

Uso de modelos lineares generalizados para estimar germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum*

Marceli Hikishima, Embrapa Arroz e Feijão¹
Aline de Holanda Nunes Maia, Embrapa Meio Ambiente²
Alaerson Maia, Universidade Federal de Goiás³
Murillo Lobo Jr., Embrapa Arroz e Feijão⁴

Resumo: *Sclerotinia sclerotiorum* é um fungo que tem causado epidemias de mofo branco em diversas regiões do país. Apotécios, produzidos através da germinação carpogênica de escleródios são considerados o inóculo inicial da doença. O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo de previsão para produção de apotécios em laboratório, determinando as relações entre temperatura do solo (10, 13, 15, 18, 20, 23, 25 e 30° C), umidade do solo (61, 68, 75, 82, 89, 95, 100, 105, 110, 115 e 120 % da capacidade de campo, CC) e escleródios germinados. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente aleatorizado, com arranjo fatorial 8 x 11 e quatro repetições. As parcelas foram compostas por 20 escleródios dispostos sobre 150g de solo, em embalagens de plástico transparente de 500g. Foi ajustado um modelo de linear generalizado com função de ligação logística ('logit'), considerando a distribuição binomial (regressão logística) para estimar a probabilidade de germinação de escleródios em função da umidade e da temperatura do solo. A qualidade do ajuste foi avaliada pela 'deviance', correlações entre valores observados e preditos pelo modelo e pelo padrão gráfico dos resíduos. Apesar da forte evidência de efeito dos preditores linear e quadrático para ambos os fatores, o modelo proposto apresentou qualidade de ajuste regular, o que indica necessidade de melhoria. Segundo esse modelo, condições de temperatura entre 15° e 17°C e umidades próximas de 100% CC são mais favoráveis à germinação de escleródios, em condições de ambiente controlado.

Palavras-chave: regressão logística, mofo branco, epidemiologia, fitossanidade.

1. Introdução

O mofo branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, é uma doença destrutiva de várias culturas de importância econômica (BOLAND & HALL, 1994). O fungo vem causando epidemias severas na cultura da soja (*Glycine max* L.) em diversas regiões do país. As epidemias iniciam, na maioria das vezes, com a liberação dos ascósporos por apotécios, os quais são produzidos através da germinação carpogênica de escleródios do patógeno (BOLAND & HALL, 1987). Estudos anteriores mostram que temperatura e umidade do solo têm influência direta na germinação carpogênica dos escleródios (HUANG & KOZUB, 1991; CLARKSON ET AL., 2004). Modelos lineares generalizados considerando a distribuição binomial para a variável reposta têm sido indicados para análise de dados expressos como proporções, muito comuns na área de agrônômica (MCCULLAGH E NELDER, 1989). Neste trabalho, apresentamos e discutimos o desenvolvimento de um modelo de previsão de germinação carpogênica de escleródios de *S. sclerotiorum* em função da temperatura e umidade do solo.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente aleatorizado, com arranjo fatorial 8 x 11 e quatro repetições. Escleródios de *S. sclerotiorum* foram submetidos em laboratório a diferentes temperaturas (10, 13, 15, 18, 20, 23, 25 e 30° C) e umidades do solo (61, 68, 75, 82, 89, 95, 100, 105,

¹ Bolsista DTI-3/CNPq. e-mail : hmarceli@yahoo.com.br

² Laboratório de Geotecnologias e Métodos Quantitativos.

³ Mestrando em Agronomia

⁴ Laboratorio de Fitopatologia

110, 115 e 120% da capacidade de campo, CC). As parcelas foram compostas por 20 escleródios dispostos sobre 150g de solo, em embalagens de plástico transparente de 500g. Aos 40 dias após a incubação, os escleródios foram avaliados quanto à germinação.

Para descrever o efeito da temperatura e da umidade sobre a germinação de escleródios foi proposto um modelo linear generalizado com função de ligação logística (Equação 1).

$$\text{Logit}(p_{ijk}) = \beta_0 + \beta_1 T_i + \beta_2 T_i^2 + \beta_3 U_j + \beta_4 U_j^2 + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{Equação 1})$$

onde, p_{ijk} é a frequência relativa de escleródios germinados na repetição k ($k=1,2,\dots,4$), submetido à temperatura i ($i=1,2,\dots,8$) e umidade j ($j=1,2,\dots, 11$); β_0 é o intercepto do modelo, β_1 e β_2 representam os efeitos linear e quadrático de temperatura, respectivamente; β_3 e β_4 representam os efeitos linear e quadrático de umidade, respectivamente e ε_{ijk} o erro aleatório associado a cada observação.

A qualidade do ajuste foi avaliada pela diferença entre a ‘deviance’ para o modelo *nulo* (sem preditores) e o modelo *corrente* (Equação 1), correlações entre valores observados e preditos pelo modelo e pelo padrão gráfico dos resíduos. Todas as análises foram realizadas utilizando o ambiente de programação e software estatístico R (R Development Core Team, 2009).

3. Resultados e discussão

As estimativas dos parâmetros do modelo logístico proposto (Equação 1), com respectivos erros padrão, ‘deviances’ e resultados dos testes qui-quadrado de Wald são apresentados na Tabela 1. Os níveis de significância nominal (valores p), todos inferiores a 0,0001, indicam forte evidência de efeito para todos os fatores testados. O valor da ‘deviance’ relativa à comparação entre o modelo *nulo* (sem preditores) e o modelo *corrente* (Equação 1), também indicou contribuição significativa ($p < 0,001$) dos fatores temperatura e umidade para redução da variabilidade não explicada da germinação carpogênica de escleródios.

Tabela 1. Parâmetros estimados do modelo linear generalizado (modelo logístico) ajustado para descrever a influência da temperatura e umidade do solo sobre a germinação de escleródios de *S. sclerotiorum*, em condições de ambiente controlado.

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	Deviance	Valor p*
β_0	-43,1600	2,0690	2262.77	<0,0001
β_1	2,9510	0,1500	1911,90	<0,0001
β_2	-0,0937	0,0047	935.80	<0,0001
β_3	0,3803	0,0344	645.11	<0,0001
β_4	-0,0018	0,0002	522.70	<0,0001

* Nível de significância nominal do teste X^2 de Wald.

A superfície de resposta ajustada (Figura 1), a relação entre os valores observados e preditos da proporção de escleródios germinados e gráfico de probabilidades normais (Figura 2) indicam uma qualidade de ajuste mediana. Seções transversais ou longitudinais da superfície de resposta ajustada mostram a qualidade de ajuste de submodelos que descrevem a germinação em função da umidade para valores específicos de temperatura (13, 15, 18 e 23 ° C) e, variação da germinação de escleródios em função da temperatura para valores específicos de umidade (75, 95, 100 e 105%), figuras 3 e 4, respectivamente.

Buscando a melhoria da qualidade de ajuste do modelo proposto, serão investigados dois aspectos numa análise futura: a presença de superdispersão específica para cada combinação dos níveis de temperatura e umidade e efeito de grupo (unidade experimental com vinte escleródios) sobre a probabilidade de germinação.

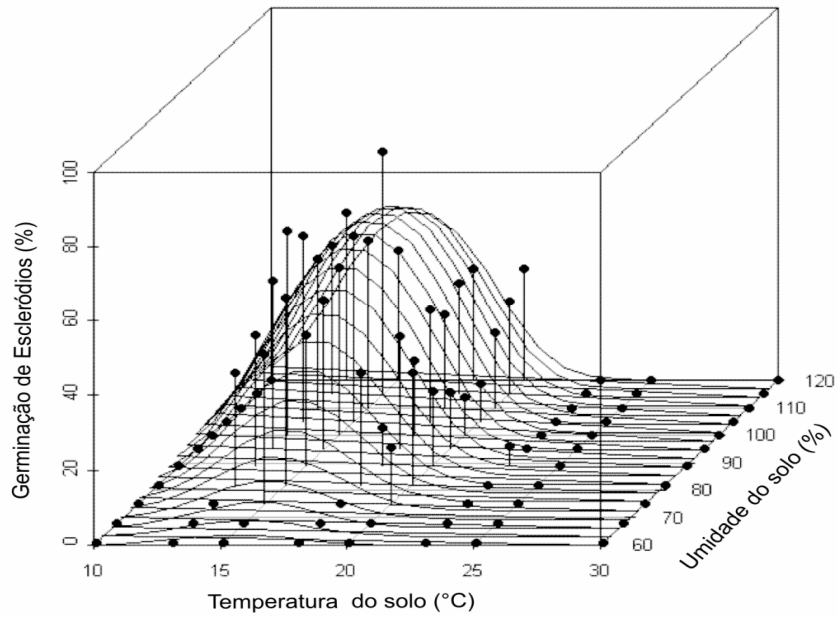


Figura 1. Superfície de resposta ajustada para prever a probabilidade de germinação de escleródios em função da temperatura e da umidade do solo.

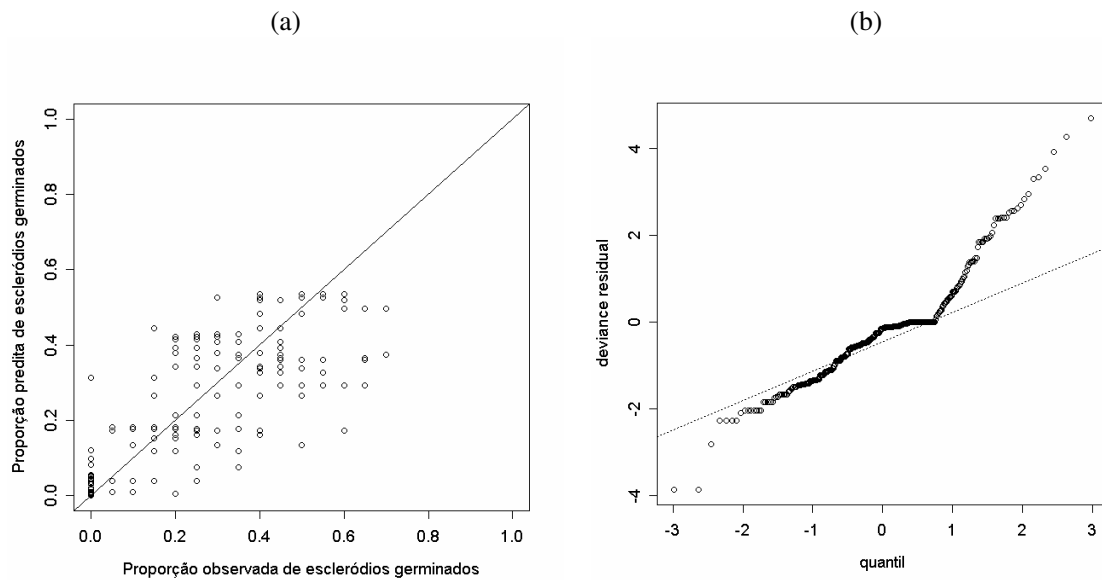


Figura 2. Diagnósticos de resíduos: (a) relação entre as proporções observadas de escleródios germinados e valores preditos pelo modelo linear generalizado e (b) gráfico de probabilidade normal.

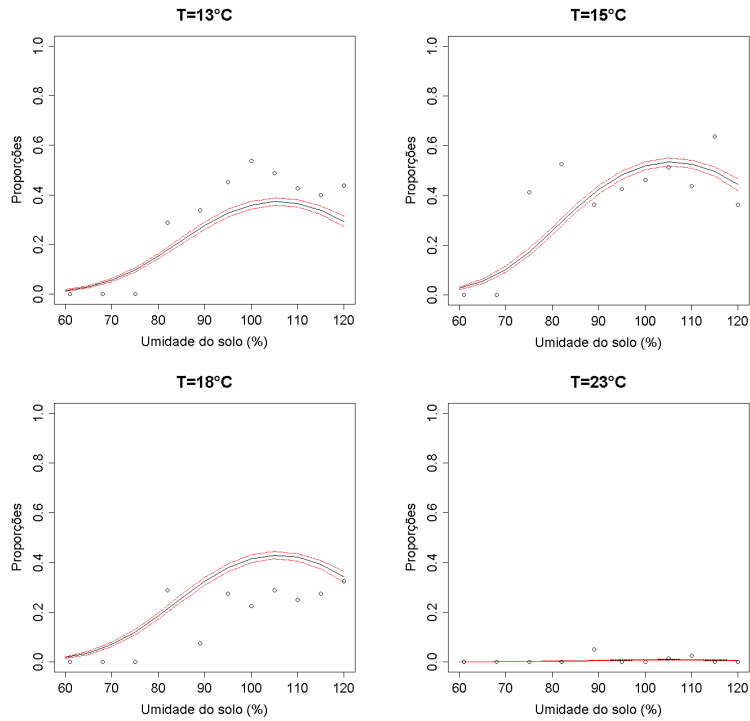


Figura 3. Probabilidades de germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* observadas e previstas pelo modelo linear generalizado, em função da umidade, para diferentes níveis de temperatura: 13, 15, 18 e 23 °C.

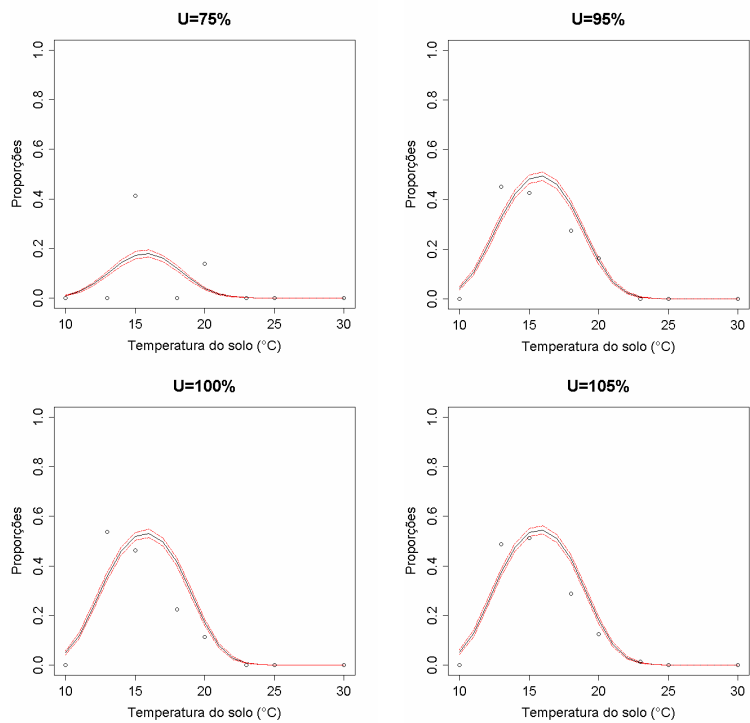


Figura 4. Probabilidades de germinação de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* observadas e previstas pelo modelo linear generalizado, em função da temperatura, para diferentes níveis de umidade: 75, 95, 100 e 105% da capacidade de campo.

Referências

- [1] BOLAND, G.J.; HALL, R. Epidemiology of white mold bean in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*. v.9, p.218-224, 1987.
- [2] BOLAND, G. J.; HALL, R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.* 16:93-108, 1994.
- [3] CLARKSON, J. P.; PHELPS, K., WHIPPS, J. M.; YOUNG, C. S.; SMITH, J. A.; WATLING, M. Forecasting sclerotinia disease on lettuce: a predictive model for carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia. *Phytopathology* 97:621-631, 2007.
- [4] HUANG, H.C.; KOZUB, G.C. Temperature requirements for carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates of different geographic origins. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. v.32, p.279-286, 1991.
- [5] McCULLAGH, P.; NELDER, J. A. *Generalized linear models*, 2nd. ed. London: Chapman & Hall, 511 p., 1989.
- [6] R Development Core Team, organização: R Foundation for Statistical Computing, endereço: Vienna, Austria, ano: 2009, note: ISBN 3-900051-07-0, url: <http://www.R-project.org>.