis significativos de ferrugem mostraram valores estatisticamente elevados de nitrogênio foliar na relação entre testemunha e suas parcelas tratadas. O cultivar ‘FCP Horizonte’ que apresentou alta produtividade com altos índices de manchas foliares, mostrou uma alta capacidade de remobilizar o nitrogênio das folhas, mesmo que doentes, para os grãos, não apresentando diferenças significativas na porcentagem de nitrogênio foliar entre testemunha e tratado.

#### 4.5 Efeito do tratamento de sementes na qualidade e produtividade do trigo:

O experimento (B) mostrou o cultivar ‘FCP Horizonte’ significativamente mais produtivo que o cultivar ‘FCP Cristalino’. Bem como, o efeito significativo do tratamento de sementes com piraclostrobina no aumento de produtividade em ambos. Os dados mostraram que aplicações de nitrogênio no período vegetativo promoveram o aumento de produtividade e que aplicações realizadas após o florescimento promoveram aumento na força de glúten (tabela 11).

**TABELA 11 – Médias da produtividade de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para os cultivares de trigo, submetidos aos tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.**

Parcela	FCP Horizonte (trigo pão)	3406,9	a <sup>1</sup>
	FCP Cristalino (trigo melhorador <sup>2</sup> )	2791,6	b
SubParcela	TS (A) - Fipronil+carbendazín	3022,5	b
	TS (B) - Fipronil+tiofanato metílico+piraclostrobina	3176,0	a
Sub-Sub Parcela	Testemunha	2672,7	e
	120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Uréia (perfilhamento)	3273,4	b
	120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Uréia (alongamento)	3183,8	b
	120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Uréia (enchimento de grãos)	2856,0	d
	40 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Uréia (perfilhamento > alongamento > enchimento grãos)	3254,1	b
	60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Uréia (perfilhamento > alongamento)	3396,5	a
	60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Uréia (alongamento > enchimento de grãos)	3058,3	c

<sup>1</sup> médias na coluna seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

<sup>2</sup> Trigo classe pão com força de glúten média acima de 300 joule.

**TABELA 12 – Média da área abaixo da curva de progresso de manchas foliares (AACPMF) para os cultivares de trigo, na interação entre os tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.**

	Testemunha		Nitrogênio no Perfilhamento (2)		Nitrogênio no Elongamento (6)		Nitrogênio no Enchimento de grãos (10.5.4)		Parcelado 3x <sup>(1)</sup>		Parcelado 2x <sup>(2)</sup>		Parcelado 2x <sup>(3)</sup>	
FCP Horizonte	1029,92	aA <sup>4</sup>	794,67	aBC	723,58	aDE	844,29	aB	741,67	aCD	662,63	aE	793,29	aBC
FCP Cristalino	733,67	bA	599,25	bB	521,21	bC	608,29	bB	583,67	bB	570,79	bBC	605,08	bB
TS (A)	881,79	aA	707,04	aB	619,79	aC	704,25	bB	657,04	aBC	602,38	aC	707,13	aB
TS (B)	881,79	aA	686,88	aBC	625,00	aD	748,33	aB	668,29	aCD	631,04	aCD	691,25	aBC
Horizonte TS (A)	1029,92	A	850,08	BC	789,42	BC	875,25	B	776,33	C	674,00	D	820,50	BC
Horizonte TS (B)	1029,92	A	739,25	BCD	657,75	DE	813,33	B	707,00	CDE	651,25	E	766,08	BC
Cristalino TS (A)	733,67	A	564,00	B	450,17	C	533,25	BC	537,75	B	530,75	BC	593,75	B
Cristalino TS (B)	733,67	A	634,50	BC	592,25	C	683,33	AB	629,58	BC	610,83	BC	616,42	BC

Média geral = 700,85/Coefficiente de variação (%) - cultivares = 25,97/Coefficiente de variação (%) - tratamento de sementes = 10,45/CV (%) - aplicações de N = 7,20

1 Aplicação no estágio de Perfilhamento (2) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Elongamento (6) seguida de uma terceira aplicação no estágio de Enchimento de grãos (10.5.4).

2 Aplicação no estágio de Perfilhamento (2) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Elongamento (6).

3 Aplicação no estágio de Elongamento (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Enchimento de grãos (10.5.4).

4 Letras minúsculas classificam colunas e letras maiúsculas classificam linhas pelo teste de Tukey p<0,05.

**TABELA 13 – Média da produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) para os cultivares de trigo, na interação entre os tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.**

	Testemunha		Nitrogênio no Perfilhamento (2)		Nitrogênio no Elongamento (6)		Nitrogênio no Enchimento de grãos (10.5.4)		Parcelado 3x <sup>(1)</sup>		Parcelado 2x <sup>(2)</sup>		Parcelado 2x <sup>(3)</sup>	
FCP Horizonte	3122,81	aC <sup>4</sup>	3665,42	aA	3522,53	aB	3123,52	aC	3456,64	aB	3721,85	aA	3235,20	aC
FCP Cristalino	2222,68	bD	2881,28	bB	2845,06	bB	2588,40	bC	3051,48	bA	3071,20	bA	2881,31	bB
TS (A)	2672,74	aC	3133,64	bA	3122,90	bA	2942,13	aB	3120,93	bA	3209,40	bA	2955,85	bB
TS (B)	2672,74	aD	3413,06	aB	3244,69	aC	2769,79	bD	3387,19	aB	3583,65	aA	3160,66	aC
Horizonte TS (A)	3122,81	C	3635,13	AB	3597,08	AB	3280,87	C	3476,18	B	3685,55	A	3273,64	C
Horizonte TS (B)	3122,81	CD	3695,71	A	3447,98	B	2966,16	D	3437,10	B	3758,16	A	3196,77	C
Cristalino TS (A)	2222,68	B	2632,15	A	2648,71	A	2603,38	A	2765,67	A	2733,25	A	2638,06	A
Cristalino TS (B)	2222,68	D	3130,42	B	3041,40	B	2573,43	C	3337,28	A	3409,15	A	3124,56	B

Média geral = 3099,24/ Coeficiente de variação (%)-cultivares = 2,40/ Coeficiente de variação (%)-tratamento de sementes = 2,76/CV(%)- aplicações de N = 3,36

1 Aplicação no estágio de Perfilhamento (2) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Elongamento (6) seguida de uma terceira aplicação no estágio de Enchimento de grãos (10.5.4).

2 Aplicação no estágio de Perfilhamento (2) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Elongamento (6).

3 Aplicação no estágio de Elongamento (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Enchimento de grãos (10.5.4).

4 Letras minúsculas classificam colunas e letras maiúsculas classificam linhas pelo teste de Tukey p<0,05.

**TABELA 14 – Média da força de glúten (W) para os cultivares de trigo, submetidas aos tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.**

Parcela	FCP Horizonte (trigo pão)	213,4	b <sup>1</sup>
	FCP Cristalino (trigo melhorador <sup>2</sup> )	328,2	a
SubParcela	TS (A) - Fipronil+carbendazin	260,4	b
	TS (B) - Fipronil+tiofanato metílico+piraclostrobina	281,3	a
Sub-Sub Parcela	Testemunha	229,2	d
	120 kg,ha <sup>-1</sup> Uréia (perfilhamento)	249,3	c
	120 kg,ha <sup>-1</sup> Uréia (alongamento)	273,0	b
	120 kg,ha <sup>-1</sup> Uréia (enchimento de grãos)	282,7	ab
	40 kg,ha <sup>-1</sup> Uréia (perfilhamento > alongamento > enchimento grãos)	284,1	ab
	60 kg,ha <sup>-1</sup> Uréia (perfilhamento > alongamento)	288,1	a
	60 kg,ha <sup>-1</sup> Uréia (alongamento > enchimento de grãos)	289,4	a

<sup>1</sup>médias na coluna seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey p<0,05.

<sup>2</sup> Trigo classe pão com força de glúten média acima de 300 joule.

A maior disponibilidade de nitrogênio nos estádios reprodutivos do trigo proporcionou um aumento significativo na severidade de manchas foliares. O ‘FCP Horizonte’, mais suscetível as manchas, apresentou diferenças mais expressivas e estatisticamente significativas quando comparado ao ‘FCP Cristalino’. As comparações de com e sem a piraclostrobina nas sementes na AACPMF para ambos os cultivares mostraram que as diferenças na quantidade de manchas foliares não foi significativa. Um indicativo de que a diferença observada na produtividade de grãos, em ambos os cultivares, foi proporcionada pelos efeitos colaterais das estrobilurinas (tabela 14). A força de glúten aumentou significativamente quando na presença de piraclostrobina nas sementes, para todos os tratamentos. Esta diferença foi mais expressiva quando houve uma maior disponibilidade de nitrogênio no período de enchimento de grãos (10.5.4).

**TABELA 15 – Média da força de glúten (W) para os cultivares de trigo, na interação entre os tratamentos de sementes e aplicações de nitrogênio. Cruz Alta - RS/2009.**

	Testemunha		Nitrogênio no Perfilhamento (2)		Nitrogênio no Elongamento (6)		Nitrogênio no Enchimento de grãos (10.5.4)		Parcelado 3x <sup>(1)</sup>		Parcelado 2x <sup>(2)</sup>		Parcelado 2x <sup>(3)</sup>	
FCP Horizonte	129,24	bC <sup>4</sup>	169,91	bB	235,83	bA	242,34	bA	232,43	bA	237,28	bA	247,05	bA
FCP Cristalino	329,23	aAB	328,78	aAB	310,17	aB	323,16	aAB	335,75	aA	338,95	aA	331,66	aA
TS (A)	229,23	aD	261,77	aBC	256,50	bC	249,18	bCD	282,93	aA	277,73	bAB	265,43	bABC
TS (B)	229,23	aC	236,93	bC	289,50	aB	316,32	aA	285,25	aB	298,50	aAB	313,28	aA
Horizonte TS (A)	129,24	C	202,58	B	210,86	AB	214,13	AB	236,25	A	220,12	AB	225,66	AB
Horizonte TS (B)	129,24	C	137,25	C	260,81	A	270,54	A	228,61	B	254,43	AB	268,43	A
Cristalino TS (A)	329,23	AB	320,96	AB	302,15	BC	284,22	C	329,60	AB	335,35	A	305,20	BC
Cristalino TS (B)	329,23	B	336,61	AB	318,20	B	362,10	A	341,89	AB	342,56	AB	358,12	A

Média geral = 270,84/Coeficiente de variação (%)-cultivares = 11,82/Coeficiente de variação (%)-tratamento de sementes = 4,04/CV(%)-aplicações de N = 4,25

1 Aplicação no estágio de Perfilhamento (2) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Elongamento (6) seguida de uma terceira aplicação no estágio de Enchimento de grãos (10.5.4).

2 Aplicação no estágio de Perfilhamento (2) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Elongamento (6).

3 Aplicação no estágio de Elongamento (6) seguida de uma segunda aplicação no estágio de Enchimento de grãos (10.5.4).

4 Letras minúsculas classificam colunas e letras maiúsculas classificam linhas pelo teste de Tukey p<0,05.

## 5 DISCUSSÃO

O presente estudo evidenciou que as interações entre os efeitos proporcionados pelos fungicidas, no controle de doenças, e seus efeitos diretos na fisiologia de plantas de trigo, são determinantes para obtenção de trigo com alta qualidade de panificação. As respostas quanto à aplicação dos fungicidas foi diferencial entre cultivares e modos de ação fungicidas. Os dados mostraram que o aumento na disponibilidade de nitrogênio pode aumentar significativamente a qualidade de grãos. Contudo, a ação fungicida sobre as doenças apresentou resultados significativos quanto à eficiência de utilização do nitrogênio, mostrando que as doenças comprometem a remobilização do nitrogênio das folhas para os grãos.

Os resultados mostrando o aumento de produtividade e qualidade de grãos de trigo através da aplicação de fungicidas estão de acordo com o observado por Pepler *et al.* (2005a), e Ruske *et al.* (2003). Os fungicidas, através do controle das doenças foliares, puderam aumentar a vida fotossintética do dossel foliar, especialmente durante o enchimento de grãos, proporcionando aumento significativo de produtividade. Os programas com aplicações de estrobilurinas no enchimento de grãos comprovaram que a produtividade e a qualidade do trigo estão diretamente relacionadas com a área foliar sadia durante este período (REYNOLDS *et al.*, 2000; RICHARDS, 2000; GOODING *et al.*, 2000). Sylvester-Bradley *et al.* (1990) citam que a folha bandeira contribui com cerca de 30 a 50% dos fotoassimilados para o enchimento de grãos, e Pepler *et al.* (2005a) explica que a importância de sua longevidade esta em proporcionar maior acúmulo de proteína nos grãos.

Através das diferenças no impacto dos fungicidas no controle das doenças, foi possível observar que as doenças comprometeram de forma diferencial a produtividade. Principalmente as diferenças observadas entre estrobilurinas e triazóis no controle de manchas foliares e de ferrugem da folha entre cultivares. Os melhores programas de controle de manchas foliares foram com aplicações antecipadas e com maior concentração de triazol. De acordo com Menegon *et al.* (2005), no controle de manchas foliares, a aplicação preventiva de fungicidas protegeu as plantas de novas infecções, enquanto que as aplicações curativas resultaram em lesões iniciais maiores e mais numerosas. Os fungicidas aplicados curativamente apresentaram pouco efeito sobre a expansão das lesões, um componente epidemiológico importante no complexo de manchas foliares do trigo.

Para Cook e King (1984) e Cook e Thomas (1990) os fungicidas aplicados logo após a expansão da folha bandeira apresentaram o melhor efeito na produtividade, que de acordo com Gooding *et al.* (2000) e Dimmock e Gooding (2002a) este efeito é devido ao atraso na senescência precoce da folha. Portanto, é importante no manejo químico de manchas foliares na cultura do trigo, realizar aplicações de forma protetora nos estádios em que as folhas do trigo são emitidas e completam sua expansão, estando assim mais suscetíveis ao inóculo. Os estádios do alongamento e início da emissão de espigas tornam-se períodos críticos, visto que são nestes estádios que as folhas logo abaixo da folha bandeira (folha bandeira<sup>-2</sup> e folha bandeira<sup>-1</sup>) e a folha bandeira são emitidas para fora da bainha, folhas estas responsáveis pela quase totalidade do enchimento de grãos da cultura.

Além do momento antecipado para o controle efetivo do complexo de manchas, os resultados apontam para a maior efetividade dos triazóis frente às estrobilurinas neste patossistema. Em parte esta diferença se dá pelo modo de ação desses fungicidas. Nas estrobilurinas o sítio de ação na mitocôndria das células funciona inibindo o transporte de elétrons no complexo III, entre o citocromo-b e o citocromo-c, através da ubiquinol oxidase no sítio Q<sub>o</sub>, na cadeia transportadora de elétrons, o que promove uma diminuição na produção de ATP. Os inibidores de ubiquinona bloqueiam sua redução pelo citocromo b (oxidado), impedindo o transporte desse elétron. Assim, esta classe de fungicidas tem mais ação no início do processo infeccioso, considerando que a germinação de esporos envolve um elevado consumo de energia (ATP), o que é uma alta atividade mitocondrial. Já os triazóis têm seu alvo na síntese de esteróis, que por sua vez, são componentes funcionais na manutenção da integridade da membrana plasmática da maioria dos fungos fitopatogênicos. Eles inibem a produção de um lipídio essencial em fungos o ergosterol, cuja síntese nos fungos é feita através da ação catalítica da acetil-CoA. Embora geralmente não previnam a infecção, devido ao modo de ação, os triazóis podem matar o fungo na planta durante o processo de colonização, funcionando efetivamente no período entre o início da infecção até antes do aparecimento dos sintomas. Portanto, as estrobilurinas previnem a infecção e os triazóis são capazes de eliminar o fungo presente nos tecidos da planta. Apesar de ter ficado evidente nos resultados que o uso de fungicidas triazóis, no início do alongamento e na emissão da folha bandeira, proporcionou controle efetivo das manchas, não deve se dispensar às estrobilurinas. Com atenção para o estádio da cultura a ser implementado o programa de controle (início do alongamento), a associação dos triazóis com estrobilurinas é essencial para garantir a aditividade dos modos de ação aumentando a efetividade do programa de controle.

O fato de o uso isolado de triazol ter proporcionado maiores quantidades finais de ferrugem (AACPPFF), está na menor sensibilidade de raças de *Puccinia triticina* a este modo de ação fungicida. As novas raças de *Puccinia triticina* (B55, B55 4002 S, Fundacep MFH-HT) perderam sensibilidade, especialmente a ciproconazol, epoxiconazol, tebuconazol e tetraconazol (Comissão, 2008). Arduim (2009) também demonstrou que as raças MDP-MR, MDT-MR, MDKMR, MFH-HT, as mais expressivas na safra 2007, foram significativamente menos sensíveis aos triazóis. A eficácia do controle da ferrugem da folha na cultura do trigo, atualmente, deve-se a ação das estrobilurinas, os triazóis não devem ser utilizados isoladamente, principalmente em cultivares suscetíveis as estas raças menos sensíveis.

As estrobilurinas, mais efetivas no controle da ferrugem da folha, apresentaram efeitos colaterais na fisiologia das plantas de trigo. As aplicações realizadas no estágio de grão aquoso promoveram diferenças significativas na área foliar verde remanescente na média dos doze cultivares. A presença da estrobilurina, mesmo que menos eficiente no controle das manchas foliares, promoveu maiores ganhos de produtividade, e teores de clorofila mais elevados. Grossmann e Retzlaff (1997) e Ypema e Gold (1999) relataram que as estrobilurinas promoveram efeitos diretos na fisiologia de plantas de trigo. O sítio de ação desses fungicidas na mitocôndria das células que funciona inibindo o transporte de elétrons entre o citocromo-b e o citocromo-c na cadeia transportadora de elétrons, promove uma diminuição da respiração e produção de ATP nos fungos (ANKE, 1995). Segundo Köhle *et al.* (2003) e Fagan (2007) esta inibição também ocorre em células vegetais e diminui a respiração de manutenção, promovendo uma acidificação no citoplasma. Glaab e Kaiser (1999) observaram que com essa acidificação ocorreu um aumento na atividade da enzima nitrato redutase. Köhle *et al.* (2002) comprovaram estes efeitos em plantas de trigo, observaram uma redução de 10% de nitrato *in vitro*, sete dias após a aplicação de piraclostrobina, indicando reassimilação para metabólitos mais complexos.

Grossmann e Retzlaff (1997) citam o aumento na fotossíntese líquida proporcionado por tais fungicidas, e que este aumento está ligado às alterações no ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, uma vez que a absorção de CO<sub>2</sub> é favorecida pela diminuição na liberação do mesmo pela respiração, fazendo com que ocorra maior entrada de CO<sub>2</sub> do meio externo (mais concentrado) para o meio interno (menos concentrado). Os diversos efeitos fisiológicos descritos na literatura e apresentados nesta tese podem ser sumarizados em aumento de tecido fotossinteticamente ativo e aumento na intensidade verde (teor de clorofila), dois fatores que associados remetem a uma melhor utilização do nitrogênio pela planta.

A adição de nitrogênio aplicado juntamente ao programa de aplicação de fungicidas visa aumentar a qualidade de grãos (WOOLFOLK *et al.*, 2002). Segundo Gooding *et al.* (2007) o nitrogênio aplicado na antese aumenta o teor de proteína nos grãos do trigo. TEA *et al.* (2007) também observou uma relação positiva entre o nitrogênio fornecido no período reprodutivo do trigo e a qualidade de panificação da farinha. Dimmock e Gooding (2002b) sugeriram que os fungicidas podem influenciar os efeitos da aplicação tardia de nitrogênio sobre a concentração de nitrogênio nos grãos. Portanto, o papel dos fungicidas neste sistema nitrogênio - doenças esta em prolongar a vida do dossel foliar, aumentando a exportação do nitrogênio da folha para o grão. No entanto, há diferenças significativas entre as doenças na retenção do nitrogênio na folha. Para Dimmock e Gooding (2002b) um cultivar suscetível a ferrugem quando comparado com um cultivar suscetível a manchas foliares, porém resistente a ferrugem, apresentou uma tendência positiva de aumento na concentração de proteína nos grãos entre testemunha e tratado com fungicidas. O cultivar infectado por necrotróficos apresentou uma tendência negativa de redução na concentração, assim como na matéria seca total. Os autores sugerem que as manchas foliares comprometem a remobilização do nitrogênio da folha para os grãos na mesma relação que comprometem a remobilização de massa seca, enquanto que a ferrugem importa o nitrogênio da folha tornando-o indisponível para os grãos.

Com isso, os resultados apontam que a ferrugem da folha é mais danosa para a obtenção de trigo com qualidade de panificação quando comparada ao complexo de manchas foliares. Caldwell *et al.* (1934) e Greaney *et al.* (1941) mostraram que a infecção de *P. recondita* em cultivares suscetíveis aumentou a concentração de proteína nas folhas e hastes e reduziu a concentração protéica nos grãos. Walters (1989) relatou um acúmulo significativo de nitrogênio dentro de pústulas de *P. graminis* em folhas de trigo, enquanto que a concentração de nitrogênio nas áreas circundantes se manteve inalterada. Isto mostrou a importação líquida de nitrogênio para a região infectada da folha. Vários trabalhos na literatura citam esta relação, em que plantas infectadas apresentaram níveis reduzidos e controlando a ferrugem aumentou-se a concentração de proteína nos grãos (ABDEL e HAK *et al.*, 1987; PARK *et al.*, 1998). Portanto, há muitos indícios que a infecção por *Puccinia spp.* pode ser mais prejudicial para o acúmulo de nitrogênio nos grãos do que no acúmulo de massa seca (amido) (DIMMOCK e GOODING, 2002b).

Apesar dessas influências positivas dos fungicidas na qualidade e produtividade do trigo, existem dúvidas que o incremento na produtividade possa comprometer a concentração de proteína nos grãos, com a sugestão de que os níveis de proteína estariam diluídos pela

produção adicional de carboidrato (SIMMONDS, 1995; FEIL, 1997; SMITH e GOODING, 1999). Por fim, o presente estudo mostra que a maior disponibilidade de nitrogênio nos estádios reprodutivos do trigo proporcionou aumentos significativos de produtividade e na AACPMF. E os programas de controle com fungicidas estrobilurinas proporcionaram aumento significativo na força de glúten, especialmente quando este esteve presente desde o tratamento das sementes até o estágio de enchimento de grãos.

## 6 CONCLUSÕES

- O fungicida epoxiconazol foi mais eficiente no controle do complexo de manchas foliares do trigo quando comparado a piraclostrobina.
- O fungicida piraclostrobina e azoxistrobina apresentaram maior eficiência de controle da ferrugem da folha do trigo, a menor sensibilidade de raças de *Puccinia triticina* aos triazóis (epoxiconazol) comprometeu sua efetividade.
- Os estádios fenológicos do alongamento (7) e emissão de espigas (10.1) se apresentaram como momentos críticos para o posicionamento ideal do controle químico de manchas foliares.
- O uso de nitrogênio na forma de uréia no período vegetativo do trigo aumentou a produtividade e no período reprodutivo, aumentou a força de glúten da farinha.
- Os tratamentos com aplicações de piraclostrobina promoveram uma melhor remobilização do nitrogênio das folhas para os grãos. Através dos valores mais elevados de força de glúten e menores porcentagens de nitrogênio foliar remanescente, comparativamente ao epoxiconazol aplicado isolado.
- O uso de piraclostrobina nas sementes de trigo promoveu aumento de produtividade e aumento médio de 7% na força de glúten nos cultivares FUNDACEP Horizonte e FUNDACEP Cristalino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-HAK, T. et al. Evaluation of fungicides for the control of yellow stripe rust of wheat. **Egyptian Journal of Phytopathology**, Orman, v. 19, p. 85–96, 1987.

ABITRIGO - Associação Brasileira da Indústria do trigo Disponível em [http://www.abitrigo.com.br/historia\\_do\\_trigo2a.asp](http://www.abitrigo.com.br/historia_do_trigo2a.asp). Acesso em: 27 jan. 2009.

AHMAD, I. et al. The distribution of five major nutrients in barley plants infected with brown rust. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 21, p. 335–346, 1982.

ANKE, T. The antifungal strobilurins and their possible ecological role. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 73, p. 940-945, 1995, suppl. 1.

ARDUIM, G.S. Sensibilidade de raças de *Puccinia triticina* a fungicidas. 2009. 91f. Tese de Doutorado. Universidade de Passo Fundo. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

BARCELLOS, A. L.; MORAES-FERNANDES, M. I. B.; ROELFS, A. P. Ferrugem da folha do trigo (*Puccinia recondita*): durabilidade da resistência. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 23, n. 2, p. 101-117, abr./jun. 1997.

BARROS, B. C. Trigo/Brasil: O papel das doenças na baixa produtividade. **Correio Agrícola**, São Paulo, v. 2, p. 703-710, 1985.

BERGMANN, H. et al. Activation of stress resistance in plants and consequences for product quality. **Journal Application of Botany**, Berlin, v. 73, p. 153-161, 1999.

BERTELSEN, J. R.; NEERGAARD, E. De; SMEDEGAARD-PETERSEN, V. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. **Plant Pathology**, Oxford, v.50, n. 2, p.190-250, Apr. 2001.

BLACKMAN, J. A .; PAYNE, P. I. Grain quality. In: LUPTON, F. G. H. (Ed.). **Wheat Breeding: Its Scientific Basis**. London: Chapman & Hall, 1987. p. 455–485.

BLUMENTHAL, C. et al. The heat shock response relevant to molecular and structural changes in wheat yield and quality. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 21, p. 901-909, 1994.

BROADFOOT, W. C. Preliminary experiments on the control of cereal rusts by Kolo dust. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 21, p. 347–372, 1931.

BRUCK, K. P. et al. Cytokinin like side effects of benzimidazole fungicides in wheat. **Zeitschrift fur Acker- und Pflanzenbau**, Berlim, v. 153, n.2, p. 105–115, June 1984.

CALDWELL, R. M. et al. Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on yield, physical characters and composition of winter wheats. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 12, p. 1049–1071, 1934.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Monitoring epidemics: diseases**. In: Introduction to plant disease epidemiology. New York: J. Wiley, 1990. cap.6, p.107-128.

CHRISTEN, O. Characteristics and problems of cropping systems in Europe. In: SRINIVASAN, A. (Ed.). **Sustainable Food Production in Cropping Systems of Temperate Regions** Hokkaido: National Agricultural Experiment Station, 2001. p. 15–26.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Informações técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a Safra 2009**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2008. 172 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras-grãos**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>. Acesso em: 27 jan. 2009.

COOK, R. J.; KING, J. E. Loss caused by cereal diseases and the economics of fungicidal control. In: WOOD, R. K. S.; JELLIS, G. J. (Eds.). **Plant Diseases: Infection, Damage and Loss**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1984. p. 237–245

COOK, R. J.; THOMAS, M. R. Influence of site factors in responses of winter wheat to fungicide programmes in England and Wales, 1979-1987. **Plant Pathology** v. 39. n. 4, p. 548-557, Oct./Dec. 1990.

CROWDY, S. H.; MANNERS, J. G. Microbial disease and plant productivity. *Symposia of the Society of General Microbiology* 21, 103–123, 1971

CUNHA, G. R. **Trigo no Rio Grande do Sul: produzindo competitividade – opiniões**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 60 p. (Documentos, 11).

DICKINSON, C. H. Interactions of fungicides and leaf saprophytes. **Pesticide Science**, Oxford, v. 4, p. 563–574, 1973.

DIMMOCK, J. P. R. E.; GOODING, M. J. The effects of fungicides on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 138, n.1, p. 1–16, Feb. 2002a.

\_\_\_\_\_. The influence of foliar disease, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: a review. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 138, n. 4, p. 349–366, June 2002b.

FAGAN, E. B. A cultura de soja: modelo de crescimento e aplicação da estrobilurina piraclostrobina. 2007. 84 f. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FARIDI, H.; FAUBION, J. M. **Wheat End-Uses Around the World**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1995.

FEIL, B. The inverse yield-protein relationship in cereals : possibilities and limitations for genetically improving the grain protein yield. **Trends in Agronomy**, v. 1, p. 103–119, 1997.

FLETCHER, R. A.; NATH, V. Triadimefon reduces transpiration and increases yield in water-stressed plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 62, p. 422–426, 1984

FOULKES, M. J.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; SCOTT, R. K. Evidence for differences between wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 130, n.1, p. 29–44, Feb. 1998.

GERHARD, M.; HABERMEYER, J.; ZINKERNAGEL, V. The impact of strobilurins on plant vitality on winter wheat under field conditions. In: LYR, H. ... [et al.] (Eds.). **Modern Fungicides and Antifungal Compounds II**. Andover: Intercept, 1999. p. 197-208.

GLAAB, J.; KAISER, W. M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoxim-methyl. **Planta**, Berlin, v. 207, p.442-448, 1999.

GOODING, M.; DAVIES, J. W. P., Foliar urea fertilization of cereals. **Fertil. Res.** 32, 209–222, 1992.

\_\_\_\_\_. **Wheat Production and Utilization: Systems, Quality and the Environment**. Wallingfor: CAB International, 1997. 355 p.

GOODING, M. J. et al. Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. **Ann. Appl. Biol.** v. 136, p. 77–84, 2000.

GOODING, M. J. et al. Recovery of nitrogen from different sources following applications to winter wheat at and after anthesis. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 100, n. 2-3, p. 143–154, Oct. 2007.

GREANEY, F. J.; WOODWARD, J. C.; WHITESIDE, A. G. O. The effect of stem rust on the yield, quality, chemical composition, and milling and baking properties of Marquis wheat. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v. 22, p. 40–60, 1941.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, 1997.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1996. 36 p. (EMBRAPA – CNPT. Documentos, 27).

HABERMEYER, J.; GERHARD, M.; ZINKERNAGEL, V. The impact of strobilurins on the plant physiology of wheat. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 7., 1998, Birmingham. **Proceedings...** Birmingham: British Society for Plant Pathology, 1998.

HAMMOND-KOSACK, K. E.; PARKER, J. E. Deciphering plant–pathogen communication: fresh perspectives for molecular resistance breeding. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 14, n. 2, p. 177–193, Apr. 2003.

HARTILL, W. F. T. **Effects of yellow rust (*Puccinia glumarum*) upon the development, yield, nutrition and composition of wheat**. 1961. 174 f. (Tese Ph.D.)-University of Southampton, 1961.

HEDKE, K.; VERREET, J. A. Efficacy of single fungicide treatments in winter wheat using recommended and reduced dosages. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Stuttgart, v. 106, p. 98–108, 1999.

HERRMAN, T. J. et al. Quality response to the control of leaf rust in Kerl red winter wheat. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 73, p. 235–238, 1996.

HETZLER, J. et al. Interaction between *Cochliobolus sativus* and wheat cultivars. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WHEAT FOR NON-TRADITIONAL WARMER AREAS, 1991, México. **Proceedings...** Mexico: Cimmyt, 1991. p.146-164.

HIRANO, J. Effects of rain in ripening period on the grain quality of wheat. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Ibaraki, v. 10, n. 4, p.168-173, Oct./Dec. 1976.

JAMES, C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. **Com. Plant. Dis. Surv.** v. 51, p. 2, 1971.

KETTLEWELL, P. S., DAVIES, W. P., HOCKING, T. J., Disease development and senescence of the flag leaf of winter wheat in response to propiconazole. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 99, n. 3, p. 661–663, Dec. 1982.

KÖEHLE, H. et al. Physiological effects of the strobilurin fungicide F500 on plants. In: DEHNE, H.-W. ... [et al.]. (Eds.) **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Andover, 2002, p. 61–74.

KÖEHLE, H. et al. **Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants**. 2003.

KONRADT, M. et al. Amistar – ein Strobilurin zur beka\_mpfung von getreidekrankheiten. **Gesunde Pflanzen**, Berlin, v. 48, p. 126–134, 1996.

LAMARI, L. *Assess 2.0: Image Analysis Software for Plant Disease Quantification*. Department of Plant Science, University of Manitoba, Winnipeg, Canada. The American Phytopathological Society. 2002-2008.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954.

LIN, Z.-J.; MISKELLY, D.M.; MOSS, H. J. Suitability of various Australian wheats for Chinese-style steamed bread. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 53, p. 203–213, 1990.

LINHARES, A. I.; MATSUMURA, A. T. S.; LUZ, V. C. Avaliação da amplitude de ação antagonística de microrganismos epífitas do trigo sobre o crescimento radial de *Drechslera tritici-repentis*. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 119-126, set./dez. 1995.

LUCAS, J. A. **Plant Pathology and Plant Pathogens**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 1998.

MEHTA, Y. R. et al. Integrated management of major wheat diseases in Brazil: an example for the Southern Cone region of Latin America. **Crop Protection**, New York, v. 11, n. 6, p. 517-524, Dec. 1992.

MEHTA, Y. R. **Manejo integrado de enfermedades del trigo**. Santa Cruz de la Sierra: Imprenta Landivar, 1993. 314 p.

MENEGON, A.P. et al. Expansão de lesão da mancha-reticular da cevada e sua interação com o tratamento de sementes. **Fitopatologia Brasileira** 30:139-142. 2005.

MERCER, P. C. and RUDDOCK, A. Evaluation of azoxystrobin and range of conventional fungicides on yield, *Septoria tritici* and senescence in winter wheat, **Test Agrochem Cultiv.** 19 – 24. 1998.

MORRIS, C. F.; ROSE, S. P. Wheat. In: HENRY, R. J.; KETTLWELL, P. S. (Eds.) **Cereal Grain Quality**. London: Chapman & Hall, 1996. p. 3–54

NODA, K. et al. Response of wheat grain to ABA and imbibition at low temperature. **Plant Breeding**, Berlin, v. 113, n. 1, p.53- 57, Jan./Feb.1994.

PARK, R. F.; REES, R. G.; PLATZ, G. J. Some effects of stripe rust infection in wheats with adult plant resistance. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 39, p. 555–562, 1998.

PEPLER, S. et al. A temporal limit to the association between flag leaf life extension by fungicides and wheat yields. **European Journal of Agronomy**, Copenhagen, v. 22, n. 4, p. 363–373, May 2005a.

PEPLER, S. et al. Delaying senescence of wheat with fungicides has interacting effects with cultivar on grain sulphur concentration but not with sulphur yield or nitrogen:sulphur ratios. **European Journal of Agronomy**, Copenhagen, v. 22, n. 4, p. 405–416, May 2005b.

PETERSON, C. J., et. al. Baking quality of hard winter wheat: response of cultivars to environments in the Great Plains. **Euphytica**, Wageningen, v. 100, n. 1-3, p. 157-162, Apr. 1998.

PETERSON, R. F.; CAMPBELL, A. B.; HANNAH, A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. **Canadian Journal Research C**, Ottawa, v. 26, p. 496-500, 1948.

PETURSON, B.; NEWTON, M. The effect of leaf rust on wheat quality. **Canadian Journal of Research C**, Ottawa, v. 17, p. 380–387, 1939.

PETURSON, B.; NEWTON, M.; WHITESIDE, A. G. O. The effect of leaf rust on the yield and quality of wheat. **Canadian Journal of Research C**, Ottawa, v. 23, p. 105–114, 1945.

\_\_\_\_\_. Further studies on the effect of leaf rust on the yield, grade, and quality of wheat. **Canadian Journal of Research C**, Ottawa, v. 26, p. 65–70, 1948.

PICININI, E. C. Estratégias no manejo de enfermidades e proteção química de cereais de inverno. K In: KOHLI, M. M., ANONE, J. G.; GARCÍA, R. (Eds.) **Curso de manejo de enfermidades del trigo**. Buenos Aires: CIMMYT, Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino, 1995. p. 35-52.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. **Ensaio Preliminares e Cooperativos de Fungicidas - Resultados Obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo no Período 1988 - 1991**. Passo Fundo: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1992, 28 p.

POMERANZ, Y. From wheat to bread: a biochemical study. **American Scientist**, New Haven, v. 61, n. 6, p. 683-691, 1973.

PRESTES, A. M.; SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Práticas culturais e incidência de manchas foliares em trigo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 791-797, jun. 2002.

QUIRINO, B. F. et al. Molecular aspects of leaf senescence. **Trends Plant Science**, v. 5, p. 278–282, 2000.

RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n. 3, p. 357–363, May/June 1999.

REES, R. G.; PLATZ, G. J. Effects of Yellow Spot on Wheat: Comparison of Epidemics at Different Stages of Crop Development. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, n. 34, n. 1, p. 39-46, Jan./Feb. 1983.

REES, R. G.; SYME, J. R. Epidemics of stem rust and their effects on grain yield in the wheat WW15 and some of its derivatives. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 32, n. 6, 725–730, Nov./Dec. 1981.

REIS, E. M. **Doenças do Trigo V – Ferrugens**. São Paulo, 1991. 20 p.

REIS, E. M. et al. Effect of leaf rust on wheat grain yield. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 67-71, jan./mar. 2000.

REYNOLDS, M. P. et al. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment I: genetic diversity and crop productivity. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 66, n.1, p. 37–50, Apr. 2000.

RICHARDS, R. A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. **J. Exp. Bot.** v. 51, p. 447–458, 2000.

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. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 140, n. 4, p. 395–407, June 2003.

SALMON, S. E.; COOK, R. J. Effects of fungicides on the milling and baking quality of wheat. **Aspects Applied of Biology**, v. 15, p. 373–384, 1987.

SCHAREN, A .L. et al. Effects of flag leaf axial lesions caused by *Septoria nodorum* on C-translocation and yield of wheat. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 6, p. 193–198, 1975.

SHEWRY, P. R. et al. The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining wheat processing properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, San Diego, v. 45, p. 219-302, 2003.

SHUTT, F. T. The effect of rust on the straw and grain of wheat. **Journal of the American Chemistry Society**, New York, v. 27, n. 4, p. 366–369, Apr. 1905.

SILVA, F. de A. S. e. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SIMMONDS, N. W. The relation between yield and protein in cereal grain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 67, n. 3, 309–315, Sept. 1995.

SMITH, G. P.; GOODING, M. J. Models of wheat grain quality considering climate, cultivar and nitrogen effects. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 94, n. 3-4, 159–170, May 1999.

SUBHAN, D.; MURTHY, S. D. S. Senescence retarding effect of metal ions: pigment and protein contents and photochemical activities of detached primary leaves of wheat. **Photosynthetica**, Prague, v. 39, n. 1, p. 53–58, Jan./Mar. 2001.

SYLVESTER-BRADLEY, R.; SCOTT, R. K.; WRIGHT, C. E. **Physiology in the Production and Improvement of Cereals**. London: HGCA, 1990 (Home-Grown Cereals Authority Research Review, v. 18).

TEA, I. et al. Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effect on flour bred-making quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, 2853–2859, 2007.

VAN SANFORD, D. A. MACKOWN, C. T. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 2, p. 295–300, Mar./Apr. 1987.

WAFFORD, J. D.; WHITBREAD, R. Effects of leaf infections by *Septoria nodorum* Berk. on the translocation of  $^{14}\text{C}$ -labelled assimilates in spring wheat. **Annals of Botany**, London, v. 40, 83–90, 1976.

WALTERS, D. R. Phosphorous and nitrogen fluxes between plant and fungus in parasitic associations. In: BODDY, L.; MARCHANT, R.; READ, D. J. (Eds.). **Nitrogen, Phosphorus and Sulphur Utilisation by Fungi**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 131–154.

WIESE, M. V. **Compendium of wheat diseases**. 2nd ed. Saint Paul: Academic Press, 1998. 112 p.

WOOLFOLK, C. W. et al. Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 3, p. 429–434, May/June 2002.

XUEA, Q. et al. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 163, n. 2, p. 154–164, Feb. 2006

YPEMA, H. L.; GOLD, R. E. KRESOXIM-METHYL: Modification of a Naturally Occurring Compound to Produce a new Fungicide. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 83, n. 1, p. 4–19. Jan. 1999.

ZHANG, C. J. et al. Photosynthetic decline in flag leaves of two field-grown spring wheat cultivars with different senescence properties. **South African of Journal Botany**, v. 72, n. 1, p. 15–23, Jan./Feb. 2006.

## **APÊNDICES**

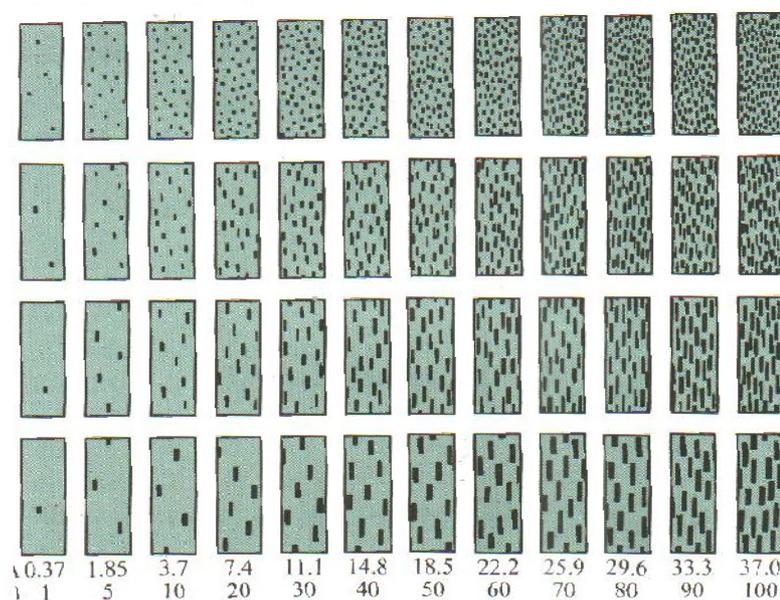


**APÊNDICE A - Escala fenológica do trigo elaborada por Large, 1954:**

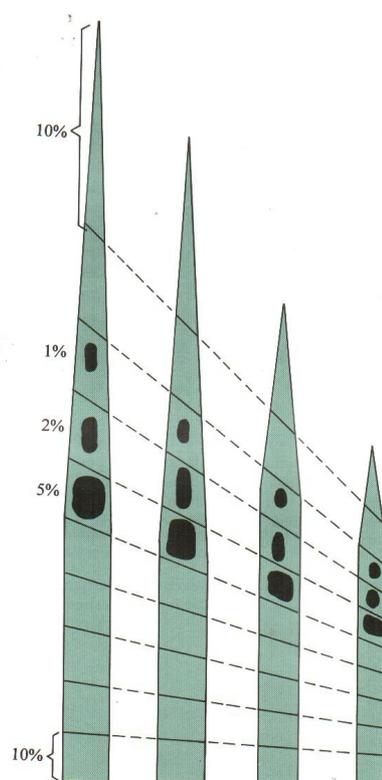
---

- 1 Plantas recém emergidas, com uma ou mais folhas
  - 2 Início do perfilhamento
  - 3 Perfilhos Formados. Folhas freqüentemente enroladas em espiral.
  - 4 Início do aparecimento do pseudocaule. Bainhas foliares começam a alongar-se.
  - 5 Pseudo-caule (formado por bainhas foliares) fortemente desenvolvido
  - 6 Primeiro nó visível na base da gema.
  - 7 Segunda nó já formado
  - 8 Folha bandeira visível, mas ainda enrolada. Início do Emborrachamento.
  - 9 Lígula da folha bandeira já visível
  - 10 Bainha da folha bandeira completamente desenvolvida, mas as espigas ainda não são visíveis.
  - 10.1 Espiga formada com 3 cm no interior do caule.
  - 10.2 Primeiras espigas apenas visíveis
  - 10.3 25% de espigamento
  - 10.4 50% de espigamento
  - 10.5 Todas as espigas fora da bainha
  - 10.5.1 Início do Florescimento
  - 10.5.2 Florescimento completo na parte apical da espiga
  - 10.5.3 Toda espiga florescida
  - 10.5.4 Grão aquoso [Início do Enchimento de grãos]
  - 11.1 Grão leitoso [Enchimento de grãos]
  - 11.2 Grão massa mole [Grãos macios e secos - final do enchimento de grãos]
  - 11.3 Grãos Duros [Difíceis de serem quebrados com a unha do polegar]
  - 11.4 Maturação fisiológica [palhas completamente secas]
-

**APÊNDICE B - Escala diagramática para avaliação da severidade de ferrugem segundo Peterson *et al.*, 1948:**



**APÊNDICE C - Escala diagramática para avaliação da severidade de manchas foliares segundo James, 1971:**



**APÊNDICE D – Fenologia observada nas doze cultivares utilizadas nos experimentos em Cruz Alta, RS - 2010:**

Cultivares	Tempo de cada estágio em dias*																	
	1	3	6	7	8	9	10	10.1	10.2	10.3	10.5	10.5.2	10.5.3	10.5.4	11.1	11.2	11.3	11.4
FCP 300	8	20	68	72	76	79	83	85	93	97	101	103	106	109	120	125	136	142
FCP 51	8	20	68	71	78	81	83	85	97	101	103	105	109	115	130	136	142	147
FCP 52	7	19	62	68	76	79	83	85	93	96	101	103	107	109	119	125	131	137
FCP Campo Real	9	21	68	72	78	80	93	101	105	107	108	109	113	118	128	134	141	145
ORPampeano	8	20	68	72	76	78	83	85	89	91	96	101	105	109	114	124	132	136
FCP Raízes	9	21	62	68	76	80	83	85	88	96	101	103	109	114	119	125	135	139
FCP Nova Era	9	21	68	72	76	80	86	93	98	101	103	105	109	115	115	140	144	147
FCP Horizonte	8	20	60	68	76	78	83	85	96	99	101	103	109	115	119	125	134	137
OR Quartzo	8	20	62	70	76	78	83	85	96	99	101	103	109	115	119	125	142	145
BRS Guamirim	7	19	60	68	72	76	78	82	86	88	93	96	101	105	115	125	134	137
FCP Cristalino	9	21	59	68	76	78	83	85	91	94	101	103	107	109	115	125	140	143
BRS Timbaúva	8	20	60	68	72	76	80	85	91	94	98	101	105	109	115	125	135	139

\*Conforme apêndice A.

**APÊNDICE E – Valores dos quadrados médios para as características agronômicas e fitopatológicas analisadas no experimento (A):**

EXPERIMENTO EM PARCELAS SUBDIVIDIDAS – QUADRO DE ANÁLISE DA VARIÂNCIA											
Causas da Variação	G.L. <sup>1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>	PMG <sup>2</sup>	PH <sup>3</sup>	AF-1 <sup>4</sup>	AF-2 <sup>5</sup>	AACPMF <sup>6</sup>	IRC <sup>7</sup>	SPAD-1 <sup>8</sup>	SPAD-2 <sup>9</sup>	SPAD-3 <sup>10</sup>
Cultivares-a	11	6466319,11**	858,13**	348,20**	47,35**	0,88**	904239,89**	2730,36**	104,32**	104,32**	1217,88**
Resíduo-a	60	22095,59	3,95	2,43	0,24	0,00	2306,52	293,18	4,67	4,67	15,53
Parcelas	71										
Programas-b	6	2669668,74**	117,74**	67,15**	13,71**	0,66**	6431103,31**	5054,89**	35,23**	35,23**	210,25**
Int, axb	66	116165,72**	6,00**	6,18**	0,76**	0,08**	72183,07**	258,46**	11,40**	11,40**	19,65ns
Resíduo-b	360	15405,83	2,72	3,40	0,19	0,00	1780,78	33,20	6,09	6,09	17,06
Total	503										

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01)

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05)

ns não significativo (p>=0,05)

**APÊNDICE F – Valores dos quadrados médios para as características fitopatológicas analisadas no experimento (A):**

QUADRO DE ANÁLISE DA VARIÂNCIA				
Causas da Variação	G.L. <sup>1</sup>	AACPF <sup>2</sup>	IRCF <sup>3</sup>	IRCT <sup>4</sup>
Cultivares-a	4	164203,54**	3635,72**	4694,77**
Resíduo-a	25	892,22	245,00	325,74
Parcelas	29			
Programas-b	6	4078673,17**	2976,67**	3605,60**
Int, axb	24	120439,63**	259,81**	324,71**
Resíduo-b	150	852,36	24,50	30,84
Total	209			

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01)

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05)

ns não significativo (p>=0,05)

**APÊNDICE G – Valores dos quadrados médios para as características agronômicas e fitopatológicas analisadas no experimento (B):**

F.V.	G.L.	kg.ha <sup>-1</sup>	% N	AACPMF	W
Cultivares-a	1	15897011,6**	0,858**	1604273,1**	276774,7**
Resíduo-a	10	5532,2	0,027	33118,6	1024,4
Parcelas	11				
TS-b	1	989081,6**	0,046**	2422,9ns	9164,9**
Int, axb	1	1982419,7**	0,173**	217800,0**	548,5ns
Resíduo-b	10	7337,9	0,001	5361,9	120,0
Subparcelas	23				
Nitrogênio-c	6	1570304,4**	0,035**	192391,7**	6312,8**
Int, axc	6	233665,1**	0,093**	24044,3**	6603,1**
Int, bxc	6	210672,4**	0,019**	3173,7ns	2942,6**
Int, abc	6	74718,7**	0,057**	12514,0**	1083,9**
Resíduo-c	120	10818,8	0,002	2544,6	132,2
Total	167				

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01)

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01=<p<0,05)

ns não significativo (p>=0,05)