

Escala diagramática para quantificação da ferrugem da folha do trigo

Gleina Costa Silva Alves¹, Leonardo de Castro Santos², Henrique da Silva Silveira Duarte³, Vanessa Dias², Laércio Zambolim¹, Mara Rúbia da Rocha²

RESUMO

Ferrugem da folha do trigo causada pelo fungo *Puccinia triticina* é, dentre as doenças do trigo, a de maior importância histórica e econômica a nível mundial. É a mais distribuída geograficamente entre as ferrugens dessa cultura. Entretanto, no Brasil não existem estudos epidemiológicos dessa doença. Para os quais são necessários métodos padronizados de quantificação de severidade no campo. Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar uma escala diagramática para padronizar as estimativas de severidade, em avaliações da ferrugem da folha do trigo. A escala foi confeccionada a partir de folhas sintomáticas coletadas aleatoriamente, em área naturalmente infestada, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Após a coleta as folhas foram digitalizadas, e com o auxílio do programa Quant determinou-se a área lesionada para a confecção da escala diagramática. Assim a escala proposta apresenta 10 níveis de severidade: 0,1; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 80 e 95. A validação da escala foi realizada por 8 avaliadores sem experiência em avaliação de doenças. Os avaliadores inicialmente estimaram a severidade da doença sem o uso da escala, logo em seguida os mesmos avaliadores utilizaram a escala proposta. A acurácia e precisão da escala foram avaliadas por meio de análises de regressão linear. A escala diagramática proposta tornou-se rápida, fácil, de forma acurada, precisa e reproduzível. Esta escala é recomendada como uma ferramenta de auxílio na estimativa da severidade da ferrugem da folha do trigo.

Palavras-chave: *Puccinia triticina*, severidade, quantificação de doença

Diagrammatic scale for quantifying the wheat leaf rust

ABSTRACT

Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina* is among the diseases of wheat, the most important historical and economic world. Among rusts the wheat this is more geographically distributed. However in Brazil there are no epidemiological studies of this disease. For which standard methods are needed to quantify the severity of the field. So, the objective was to develop a diagrammatic to standardize the estimates of severity, to evaluate the leaf rust of wheat. The scale was made from symptomatic leaves collected at random from naturally infested area at the Federal University of Viçosa, Viçosa-MG. After collection the leaves were scanned, and with the help of the Quant determined the injured area for the construction of diagrammatic. Thus the proposed scale has 10 levels of severity: 0,1; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64;80 and 95%. Scale validation was performed by eight evaluators without experience in disease assessment. The evaluators initially estimated the severity of the disease without the use of the scale, soon after the same raters used the scale proposed. The accuracy and precision of the scale were evaluated using linear regression analysis. The proposed diagrammatic scale is now quick, easy, so accurate, precise and reproducible. This scale is recommended as a tool to aid in estimating the severity of leaf rust of wheat.

Keywords: *Puccinia triticina*, severity, quantification of disease

Autor para correspondência: Gleina Costa Silva Alves
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, km 2,5, s/n, Zona Rural, Urutaí, GO, Brasil.

E-mail: gleinacosta@gmail.com.br

Recebido em: 23 março 2015

Aceito em: 25 março 2015

¹Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, GO, Brasil

²Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

³Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil

INTRODUÇÃO

A ferrugem da folha, causada por *Puccinia triticina* (= *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*) é uma das principais doenças do trigo e ocorre em praticamente todas as regiões do mundo onde o cereal é cultivado. As perdas em rendimento dependem do estágio da planta em que a doença ocorre e, principalmente, da severidade, a qual é função de suscetibilidade da cultivar, da virulência da raça fisiológica e das condições de ambiente (Chaves et al. 2006).

Os sinais da ferrugem da folha são caracterizados pela presença de pústulas de formato ovalado, de coloração avermelhada disseminadas predominantemente na região adaxial do limbo foliar (Roelfs et al. 1985). Esta doença manifesta-se desde o surgimento das primeiras folhas até a maturação da planta. Inicialmente, surgem pequenos urédios arredondados, amarelo-alaranjados, dispostos sem ordenação, de preferência localizados na face superior das folhas, estendendo-se às bainhas. A estas pústulas, com cerca de 1,5 mm de diâmetro, sucedem as pústulas teliais, pretas e ovais. Estas frutificações ficam sempre recobertas pela epiderme até o final do ciclo da planta. A ferrugem da folha do trigo é a doença mais comum desta cultura. As perdas em rendimento de grãos podem chegar a 50% (Reis et al. 1997).

Entre as medidas de controle o uso de cultivares resistente seria o ideal. Contudo a *P. triticina* apresenta grande habilidade em suplantar genes de resistência específicos, havendo atualmente, virulência para a maioria dos genes *Lr* mundialmente conhecidos (Singh et al. 2002). Outras medidas como eliminação de tigüeras, plantas voluntárias e de hospedeiros secundários, auxiliam na redução do patógeno, visto que segundo Reis (1997) o patógeno sobrevive no verão-outono parasitando plantas de trigo voluntárias que se constituem na principal fonte de inóculo primário no Brasil.

O controle químico é o método mais usado para o controle da ferrugem da folha do trigo. Entretanto, as aplicações devem seguir critérios baseado na severidade e no limiar de dano econômico (LDE). Para se chegar a esse limiar é necessário quantificar a doença (fitopatometria). Essa quantificação é importante para determinar as medidas de controle usadas no manejo, bem como para verificar a eficiência de produtos fitossanitários (Vale et al. 2004). Segundo Amorim (1995) a forma mais adequada de avaliar a severidade de doenças, é pela porcentagem de tecido foliar doente em relação à área foliar. Assim, várias estratégias têm sido indicadas para precisar a

severidade da doença, dentre estas, destaca-se o uso das escalas diagramáticas.

A quantificação de doenças de plantas, ou fitopatometria, é uma das mais importantes áreas da fitopatologia (James 1977). Sua importância pode ser comparada até mesmo à etiologia, uma vez que conhecer o agente causal, mas não quantificar a extensão dos seus danos no hospedeiro, não faz muito sentido. Os termos mais comumente utilizados em fitopatometria são "incidência" e "severidade". O primeiro refere-se à porcentagem de plantas doentes, ou de partes de plantas doentes, e o segundo refere-se à proporção do volume ou área do tecido com sintomas (James 1977). A quantificação de uma doença por incidência é mais fácil, precisa e simples. A avaliação da severidade exige a adoção de chaves descritivas, escalas diagramáticas ou a análise de imagens digitalizadas por programas computacionais. Destas três, as escalas diagramáticas são as mais utilizadas atualmente e constituem-se em representações ilustradas de uma série de plantas ou de partes de plantas com sintomas em diferentes níveis de severidade.

Bergamin Filho e Amorim (1996) definem escalas como sendo ilustrações de uma série de plantas, folhas, ou partes de plantas com sintomas em diferentes níveis de severidade. A utilização de escalas diagramáticas pode reduzir a subjetividade das estimativas de severidade entre os avaliadores, melhorando a acurácia e a precisão das avaliações (Martins et al. 2004). A escala diagramática permite quantificar de forma direta a severidade da doença.

Segundo Capucho et al. 2010 uma boa escala diagramática tem que ser fácil de usar, ter resultados reproduzíveis, aplicável em diversas condições, possuir intervalos que representem todos os estágios de desenvolvimento da doença e que permita avaliação imediata. Assim, na construção de uma escala os sintomas representados devem ser os mais próximos dos observados na plantas. Antes de se propor que uma escala seja usada como método padrão de quantificação de doenças esta deve ser validada, ou seja, verificar se o seu uso melhora as estimativas de porcentagem da doença.

A escala usada para quantificar a ferrugem da folha do trigo, é a de Cobb modificada (Sharma 1974). Embora, muito válida e usada até hoje, essa escala foi desenvolvida para a avaliação de ferrugens em várias gramíneas, o que se faz interessante a elaboração de uma escala especificamente para o trigo. Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar uma escala diagramática para padronizar as estimativas de severidade da ferrugem da folha do trigo favorecendo a tomada de decisão no manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração da escala diagramática para a ferrugem da folha do trigo foram coletadas 124 folhas da cultivar BRS 254 em campo experimental naturalmente infestado da Universidade Estadual de Viçosa, Viçosa-MG. A cultivar foi desenvolvida pela Embrapa trigo, é recomendada para o estado de Minas Gerais e apresenta suscetibilidade a ferrugem da folha do trigo.

O plantio foi realizado no final de maio de 2010 e a densidade foi de 400 plantas por metros quadrados e as linhas de plantio eram espaçadas em 20 cm. A coleta das folhas sintomáticas foi realizada em outubro de 2010, de forma aleatória, com folhas apresentando diferentes porcentagens de severidade. Logo após a coleta, as folhas foram scaneadas com uma resolução de 300 dpi e transferidas para um microcomputador.

Em seguida, determinou-se para cada folha a proporção de área lesionada usando o programa Quant (Vale et al. 2003). Foi considerado os limites superiores e inferiores da escala, correspondendo à máxima e mínima intensidade da doença observada no campo. Os níveis intermediários da escala foram considerados respeitando as limitações de acuidade visual. Definidas pela lei de estímulos-resposta de Weber-Fechner (Horsfall e Barrat 1945), assim estabeleceram-se 10 níveis de severidade da doença para compor a escala diagramática.

Para validação da escala diagramática, foram tomadas 40 folhas digitalizadas no programa power point, apresentando diferentes níveis de

severidade e apresentadas a 10 avaliadores sem experiência prévia na avaliação de doenças foliares. Estes estimaram a severidade da ferrugem no trigo inicialmente sem o uso da escala diagramática e posteriormente com o uso dela. A precisão e acurácia de cada avaliador foram determinadas por regressão linear, e as estimativas. Considerando severidade real (porcentagem de área foliar lesionada, determinada por incrementos logarítmicos) como variável independente e a severidade estimada como variável dependente. A precisão das estimativas foi avaliada pelo coeficiente de determinação da regressão (R^2) e pela variância dos erros absolutos (severidade estimada menos severidade real). A acurácia das estimativas foi determinada pelo teste t aplicada ao intercepto da regressão linear (a), para verificar se foi significativamente diferente de 0, e ao coeficiente angular da reta (b), para testar se foi significativamente diferente de 1, ao nível de 5% de probabilidade. Valores de intercepto significativamente diferente de 0 indicam a presença de desvios constantes, enquanto que valores de coeficiente angular da reta que desviam significativamente de 1 indicam a presença de desvios sistemáticos (Nutter Jr. et al. 1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através das análises com o programa Quant foram utilizados na confecção da escala diagramática com 10 níveis de severidade (Figura 1).

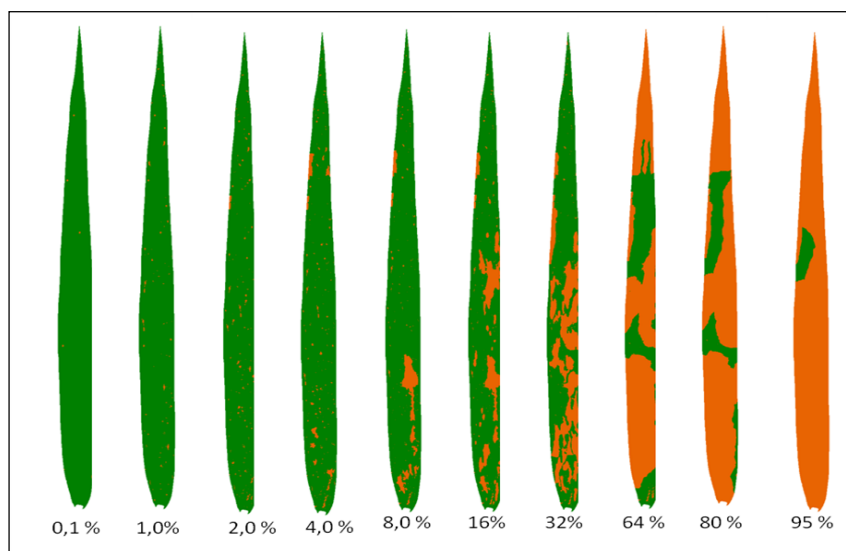


Figura 1. Escala diagramática para avaliação da ferrugem da folha do trigo (*Triticum aestivum* L.) causado por *Puccinia triticina*. Os valores são porcentagens de área foliar com sintoma da doença

A severidade máxima encontrada nas 124 folhas avaliadas foi de 95%, enquanto que o valor

mínimo apresentado foi de 0,1%. Os níveis intermediários, seguindo a lei de Weber-Fechner,

foram justados para 0,1; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 80 e 95% de severidade. O gráfico na figura 2 foi plotado

para representar a frequência da doença em diferentes níveis de severidade.

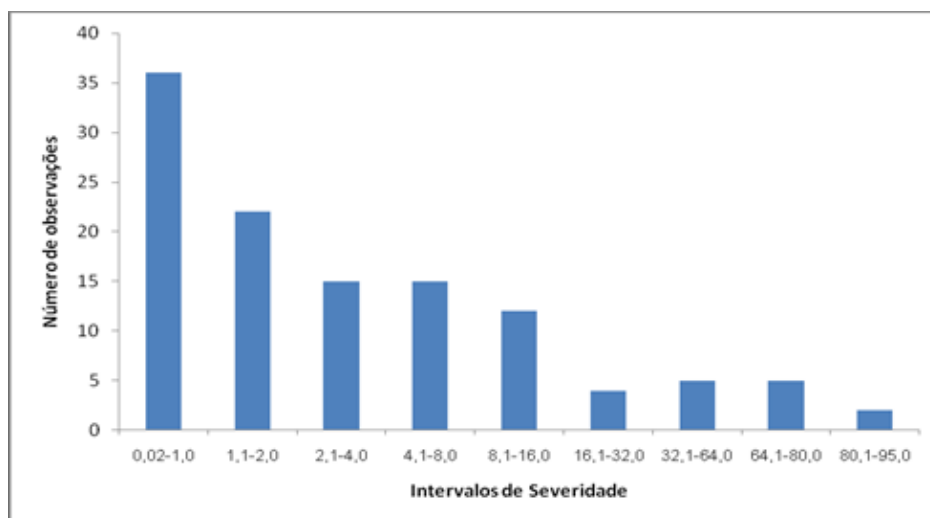


Figura 2. Frequência observada de severidade ferrugem da folha do trigo (*Triticum aestivum* L.) causada por *Puccinia triticina* em diferentes intervalos.

Observou-se que 28% das folhas avaliadas apresentaram uma porcentagem de severidade entre 0,02 – 1,0% e apenas 4% das folhas avaliadas apresentaram severidade mais elevada, com intervalo entre 80,1 e 95%. Como a *Puccinia triticina* é um fungo biotrófico este não leva a folha a senescência. Assim, justifica essa pequena quantidade de folhas com alta porcentagem de doenças como no presente estudo.

Piccini et al (2000) trabalharam com a mesma ferrugem na cultura do trigo e observaram uma severidade máxima de 86%. Entretanto, essa contradição com presente estudo, pode ser devido as condições ambientais em que os estudos foram realizados. No período em que compreende do plantio até a coleta das folhas, a temperatura média do período foi 20,5°C e a precipitação foi de 13868 mm. Essencialmente no mês em que foi realizada a coleta das folhas a temperatura média foi de 20,8°C, e a precipitação foi de 187,4mm (Inmet 2010).

A *P. triticina* exige temperaturas entre 15°C e 20°C e elevada umidade relativa. Em temperaturas em torno de 20°C apenas três horas de molhamento foliar são necessárias para que ocorra infecção. Em temperaturas inferiores o fungo necessita de um período maior de molhamento para infectar o hospedeiro (Santana e Chaves 2009).

Com o uso da escala diagramática, os valores de severidade estimados ficaram próximos dos valores de severidade real, para a maioria dos avaliadores. Ao avaliar a acurácia, definida como a exatidão de uma medida isenta de erros sistemáticos, a medida pela interceptação de (a) e coeficiente angular (b) da regressão linear entre severidade estimada e severidade real (Bergamin Filho e Amorim 1996) manteve-se em bons níveis como demonstra a tabela 1.

Tabela 1. Coeficiente de regressão e parâmetros ($y = ax + b$) da equação ajustada entre a severidade real e a estimada, sem o uso da escala e com a escala diagramática.

Escala	Coeficientes	Avaliadores								Média
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Sem	a	0,95	1,01	0,77	1,05	0,86	0,96	0,99	0,9	0,93
	b	7,33	0,96	10,32	0,57	2	8,717	6,04	8,72	5,58
	R ²	0,91	0,97	0,86	0,91	0,97	0,74	0,93	0,88	0,89
Com	a	0,88	1,25	0,88	1,02	1,37	1,02	0,99	0,99	1,05
	b	0,78	3,98	0,15	0,14	0,05	3,95	6,03	1,28	2,04
	R ²	0,92	0,97	0,94	0,95	0,96	0,94	0,92	0,95	0,94

Legenda: (a) Estimativas dos parâmetros de interseção ; (b) coeficientes angulares; (R²) coeficientes de determinação das equações de regressão linear

A escala proporcionou bons níveis de acurácia e precisão com R^2 médio de 90% e erros < 20%, sendo ambos considerados satisfatórios. Os avaliadores apresentaram elevada reprodutibilidade das estimativas, $R^2 > 90\%$ em 100% dos casos. A escala diagramática proposta foi considerada adequada para estimar a severidade da ferrugem do trigo, podendo ser usada em estudos epidemiológicos e na avaliação de estratégias de controle desta doença.

Observou-se, com o uso da escala, um coeficiente de determinação entre 81 e 97%, com média de 94%, enquanto, sem o uso da escala, esse valor ficou entre 74 e 97%, com média de 89% (Tabela 1), indicando que, com o uso da escala, as

estimativas foram sistematicamente relacionadas com o valor real.

O aumento da precisão também foi confirmado pela redução na amplitude dos erros dos avaliadores com o uso da escala (Figura 3). Sem a utilização da escala diagramática, observou-se que os avaliadores apresentaram maiores desvios nos erros, sendo que 75% dos avaliadores (avaliadores 1, 2, 3, 4, 6, e 8) chegaram a apresentar erros atingindo 50% (Figura 3). Adicionalmente, com a utilização da escala diagramática, poucas vezes (1,25% dos casos) os erros ultrapassaram 15%, concentrando 89,75% dos erros abaixo dos 10% (Figura 3).

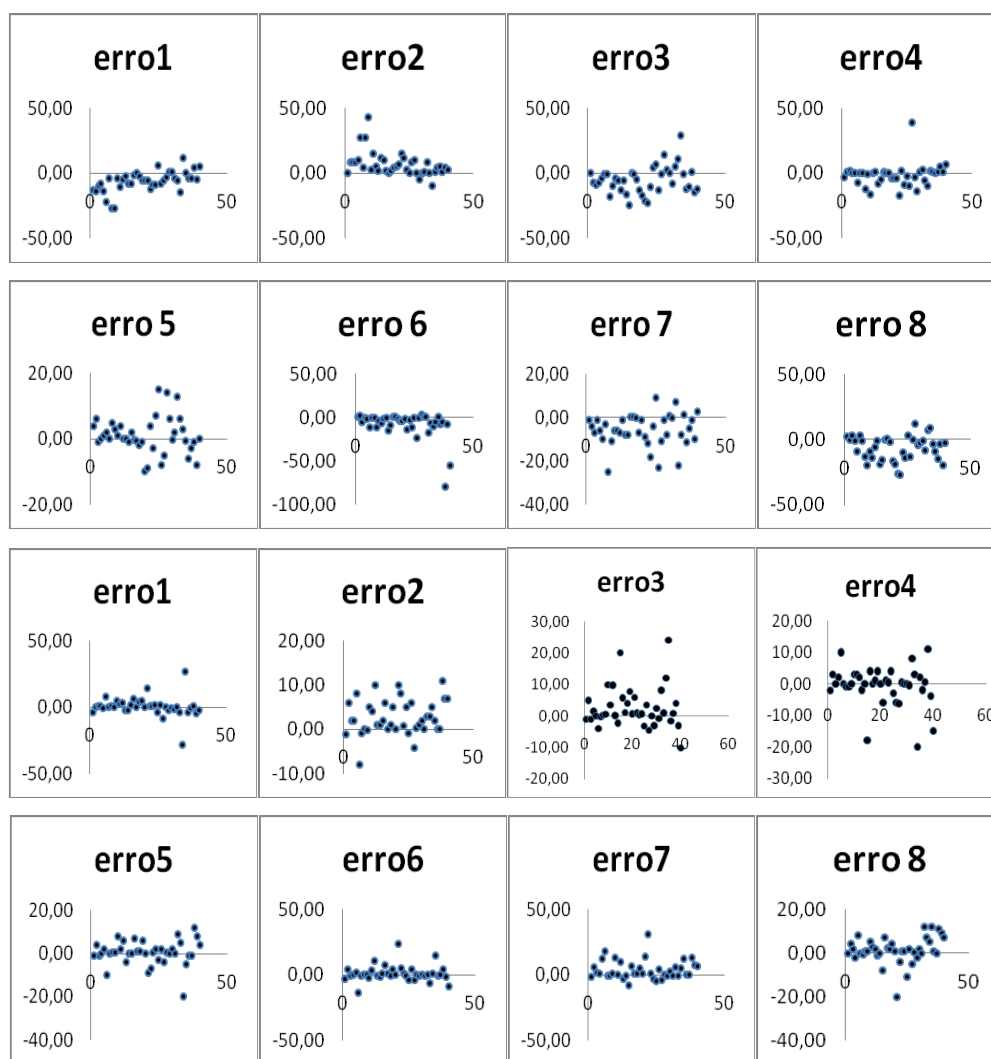


Figura 3. Erros (severidade estimada menos a real) para os oito avaliadores sem e com a utilização da escala diagramática elaborada para quantificação da severidade da ferrugem (*Puccinia triticina*) do trigo (*Triticum aestivum* L.)

CONCLUSÃO

A utilização da escala diagramática permite quantificar os sintomas da *P. triticina* através de uma proposta rápida, fácil, de forma acurada,

precisa e reproduzível. Esta é recomendada como uma ferramenta de auxílio na estimativa da severidade da ferrugem da folha do trigo.

REFERÊNCIAS

- Caierao E et al. Efeito de níveis de severidade e incidência da ferrugem-da-folha e ferrugem-do-colmo no rendimento de linhagens de aveia. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 36 (1): 43-52, 2001.
- Chaves MS, Barcellos AL. Especialização fisiológica de *Puccinia triticina* no Brasil em 2002. Fitopatologia brasileira, 31 (1): 57-62, 2006.
- Conab, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, novembro 2010 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2010. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/Boletim_nov_2010.pdf
- Reis EM, Casa RT, Forcelini CA. Doenças do Trigo. In: Manual de Fitopatologia, Doenças das Plantas Cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres. 1997. p.675-685.
- Felício JC, Camargo C.E.O, Castro JL, Germani R. Rendimento de grãos de trigo e sua relação com as doenças e variáveis climáticas em Capão Bonito de 1994 a 2001. Bragantia, 63 (1): 93-103, 2004.
- Flávio MS, Márcia SC. Cultivo de trigo: Doenças e Métodos de Controle. Sistemas de Produção, 4 Versão Eletrônica, 2009.
- Horsfall JG, Barrat RW. An improved grading system for measuring plant disease. Phytopathology, 35: 655, 1945.
- Picini EC, Fernandes JM. Controle da ferrugem da folha e da mancha bronzeada da folha de trigo pelo uso de fungicidas em tratamento de sementes. Fitopatologia brasileira. 26 (1): 100-100, 2001.
- Pires PC. Ferrugem da folha de trigo (*Puccinia triticina* Erikss.) Taxa de formação e distribuição das lesões. Dissertação, UPF, 2007, 96 p.
- Produção mundial de trigo. (Foreign Agricultural Service - United States Department of Agriculture, 2010). Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/download.asp?cdnivel=206&nivel=3.1.11>. Acesso em 23/11/2010.
- Roelfs AP. Epidemiology in North America, In: Roelfs AP, Bushnell WR (Eds.). The cereal rusts, Volume II, Diseases, distribution epidemiology and control. Academic Press: Orlando, pp.403-434, 1985.
- Schramm W, Fulco WS, Soares MHG, Almeida AMP. Resistência de cultivares de trigo em experimentação ou cultivo no Rio Grande do Sul, às principais doenças fúngicas. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 10 (1): 31-39, 1974.
- Singh RP, Huerta-Espino J, Roelfs AP. The wheat rusts. Food and Agriculture Organization Of The United Nations Rome, FAO:Plant Production and Protection Series, 30, 2002.