

ROBERTO KAZUHIKO ZITO

CORRELAÇÕES DE TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE SOJA COM EMERGÊNCIA EM CAMPO

**CORRELAÇÕES DE TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE SOJA COM EMERGÊNCIA EM CAMPO**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para obtenção
do título de *Doctor Scientie*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO - 2000

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

Z82c
2000

Zito, Roberto Kazuhiko, 1967-

Correlações de testes de qualidade fisiológica de sementes de soja com emergência em campo / Roberto Kazuhiko Zito. – Viçosa : UFV, 2000.

116p. : il.

Orientador : Carlos Sigueyuki Sedyama

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 1999

1. Soja – Sementes – Qualidade fisiológica – Método PROBIT. 2. Soja – Sementes – Velocidade de emergência. 3. Soja – Sementes – Qualidade – Análise de componentes principais. 4. Soja – Sementes – Germinação – Equação de regressão múltipla. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 633.3421

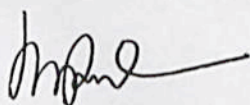
CDD 20.ed. 633.3421

ROBERTO KAZUHIKO ZITO

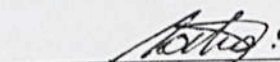
**CORRELAÇÕES DE TESTES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE SOJA COM EMERGÊNCIA EM CAMPO**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para obtenção
do título de *Doctor Scientie*.

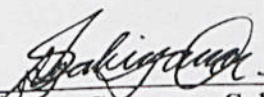
APROVADA: 1º de dezembro de 1999.



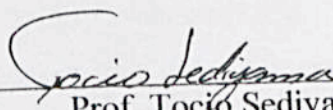
Prof. Maurilio Alves Moreira
(Conselheiro)



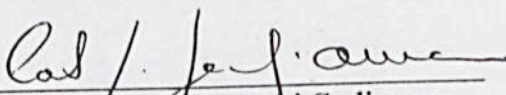
Prof. Valterley Soares Rocha
(Conselheiro)



Prof. Ney Sussumu Sakiyama



Prof. Tocio Sedyama



Prof. Carlos Siguelyuki Sedyama
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Deus.

A minha filha Hikari.

A minha esposa Mônica.

A meus pais Fujio e Miroko.

A minha irmã Hiromi.

A meus amigos.

Ao Prof. Carlos Sigeyuki Sedyama, minha gratidão, pela orientação, amizade, compreensão, confiança, ajuda e disponibilidade nos tempos difíceis.

Ao Prof. Valterley Soares Rocha e Maurício Alves Moreira, pelo apoio, pela amizade, pela disposição, pelas críticas e sugestões.

Ao Prof. Tacio Sedyama, pela disponibilidade, ajudando-me nos momentos críticos.

Ao Prof. Ney Sussumu Sakiyama, pela disponibilidade, pelas críticas e sugestões.

A Mam Rodrigues, pela atenção, pelo apoio e pela amizade.

Aos meus familiares, pela mais sublime forma de apoio, expressa pela vontade de dar apoio sem conseguir fazê-lo.

Aos demais colegas que, pela ajuda e amizade, contribuíam para a realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

AGRADECIMENTO

A Fonte Eterna, de onde vem a esperança.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Fitotecnia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Prof. Carlos Sigueyuki Sedyama, minha gratidão, pela orientação, amizade, compreensão, confiança, ajuda e disponibilidade nos tempos difíceis.

Ao Prof. Valterley Soares Rocha e Maurilio Alves Moreira, pelo apoio, pela amizade, pela disposição, pelas críticas e sugestões.

Ao Prof. Tocio Sedyama, pela disponibilidade, ajudando-me nos momentos críticos.

Ao Prof. Ney Sussumu Sakiyama, pela disponibilidade, pelas críticas e sugestões.

A Mara Rodrigues, pela atenção, pelo apoio e pela amizade.

Aos meus familiares, pela mais sublime forma de apoio, expressa pela vontade de dar apoio sem conseguir fazê-lo.

Aos demais colegas que, pela ajuda e amizade, contribuíram para a realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

BIOGRAFIA

ROBERTO KAZUHIKO ZITO, filho de Fujio Zito e Miroko Zito, nasceu em Penápolis, SP, em 2 de fevereiro de 1967.

Em 1982, concluiu o Curso Técnico em Agropecuária, na Escola Estadual de Segundo Grau “João Jorge Geraissate” (agrícola), de Penápolis, SP.

Em janeiro de 1991, graduou-se em Agronomia, pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em fevereiro de 1994, concluiu o Curso de Mestrado, nesta mesma Universidade.

Em março de 1994, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia, na mesma Universidade.

Em julho de 1996, foi admitido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, no Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba, em Uberaba-MG, onde trabalha atualmente.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA PELA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	41
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4. RESUMO E CONCLUSÕES	75

CAPÍTULO 4

CONTEÚDO

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA ESTIMAR A GERMINAÇÃO NO CAMPO	76
--	----

1. INTRODUÇÃO	76
EXTRATO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO	1

CAPÍTULO 1

O MÉTODO PROBIT APLICADO A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA	3
1. INTRODUÇÃO	3
2. MATERIAL E MÉTODOS	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4. RESUMO E CONCLUSÕES	13

CAPÍTULO 2

COMPARAÇÃO DE FÓRMULAS PARA CÁLCULO DA VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA EM SEMENTES DE SOJA	14
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. RESUMO E CONCLUSÕES	40

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA PELA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	41
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4. RESUMO E CONCLUSÕES	75

CAPÍTULO 4

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA ESTIMAR A GERMINAÇÃO NO CAMPO.....	76
1. INTRODUÇÃO	76
2. MATERIAL E MÉTODOS	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
4. RESUMO E CONCLUSÕES	102
CONCLUSÕES	104
REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

EXTRATO

ZITO, Roberto Kazuhiko, D.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2000.
Correlações de testes de qualidade fisiológica de sementes de soja com emergência em campo. Orientador: Carlos Sigueyuki Sedyiyama.
Conselheiros: Valterley Soares Rocha e Maurilio Alves Moreira.

Foram realizados experimentos para estudar métodos de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja e analisar sua correlação com a emergência a campo. Uma das propostas foi verificar se a análise de probit poderia ser utilizada para avaliar a qualidade da semente de soja. Essa análise mostrou-se viável para avaliação da qualidade das sementes, apresentando correlação significativa com a emergência a campo; entretanto, apresenta restrições práticas, como contagens diárias, dificultando a rotina. No segundo trabalho, objetivou-se identificar a melhor fórmula para cálculo da velocidade de emergência. Nesse trabalho, concluiu-se que a fórmula proposta por Maguire é a que melhor se correlaciona com a emergência a campo. No terceiro trabalho, utilizou-se a análise de componentes principais para descarte de variáveis e, em seguida, calculou-se a função discriminante do primeiro componente principal. Pela análise de correlação, verificou-se que a função discriminante apresentou correlação significativa com a emergência a campo, mas não trouxe vantagens práticas para prever essa característica. No quarto trabalho, realizou-se ajuste

de equação de regressão múltipla, por meio do método de Gauss-Newton, combinando o valor da germinação em rolo de papel, após período de 24 horas a 25°C e 100 % de umidade relativa, com avaliação desconsiderando a presença de bactérias; o porcentual de sementes infectadas por *Fusarium* sp.; o valor da germinação em rolo de papel, após 24 horas em ambiente com 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa, considerando, na avaliação, germinável a semente que emitisse radícula maior ou igual a 2,0 cm; a porcentagem de sementes enquadradas nas classes 6 a 8 (não-germináveis) de danos mecânicos, pelo teste de tetrazólio. O modelo ajustado apresentou alta correlação com a germinação em condições de campo.

ZITO, Roberto Kazuhiko, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2000.
Correlations of tests for physiologic quality of soybean seeds with emergency under field conditions. Advisor: Carlos Sigucyuki Sadyama. Committee members: Valtency Soares Rocha and Maurilio Alves Moreira.

The experiments were carried out in order to study the evaluating methods for the physiologic quality of soybean seeds, as well as to analyze its correlation with the emergency under field conditions. One of the proposals was to verify if the probit analysis could be used to evaluate the quality of the soybean seed. This analysis showed to be viable for evaluation of seed quality, as presenting significant correlation with the emergency in the field; however it presents practical restrictions such as daily samplings, hampering the routine. The second work aimed at the identification of the best formula for calculation of the emergency speed. In this work it was concluded that the formula proposed by Maguire is the one that presents a better correlation with the emergency in the field. In the third work, the analysis of the main components was used for discarding the variables, and after that the discriminative function of the first main component was calculated. By correlation analysis, it was verified that the discriminative function presented a significant correlation with the emergency in field, but it did not bring practical advantage to predict this characteristic. In the

ABSTRACT

ZITO, Roberto Kazuhiko, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2000.
Correlations of tests for physiologic quality of soybean seeds with emergency under field conditions. Adviser: Carlos Sigueyuki Sedyama. Committee members: Valterley Soares Rocha and Maurilio Alves Moreira.

The experiments were carried out in order to study the evaluating methods for the physiologic quality of soybean seeds, as well as to analyze its correlation with the emergency under field conditions. One of the proposals was to verify if the probit analysis could be used to evaluate the quality of the soybean seed. This analysis showed to be viable for evaluation of seed quality, as presenting significant correlation with the emergency in the field; however it presents practical restrictions such as daily countings, hampering the routine. The second work aimed at the identification of the best formula for calculation of the emergency speed. In this work it was concluded that the formula proposed by Maguire is the one that presents a better correlation with the emergency in the field. In the third work, the analysis of the main components was used for discarding the variables, and after then the discriminative function of the first main component was calculated. By correlation analysis, it was verified that the discriminative function presented a significant correlation with the emergency in field, but it did not bring practical advantages to predict this characteristic. In the

fourth work, the adjustment of the multiple regression equation was performed by means of Gauss-Newton's method, combining the value of the paper roll germination after a 24-hour period at 25°C and 100% relative humidity, with evaluation not considering the presence of bacteria; the percent of seeds infected by *Fusarium* sp.; the value of the germination in paper roll, after 24 hours in atmosphere with 42°C and approximately 100% relative humidity, considering, as germinable that seed emitting a radicle larger or equal to 2,0 cm; the percentage of the seeds in classes 6 to 8 (nongerminable) for mechanical damages, by the tetrazolium test. The adjusted model presented high correlation with germination under field conditions.

A determinação da qualidade fisiológica das sementes tem papel importante no planejamento e na instalação de lavouras, pois é fundamental para fins de comercialização e permite ter noção do desempenho das sementes, no campo. Isso é necessário para se obter lavouras com estande adequado. Sementes de soja com baixo vigor apresentam baixa emergência em condições de campo (FOLE e BURRIS, 1971; TEKRONY e EGLI, 1977; MARCOS FILHO, 1999), porém, se não houver redução drástica no estande, diferenças no vigor não afetam a produção de grãos (FOLE e BURRIS, 1971; EGLI e TEKRONY, 1979; TEKRONY e EGLI, 1991). Assim, pode-se considerar que há um valor mínimo de população de plantas, abaixo do qual há redução do rendimento da soja. Considerando que as populações recomendadas para os novos cultivares de soja são da ordem de 240.000 plantas por hectare, bem menores que a recomendação do início da década de 90, que ficava em torno de 400.000 plantas por hectare, presume-se que essa população mínima esteja mais próxima da recomendação atual e, dessa maneira, mais próxima também, o risco de se ter redução de rendimento dada a redução no estande, uma vez que populações acima do desejado não obtêm, com frequência, em condições de campo. É maior, portanto, a preocupação com a qualidade fisiológica das sementes de soja...

O teste-padrão de germinação (TPG), adotado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992), surgiu da necessidade de se ter uma avaliação preliminar que pudesse prever a performance de lotes de sementes, quando plantados no campo. O TPG tem a vantagem de ser um teste simples e de ter boa repetibilidade, sendo o mais importante para o comércio de sementes de soja.

A porcentagem de plântulas normais, obtidas no teste de germinação, representa o máximo que a amostra pode obter, pois o teste é conduzido sob condições ótimas, artificiais e padronizadas, para cada espécie avaliada. Este fato contribui significativamente para a ocorrência de discrepâncias em relação à emergência das plântulas no campo (MARCOS FILHO, 1999).

INTRODUÇÃO

Como nem sempre as condições de campo são próximas aquelas de laboratório, os resultados de germinação no campo e de laboratório raramente se aproximam.

A determinação da qualidade fisiológica de sementes tem papel importante no planejamento e na instalação de lavouras, pois é fundamental para fins de comercialização e permite ter noção do desempenho das sementes, no campo. Isso é necessário para se obter lavouras com estande adequado. Sementes de soja com baixo vigor apresentam baixa emergência em condições de campo (EDJE e BURRIS, 1971; TEKRONY e EGLI, 1977; MARCOS FILHO, 1999), porém, se não houver redução drástica no estande, diferenças no vigor não afetam a produção de grãos (EDJE e BURRIS, 1971; EGLI e TEKRONY, 1979; TEKRONY e EGLI, 1991). Assim, pode-se considerar que há um valor mínimo de população de plantas, abaixo do qual há redução do rendimento da soja. Considerando que as populações recomendadas para os novos cultivares de soja são da ordem de 240.000 plantas por hectare, bem menores que a recomendação do início da década de 90, que ficava em torno de 400.000 plantas por hectare, presume-se que essa população mínima esteja mais próxima da recomendação atual e, dessa maneira, mais próximo, também, o risco de se ter redução de rendimento dada a redução no estande, uma vez que populações aquém do desejado são obtidas, com frequência, em condições de campo. É maior, portanto, a preocupação com a qualidade fisiológica das sementes de soja.

O teste-padrão de germinação (TPG), adotado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992), surgiu da necessidade de se ter uma avaliação preliminar que pudesse prever a performance de lotes de sementes, quando semeados no campo. O TPG tem a vantagem de ser um teste simples e de ter boa repetibilidade, sendo o mais importante para o comércio de sementes de soja.

A porcentagem de plântulas normais, obtidas no teste de germinação, representa o máximo que a amostra pode oferecer, pois o teste é conduzido sob condições ótimas, artificiais e padronizadas, para cada espécie avaliada. Esse fato contribui significativamente para a ocorrência de discrepâncias em relação à emergência das plântulas no campo (MARCOS FILHO, 1999).

Como nem sempre as condições de campo são próximas àsquelas de laboratório, os resultados de germinação no campo e de laboratório raramente se aproximam. Essa dificuldade provocou grande demanda por métodos que correlacionassem o teste para avaliação da qualidade de sementes e a germinação dessas sementes, em condições de campo.

Muitas metodologias foram desenvolvidas em vários países. Infelizmente, as condições ambientais dos países onde foram desenvolvidos os testes são diferentes das do Brasil e, em muitos casos, as metodologias importadas não são adequadas à nossa realidade tropical. Entre outros aspectos de ordem prática, um teste para avaliação da qualidade fisiológica de sementes deve reunir simplicidade, repetibilidade, baixo custo, rapidez e alta correlação com a germinação a campo.

Por outro lado, dificilmente conseguem-se informações seguras com apenas um teste. O objetivo deste trabalho foi testar metodologias que, isoladamente ou combinadas, pudessem prever, com estreita correlação, a germinação de sementes de soja em condições de campo.

variáveis dependentes e independentes, para ajustar um modelo linear (ROBERTSON e PREISLER, 1992).

Em ensaios envolvendo doses crescentes de pesticidas, os insetos não respondem igualmente e incrementalmente às doses. A curva de resposta é sigmoide. Nesse tipo de curva, a determinação da DL₅₀ torna-se difícil, daí a necessidade de se reduzir a curva de respostas sigmoide para uma linha reta.

De acordo com GUADANHIN (1991), Bliss, em 1934, diante das diferentes dificuldades para transformar uma curva dose-mortalidade em linha reta, transformou os dados em um tipo de probabilidade, que foram denominadas "probit". Bliss criou, também, tabelas que transformavam valores percentuais em probit. Na escala adotada, 0,01% da mortalidade observada correspondia a um valor probit igual a zero, 50% igual a 5 e 99,99% igual a 10. Os valores

CAPÍTULO 1

O MÉTODO PROBIT APLICADO A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

1. INTRODUÇÃO

O método probit é comumente utilizado em situações em que a resposta ao estímulo é qualitativa, do tipo "sim" ou "não" e "morte" ou "não-morte", sendo mais utilizado em estudos entomológicos, que visam determinar a eficiência dos pesticidas na mortalidade dos insetos. De acordo com GUADANHIN (1991), a mensuração quantitativa de uma resposta é quase sempre preferida, quando for possível determiná-la. Entretanto, certas respostas não permitem uma graduação e podem ser expressas apenas como "ocorrência" ou "não-ocorrência".

Por meio da análise de probit, é possível estimar, estatisticamente, a dose de um dado inseticida necessária para matar 50% dos insetos em teste. Essa dose é comumente chamada DL₅₀.

Para ensaios biológicos cujas respostas são do tipo binário (morte ou não-morte, por exemplo), freqüentemente são necessárias transformações nas

variáveis dependentes e independentes, para ajustar um modelo linear (ROBERTSON e PREISLER, 1992).

Em ensaios envolvendo doses crescentes de pesticidas, os insetos não respondem igualmente a incrementos nas doses. A curva de resposta é sigmoideal. Nesse tipo de curva, a determinação da DL_{50} torna-se difícil, daí a necessidade de se reduzir a curva de respostas sigmóide para uma linha reta.

De acordo com GUADANHIN (1991), Bliss, em 1934, diante dos diferentes métodos para transformar uma curva dose-mortalidade em linha reta, transformou os dados em unidades apropriadas, que foram denominadas “probits”. Bliss criou, também, tabelas que transformavam valores percentuais em probit. Na escala adotada, 0,01% da mortalidade observada correspondia a um valor probit igual a zero, 50% igual a 5 e 99,99% igual a 10. Os valores intermediários foram calculados de modo simétrico. Na análise de probit, a variável independente (dose ou estímulo) é locada em escala logarítmica, porque os insetos não respondem igualmente ao aumento das doses.

Analisando os dados apresentados por CZABATOR (1962), ALM et al. (1993), JANSSEN (1973), BOULD e ABROL (1981), observa-se que a germinação acumulada ao longo do tempo lembra uma forma sigmoideal, com algumas diferenças entre espécies vegetais. Essas características permitem inferir que a análise de probit poderia ser útil para discriminar diferenças na qualidade fisiológica de sementes, por meio de um índice DG_{50} , número de dias necessários para obtenção de 50% de emergência. Sementes mais vigorosas naturalmente teriam emergência mais rápida e, portanto, um menor valor DG_{50} . Bates (1913), citado por CZABATOR (1962), sugeriu que o tempo necessário para 50% de germinação poderia ser considerado como medida da velocidade de germinação. PANDEY (1992) comenta que o tempo necessário para obter 50% de emergência sob condições de campo é, provavelmente, um dos mais almejados índices de vigor de sementes.

A dinâmica de mortalidade de sementes pode ser alterada de acordo com as condições de armazenamento (BERNAL-LUGO e LEOPOLD, 1998), entretanto as curvas de mortalidade de sementes são, comumente, sigmoideais.

(ELLIS e ROBERTS, 1980). Essa característica permite realizar a análise de probit, para estudar a deterioração de sementes, como já feito por WILSON JR. et al. (1989). Utilizando o mesmo raciocínio para o índice DG_{50} , pode-se inferir que, quanto maior o valor de um índice DEP_{50} , número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, sob condições de envelhecimento acelerado, mais vigorosa ela seria, uma vez que teria maior capacidade de suportar essa condição adversa.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do método de probit na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 16 lotes de sementes, oriundos da safra 96/97, cuja identificação encontra-se no Quadro 1. A germinação em condições de campo foi realizada para ser utilizada como padrão.

Germinação em condições de campo (G. CAMPO): Os testes foram realizados na unidade de Sertãozinho da EPAMIG/CTTP, em Patos de Minas, MG, a 826 m de altitude, na sede do Centro Tecnológico do Triângulo e Alta Paranaíba (EPAMIG/CTTP), em Uberaba-MG, a 770 m de altitude, e na Fazenda Experimental da Silen, também em Uberaba-MG, a 930 m de altitude.

Em Patos de Minas, foram realizados dois testes, em locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 20.9.97, num Latossolo Roxo distrófico, com aproximadamente 62% de argila, ambos sob irrigação.

Em Uberaba, foram realizados três testes, em épocas e locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 27.10.97, 04.12.97 e 18.12.97. Na semeadura do 27.10.97, houve necessidade de irrigação, que foi realizada dois dias após a semeadura. O solo desse experimento foi identificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 32% de argila. Nos outros dois experimentos, realizados em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, o solo apresentou 18% de argila.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 16 lotes de sementes, oriundos da safra 96/97, cuja identificação encontra-se no Quadro 1. A germinação em condições de campo foi realizada para ser utilizada como padrão.

Germinação em condições de campo (G_CAMPO): Os testes foram realizados na unidade de Sertãozinho da EPAMIG/CTTP, em Patos de Minas, MG, a 826 m de altitude, na sede do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP), em Uberaba-MG, a 770 m de altitude, e na Fazenda Experimental da Silco, também em Uberaba-MG, a 980 m de altitude.

Em Patos de Minas, foram realizados dois testes, em locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 20.9.97, num Latossolo Roxo distrófico, com aproximadamente 62% de argila, ambos sob irrigação.

Em Uberaba, foram realizados três testes, em épocas e locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 27.10.97, 04.12.97 e 18.12.97. Na semeadura de 27.10.97, houve necessidade de irrigação, que foi realizada dois dias após a semeadura. O solo desse experimento foi identificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 32% de argila. Nos outros dois experimentos, realizados em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, o solo apresentou 18% de argila.

Na Fazenda Experimental da Silco, foi realizado apenas um teste. A semeadura foi realizada em 30.10.97, num latossolo amarelo, com 46% de argila, sob irrigação por pivô central.

Todos os experimentos foram realizados com profundidade de semeadura em torno de 2,0 cm. Cada um dos seis experimentos foi realizado num ambiente diferente, partindo-se do princípio de que sementes vigorosas possuem maior capacidade de originar plântulas normais nas mais diversas condições. Em cada experimento, foram utilizadas duas repetições de 100 sementes, no delineamento em blocos completos casualizados. Procedeu-se a análise conjunta dos dados, atribuindo efeito aleatório a "ambiente", sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 1 - Identificação dos 16 lotes de sementes utilizados nos trabalhos. Uberaba-MG. 1999

Lote	Cultivar
1	MT/BR-45 (Paiguás)
2	MT/BR-45 (Paiguás)
3	EMBRAPA 20 (Doko RC)
4	EMBRAPA 20 (Doko RC)
5	CS 201
6	UFV-16 (Capinópolis)
7	MG/BR-48 (Garimpo RCH)
8	FT-104
9	MG/BR-46 (Conquista)
10	BR-9 (Savana)
11	MG/BR-46 (Conquista)
12	MG/BR-46 (Conquista)
13	MG/BR-46 (Conquista)
14	FT-109
15	BRSMG 68
16	MG/BR-46 (Conquista)

Número de dias para obtenção de 50% de germinação (DG₅₀): O teste foi realizado em leito de areia, dentro de casa de vegetação, com temperatura variando entre 20°C e 35°C, com controle por meio de sucção de ar saturado, acionado com ventiladores. O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental constou de uma caixa de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes, espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas à profundidade de 2,5 cm. O experimento foi realizado duas vezes, em épocas diferentes. A cada dia computavam-se as plântulas emergidas e, por meio da análise de probit, determinava-se, para cada repetição, o valor DG₅₀, que se refere ao número de dias necessários para se obter 50% de emergência. Realizou-se análise conjunta dos dados, atribuindo-se efeito aleatório ao fator "época", sendo as médias discriminadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, sob condições de envelhecimento acelerado (DEP₅₀): O teste foi realizado, utilizando-se o teste de envelhecimento acelerado, com diferentes períodos de envelhecimento. O trabalho foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete tratamentos de envelhecimento acelerado, em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias sob condições de temperatura constante de 42°C e umidade relativa próximo de 100%. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, porém, foram realizadas, considerando-se germinável a semente que emitisse radícula de comprimento igual ou superior a 2,0 cm. Ao realizar a análise de probit, para cada tratamento, determinava-se, com base na média de quatro repetições, o valor DEP₅₀, que se refere ao número de dias sob condições de temperatura constante de 42°C e umidade relativa próximo a 100%, necessários para se obter 50% de mortalidade. Como os probits foram calculados com a média de quatro repetições, não foi possível realizar análise estatística, como no caso das outras variáveis apresentadas.

Quadro 2 - Médias percentuais de transformadas dos resultados de germinação em condições de campo (G_CAMPO), número de dias para se obter 50% de germinação em areia (DG₅₀) e número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, no envelhecimento acelerado (DEP₅₀). Uberaba-MG, 1999

Lote	G_CAMPO	DG ₅₀	DEP ₅₀
1. MT/BR-45 (Palinguê)	91,3 a*	5,26 e	4,19
2. MT/BR-45 (Palinguê)	92,2 a	5,39 bc	4,23
3. UMBRAPA 30 (Doko RC)	88,4 a	5,52 abc	4,17
4. UMBRAPA 30 (Doko RC)	91,9 a	5,64 abc	4,44
5. CS 201 -			5,02
6. CPV-164 (Capiaipolai)	89,0 a	5,61 abc	5,35
7. MG/BR-48 (Garleigo BCH)	86,5 ab	5,49 bc	4,44
8. PT-104	87,2 ab	5,62 abc	4,98
9. MG/BR-46 (Cocapilua)	88,6 a	5,38 abc	4,57
10. BR 9 (Savina)	89,0 ab	5,40 bc	3,98

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 16 lotes de sementes foram discriminados pelas variáveis analisadas (Quadro 2). O número de dias para obtenção de 50% da germinação (DG₅₀) apresentou correlação significativa com a germinação em condições de campo (G_CAMPO), da mesma forma que o número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, sob condições de envelhecimento acelerado (DEP₅₀), como pode ser observado pelo Quadro 3.

A variável DG₅₀ apresentou correlação negativa com a G_CAMPO (Quadro 3). Esse resultado é lógico, já que, quanto menos tempo a semente levar para emergir, mais vigorosa ela é e maiores são as chances de seu estabelecimento, no campo. No caso da DEP₅₀, a correlação é positiva, pois quanto mais tempo a semente suportar as condições adversas de temperatura e umidade impostas pelo teste, mais vigorosa ela é.

Analisando o Quadro 3, nota-se que a variável DG₅₀ correlaciona-se melhor com a germinação a campo que a DEP₅₀. Mesmo assim, constata-se, pelas dispersões que podem ser visualizadas nas Figuras 1 e 2, que correlações ainda mais estreitas seriam desejáveis. Não se observou correlação entre DG₅₀ e DEP₅₀ (Quadro 3).

Quadro 2 - Médias percentuais destransformadas dos resultados de germinação em condições de campo (G_CAMPO), número de dias para se obter 50% de germinação em areia (DG₅₀) e número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, no envelhecimento acelerado (DEP₅₀). Uberaba-MG. 1999

Lote	G_CAMPO		DG ₅₀		DEP ₅₀
1. MT/BR-45 (Paiaguás)	91,3	a*	5,26	c	4,19
2. MT/BR-45 (Paiaguás)	92,2	a	5,39	bc	4,31
3. EMBRAPA 20 (Doko RC)	88,4	a	5,52	abc	4,17
4. EMBRAPA 20 (Doko RC)	91,9	a	5,64	abc	4,44
5. CS 201	87,7	ab	5,44	bc	5,02
6. UFV-16 (Capinópolis)	89,6	a	5,63	abc	5,35
7. MG/BR-48 (Garimpo RCH)	86,6	ab	5,49	bc	4,44
8. FT-104	87,2	ab	5,62	abc	4,66
9. MG/BR-46 (Conquista)	88,6	a	5,58	abc	4,57
10. BR-9 (Savana)	86,0	ab	5,40	bc	3,98
11. MG/BR-46 (Conquista)	88,1	a	5,78	abc	4,79
12. MG/BR-46 (Conquista)	87,7	ab	5,68	abc	4,66
13. MG/BR-46 (Conquista)	79,1	bc	6,10	ab	4,29
14. FT-109	87,5	ab	5,48	bc	4,36
15. BRSMG 68	85,2	ab	5,60	abc	3,90
16. MG/BR-46 (Conquista)	70,0	c	6,20	a	3,22
C.V. (%)	6,9		6,3		-

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Figura 1 - Emergência de sementes de soja em condições de campo (G_CAMPO) em função do número de dias para se obter 50% de germinação em areia (DG₅₀) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

Quadro 3 - Matriz de correlações. Uberaba-MG. 1999

	DG ₅₀	DEP ₅₀
G_CAMPO	-0,81*	0,62*
DG ₅₀	1	-0,31

* Significativo a 5% de probabilidade.



Figura 2 - Emergência de sementes de soja em condições de campo (G_CAMPO), em função do número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, sob condições de envelhecimento acelerado (DEP₅₀) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

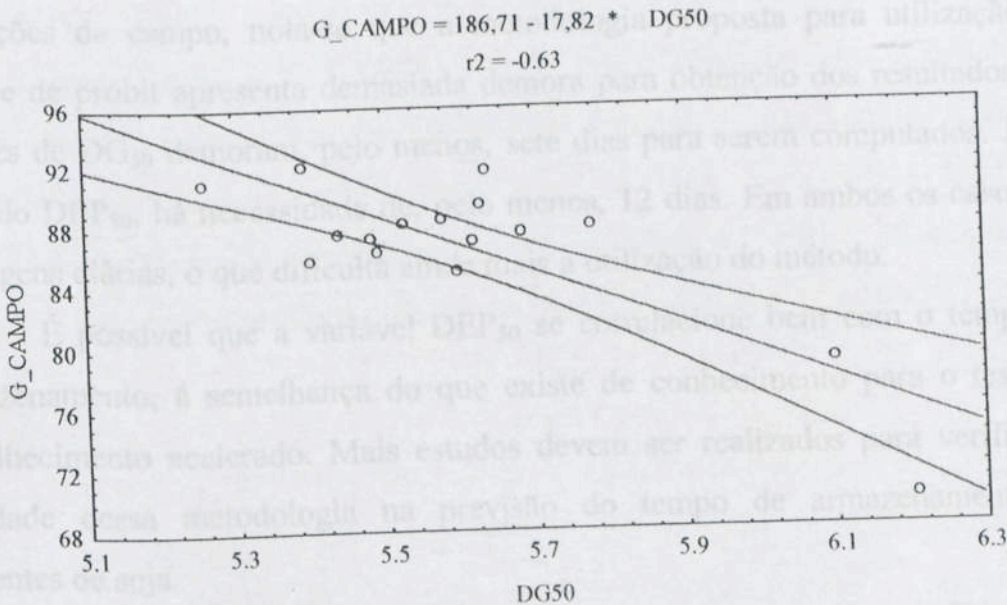


Figura 1 - Emergência de sementes de soja em condições de campo (G_CAMPO) em função do número de dias para se obter 50% de germinação em areia (DG₅₀) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

$$G_CAMPO = 56,33 + 6,91 * DEP50$$

$$r^2 = 0,34$$

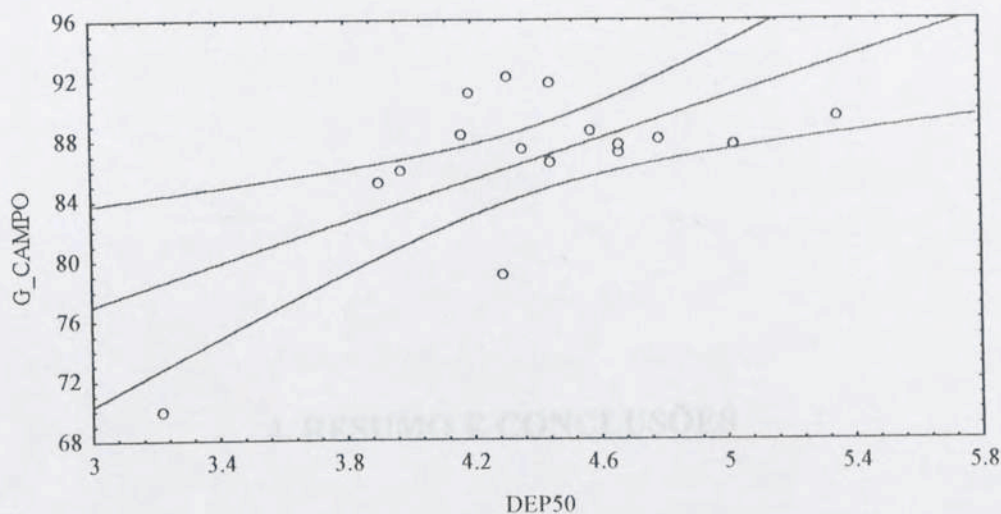


Figura 2 - Emergência de sementes de soja em condições de campo (G_CAMPO), em função do número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, sob condições de envelhecimento acelerado (DEP_{50}) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

Apesar de os dois testes apresentarem correlação com a germinação em condições de campo, nota-se que a metodologia proposta para utilização da análise de probit apresenta demasiada demora para obtenção dos resultados. Os valores de DG_{50} demoram, pelo menos, sete dias para serem computados. Já no caso do DEP_{50} , há necessidade de, pelo menos, 12 dias. Em ambos os casos, há contagens diárias, o que dificulta ainda mais a utilização do método.

É possível que a variável DEP_{50} se correlacione bem com o tempo de armazenamento, à semelhança do que existe de conhecimento para o teste de envelhecimento acelerado. Mais estudos devem ser realizados para verificar a utilidade dessa metodologia na previsão do tempo de armazenamento de sementes de soja.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho objetivou analisar a possibilidade de se utilizar a análise de probit para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, aplicando-a de duas maneiras: na velocidade de emergência em leito de areia (DG_{50}) e na velocidade de mortalidade sob condições de envelhecimento acelerado (DEP_{50}), fazendo comparações, nos dois casos, com a germinação em condições de campo (G_CAMPO). Houve correlação negativa entre DG_{50} e G_CAMPO (-0,81) e positiva entre DEP_{50} e G_CAMPO (0,62), como esperado. As metodologias podem ser utilizadas em estudos específicos, entretanto, para análise de rotina, demanda muito tempo (pelo menos 7 e 12 dias, para DG_{50} e DEP_{50} , respectivamente), sendo necessária a presença diária do analista. Esses fatores tornam-se grandes empecilhos para adoção das metodologias estudadas.

CAPÍTULO 2

COMPARAÇÃO DE FÓRMULAS PARA CÁLCULO DA VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA EM SEMENTES DE SOJA

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja tem papel fundamental no sistema de produção de grãos de Minas Gerais, sendo a leguminosa de maior área cultivada do Estado. Apesar dos crescentes valores de produtividade, percebe-se que algumas práticas agrícolas simples, porém, pouco valorizadas, restringem a produtividade média do Estado. A utilização de sementes de má qualidade e a semeadura realizada em condições pouco favoráveis para a germinação das sementes são problemas freqüentes que resultam em lavouras desuniformes. Nessas situações, o produtor acaba tendo maiores gastos no controle de plantas daninhas, onerando o custo de produção. Além disso, há perda de produtividade, quando a população de plantas fica muito aquém da ideal e, ou, quando as falhas na linha de semeadura são grandes e desuniformes.

Muitos testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja são descritos na literatura; entretanto, o de utilização mais freqüente é o teste-

padrão de germinação. Esse teste pode levar a interpretações errôneas, podendo superestimar a germinação, quando a semeadura é realizada em condições adversas (EMBRAPA/CNPSo, 1998) ou subestimar, quando as sementes são sensíveis ao dano por embebição (FRANÇA NETO et al., 1997).

Os testes de vigor têm a finalidade de estreitar a correlação entre o teste de laboratório e a performance das sementes, no campo. A velocidade de emergência é um fator que pode ser de grande importância no estabelecimento das plântulas, no campo, pois quanto mais vigorosa e mais rápida a emergência, maiores serão as chances de ela se estabelecer. A velocidade de emergência depende, entre outros fatores, da profundidade de semeadura, do vigor das sementes e da umidade do substrato, sendo que sementes de soja de baixo vigor são mais influenciadas pelo estresse hídrico (BRACCINI et al., 1996). A queda do vigor das sementes afeta a capacidade de germinação, reduzindo a velocidade de germinação e aumentando a porcentagem de plântulas anormais (CARVALHO e NAKAGAWA, 1980). Mathews (1985), citado por MARCOS FILHO et al. (1994), observou que a manifestação inicial mais óbvia do processo de envelhecimento é o declínio da velocidade de germinação das sementes viáveis. Em seguida, ocorre redução do tamanho das plântulas e, numa terceira etapa, aumento da incidência de plântulas anormais (ainda que a taxa de emissão da raiz primária se mantenha elevada). Essa manifestação inicial (menor velocidade de germinação) é correspondente aos primeiros indícios de desestruturação das membranas, enquanto a ocorrência de anormalidades nas plântulas (nos estádios iniciais de deterioração) é determinada pela morte de tecidos importantes, em diferentes regiões da semente.

Os testes que empregam fórmulas para obtenção de índices baseados na velocidade de germinação são descritos por diversos pesquisadores (CZABATOR, 1962; MAGUIRE, 1962; ROCHA et al., 1990; SILVA e NAKAGAWA, 1995). Entretanto, o índice de velocidade de germinação, utilizado com maior frequência para sementes de soja, é o proposto por MAGUIRE (1962), como pode ser constatado nos trabalhos realizados por

KULIK e YAKLICH (1982), MARCOS FILHO et al. (1984), VIEIRA (1985), CARNEIRO (1988), DEL GIÚDICE (1996) e PADILHA (1997).

SILVA e NAKAGAWA (1995) fizeram uma revisão sobre fórmulas para cálculo da velocidade de emergência e descrevem nove fórmulas que poderiam ser utilizadas, nas mais diversas situações. O objetivo desse trabalho foi comparar essas fórmulas com a germinação em condições de campo, a fim de verificar quais são as mais eficientes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 16 lotes de sementes, oriundos da safra 96/97, cuja identificação encontra-se no Quadro 1. A germinação em condições de campo foi realizada para ser utilizada como padrão.

As fórmulas de Kotowski, Edmond e Drapala e de Maguire foram utilizadas, também, para avaliar a velocidade de mortalidade de sementes de soja, sob condições de envelhecimento acelerado, considerando que, quanto mais vigorosa a semente, maior capacidade terá de suportar condições adversas de alta temperatura e ambiente úmido. Os seguintes testes foram realizados:

Germinação em condições de campo (G_CAMPO): Os testes foram realizados na unidade de Serfãozinho da EPAMIG/CTTP, em Patos de Minas-MG, a 826 m de altitude, na sede do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP), em Uberaba-MG, a 770 m de altitude, e na Fazenda Experimental de São, também em Uberaba-MG, a 980 m de altitude.

Em Patos de Minas, foram realizados dois testes, em locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 20.9.97, num Latossolo Roxo distroféco com aproximadamente 62% de argila, ambos sob irrigação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 16 lotes de sementes, oriundos da safra 96/97, cuja identificação encontra-se no Quadro 1. A germinação em condições de campo foi realizada para ser utilizada como padrão.

As fórmulas de Kotowski, Edmond e Drapala e de Maguire foram utilizadas, também, para avaliar a velocidade de mortalidade de sementes de soja, sob condições de envelhecimento acelerado, considerando que, quanto mais vigorosa a semente, maior capacidade terá de suportar condições adversas de alta temperatura e ambiente úmido. Os seguintes testes foram realizados:

Germinação em condições de campo (G_CAMPO): Os testes foram realizados na unidade de Sertãozinho da EPAMIG/CTTP, em Patos de Minas-MG, a 826 m de altitude, na sede do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP), em Uberaba-MG, a 770 m de altitude, e na Fazenda Experimental da Silco, também em Uberaba-MG, a 980 m de altitude.

Em Patos de Minas, foram realizados dois testes, em locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 20.9.97, num Latossolo Roxo distrófico com aproximadamente 62% de argila, ambos sob irrigação.

Quadro 1 - Identificação dos 16 lotes de sementes utilizados nos trabalhos.
Uberaba-MG. 1999

Lote	Cultivar
1	MT/BR-45 (Paiaguás)
2	MT/BR-45 (Paiaguás)
3	EMBRAPA 20 (Doko RC)
4	EMBRAPA 20 (Doko RC)
5	CS 201
6	UFV-16 (Capinópolis)
7	MG/BR-48 (Garimpo RCH)
8	FT-104
9	MG/BR-46 (Conquista)
10	BR-9 (Savana)
11	MG/BR-46 (Conquista)
12	MG/BR-46 (Conquista)
13	MG/BR-46 (Conquista)
14	FT-109
15	BRSMG 68
16	MG/BR-46 (Conquista)

Em Uberaba, foram realizados três testes, em épocas e locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 27.10.97, 4.12.97 e 18.12.97. Na semeadura de 27.10.97, houve necessidade de irrigação, que foi realizada dois dias após a semeadura. O solo desse experimento foi identificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 32% de argila. Nos outros dois experimentos, realizados em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, o solo apresentou 18% de argila.

Na Fazenda Experimental da Silco, foi realizado apenas um teste. A semeadura foi realizada em 30.10.97, num Latossolo Amarelo, com 46% de argila, sob irrigação por pivô central.

Todos os experimentos foram realizados com profundidade de semeadura em torno de 2,0 cm. Cada um dos seis experimentos foi realizado num ambiente diferente, partindo-se do princípio de que sementes vigorosas possuem maior capacidade de originar plântulas normais nas mais diversas condições. Em cada experimento, foram utilizadas duas repetições de 100 sementes, no delineamento em blocos completos casualizados. Procedeu-se a análise conjunta dos dados, atribuindo efeito aleatório a “ambiente”, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski: O teste foi realizado em leito de areia. Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por caixas de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes, espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas a profundidade de 2,5 cm. A cada dia computavam-se as plântulas emergidas e determinava-se, para cada repetição, o valor da velocidade de germinação, por meio da fórmula de Kotowski, assim descrita por SILVA e NAKAGAWA (1995):

$$VG = 100 \cdot (G1 + G2 + \dots + Gn) / (G1T1 + G2T2 + \dots + GnTn) \quad (F1),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação; e

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação.

O experimento foi realizado em duas épocas. Realizou-se análise conjunta dos dados, atribuindo efeito aleatório ao fator “época”, sendo as médias discriminadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$VG = 100 \cdot (G1 + G2 + \dots + Gn) / G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) \quad (F2),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Velocidade de germinação corrigida, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$VGc = 100 \cdot (G1 + G2 + \dots + Gn)^2 / G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) \quad (F3),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Tempo médio para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala: O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula de Edmond e Drapala, assim descrita por SILVA e NAKAGAWA (1995):

A = tempo que antecede a germinação;

$$TM = (G1T1 + G2T2 + \dots + GnTn) / (G1 + G2 + \dots + Gn) \quad (F4),$$

em que

TM = tempo médio necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação; e

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação;

$$GM = (G1/T1 + G2/T2 + \dots + Gn/Tn) \times 100 \quad (F7)$$

Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$TMc = G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) / (G1 + G2 + \dots + Gn) \quad (F5),$$

em que

TMc = tempo médio corrigido necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

$$GMc = \text{germinação média diária corrigida}$$

Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$TMcc = G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) / (G1 + G2 + \dots + Gn)^2 \quad (F6),$$

em que

TMcc = tempo médio corrigido necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Germinação média diária, calculada pela fórmula de Maguire: O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GM = (G1/T1 + G2/T2 + \dots + Gn/Tn) \cdot 100 \quad (F7),$$

em que

GM = germinação média diária;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação; e

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação;

Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GMc = [G1/(T1-A) + G2/(T2-A) + \dots + Gn/(Tn-A)] \cdot 100 \quad (F8),$$

em que

GMc = germinação média diária corrigida;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste

realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GMcc = [G1/(T1-A)+G2/(T2-A)+..+Gn/(Tn-A)] \cdot 100/P \quad (F9),$$

em que

GMcc = germinação média diária corrigida;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação;

A = tempo que antecede a germinação; e

P = porcentagem de germinação potencial, ou seja, o valor da germinação total obtida no teste.

Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Kotowski: O teste foi realizado semelhantemente ao teste de envelhecimento acelerado, mas, com diferentes períodos de envelhecimento. Esse teste foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete experimentos de envelhecimento acelerado. Os experimentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias sob condições de temperatura constante de 42°C e umidade relativa próximo a 100%. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, entretanto, foram realizadas de duas maneiras: a) avaliação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992); b) avaliação considerando-se como germinável a semente que emitisse radícula de comprimento igual ou maior que 2,0 cm. Para cada dia sob envelhecimento acelerado, computavam-se as sementes germináveis, sendo as sementes mortas obtidas por diferença. O valor da velocidade de mortalidade foi dado pela fórmula:

$$VM = 100 \cdot (M1+M2+..+Mn)/(M1T1+M2T2+..+MnTn),$$

em que

VM = velocidade de mortalidade, sendo renomeado NF1 para o critério

das Regras para Análise de Sementes, e MF1 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn = valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis para cada período sob envelhecimento acelerado;

T1 a Tn = dias de cada dado de mortalidade.

Como o cálculo foi realizado com as médias, não foi possível realizar análise de variância.

Velocidade de mortalidade de sementes, sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala: O teste foi o mesmo que o anterior; entretanto, o valor da velocidade de mortalidade foi dado por meio da fórmula:

$$T_{mt} = (M_1T_1 + M_2T_2 + \dots + M_nT_n) / (M_1 + M_2 + \dots + M_n)$$

Tmt = tempo médio necessário para atingir a mortalidade máxima, sendo renomeado NF4 para o critério das Regras para Análise de Sementes e MF4 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn = valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis, para cada período sob envelhecimento acelerado;

T1 a Tn = dias de cada dado de mortalidade;

Velocidade de mortalidade de sementes, sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Maguire: O teste foi o mesmo que o anterior; entretanto, o valor da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$G_{mt} = (M_1/T_1 + M_2/T_2 + \dots + M_n/T_n) \cdot 100,$$

em que

Gmt = mortalidade média diária, sendo renomeado para NF7 para o

critério das Regras para Análise de Sementes e MF7 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn = valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis, para cada período sob envelhecimento acelerado; e

T1 a Tn = dias de cada dado de mortalidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Edmonson e Drapala, quanto menor o valor obtido, melhor o vigor, pois essa fórmula estima a velocidade, considerando os dias médios gastos para a germinação. Já para a fórmula de Kotowski, quanto maior o valor obtido, maior a velocidade de germinação e maior, também, o vigor do lote (NAKAGAWA, 1999).

Conforme o Quadro 1, a fórmula original de Kotowski (F1) não se correlaciona com a emergência, em condições de campo, assim como a fórmula F2, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995). O mesmo ocorre com as fórmulas F4 e F5, que, matematicamente, são o inverso das fórmulas F1 e F2, respectivamente. Analisando o Quadro 1, é possível comprovar esse fato, pela alta correlação negativa, existente entre os resultados das fórmulas F1 e F4 (-0,97) e das fórmulas F2 e F5 (-0,94).

SILVA e NAKAGAWA (1995) comentam que as fórmulas F1, F2, F4 e F5 não possuem sensibilidade para detectar diferenças no poder germinativo das sementes. Os resultados obtidos corroboram com essa informação, como pode ser constatado no Quadro 2, pela ausência de diferenças estatísticas dos diferentes índices gerados para os diversos lotes em estudo. Outro fato é a ausência de correlação entre a germinação a campo e os índices gerados por essas fórmulas (Quadro 1).

Consolidando-se, por exemplo, dois lotes em que se tenham lotes com 15% e 10% de germinação diária, durante dez dias, com início de germinação no quarto dia, constatar-se-á que serão obtidos os mesmos índices de velocidade de emergência para os dois lotes, quando calculado com essas fórmulas (13,3; 28,0; 7,5 e 3,3 para as fórmulas F1, F2, F4 e F5, respectivamente). A falta de correlação entre essas fórmulas bem como a germinação a campo podem ser facilmente visualizadas nas Figuras 1, 2, 4 e 5.

Conforma o Quadro 1, as fórmulas de Kotowski (NF1), de Edmond e Drapala (NF4) e de Silva e Nakagawa (NF5) utilizadas para a estimativa da velocidade de mortalidade, não apresentaram correlações significativas com a emergência a campo, quando a análise foi realizada segundo os Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1997). Isso decorreu de uma maior frequência de casos de plântula.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, quanto menor o valor obtido, maior o vigor, pois essa fórmula estima a velocidade, considerando os dias médios gastos para a germinação. Já para a fórmula de Kotowski, quanto maior o valor obtido, maior a velocidade de germinação e maior, também, o vigor do lote (NAKAGAWA, 1999).

Conforme o Quadro 1, a fórmula original de Kotowski (F1) não se correlacionou com a emergência, em condições de campo, assim como a fórmula F2, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995). O mesmo ocorre com as fórmulas F4 e F5, que, matematicamente, são o inverso das fórmulas F1 e F2, respectivamente. Analisando o Quadro 1, é possível comprovar esse fato, pela alta correlação negativa, existente entre os resultados das fórmulas F1 e F4 (-0,97) e das fórmulas F2 e F5 (-0,94).

SILVA e NAKAGAWA (1995) comentam que as fórmulas F1, F2, F4 e F5 não possuem sensibilidade para detectar diferenças no poder germinativo das sementes. Os resultados obtidos concordam com essa informação, como pode ser constatado no Quadro 2, pela ausência de diferenças estatísticas dos diferentes índices gerados para os diversos lotes em estudo. Outro fato é a ausência de correlação entre a germinação a campo e os índices gerados por essas fórmulas (Quadro 1).

Considerando-se, por exemplo, dois casos em que se tenham lotes com 1% e 10% de germinação diária, durante dez dias, com início de germinação no quarto dia, constatar-se-á que serão obtidos os mesmos índices de velocidade de emergência para os dois lotes, quando calculado com essas fórmulas (13,3; 28,6; 7,5 e 3,5 para as fórmulas F1, F2, F4 e F5, respectivamente). A falta de correlação entre essas fórmulas bem como a germinação a campo podem ser facilmente visualizadas nas Figuras 1, 2, 4 e 5.

Conforme o Quadro 1, as fórmulas de Kotowski (NF1), de Edmond e Drapala (NF4) e de Maguire (NF4), quando utilizadas para cálculo da velocidade de mortalidade, não apresentaram correlações significativas com a emergência a campo, quando a análise foi realizada segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Isso decorreu de uma maior frequência de casos de plântulas infectadas por bactérias (dados não-apresentados), em virtude de elevadas temperatura e umidade, impostas pelo teste. Dessa maneira, plântulas atacadas por bactérias são consideradas infeccionadas e, portanto, não-germináveis, segundo as Regras para Análise de Sementes. Entretanto, essas bactérias não causam prejuízos à germinação, quando em condições de campo. Assim, o teste realizado nessas condições tende a subestimar a performance das sementes, no campo.

Ao adotar o critério de avaliação em que se considerava germinável a semente que emitisse radícula maior ou igual a 2,0 cm, sem considerar infecções por fungos ou bactérias, foi possível obter correlações significativas entre essas fórmulas e a germinação em condição de campo (Quadro 1). É possível visualizar a vantagem desse critério de avaliação, também, pela dispersão dos dados, comparando as Figuras 10 e 13, 11 e 14 e as Figuras 12 e 15.

As fórmulas F3 e F6, sendo uma o inverso da outra, possuem o valor $(G1+G2+...+Gn)$ elevado ao quadrado no numerador e denominador, respectivamente. Essa modificação melhorou a sensibilidade do modelo (Figuras 3 e 6), mas não foi suficiente para discriminar os lotes quanto à qualidade fisiológica de sementes (Quadro 2). É interessante ressaltar que, nos dois casos, a distribuição dos dados se assemelham a uma curva quadrática.

$$G_CAMPO = 29,562 + 3,2877 * F1$$

$$r = 0,143$$

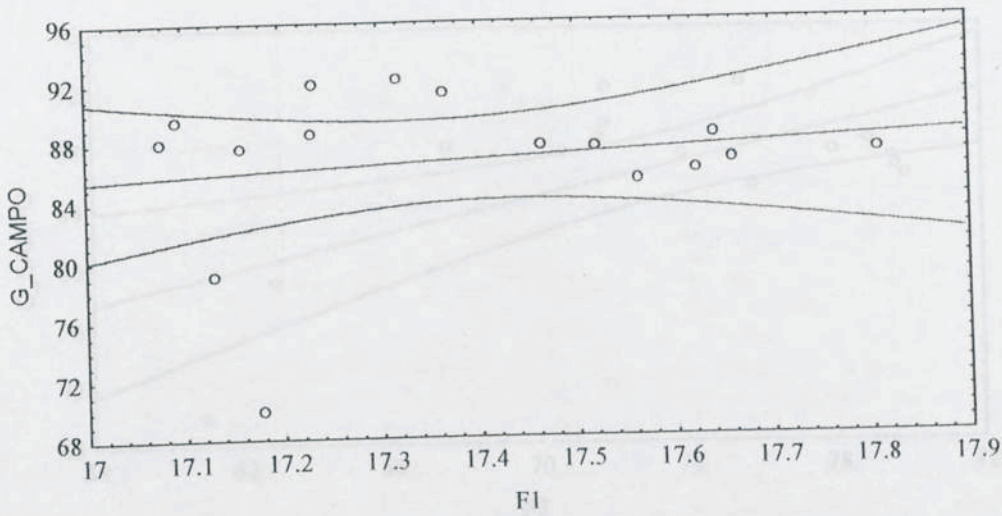


Figura 1 - Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski (F1) vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

$$G_CAMPO = 76,768 + 0,12690 * F2$$

$$r = 0,103$$

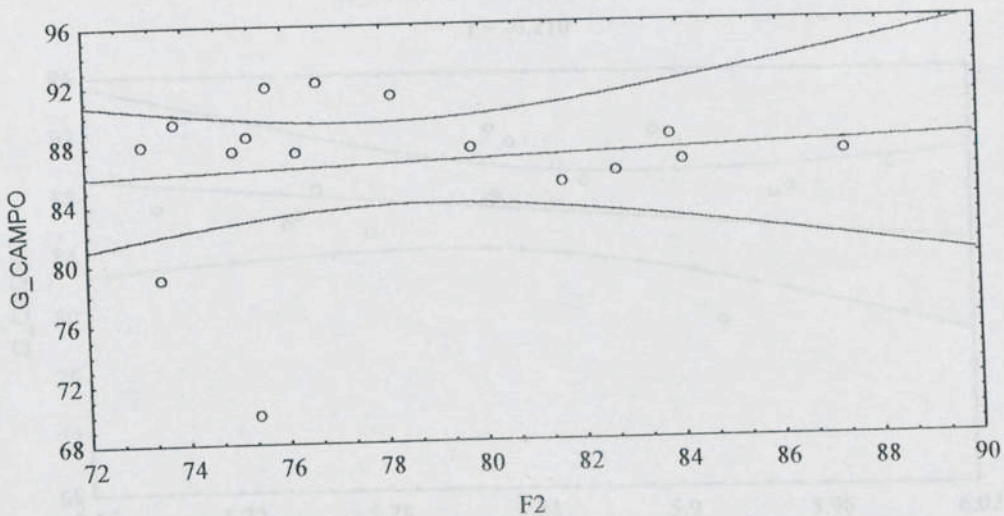


Figura 2 - Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski (F2), modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

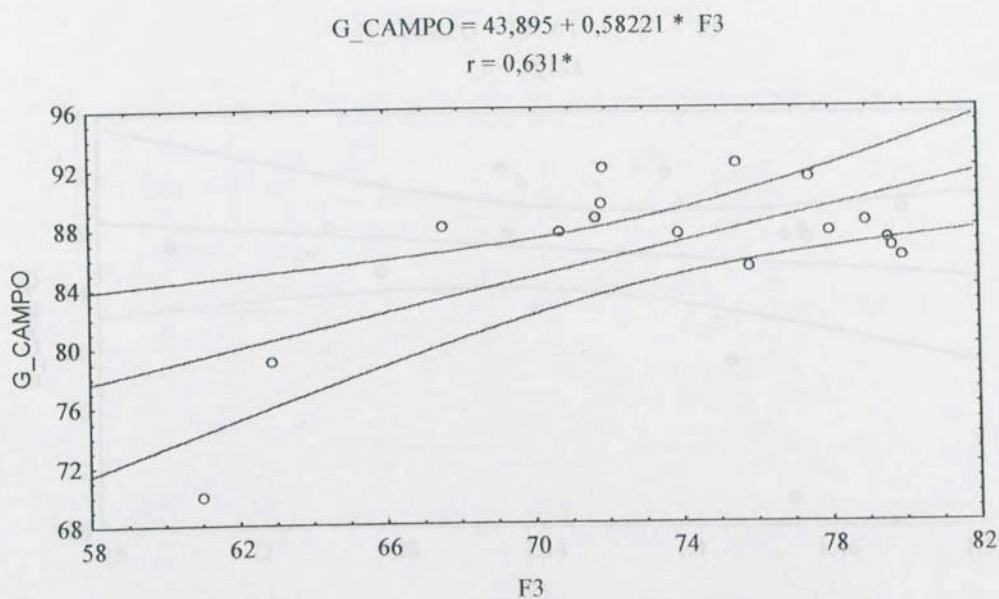


Figura 3 - Velocidade de germinação corrigida, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F3), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

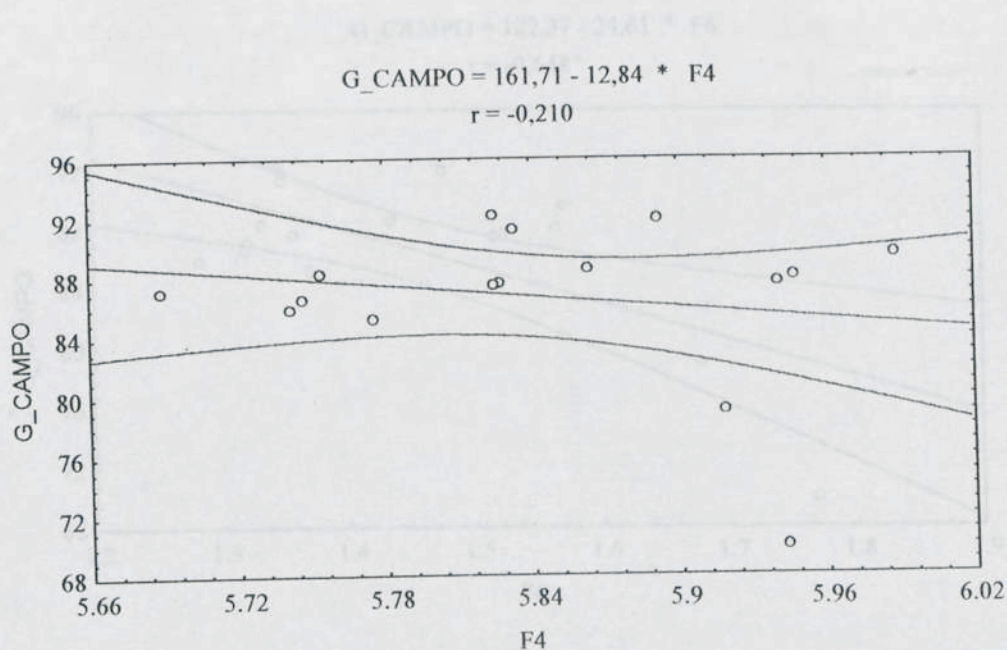


Figura 4 - Tempo médio para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala (F4), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

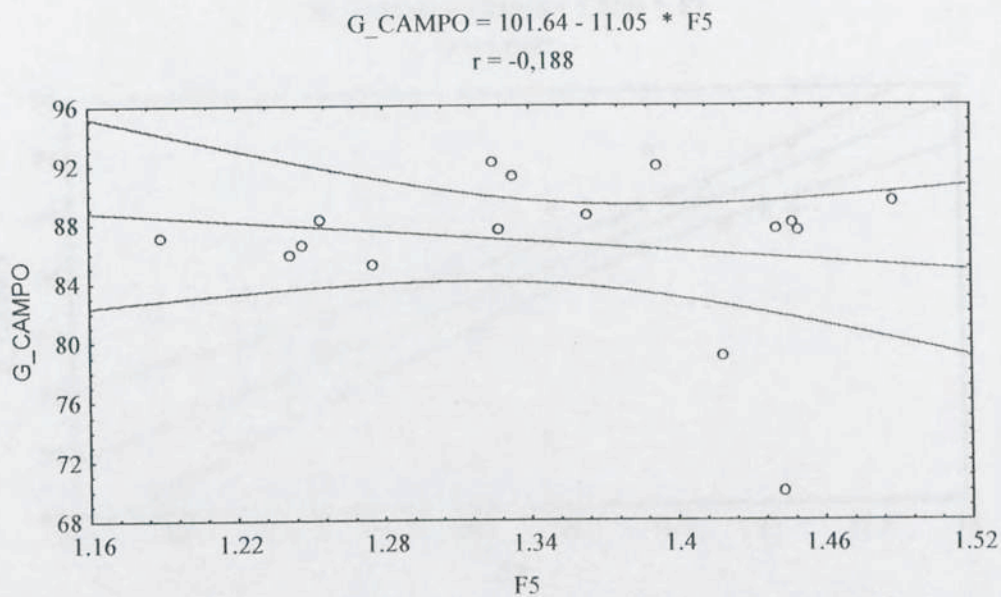


Figura 5 - Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F5), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

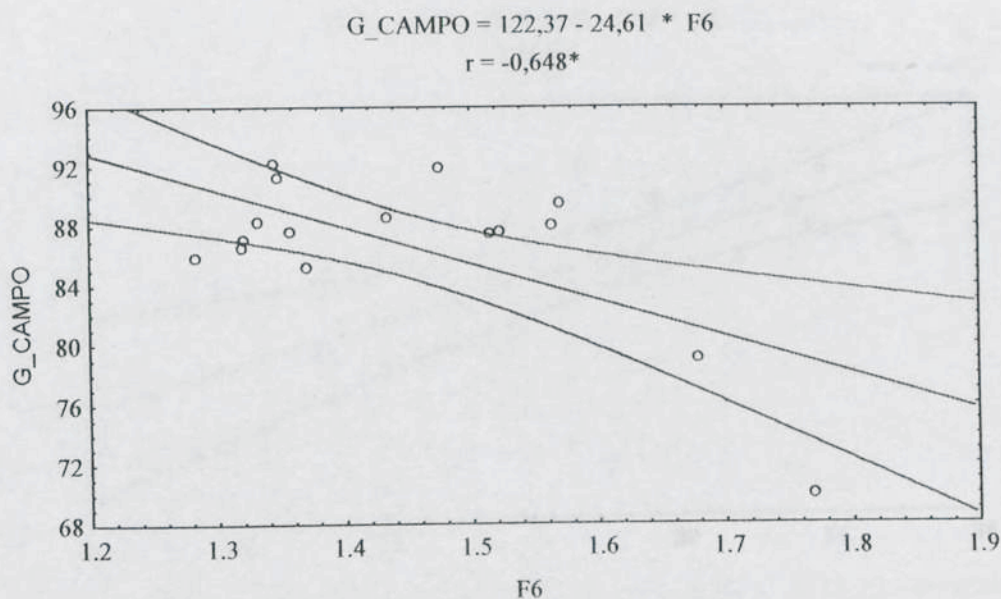


Figura 6 - Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F6), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

$$G_CAMPO = 0,88360 + 5,2295 * F7$$

$$r = 0,862^*$$

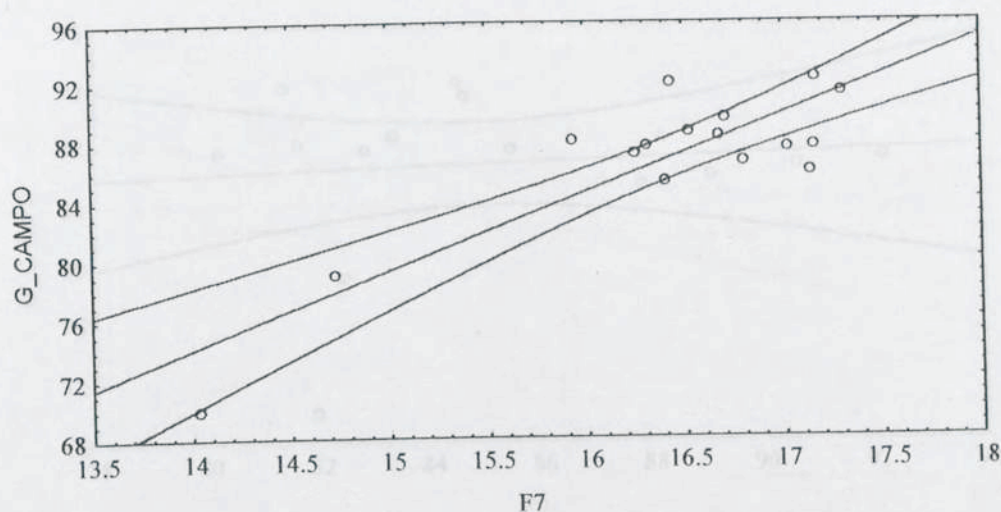


Figura 7 - Germinação média diária, calculada pela fórmula de Maguire (F7), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

$$G_CAMPO = 31,512 + 0,69219 * F8$$

$$r = 0,704^*$$

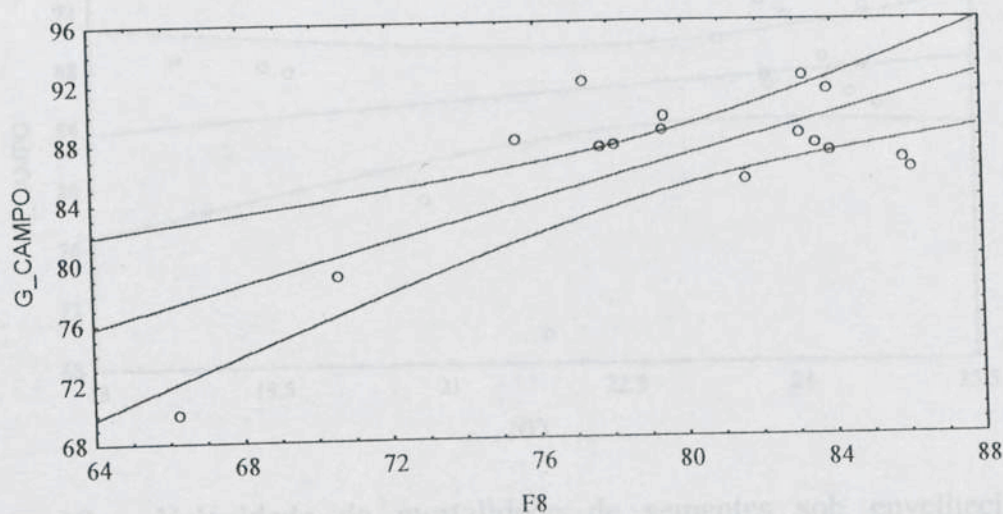


Figura 8 - Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F8), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

$$G_CAMPO = 76,168 + 0,12406 * F9$$

$$r = 0,084$$

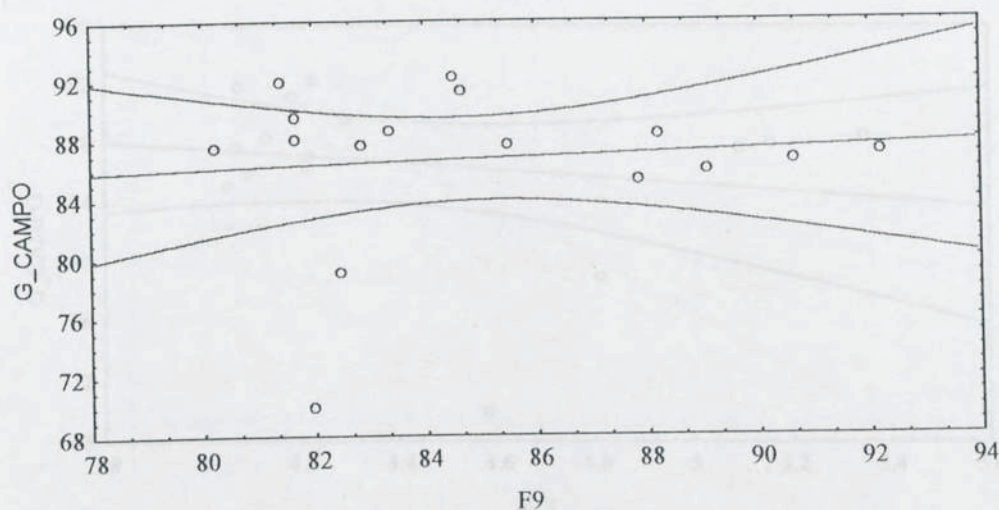


Figura 9 - Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F9), vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

$$G_CAMPO = 73,144 + 0,59248 * NF1$$

$$r = 0,227$$

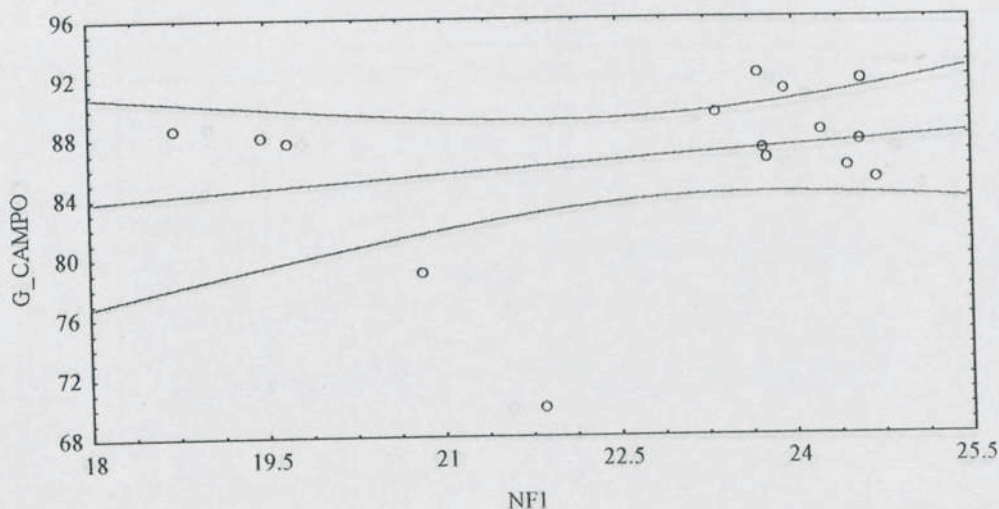


Figura 10 - Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Kotowski (NF1), segundo avaliação pelas Regras para Análise de Sementes, vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

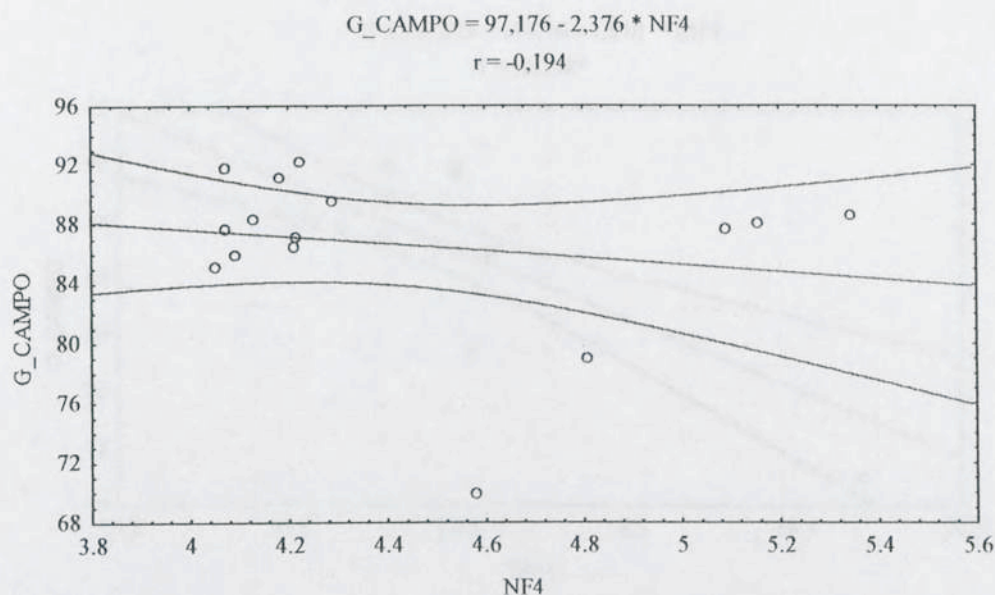


Figura 11 - Velocidade de mortalidade de sementes, sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala (NF4), segundo avaliação pelas Regras para Análise de Sementes, vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

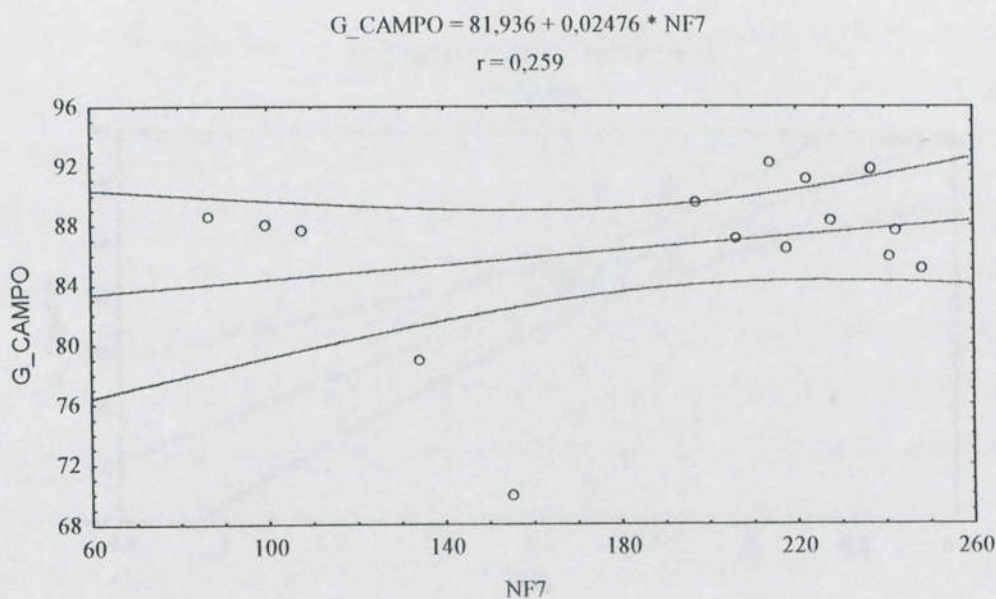


Figura 12 - Velocidade de mortalidade de sementes, sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula Maguire (NF7), segundo avaliação pelas Regras para Análise de Sementes, vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

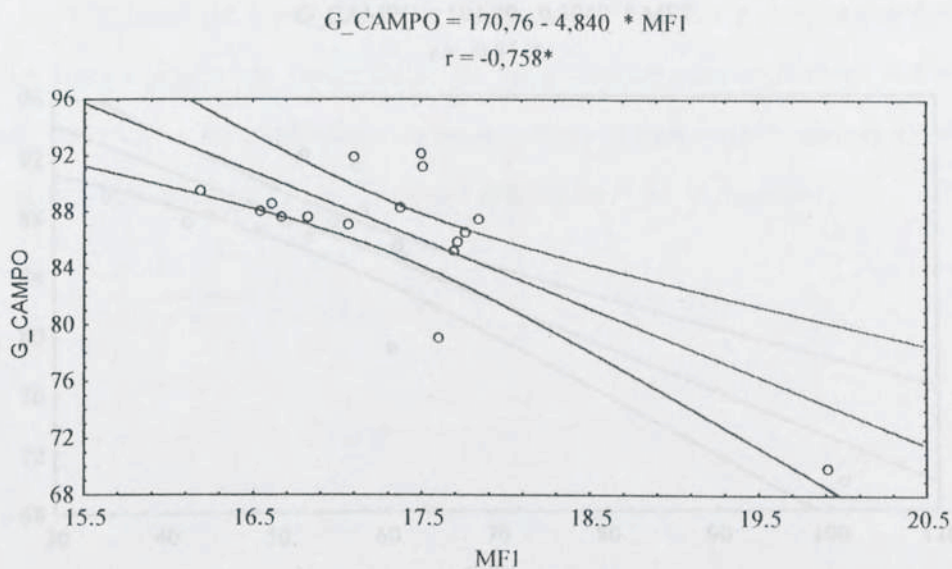


Figura 13 - Velocidade de mortalidade de sementes, sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Kotowski (MF1), considerando como germinável a semente que emitiu radícula maior ou igual a 2,0 cm, vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

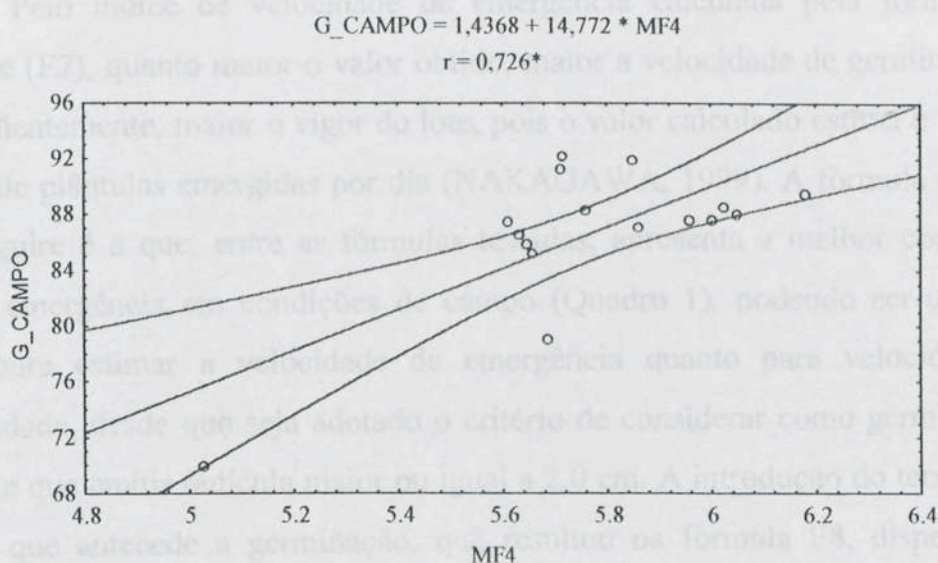


Figura 14 - Velocidade de mortalidade de sementes, sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala (MF4), considerando como germinável a semente que emitiu radícula maior ou igual a 2,0 cm, vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

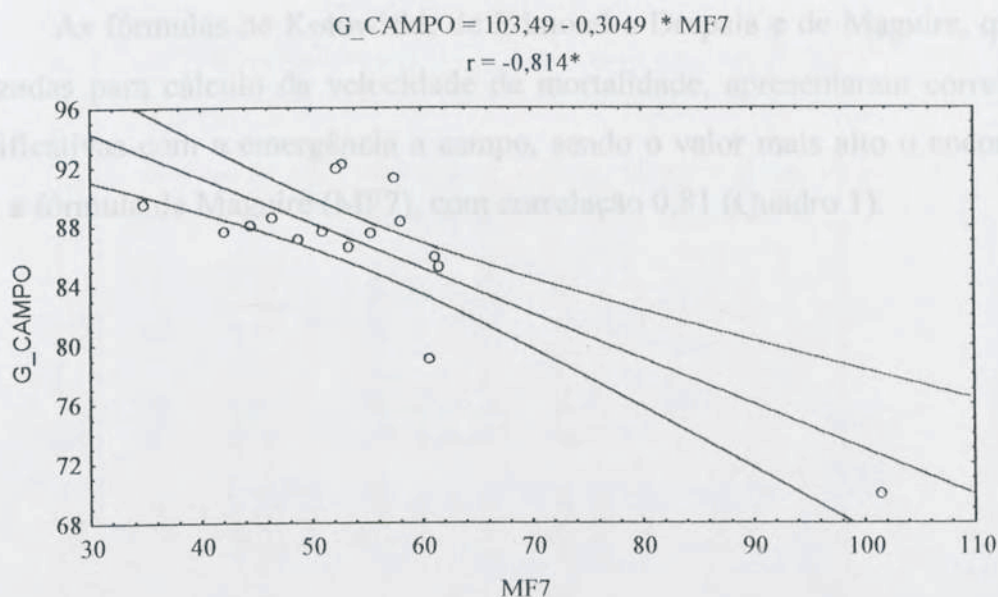


Figura 15 - Velocidade de mortalidade de sementes, sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula Maguire (MF7), considerando como germinável a semente que emitiu radícula maior ou igual a 2,0 cm, vs. germinação a campo (G_CAMPO) e intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Uberaba-MG. 1999.

Pelo índice de velocidade de emergência calculada pela fórmula de Maguire (F7), quanto maior o valor obtido, maior a velocidade de germinação e, conseqüentemente, maior o vigor do lote, pois o valor calculado estima o número médio de plântulas emergidas por dia (NAKAGAWA, 1999). A fórmula original de Maguire é a que, entre as fórmulas testadas, apresenta a melhor correlação com a emergência em condições de campo (Quadro 1), podendo ser utilizada tanto para estimar a velocidade de emergência quanto para velocidade de mortalidade, desde que seja adotado o critério de considerar como germinável a semente que emitir radícula maior ou igual a 2,0 cm. A introdução do termo “A”, tempo que antecede a germinação, que resultou na fórmula F8, dispersou os dados, conforme pode ser verificado, ao comparar as Figuras 7 e 8, diminuindo a correlação com a germinação em condição de campo (Quadro 3), numa forma que lembra uma curva quadrática (Figura 8). Pela Figura 9, constata-se grande dispersão dos dados, evidenciando-se a ausência de correlação obtida entre a fórmula F9 e a emergência a campo (Quadro 3).

As fórmulas de Kotowski, de Edmond e Drapala e de Maguire, quando utilizadas para cálculo da velocidade de mortalidade, apresentaram correlações significativas com a emergência a campo, sendo o valor mais alto o encontrado com a fórmula de Maguire (MF7), com correlação 0,81 (Quadro 1).

Quadro 1 - Matriz de correlações, Uberlândia-MG, 1989

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	NF1	NF4	NF7	MF1
G.C.A.M.P.	0,14	0,10	0,53*	-0,21	-0,19	-0,65*	0,85*	0,70*	0,08	0,23	-0,19	0,26	-0,76*
O													
F1		0,96*	0,81*	-0,97*	-0,88*	-0,75*	0,43	0,60*	0,85*	0,65*	-0,64*	0,66*	0,14
F2			0,79*	-0,93*	-0,94*	-0,75*	0,34	0,69*	0,95*	0,57*	-0,57*	0,57*	0,10
F3				-0,81*	-0,78*	-0,96*	0,85*	0,97*	0,72*	0,63*	-0,61*	0,66*	-0,30
F4					0,94*	0,82*	-0,45	-0,72*	-0,87*	-0,57*	0,56*	-0,59*	-0,10
F5						0,83*	-0,57	-0,73*	-0,95*	-0,47	0,40	-0,49	-0,05
F6							-0,82*	-0,97*	-0,74*	-0,52*	0,49	-0,55*	0,31
F7								0,88*	0,28	0,47	-0,44	0,52*	-0,59*
F8									0,69*	0,51*	-0,48	0,54*	-0,42
F9										0,40	-0,39	0,40	0,93
NF1											-1,00*	1,00*	0,18
NF4												-0,99*	-0,21
NF7													0,16
MF1													
MF4													

* Significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 1 - Matriz de correlações. Uberaba-MG. 1999

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	NF1	NF4	NF7	MF1	MF4	MF7
G_CAMP	0,14	0,10	0,63*	-0,21	-0,19	-0,65*	0,86*	0,70*	0,08	0,23	-0,19	0,26	-0,76*	0,73*	-0,81*
O															
F1		0,96*	0,81*	-0,97*	-0,88*	-0,75*	0,43	0,69*	0,85*	0,65*	-0,64*	0,66*	0,14	-0,18	0,00
F2			0,79*	-0,93*	-0,94*	-0,75*	0,34	0,69*	0,95*	0,57*	-0,57*	0,57*	0,10	-0,14	0,02
F3				-0,81*	-0,78*	-0,96*	0,85*	0,97*	0,72*	0,63*	-0,61*	0,66*	-0,30	0,26	-0,43
F4					0,94*	0,82*	-0,45	-0,72*	-0,87*	-0,57*	0,56*	-0,59*	-0,10	0,16	0,02
F5						0,83*	-0,37	-0,73*	-0,95*	-0,47	0,46	-0,49	-0,05	0,10	0,02
F6							-0,82*	-0,97*	-0,74*	-0,52*	0,49	-0,55*	0,31	-0,26	0,41
F7								0,88*	0,28	0,47	-0,44	0,52*	-0,53*	0,49	-0,65*
F8									0,690*	0,51*	-0,48	0,54*	-0,42	0,37	-0,53*
F9										0,40	-0,39	0,40	0,03	-0,07	-0,04
NF1											-1,00*	1,00*	0,18	-0,22	0,02
NF4												-0,99*	-0,21	0,25	-0,05
NF7															
MF1													0,16	-0,20	0,00
MF4														-1,00*	0,96*
															-0,95*

*Significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 2 - Valores médios dos índices de velocidade de emergência, obtidos a partir das fórmulas estudadas. Uberaba-MG. 1999

Lote	G_CAMP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
O										
1	91,3a*	17,37a	78,18a	77,46a	5,83a	1,33a	1,35a	17,30 a	83,90 ab	84,67 a
2	92,2a	17,32a	76,67a	75,51a	5,82a	1,32a	1,34a	17,17 a	83,21 ab	84,50 a
3	88,4a	17,64a	83,81a	78,95a	5,75a	1,25a	1,33a	16,68 a	83,13 ab	88,22 a
4	91,9a	17,23a	75,66a	71,88a	5,89a	1,39a	1,47a	16,43 a	77,31 ab	81,40 a
5	87,7ab	17,46a	79,77a	77,97a	5,83a	1,33a	1,36a	17,15 a	83,54 ab	85,48 a
6	89,6a	17,09a	73,80a	71,83a	5,99a	1,49a	1,57a	16,70 a	79,47 ab	81,67 a
7	86,6ab	17,66a	84,06a	79,67a	5,75a	1,25a	1,32a	16,80 a	85,88 a	90,62 a
8	87,2ab	17,81a	87,31a	79,57a	5,69a	1,19a	1,32a	16,25 a	83,92 ab	92,19 a
9	88,6a	17,23a	75,27a	71,71a	5,86a	1,36a	1,43a	16,52 a	79,42 ab	83,36 a
10	86,0ab	17,62a	82,70a	79,95a	5,74a	1,24a	1,28a	17,14 a	86,13 a	89,07 a
11	88,1a	17,08a	73,14a	67,53a	5,95a	1,45a	1,56a	15,94 ab	75,45 ab	81,66 a
12	87,7ab	17,16a	74,95a	70,70a	5,94a	1,44a	1,52a	16,31 a	78,14 ab	82,85 a
13	79,1 bc	17,13a	73,47a	62,87a	5,92a	1,42a	1,68a	14,72 bc	70,56 ab	82,45 a
14	87,5ab	17,52a	76,25a	73,90a	5,82a	1,45a	1,51a	17,02 a	77,75 ab	80,21 a
15	85,2ab	17,56a	81,62a	75,84a	5,78a	1,28a	1,37a	16,40 a	81,63 ab	87,84 a
16	70,0 c	17,18a	75,39a	60,96a	5,94a	1,44a	1,77a	14,03 c	66,24 b	81,96 a
C.V. (%)	6,87	3,27	14,98	14,26	3,59	17,76	18,11	4,56	11,42	12,25

*Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 3 - Valores médios dos índices de velocidade de mortalidade, obtidos a partir das fórmulas estudadas. Uberaba-MG. 1999

Lote	G CAMPO	NF1	NF4	NF7	MF1	MF4	MF7
1	91,3a*	23,91	4,18	222,32	17,51	5,71	57,60
2	92,2a	23,69	4,22	213,89	17,50	5,71	52,78
3	88,4a	24,23	4,13	227,66	17,37	5,76	57,99
4	91,9a	24,57	4,07	236,82	17,10	5,85	52,17
5	87,7ab	24,56	4,07	241,97	16,67	6,00	42,08
6	89,6a	23,34	4,29	196,78	16,19	6,18	34,69
7	86,6ab	23,77	4,21	217,37	17,76	5,63	53,34
8	87,2ab	23,74	4,21	205,95	17,07	5,86	48,69
9	88,6a	18,72	5,34	86,59	16,61	6,02	46,43
10	86,0ab	24,46	4,09	240,74	17,72	5,64	61,22
11	88,1a	19,45	5,15	99,42	16,53	6,05	44,39
12	87,7ab	19,68	5,09	107,44	16,83	5,96	50,89
13	79,1 bc	20,82	4,81	134,09	17,60	5,68	60,57
14	87,5ab	24,58	4,07	243,14	17,84	5,61	55,34
15	85,2ab	24,70	4,05	247,91	17,69	5,65	61,45
16	70,0 c	21,84	4,58	155,21	19,90	5,02	101,42

*Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho objetivou analisar nove fórmulas para o cálculo da velocidade de emergência em leito de areia, aplicadas à avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. Os índices obtidos foram comparados, por meio de análise de correlação, com o teste de emergência, em condições de campo. Entre as fórmulas testadas, estão a de Kotowski, Edmond e Drapala e de Maguire, sendo as outras derivadas destas. Essas três fórmulas foram utilizadas, também, para o cálculo da velocidade de mortalidade de sementes, quando sob condições de envelhecimento acelerado. Nessa situação, as três fórmulas apresentaram correlações significativas com a germinação em condições de campo, quando a avaliação foi realizada considerando-se germináveis as sementes que emitissem radícula igual ou maior que 2,0 cm. As fórmulas de Maguire e de Maguire, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995), foram eficientes em discriminar os lotes de sementes, quanto à velocidade de emergência, sendo que, somente essas duas apresentaram correlação significativa com a emergência a campo. A fórmula de Maguire foi a que apresentou melhor correlação com a emergência em campo, tanto quando usado para velocidade de emergência, quanto para velocidade de mortalidade das sementes.

CAPÍTULO 3

AValiação da Qualidade Fisiológica de Sementes de Soja pela Análise de Componentes Principais

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve grande avanço das fronteiras agrícolas na região Central do Brasil, notadamente nas regiões sob domínio de vegetação de cerrados. Esses locais, outrora sem muito valor pela pobreza de seus solos, em nutrientes, tornaram-se muito produtivos após correção da fertilidade dos mesmos. Em Minas Gerais, os valores médios de produtividade da cultura da soja têm crescido ao longo dos anos, fato que se deve à adoção de novas tecnologias. Entretanto, sabe-se que a produtividade média do Estado (2.400 kg/ha) está muito aquém daquela obtida por alguns produtores (até 4.200 kg/ha).

Muitos fatores limitam a produtividade da soja. O clima é, sem dúvida, o fator sobre o qual se tem menor controle, mas é possível adaptar o sistema produtivo ao clima. Entre os fatores que podem ser modificados pela ação do homem, está a obtenção de lavouras uniformes e com boa distribuição de plantas

na área. A distribuição de plantas entre e dentro das linhas de plantio depende não só de máquinas para semeadura adequada, mas, também, do conhecimento da capacidade germinativa das sementes. Fatores como umidade do solo, profundidade de plantio e presença de fitopatógenos podem determinar a performance de uma semente, no campo. Como nem sempre a semeadura é realizada em condições ideais, devemos utilizar todos os meios possíveis para assegurar um bom estande. Uma das grandes dificuldades para avaliar a qualidade fisiológica de sementes é a falta de correlação entre os métodos existentes e o desempenho das sementes no campo.

Entende-se por qualidade fisiológica da semente a sua capacidade de desempenhar todas as suas funções vitais, caracterizada pela germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1977).

Sementes de alta qualidade fisiológica possuem maior capacidade de germinar em condições de campo, permitindo que a lavoura tenha boa uniformidade e população adequada. Na maior parte dos casos, a redução na população de plantas não traz redução na produtividade, desde que a população não fique abaixo de um valor mínimo, dada a grande plasticidade que a planta de soja apresenta. Por isso, se não houver redução drástica no estande, diferenças no vigor não afetam a produção de grãos (EDJE e BURRIS, 1971; EGLI e TEKRONY, 1979; TEKRONY e EGLI, 1991).

Os novos cultivares de soja, entretanto, estão sendo colocados à disposição do produtor, com recomendações de população cada vez menores, o que implica em maiores cuidados com a semeadura. A utilização de populações baixas apresenta vantagens como menor gasto de sementes, melhor distribuição de plantas e menor competição intraespecífica, mas aumenta os riscos de insucesso, em função de se aproximar do limite de compensação que a planta de soja apresenta, ou seja, há um limite em que a plasticidade da soja não mais consegue compensar perdas de produtividade, dada a baixa população de plantas. Como variações de 10% a 30%, entre os valores de germinação obtidos em laboratório e os de campo, são comuns, cresce a necessidade de se obter

correlações mais estreitas entre os testes de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja e a germinação, em condições de campo.

Várias metodologias foram avaliadas, quanto a sua capacidade de estimar a qualidade fisiológica de sementes.

O teste-padrão de germinação, por exemplo, é realizado em condições ideais de germinação. Dessa forma, espera-se que, se as condições de campo não forem próximas das ideais, dificilmente teremos resultados semelhantes aos do laboratório.

Em alguns casos, entretanto, verifica-se que alguns lotes de sementes apresentam alta germinação em condições de campo, e baixa germinação no teste-padrão de germinação. Isso ocorre com alguns cultivares, principalmente quando a semente de soja apresenta baixo teor de umidade, dada a injúria que ocorre em função da embebição rápida. Entre as variedades brasileiras, FT-Jatobá, EMBRAPA 48 e BR-16 apresentam alta sensibilidade ao dano por embebição. Nesses casos, para a obtenção de uma informação condizente com a realidade, faz-se, então, um pré-condicionamento osmótico, deixando as sementes em tratamento a 25°C e 100% de umidade relativa por 24 horas, antes de submetê-las ao teste-padrão de germinação (FRANÇA NETO et al., 1997).

A falta de uma estreita relação entre a germinação obtida no laboratório e a emergência no campo foi responsável pelo desenvolvimento do conceito de vigor (CARVALHO e NAKAGAWA, 1980). Assim, surgiu, também, a necessidade de se desenvolverem testes de vigor que pudessem retratar melhor o comportamento das sementes sob uma ampla faixa de condições ambientais (VIEIRA et al., 1994). Tem sido difícil desenvolver métodos viáveis para prever a emergência em campo, especialmente quando se trata de sementes de soja.

A combinação de mais de um método pode suscitar uma base para estimar a capacidade de emergência (PEREIRA e ANDREWS, 1976). De acordo com trabalho realizado por MARCOS FILHO et al. (1984), a utilização de apenas um método de laboratório para estimar a qualidade potencial de sementes de soja poderá resultar em informações incompletas. Um dos problemas na avaliação da qualidade fisiológica de sementes a partir de múltiplos critérios é a

utilização de testes que, combinados, forneçam informações adequadas. A seleção dos testes a serem utilizados é uma tarefa difícil. O teste de tetrazólio é um dos mais úteis para diagnosticar problemas na qualidade fisiológica de sementes de soja, sendo um teste importante na tecnologia conhecida como DIACOM (Diagnóstico Completo da Qualidade da Semente de Soja), proposto pelos pesquisadores FRANÇA NETO e HENNING (1992).

Uma das maneiras de se descartar variáveis redundantes ou de pouco valor informativo é a análise de componentes principais. A primeira descrição da técnica de análise de componentes principais foi realizada por Pearson, em 1901 e, posteriormente, utilizada por Hotelling, em 1933 (CRUZ e REGAZZI, 1994).

A análise de componentes principais tem sido um dos métodos mais amplamente utilizados no melhoramento de plantas, uma vez que, além da distribuição gráfica da divergência entre genótipos, ela possibilita a identificação dos caracteres mais e menos representativos para explicar a variância total. A análise de componentes principais permite resumir um grande conjunto de características em outro menor e de sentido biológico. Permite, também, examinar as correlações entre as características estudadas, avaliar a importância de cada caráter e promover a eliminação daqueles que contribuem pouco e agrupar acessos com mais alto grau de similaridade, mediante análises visuais em dispersões gráficas (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Em resumo, a técnica da análise de componentes principais pode atender, segundo JEFFERS (1972), aos seguintes propósitos:

1. examinar as correlações entre os caracteres estudados;
2. resumir um grande número de caracteres em outro de menor dimensão e de sentido biológico;
3. avaliar a importância de cada caráter e promover a eliminação daqueles que contribuem pouco, em termos de variação, no grupo de indivíduos avaliados;
4. construir índices que possibilitem o agrupamento de indivíduos; e

5. permitir o agrupamento de indivíduos com o mais alto grau de similaridade, mediante exames visuais em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional.

O método consiste na transformação do conjunto original de variáveis em outro grupo, os componentes principais, de dimensão equivalente, porém com a propriedade de que cada componente detenha uma porcentagem da variância original, e as variâncias são decrescentes do primeiro ao último componente principal, ou seja, o primeiro componente possui a maior variância, o segundo a segunda maior e assim por diante (MORRISON, 1967). De acordo com CRUZ e REGAZZI (1994), apesar da grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação de caracteres complexos, os coeficientes de correlação não dão a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos desses fatores.

Os coeficientes dos componentes principais são também denominados elementos de autovetores e a variância associada a cada componente é denominado autovalor (FREITAS, 1996). Os componentes principais são independentes, ou seja, são ortogonais entre eles. A consequência disso é que o somatório das variâncias dos componentes principais corresponde à soma das variâncias das variáveis originais, não ocorrendo perda de informações na transformação (MORRISON, 1967).

Outra característica da técnica de componentes principais é a de trabalhar com as médias amostrais, ou pode ser usada nas situações em que não há repetições de dados (FREITAS, 1996).

O objetivo desse trabalho é desenvolver um modelo multivariado, por meio da análise de componentes principais, com testes de laboratório para prever a germinação de sementes de soja em condições de campo.

Para todos os testes descritos a seguir, foram utilizados os mesmos 16 lotes de sementes.

Germinação em condições de campo (G_CAMPO): Os testes foram realizados na unidade de Sertãozinho da EPAMIG/CTTP, em Patos de Minas-MG, a 826 m de altitude, na sede do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP), em Uberaba-MG, a 770 m de altitude, e na Fazenda Experimental de Silco, também em Uberaba-MG, a 980 m de altitude.

Em Patos de Minas, os experimentos foram realizados, em locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 20.9.97, num Latossolo Roxo distrófico com aproximadamente 62% de argila, sob irrigação.

Em Uberaba, foram realizados três testes, em épocas e locais diferentes.

Foram realizadas diversas determinações para avaliação da qualidade fisiológica e caracterização física de sementes de soja de 16 lotes de sementes (Quadro 1). As metodologias dos diversos testes realizados são descritas a seguir.

Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 32% de argila. Nos outros dois experimentos, realizados em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, o solo

Quadro 1 - Identificação dos 16 lotes de sementes utilizados nos trabalhos. Uberaba-MG. 1999

Lote	Cultivar
1	MT/BR-45 (Paiaguás)
2	MT/BR-45 (Paiaguás)
3	EMBRAPA 20 (Doko RC)
4	EMBRAPA 20 (Doko RC)
5	CS 201
6	UFV-16 (Capinópolis)
7	MG/BR-48 (Garimpo RCH)
8	FT-104
9	MG/BR-46 (Conquista)
10	BR-9 (Savana)
11	MG/BR-46 (Conquista)
12	MG/BR-46 (Conquista)
13	MG/BR-46 (Conquista)
14	FT-109
15	BRSMG 68
16	MG/BR-46 (Conquista)

Para todos os testes descritos a seguir, foram utilizados os mesmos 16 lotes de sementes.

Germinação em condições de campo (G_CAMPO): Os testes foram realizados na unidade de Sertãozinho da EPAMIG/CTTP, em Patos de Minas-MG, a 826 m de altitude, na sede do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP), em Uberaba-MG, a 770 m de altitude, e na Fazenda Experimental da Silco, também em Uberaba-MG, a 980 m de altitude.

Em Patos de Minas, foram realizados dois testes, em locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 20.9.97, num Latossolo Roxo distrófico com aproximadamente 62% de argila, ambos sob irrigação.

Em Uberaba, foram realizados três testes, em épocas e locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 27.10.97, 4.12.97 e 18.12.97. Na semeadura de 27.10.97, houve necessidade de irrigação, que foi realizada dois dias após a semeadura. O solo desse experimento foi identificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 32% de argila. Nos outros dois experimentos, realizados, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, o solo apresentou 18% de argila.

Na Fazenda Experimental da Silco, foi realizado apenas um teste. A semeadura foi realizada em 30.10.97, num Latossolo Amarelo, com 46% de argila, sob irrigação por pivô central.

Todos os experimentos foram realizados com profundidade de semeadura em torno de 2,0 cm. Cada um dos seis experimentos foi realizado num ambiente diferente, partindo-se do princípio de que sementes vigorosas possuem maior capacidade de originar plântulas normais nas mais diversas condições. Em cada experimento, foram utilizadas duas repetições de 100 sementes, no delineamento em blocos completos casualizados. Procedeu-se a análise conjunta dos dados, atribuindo-se efeito aleatório a “ambiente”, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Número de dias para obtenção de 50% de germinação (DG₅₀): O teste foi realizado em leito de areia, sob condições controladas de temperatura e umidade. O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental constou de uma caixa de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes, espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas à profundidade de 2,5 cm. O experimento foi realizado duas vezes, em épocas diferentes. A cada dia computavam-se as plântulas emergidas e, por meio da análise de probit, determinava-se, para cada repetição, o valor DG₅₀, que se refere ao número de dias necessários para se obter 50% de emergência. Realizou-se análise conjunta dos dados, atribuindo-se efeito aleatório ao fator “época”, sendo as médias discriminadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, sob condições de envelhecimento acelerado (DEP₅₀): O teste foi realizado, utilizando-se o teste de envelhecimento acelerado, com diferentes períodos de envelhecimento. O trabalho foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete tratamentos de envelhecimento acelerado. Os tratamentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, sob condições de temperatura constante de 42°C e umidade relativa próximo a 100%. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, porém, foram realizadas considerando-se como germinável a semente que emitisse radícula de comprimento igual ou superior a 2,0 cm. Ao realizar a análise de probit, para cada tratamento, determinava-se, com base na média de quatro repetições, o valor DEP₅₀, que se refere ao número de dias sob condições de temperatura constante de 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa, necessários para se obter 50% de mortalidade. Como os probits foram calculados com a média de quatro repetições, não foi possível realizar análise estatística, como no caso das outras variáveis apresentadas.

Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski: O teste foi realizado em leito de areia. Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por caixas de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes, espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas à profundidade de 2,5 cm. A cada dia, computavam-se as plântulas emergidas e determinava-se, para cada repetição, o valor da velocidade de germinação, por meio da fórmula de Kotowski, assim descrita por SILVA e NAKAGAWA (1995):

G_1 a G_n = valores percentuais diários de germinação;

$$VG = 100 \cdot (G_1 + G_2 + \dots + G_n) / (G_1 T_1 + G_2 T_2 + \dots + G_n T_n) \quad (F1),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G_1 a G_n = valores percentuais diários de germinação; e

T_1 a T_n = dias de cada dado de germinação.

O experimento foi realizado em duas épocas. Realizou-se análise conjunta dos dados, atribuindo-se efeito aleatório ao fator “época”, sendo as médias discriminadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculado pela

$$VG = 100 \cdot (G_1 + G_2 + \dots + G_n) / G_1(T_1 - A) + G_2(T_2 - A) + \dots + G_n(T_n - A) \quad (F2),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G_1 a G_n = valores percentuais diários de germinação;

T_1 a T_n = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Velocidade de germinação corrigida, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$VGc = 100 \cdot (G1 + G2 + \dots + Gn)^2 / G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) \quad (F3),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Tempo médio para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala: O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula de Edmond e Drapala, assim descrita por SILVA e NAKAGAWA (1995):

$$TM = (G1T1 + G2T2 + \dots + GnTn) / (G1 + G2 + \dots + Gn) \quad (F4),$$

em que

TM = tempo médio necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação; e

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação.

Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$TMc = G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) / (G1 + G2 + \dots + Gn) \quad (F5),$$

em que

TMc = tempo médio corrigido necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$TMcc = G1(T1-A)+G2(T2-A)+..+Gn(Tn-A)/(G1+G2+..+Gn)^2 \quad (F6),$$

em que

TMcc = tempo médio corrigido necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Germinação média diária, calculada pela fórmula de Maguire: O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GM = (G1/T1+G2/T2+..+Gn/Tn) \cdot 100 \quad (F7),$$

em que

GM = germinação média diária;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação; e

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação;

Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GMc = [G1/(T1-A)+G2/(T2-A)+..+Gn/(Tn-A)] \cdot 100 \quad (F8),$$

em que

GMc = germinação média diária corrigida;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GMcc = [G1/(T1-A)+G2/(T2-A)+..+Gn/(Tn-A)] \cdot 100/P \quad (F9),$$

em que

GMcc = germinação média diária corrigida;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação;

A = tempo que antecede a germinação; e

P = porcentagem de germinação potencial, ou seja, o valor da germinação total obtida no teste.

Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Kotowski (NF1 e MF1): O teste foi realizado semelhantemente ao teste de envelhecimento acelerado, porém, com diferentes períodos de envelhecimento. Esse teste foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete experimentos de envelhecimento acelerado. Os experimentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, sob condições de temperatura constante de 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, porém, foram realizadas de duas maneiras:

a) avaliação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992); b) avaliação considerando-se como germinável a semente que emitisse radícula de comprimento igual ou maior que 2,0 cm. Para cada dia sob envelhecimento acelerado, computavam-se as sementes germináveis, sendo as sementes mortas obtidas por diferença. O valor da velocidade de mortalidade foi dado pela fórmula:

$$VM = 100 \cdot (M1 + M2 + \dots + Mn) / (M1T1 + M2T2 + \dots + MnTn),$$

em que

VM = velocidade de mortalidade, sendo renomeado NF1 para o critério das Regras para Análise de Sementes e MF1 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn = valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis, para cada período sob envelhecimento acelerado; e

T1 a Tn = dias de cada dado de mortalidade.

Como o cálculo foi realizado com as médias, não foi possível realizar análise de variância.

Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala (NF4 e MF4): O teste foi o mesmo que o anterior, entretanto, o valor da velocidade de mortalidade foi dado por meio da fórmula:

$$Tmt = (M1T1 + M2T2 + \dots + MnTn) / (M1 + M2 + \dots + Mn),$$

em que

Tmt = tempo médio necessário para atingir a mortalidade máxima, sendo renomeado NF4 para o critério das Regras para Análise de Sementes e MF4 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn = valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis, para cada período sob envelhecimento acelerado; e

T1 a Tn = dias de cada dado de mortalidade.

Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula Maguire (NF7 e MF7): O teste foi o mesmo que o anterior, entretanto, o valor da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$\text{Gmt} = (M1/T1 + M2/T2 + \dots + Mn/Tn) \cdot 100,$$

em que

Gmt = mortalidade média diária, sendo renomeado para NF7 para o critério das Regras para Análise de Sementes e MF7 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn = valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis, para cada período sob envelhecimento acelerado; e

T1 a Tn = dias de cada dado de mortalidade.

Germinação em rolo de papel (TPG): o teste foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro ou oito repetições, dependendo do lote de sementes. A unidade experimental foi composta por três folhas de papel germitest, contendo 50 sementes, umedecidas com água no volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. As avaliações foram efetuadas aos cinco dias, seguindo-se os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Germinação em areia (G_AREIA): a germinação em areia foi realizada dentro de casa de vegetação com temperatura variando entre 20°C e

35°C, com controle por meio de sucção de ar saturado, acionado com ventiladores. O delineamento utilizado foi o de blocos completos, casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental constou de uma caixa de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes, espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas a profundidade de 2,5 cm. O experimento foi realizado em duas épocas. Realizou-se análise conjunta dos dados, atribuindo efeito aleatório ao fator “época”, sendo as médias discriminadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Potencial de germinação e vigor pelo teste de tetrazólio (TZ_GM e TZ_VG): o teste foi conduzido, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições. Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes. As sementes foram pré-condicionadas em papel-toalha umedecido com 2,5 vezes o seu peso, em germinador, a 30°C, durante 16 horas. Após esse período, as sementes foram imersas em solução 0,075% de cloreto 2,3,5-trifenil tetrazólio, com pH 7, contendo sistema tampão de pH composto pelos sais KH_2PO_4 e $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, durante quatro horas, a 40°C. Em seguida, as sementes foram lavadas e avaliadas individualmente, computando-se o número de sementes potencialmente germináveis (classes 1 a 5) e potencialmente vigorosas (classes 1 a 3), de acordo com os critérios de avaliação propostos por KRZYZANOWSKI et al. (1991).

Peso de 100 sementes (P100): o peso de 100 sementes foi calculado a partir de duas repetições de 100 sementes, em balança com precisão de centigramas.

Densidade da semente (DENS): foi determinada em proveta graduada de 50 mL//. Inicialmente, foram colocados 30 mL de água na proveta e, depois, 100 sementes de peso conhecido. Em seguida, obtinha-se o volume das sementes por meio do deslocamento do volume de água. A densidade foi obtida, dividindo-se o peso das 100 sementes pelo volume deslocado de água e expresso em g/mL.

Umidade da semente (UMID): a umidade das sementes foi obtida em estufa com ventilação forçada, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Envelhecimento acelerado com diferentes períodos de envelhecimento: esse teste foi realizado utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete experimentos de envelhecimento acelerado. Os experimentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias sob condições de temperatura constante de 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, porém, foram realizadas de duas maneiras: a) avaliação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), ou seja, *EP1D_RAS*, *EP2D_RAS*, *EP3D_RAS*, *EP4D_RAS*, *EP5D_RAS*, *EP6D_RAS*, *EP7D_RAS*, para períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias sob envelhecimento acelerado, respectivamente; b) avaliação considerando-se como germinável a semente que emitiu radícula de comprimento igual ou superior a 2,0 cm, ou seja, *EP1D_M2*, *EP2D_M2*, *EP3D_M2*, *EP4D_M2*, *EP5D_M2*, *EP6D_M2*, *EP7D_M2*, para períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias sob envelhecimento acelerado, respectivamente.

Teste de germinação com condicionamento osmótico (CO_RAS e CO_NOBAC): a finalidade desse teste foi detectar possíveis danos de embebição nos lotes estudados. O teste foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, para cada lote. As sementes foram colocadas em caixas gerbox, à temperatura de 25°C e umidade relativa de aproximadamente 100%, durante 24 horas. Após esse período, as sementes foram colocadas para germinar em rolo de papel; porém, as avaliações foram realizadas no quinto dia e, para interpretação, foram utilizados dois critérios: a) avaliação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) (*CO_RAS*); e b) avaliação considerando como germináveis também as plântulas infectadas por bactérias (*CO_NOBAC*).

Análise sanitária das sementes: a análise foi realizada no Laboratório de Fitopatologia do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP). Foi quantificada, em porcentagem, a ocorrência de fungos e bactérias nas sementes. O teste foi realizado com 200 sementes, igualmente divididas em oito caixas do tipo gerbox. Essas caixas foram forradas com papel mata-borrão esterilizado em forno e umedecido previamente com água destilada e esterilizada. Terminada a montagem, as caixas foram incubadas a 25°C. A leitura, feita sete dias após, em microscópio estereoscópio, identificou os seguintes microrganismos: *Aspergillus* sp. (ASP), bactérias não-identificadas (BACT), *Cercospora* sp. (CERC), *Cladosporium* sp. (CLA), *Colletotrichum* sp. (COLL), *Fusarium* sp. (FUS), *Penicillium* sp. (PENI), *Rhizoctonia* sp. (RHIZ) e *Phomopsis* sp. (PHO).

Após a obtenção das variáveis, realizou-se, numa etapa, descarte de variáveis com base em análise de correlação e significância por teste de média. Em seguida, algumas variáveis foram incluídas e outras excluídas, com base em praticidade na execução e em qualidade sanitária.

Das 13 variáveis restantes, foram descartadas 10, com o uso da análise de componentes principais, com base na metodologia proposta por Jolliffe. De acordo com REGAZZI (1997), essa metodologia baseia-se no princípio de que a importância ou variância dos componentes principais decresce do primeiro para o último. Assim, tem-se que os últimos componentes são responsáveis pela explicação de uma fração muito pequena da variância total. Portanto, a variável que domina o componente principal de menor autovalor (menor variância) deve ser a menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte. A razão é que variáveis correlacionadas com os componentes principais de menor variância representam variação praticamente insignificante. A seguir, o próximo componente de menor autovalor é considerado, podendo-se descartar a variável com a maior correlação (valor absoluto) no componente e a qual não tenha sido previamente descartada.

Quadro 2 - Valores médios da germinação em condição de campo (G_CAMPO), germinação em tubo de papel (TPG), dias para 50% de germinação (DD₅₀), dias para 50% de mortalidade de sementes (DEP₅₀), velocidade de emergência pela fórmula de Kotowinski (F1), pela fórmula de Kotowinski modificada uma (F2) e duas (F3) vezes por SILVA e NAKAGAWA (1993), Uberlândia-MG, 1999

Lote	G_CAMPO	TPG	DD ₅₀	DEP ₅₀	F1	F2	F3
1	94,3 a	95,9 a	3,24 a	4,19	17,37 a	75,18 a	77,35 a
2	92,2 a	94,6 a	3,23 a	4,31	17,32 a	76,67 a	75,31 a
3	88,4 a	92,2 a	3,55 a	4,55	17,39 a	83,81 a	78,95 a
4	91,9 a	93,8 a	3,35 a	4,45	17,23 a	75,66 a	77,88 a
5	87,7 a	89,3 a	3,48 a	4,02	17,40 a	70,72 a	71,97 a
6	89,6 a	89,2 a	3,51 a	4,33	17,09 a	71,80 a	71,85 a

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os 16 lotes de sementes de soja, foram obtidas 56 variáveis relacionadas à qualidade de sementes. Nos Quadros 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, são apresentados os valores médios das análises realizadas, com seus respectivos testes de média, nos casos em que foi possível realizar análise estatística. No Quadro 10, são apresentadas as correlações entre as variáveis estudadas e a germinação em condições de campo.

A germinação em condição de campo foi considerada padrão, não sendo incluída no processo de descarte de variáveis. Inicialmente, foram selecionadas as variáveis que apresentaram correlação significativa com a germinação, em condição de campo, conforme o Quadro 10. Nessa etapa, foram descartadas as seguintes variáveis: F1, F2, F4, F5, F9, EPF1_RAS, EPF4_RAS, EPF7_RAS, P100, DENS, UMID, EP1D_RAS, EP2D_RAS, EP3D_RAS, EP4D_RAS, EP5D_RAS, EP6D_RAS, EP7D_RAS, EP4D_M2, EP5D_M2, EP6D_M2, EP7D_M2, CO_RAS, DM1_8, DM6_8, U1_8, U6_8, PCJ1_8, ASP, CERC, CLAD, FUS, PENI, RHIZ e PHO.

Numa segunda etapa, foi realizada nova seleção, com o objetivo de eliminar variáveis que se correlacionavam com a germinação, em condição de campo, mas não discriminavam os diversos lotes estudados. Conforme os Quadros 2 e 10, foi descartada a variável F3.

Quadro 2 - Valores médios da germinação em condição de campo (G_CAMPO), germinação em rolo de papel (TPG), dias para 50% de germinação (DG₅₀), dias para 50% de mortalidade de sementes (DEP₅₀), velocidade de emergência pela fórmula de Kotowski (F1), pela fórmula de Kotowski modificada uma (F2) e duas (F3) vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995). Uberaba-MG. 1999

Lote	G_CAMPO	TPG	DG ₅₀	DEP ₅₀	F1	F2	F3
1	91,3 a*	95,0 a	5,26 c	4,19	17,37a	78,18a	77,46a
2	92,2 a	94,6 ab	5,39 bc	4,31	17,32a	76,67a	75,51a
3	88,4 a	92,6 abc	5,52 abc	4,17	17,64a	83,81a	78,95a
4	91,9 a	90,0 abcd	5,64 abc	4,44	17,23a	75,66a	71,88a
5	87,7 ab	89,5 abcd	5,44 bc	5,02	17,46a	79,77a	77,97a
6	89,6 a	85,2 cdef	5,63 abc	5,35	17,09a	73,80a	71,83a
7	86,6 ab	87,6 bcde	5,49 bc	4,44	17,66a	84,06a	79,67a
8	87,2 ab	85,2 cdef	5,62 abc	4,66	17,81a	87,31a	79,57a
9	88,6 a	83,7 cdef	5,58 abc	4,57	17,23a	75,27a	71,71a
10	86,0 ab	83,7 bcdef	5,40 bc	3,98	17,62a	82,70a	79,95a
11	88,1 a	81,0 def	5,78 abc	4,79	17,08a	73,14a	67,53a
12	87,7 ab	80,2 ef	5,68 abc	4,66	17,16a	74,95a	70,70a
13	79,1 bc	78,6 f	6,10 ab	4,29	17,13a	73,47a	62,87a
14	87,5 ab	75,9 f	5,48 bc	4,36	17,52a	76,25a	73,90a
15	85,2 ab	75,6 f	5,60 abc	3,90	17,56a	81,62a	75,84a
16	70,0 c	75,1 f	6,2038 a	3,22	17,18a	75,39a	60,96a
C.V.	6,9	6,3	6,3	-	3,3	15,0	14,3
(%)							

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 3 - Valores médios dos índices de velocidade de emergência, calculados pela fórmula de Edmond e Drapala (F4), pela fórmula de Edmond e Drapala modificada uma (F5) e duas (F6) vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995), pela fórmula de Maguire (F7), pela fórmula de Maguire modificada uma (F8) e duas (F9) vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995). Uberaba-MG. 1999

Lote	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	5,83a*	1,33a	1,35 ^a	17,30 a	83,90 ab	84,67
2	5,82a	1,32a	1,34 ^a	17,17 a	83,21 ab	84,50
3	5,75a	1,25a	1,33 ^a	16,68 a	83,13 ab	88,22
4	5,89a	1,39a	1,47 ^a	16,43 a	77,31 ab	81,40
5	5,83a	1,33a	1,36 ^a	17,15 a	83,54 ab	85,48
6	5,99a	1,49a	1,57 ^a	16,70 a	79,47 ab	81,67
7	5,75a	1,25a	1,32 ^a	16,80 a	85,88 a	90,62
8	5,69a	1,19a	1,32 ^a	16,25 a	83,92 ab	92,19
9	5,86a	1,36a	1,43 ^a	16,52 a	79,42 ab	83,36
10	5,74a	1,24a	1,28 ^a	17,14 a	86,13 a	89,07
11	5,95a	1,45a	1,56 ^a	15,94 ab	75,45 ab	81,66
12	5,94a	1,44a	1,52 ^a	16,31 a	78,14 ab	82,85
13	5,92a	1,42a	1,68 ^a	14,72 bc	70,56 ab	82,45
14	5,82a	1,45a	1,51 ^a	17,02 a	77,75 ab	80,21
15	5,78a	1,28a	1,37 ^a	16,40 a	81,63 ab	87,84
16	5,94a	1,44a	1,77 ^a	14,03 c	66,24 b	81,96
C.V. (%)	3,6	17,8	18,1	4,6	11,4	12,2

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 4 - Valores médios dos índices de velocidade de mortalidade, calculados pelas fórmulas de Kotowski, Edmond e Drapala e de Maguire, segundo avaliação realizada pelas Regras para Análise de Sementes (NF1, NF4 e NF7) e considerando-se como germináveis as sementes que emitiram radícula igual ou maior que 2,0 cm (MF1, MF4 e MF7). Uberaba-MG. 1999

Lote	NF1	NF4	NF7	MF1	MF4	MF7
1	23,91	4,18	222,32	17,51	5,71	57,35
2	23,69	4,22	213,89	17,51	5,71	52,88
3	24,23	4,13	227,66	17,35	5,76	57,36
4	24,57	4,07	236,82	17,09	5,85	51,72
5	24,56	4,07	241,97	16,62	6,02	41,54
6	23,34	4,29	196,78	16,15	6,19	34,33
7	23,77	4,21	217,37	17,67	5,66	52,26
8	23,74	4,21	205,95	16,99	5,88	47,98
9	18,72	5,34	86,59	16,55	6,04	45,41
10	24,46	4,09	240,74	17,69	5,65	60,66
11	19,45	5,15	99,42	16,48	6,07	43,40
12	19,68	5,09	107,44	16,68	6,00	47,97
13	20,82	4,81	134,09	17,58	5,69	59,81
14	24,58	4,07	243,14	17,81	5,61	54,50
15	24,70	4,05	247,91	17,66	5,66	60,76
16	21,84	4,58	155,21	19,88	5,03	100,98

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 5 - Valores médios resultados de germinação em leito de areia (G_AREIA), teste de germinação de tetrazólio (TZ_GM), teste de vigor de tetrazólio (TZ_VG), peso de 100 sementes (P100), densidade de semente (DENS) e umidade em base úmida (UMID). Uberaba-MG. 1999

Lote	G_AREIA	TZ_GM	TZ_VG	P100 (g)	DENS	UMID
1	98,9 a*	84,5 abc	71,4 abc	14,74 cd	1,16 ab	10,10 bcde
2	98,5 a	98,5 a	85,4 ab	13,91 ef	1,18 ab	10,85 a
3	94,6 abc	87,1 abc	74,1 ab	14,93 c	1,16 ab	9,70 de
4	95,1 abc	81,3 bc	68,1 abc	16,21 ab	1,18 ab	10,40 abc
5	97,9 ab	96,0 ab	88,1 a	14,43 cde	1,17 ab	10,35 abc
6	97,2 ab	81,0 bc	56,0 bc	15,87 b	1,14 b	10,00 bcde
7	95,6 abc	86,0 abc	73,0 abc	13,36 f	1,22 a	10,40 abc
8	91,3 cd	81,0 bc	74,0 ab	11,42 h	1,16 ab	10,05 bcde
9	95,7 abc	88,0 abc	79,0 ab	16,23 ab	1,16 ab	10,10 bcde
10	96,9 abc	77,1 bc	62,0 abc	14,41 cde	1,17 ab	10,45 ab
11	92,7 bcd	87,4 abc	70,0 abc	16,66 a	1,16 ab	9,65 e
12	94,8 abc	85,4 abc	73,1 abc	16,36 ab	1,16 ab	9,85 cde
13	85,7 de	71,1 c	64,9 abc	16,16 ab	1,16 ab	10,20 bcde
14	97,3 ab	83,0 bc	69,0 abc	13,98 ef	1,16 ab	9,70 de
15	93,2 bcd	73,0 c	56,0 bc	14,16 de	1,17 ab	10,25 bcd
16	81,4 e	74,0 c	38,9 c	12,44 g	1,16 ab	10,45 ab
C.V.(%)	5,4	6,4	9,0	1,3	1,3	1,4

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 6 - Médias percentuais destransformadas dos resultados de envelhecimento acelerado, com períodos de envelhecimento de 1 (EP1D_RAS), 2 (EP2D_RAS), 3 (EP3D_RAS), 4 (EP4D_RAS), 5 (EP5D_RAS), 6 (EP6D_RAS) e 7 (EP7D_RAS) dias, com avaliação realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Uberaba-MG. 1999

Lote	EP1D_RAS	EP2D_RAS	EP3D_RAS	EP4D_RAS	EP5D_RAS	EP6D_RAS	EP7D_RAS
1	14,7 hij*	26,5 c	19,3 cd	5,0 ef	3,4 cde	0,5 a	0,5 a
2	28,6 fgh	17,4 cd	16,7 cd	7,0 def	0,8 e	0,5 a	0,5 a
3	15,2 hij	12,3 cdef	10,8 cdefg	20,9 c	2,4 de	0,5 a	0,5 a
4	10,3 ij	4,4 fg	7,4 defg	23,9 c	3,4 cde	0,5 a	0,5 a
5	10,5 ij	5,2 efg	4,4 fg	4,7 ef	1,9 de	0,5 a	0,5 a
6	41,9 def	19,1 cd	13,7 cdef	18,4 cd	5,7 cde	1,1 a	0,5 a
7	23,9 ghi	19,4 cd	15,2 cde	6,6 def	0,5 e	0,5 a	0,5 a
8	34,9 efg	16,3 cde	10,9 cdefg	10,8 cde	17,4 b	1,1 a	0,5 a
9	79,4 a	88,7 a	81,2 a	79,0 a	12,7 bc	0,5 a	0,5 a
10	12,5 ij	7,7 defg	4,6 efg	0,8 f	0,5 e	0,5 a	0,5 a
11	65,6 abc	88,2 a	78,4 a	72,8 a	38,4 a	0,5 a	0,5 a
12	68,0 ab	87,2 a	70,7 a	65,2 ab	10,1 bcd	0,5 a	0,5 a
13	55,6 bcd	79,2 a	51,0 b	48,0 b	5,9 bcde	0,5 a	0,5 a
14	9,3 j	5,1 efg	9,4 cdefg	0,8 f	2,7 de	0,5 a	0,5 a
15	7,6 j	1,8 g	2,8 g	2,2 ef	0,5 e	0,5 a	0,5 a
16	49,4 cde	61,2 b	22,0 c	64,6 ab	1,1 e	1,5 a	0,5 a

C.V. = 21,4%.

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 7 - Médias porcentuais destransformadas dos resultados de envelhecimento acelerado, com períodos de envelhecimento de 1 (EP1D_M2), 2 (EP2D_M2), 3 (EP3D_M2), 4 (EP4D_M2), 5 (EP5D_M2), 6 (EP6D_M2) e 7 (EP7D_M2) dias, considerando-se como germinável a semente que emitiu radícula de comprimento igual ou superior a 2,0 cm. Uberaba-MG. 1999

Lote	EP1D_M2	EP2D_M2	EP3D_M2	EP4D_M2	EP5D_M2	EP6D_M2	EP7D_M2
1	98,2 ab	98,9 a	95,2 a	38,9 h	63,2 de	1,1 ef	0,5 a
2	99,2 a	96,1 ab	97,2 a	52,5 gh	41,5 fgh	31,4 ab	0,5 a
3	97,2 ab	98,1 ab	92,1 ab	66,3 efg	41,4 fgh	0,5 f	0,5 a
4	96,1 ab	96,1 ab	94,9 a	72,2 def	66,1 cde	2,3 ef	0,5 a
5	96,4 ab	98,5 ab	97,3 a	80,7 bcde	77,0 abcd	21,9 bc	2,9 a
6	98,9 a	96,1 ab	96,0 a	91,9 abc	87,3 a	32,5 ab	0,8 a
7	97,5 ab	96,0 ab	96,4 a	48,9 gh	51,0 efg	41,9 a	0,5 a
8	96,6 ab	93,3 ab	92,6 ab	80,1 cde	80,5 abc	4,1 ef	3,1 a
9	98,2 ab	94,1 ab	96,4 a	97,6 a	59,6 ef	0,5 f	0,5 a
10	98,5 ab	96,3 ab	93,6 ab	54,0 gh	24,3 hi	14,4 cd	0,5 a
11	96,8 ab	96,3 ab	94,1 a	91,4 abc	82,7 ab	0,8 ef	0,5 a
12	94,2 ab	96,2 ab	95,6 a	97,3 a	62,1 de	1,9 ef	0,5 a
13	91,0 b	92,7 ab	82,5 b	92,7 ab	54,1 efg	3,7 ef	0,5 a
14	97,5 ab	97,7 ab	91,5 ab	35,9 h	68,6 bcde	30,8 ab	0,5 a
15	98,2 ab	91,7 bc	91,1 ab	63,1 fg	37,3 ghi	4,5 def	0,5 a
16	76,9 c	79,2 c	45,5 c	83,3 bcd	23,3 i	6,6 de	0,5 a

C.V. = 8,4%.

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 8 - Médias porcentuais destransformadas dos resultados de germinação em rolo de papel com pré-tratamento de condicionamento osmótico, com avaliações de acordo com as Regras para Análise de Sementes (CO_RAS), e considerando-se como germináveis também as plântulas infectadas por bactérias (CO_NOBAC), de danos mecânicos de classes 1 a 8 (DM1_8) e 6 a 8 (DM6_8) e danos por umidade de classes 1 a 8 (U1_8) e 6 a 8 (U6_8). Uberaba-MG. 1999

Lote	CO_RAS	CO_NOBAC	DM1_8	DM6_8	U1_8	U6_8
1	92,0 ab	98,0 a	9,88 ab	6,02 ab	19,85 ab	0,50 b
2	93,9 a	93,9 ab	9,10 b	1,84 ab	4,95 b	0,50 b
3	82,2 abcde	94,8 ab	2,00 b	1,13 b	21,97 ab	0,50 b
4	73,2 def	93,3 abc	4,95 b	4,95 ab	33,87 ab	1,13 b
5	76,2 cdef	91,5 abc	4,00 b	2,00 ab	10,98 b	2,00 ab
6	91,3 abc	91,3 abc	12,98 ab	4,52 ab	28,97 ab	0,50 b
7	90,4 abc	90,4 abc	9,10 b	5,28 ab	22,00 ab	2,92 ab
8	59,2 f	91,5 abc	1,84 b	1,84 ab	6,33 b	0,50 b
9	88,6 abcd	88,6 abc	8,77 b	3,74 ab	20,99 ab	0,50 b
10	78,5 bcdef	95,5 ab	35,95 a	18,99 a	8,97 b	0,50 b
11	83,3 abcde	83,3 bc	17,96 ab	8,31 ab	37,91 ab	0,50 b
12	90,9 abc	90,9 abc	3,74 b	2,92 ab	34,92 ab	1,84 ab
13	81,3 abcde	81,3 bc	14,00 ab	7,88 ab	17,96 ab	0,50 b
14	70,3 ef	92,2 abc	14,87 ab	9,63 ab	7,46 b	1,13 b
15	80,5 abcde	84,8 bc	19,85 ab	10,82 ab	57,18 a	9,10 a
16	76,8 bcdef	76,8 c	15,95 ab	6,97 ab	31,00 ab	0,50 b
C.V.(%)	7,4	7,7	25,2	35,6	23,8	46,2

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 9 - Médias percentuais destransformadas dos resultados de danos causados por percevejos, das classes 1 a 8 (PCJ1_8) e 6 a 8 (PCJ6_8) do teste de tetrazólio e incidência de fitopatógenos *Aspergillus* sp. (ASP), bactérias não-identificadas (BACT), *Cercospora* sp. (CERC), *Clamidosporus* sp. (CLAD), *Colletotrichum* sp. (COLL), *Fusarium* sp. (FUS), *Penicillium* sp. (PENI), *Rhizoctonia* sp. (RHIZ), e *Phomopsis* sp. (PHO). Uberaba-MG. 1999

Lote	PCJ1_8	PCJ6_8	ASP	BACT	CERC	CLAD	COLL	FUS	PENI	RHIZ	PHO
1	19,0 cde	7,9 abc	4,0	1,0	1	3	0	2	0	0	0
2	6,0 e	1,1 c	4,5	0,5	0	0	0	1,5	28	0	0
3	25,9 bcde	9,9 abc	9,5	3,0	0	2,5	0	1	10,5	0,5	0
4	27,9 bcde	8,8 abc	2,5	5,0	1	2,5	1	1,5	1,5	1	0
5	11,9 cde	2,0 bc	10,0	2,0	0	2	0	3	2,5	0	0
6	35,1 bcd	12,0 abc	2,5	4,5	0,5	3,5	0	2	0	0	0
7	8,3 de	2,9 bc	6,0	3,0	4	4	1	2,5	4,5	0	0
8	73,0 a	13,9 ab	7,0	4,0	0	8	0	3,5	0	0	0
9	13,0 cde	5,0 abc	1,0	1,0	0	1	0,5	1	0	0	0
10	8,0 e	4,0 bc	25,0	1,5	1	7	0	4,5	0	0	0
11	22,9 bcde	2,9 bc	2,0	1,5	0	1,5	1	0	0	0	0
12	14,0 cde	3,7 bc	1,5	3,5	1	1,5	0,5	0	0	0	0
13	39,0 bc	12,6 ab	2,0	3,5	1	2	1	1,5	1,5	0	0
14	20,0 cde	5,3 abc	3,0	0,0	1	12,5	0	2,5	0	0	0
15	27,2 bcde	11,7 abc	7,5	1,0	0	1,5	0,5	3	0	0,5	0,5
16	54,00 ab	19,8 a	9,0	15,5	0	1,5	1,5	2,5	0	0	0
C.V.	17,0 %	24,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 10 - Correlações entre as variáveis estudadas e a germinação em condições de campo. Uberaba-MG. 1999

G_CAMPO	1,000	EP4D_RAS	-0,362
DG ₅₀	-0,813*	EP5D_RAS	0,120
DEP ₅₀	0,623*	EP6D_RAS	-0,562
F1	0,143	EP7D_RAS	0,000
F2	0,103	EP1D_M2	0,904*
F3	0,631*	EP2D_M2	0,878*
F4	-0,210	EP3D_M2	0,920*
F5	-0,188	EP4D_M2	-0,260
F6	-0,648*	EP5D_M2	0,482
F7	0,862*	EP6D_M2	0,154
F8	0,704*	EP7D_M2	0,065
F9	0,084	CO_RAS	0,243
EPF1_RAS	0,227	CO_NOBAC	0,808*
EPF4_RAS	-0,194	DM1_8	-0,279
EPF7_RAS	0,259	DM6_8	-0,240
EPF1_M2	-0,758*	U1_8	-0,158
EPF4_M2	0,726*	U6_8	-0,035
EPF7_M2	-0,814*	PCJ1_8	-0,482
TPG	0,658*	PCJ6_8	-0,650*
G_AREIA	0,900*	ASP	-0,196
TZ_GM	0,612*	BACT	-0,767*
TZ_VG	0,696*	CERC	0,052
P100	0,331	CLAD	0,056
DENS	0,140	COLL	-0,611*
UMID	-0,125	FUS	-0,200
EP1D_RAS	-0,253	PENI	0,293
EP2D_RAS	-0,332	RHIZ	0,229
EP3D_RAS	-0,059	PHOM	-0,072

*significativo a 5% de probabilidade.

A variável DG_{50} , apesar de estar enquadrada nas normas estabelecidas, foi descartada, por apresentar inconveniências relacionadas às dificuldades inerentes à análise de probit, conforme Capítulo 1.

Não foi possível realizar teste de média na variável DEP_{50} , mas essa variável foi descartada pelos mesmos motivos apresentados em relação a DG_{50} .

Pelos critérios estabelecidos, as variáveis F6 e F8 também não seriam descartadas. Entretanto, apresentam desvantagens em relação à variável F7, que apresentou correlação mais estreita com G_CAMPO , conforme visto nos capítulos anteriores, sendo, por isso, eliminadas.

As variáveis BACT e COLL foram mantidas para a etapa seguinte, porque são fatores importantes do ponto de vista sanitário e, mesmo não tendo sido feito teste de média, apresentou correlação significativa com G_CAMPO (Quadro 10).

Verifica-se, pelo Quadro 11, que foram extraídos 13 componentes principais. Essa quantidade de componentes principais foi pré-determinada, na intenção de manter a mesma dimensão dos dados originais. A quantidade de variáveis a ser descartada depende, em última análise, do pesquisador e do interesse do estudo (REGAZZI, 1997). No presente caso, foram mantidos os três primeiros componentes principais, porque, juntos, são responsáveis por 88,3% da variância total. Dessa forma, por meio dos 10 componentes principais restantes, foram descartadas 10 variáveis.

No Quadro 12 são apresentados, em negrito, os valores do autovetor que resultou no descarte da variável correspondente, também em negrito. O maior autovetor, em cada componente principal, define o descarte da variável correspondente. Quando o maior autovetor do componente principal corresponde a uma variável já descartada anteriormente, procura-se o próximo maior autovetor para proceder o descarte, como foi o caso da variável CO_NOBAC . No componente principal 13, foi descartada a variável $EP1D_M2$, no componente principal 12 foi descartada a variável $EP3D_M2$ e assim por diante. O sentido do procedimento de descarte de variáveis segue do último componente principal para o primeiro.

Quadro 11 - Relação dos componentes principais, com seus respectivos autovalores. Uberaba-MG. 1999

Componentes principais		Autovalores	% da variância	% acumulada
1		9,19	70,7	70,7
2		1,20	9,2	79,9
3		1,09	8,4	88,3
4		0,51	3,9	92,2
5		0,41	3,1	95,3
6		0,28	2,1	97,5
7		0,15	1,2	98,7
8		0,08	0,6	99,3
9		0,04	0,3	99,7
10		0,02	0,2	99,8
11		0,02	0,1	99,9
12		0,01	0,1	100,0
13		0,00	0,0	100,0

VAR	comp. principal 1	comp. principal 2	comp. principal 3	Comp. principal 4	comp. principal 5
AR_F7	0,09232	0,06949	0,06132	0,04847	-0,03507
TPG	-0,05737	0,11524	-0,08188	-0,03567	-0,07328
TZ_GM	0,16850	0,06715	-0,04782	0,05349	0,06666
TZ_VO	-0,23178	-0,03439	0,13981	0,03508	-0,03675
PCJ6_B	-0,00160	0,07619	0,02940	0,12826	-0,00577
Q_ARBIA	0,18571	0,03749	-0,00012	0,01671	-0,06261
EPF7_M2	-0,26219	0,06020	-0,00104	0,03186	0,02943
EPID_M2	-0,00453	0,17765	0,02214	-0,01593	0,07138
EP2D_M2	-0,07412	-0,31404	-0,18258	0,07735	0,01514
EP3D_M2	0,00518	0,01035	0,08278	-0,03040	0,01917
COLL	0,01598	0,02992	0,05712	0,07340	0,00761
CO_NOBAC	-0,04313	-0,13299	0,10488	-0,00700	0,05233
BACT	0,26095	-0,13526	-0,07353	-0,03119	0,01325

Continua

Quadro 12 - Relação dos componentes principais, com seus respectivos autovetores. Uberaba-MG. 1999

Variável	comp. principal 1	comp. principal 2	comp. principal 3	comp. principal 4	comp. principal 5
AR_F7	0,93498	-0,04173	0,22174	-0,20469	0,07770
TPG	0,65136	0,54746	0,32905	0,31885	0,17932
TZ_GM	0,69352	0,62389	-0,21074	-0,09261	-0,18397
TZ_VG	0,81340	0,34927	-0,29644	0,08725	-0,20456
PCJ6_8	-0,78281	-0,16356	0,44202	0,33591	-0,16997
G_AREIA	0,94452	-0,03228	0,13440	-0,17124	0,11400
EPF7_M2	-0,81132	0,22603	0,25510	-0,36610	0,12709
EP1D_M2	0,92120	-0,32186	-0,01103	0,07961	0,05162
EP2D_M2	0,93950	-0,12152	-0,03530	0,09869	0,09784
EP3D_M2	0,94085	-0,22342	-0,14320	0,16362	0,07113
COLL	-0,73140	0,13415	-0,47299	0,13155	0,44254
CO_NOBAC	0,83684	0,07456	0,48092	-0,03533	0,13991
BACT	-0,85795	0,34027	0,20826	0,10442	0,03835

VAR	comp. principal 6	comp. principal 7	comp. principal 8	Comp. principal 9	comp. principal 10
AR_F7	0,09272	0,06949	0,06122	0,04847	-0,03507
TPG	-0,09737	0,11624	-0,08188	-0,05567	-0,03328
TZ_GM	0,16850	0,06715	-0,04782	0,05549	0,06666
TZ_VG	-0,23178	-0,05439	0,13981	0,03508	-0,03675
PCJ6_8	-0,00860	0,07619	0,02940	0,12826	0,00577
G_AREIA	0,18571	0,03749	-0,00012	0,05671	-0,06261
EPF7_M2	-0,26219	0,06020	-0,00104	0,03186	0,02943
EP1D_M2	-0,00453	0,17788	0,02214	-0,01593	0,07118
EP2D_M2	-0,07412	-0,21404	-0,15258	0,07735	0,01614
EP3D_M2	0,00518	0,01035	0,08278	-0,03040	0,01917
COLL	0,01899	0,02992	0,05712	0,07340	0,00761
CO_NOBAC	-0,04813	-0,15299	0,10488	-0,00700	0,05235
BACT	0,26035	-0,12526	0,07353	-0,03119	0,01325

Continua...

Quadro 12, Cont.

variável	comp. principal 11	comp. principal 12	comp. principal 13
AR_F7	0,07650	-0,01354	-0,01329
TPG	0,00339	0,00038	-0,00111
TZ_GM	-0,01175	0,00759	-0,00648
TZ_VG	0,00929	-0,00812	0,01021
PCJ6_8	-0,00720	0,00761	-0,00192
G_AREIA	-0,05433	0,01507	0,01570
EPF7_M2	0,01500	0,02947	0,00792
EP1D_M2	0,01829	-0,02251	0,01864
EP2D_M2	0,03353	0,00476	0,00599
EP3D_M2	0,00794	0,06451	-0,00675
COLL	-0,00866	-0,01147	-0,00354
CO_NOBAC	-0,04607	-0,01869	-0,00774
BACT	0,04535	0,00906	0,01531

As variáveis restantes foram G_AREIA, TZ_VG e BACT. A análise de componentes principais foi utilizada novamente nessas variáveis e extraiu-se o primeiro componente principal, cujo autovalor encontra-se no Quadro 13. Os autovetores desse componente principal são apresentados no Quadro 14.

Quadro 13 - Componente principal, com seu respectivo autovalor. Uberaba-MG.
1999

1º componente principal	Autovalores	% da variância	% acumulada
1	2,39	79,8	79,8

Quadro 14 - Componente principal, com seus respectivos autovetores. Uberaba-MG. 1999

variável	1º componente principal
G_AREIA	0,89958
TZ_VG	0,86159
BACT	0,91799

O dados do Quadro 14 foram utilizados para compor a seguinte função discriminante:

$$CP1 = 0,89958 \cdot G_AREIA + 0,86159 \cdot TZ_VG - 0,91799 \cdot BACT,$$

em que

- CP1 = índice da função discriminante, adimensional;
- G_AREIA = valor da germinação em leito de areia, em porcentagem;
- TZ_VG = valor do vigor, pelo teste de tetrazólio, em porcentagem;
- BACT = valor da porcentagem de sementes contaminadas por bactérias.

Os índices gerados por essa nova variável encontram-se no Quadro 15. Realizou-se, então, análise de correlação. A nova variável, composta pela combinação de três testes, apresentou boa correlação com G_CAMPO (Quadro 16), mas não expressivamente melhor que aqueles obtidos com outros testes, tendo, inclusive, menor correlação que os encontrados para EP1D_M2, EP3D_M2 e G_AREIA, entre outros (Quadro 10).

Quadro 15 - Resultados médios dos dados de germinação em condição de campo (G_CAMPO) e dos dados da função discriminante CP1. Uberaba-MG. 1999

Lote	G_CAMPO	CP1
1. MT/BR-45 (Paiaguás)	91,26	150
2. MT/BR-45 (Paiaguás)	92,22	162
3. EMBRAPA 20 (Doko RC)	88,41	146
4. EMBRAPA 20 (Doko RC)	91,93	140
5. CS 201	87,74	162
6. UFV-16 (Capinópolis)	89,61	132
7. MG/BR-48 (Garimpo RCH)	86,57	146
8. FT-104	87,16	142
9. MG/BR-46 (Conquista)	88,64	153
10. BR-9 (Savana)	85,97	139
11. MG/BR-46 (Conquista)	88,08	142
12. MG/BR-46 (Conquista)	87,74	145
13. MG/BR-46 (Conquista)	79,11	130
14. FT-109	87,51	147
15. BRSMG 68	85,23	131
16. MG/BR-46 (Conquista)	70,02	93

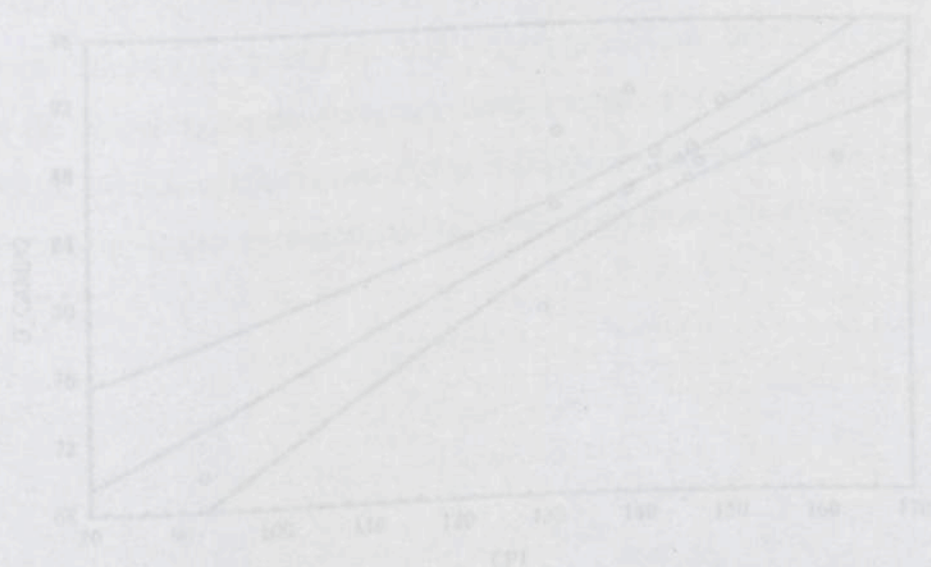


Figura 1 - Função discriminante CP1 vs. germinação a campo (G_CAMPO). Uberaba-MG. 1999

Quadro 16 - Resultados da análise de regressão linear simples da função discriminante CP1. Uberaba-MG. 1999

Regressão	QMR	r ²
G_CAMPO = 46,8 + 0,28 CP1	3,00	0,68

Em função da correlação com a germinação, em condição de campo, apresentada pela nova variável CP1, conclui-se que a metodologia desenvolvida é desvantajosa, já que outros testes mais simples têm a mesma eficiência, considerando-se os semelhantes valores de correlação apresentados no Quadro 10 e, por isso, devem ser preferidos. Pela Figura 1, é possível visualizar a dispersão dos dados. Nota-se que alguns pontos estão dispersos de maneira irregular, indicando falta de ajuste, possivelmente pela perda de informações, ocorrida durante o processo de descarte de variáveis.

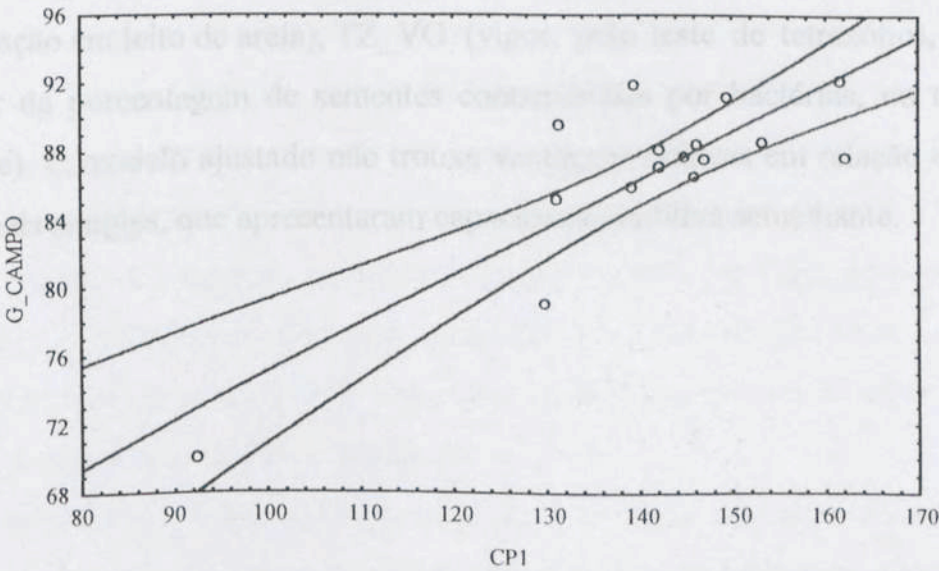


Figura 1 - Função discriminante CP1 vs. germinação a campo (G_CAMPO). Uberaba-MG. 1999.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho objetivou desenvolver um modelo multivariado, por meio da análise de componentes principais, envolvendo variáveis obtidas em testes de laboratório, para prever a germinação de sementes de soja no campo. A análise de componentes principais foi utilizada para realizar descarte de variáveis relacionadas à qualidade fisiológica de sementes de soja. Após realizado o descarte, as variáveis restantes foram utilizadas para calcular a função discriminante CP1, com base na expressão: $CP1 = 0,89958 \cdot G_AREIA + 0,86159 \cdot TZ_VG - 0,91799 \cdot BACT$, que combina as variáveis G_AREIA (germinação em leito de areia), TZ_VG (vigor, pelo teste de tetrazólio), BACT (o valor da porcentagem de sementes contaminadas por bactérias, no teste de sanidade). O modelo ajustado não trouxe vantagens práticas em relação a outros testes mais simples, que apresentaram capacidade preditiva semelhante.

desenvolvidos para prever o número exato de sementes que germinarão em campo, sob condições variadas de ambiente. Resultados similares realizados por diversos pesquisadores apresentam resultados de testes com pequena correlação com a germinação a campo (KULIK e YAKUBIK, 1983; MARCOS FILHO et al., 1984).

O objetivo do presente trabalho foi aplicar uma equação de regressão múltipla, para prever, com precisão, a germinação de sementes de soja no campo.

CAPÍTULO 4

EQUAÇÃO DE REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA ESTIMAR A GERMINAÇÃO NO CAMPO

1. INTRODUÇÃO

O vigor reflete um conjunto de características que determinam o potencial para emergência rápida e uniforme de plântulas normais, sob ampla diversidade de ambiente. Por esse motivo, torna-se difícil o desenvolvimento de apenas um teste que indique, com razoável precisão, o potencial de desempenho das sementes, expressando características tão distintas e tentando relacioná-las ao que vai ocorrer tanto no campo como durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 1999). A utilização simultânea de vários testes de vigor para avaliar a qualidade de sementes de soja proporciona informações mais precisas (MARCOS FILHO et al., 1984). Entretanto, trabalhos objetivando obter índices de vigor a partir de múltiplos critérios são escassos.

MARCOS FILHO (1999) afirma que os testes de vigor são utilizados com várias finalidades, mas a função fundamental é a determinação do potencial fisiológico de um lote de sementes e, ainda, os diferentes métodos não foram

desenvolvidos para prever o número exato de sementes que germinarão em campo, sob condições variadas de ambiente. Realmente, trabalhos realizados por diversos pesquisadores apresentam resultados de testes com pequena correlação com a germinação a campo (KULIK e YAKLICH, 1982; MARCOS FILHO et al., 1984).

O objetivo do presente trabalho foi ajustar uma equação de regressão múltipla, para prever, com precisão, a germinação das sementes de soja no campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constitui em ajustar uma equação de regressão múltipla capaz de se correlacionar estreitamente com a germinação a campo.

Foram realizadas diversas análises para avaliação da qualidade fisiológica e caracterização física de sementes de soja de 16 lotes de sementes, cuja descrição encontra-se no Quadro 1. As análises dos diversos testes realizados são descritas a seguir.

Germinação em condições de campo (CAMPO). Os testes foram realizados na unidade de Serrocinha do IAC, em Patos de Minas, MG, a 825 m de altitude, na sede da Fazenda Trilongo e Alto Paraculba (EPAMIG-LEP) em Uberlândia, a 1.050 m de altitude, e na Fazenda Experimental da UFPA, também em Uberlândia, a 1.050 m de altitude.

Em Patos de Minas, foram realizados dois testes, em locais diferentes. Os experimentos foram realizados em 1984, em solos de tipo distrófico, com aproximadamente 60% de argila, sob condições de campo.

Em Uberlândia, foram realizados três testes, em locais diferentes. Os experimentos foram realizados em 27.10.81, 15.11.81 e 14.12.81. Na semeadura de 15 kg/ha, foram utilizadas as seguintes condições de campo: solo adubado com 100 kg/ha de N e 100 kg/ha de P, e 100 kg/ha de K, e 100 kg/ha de S. O solo foi preparado e semeado em 27.10.81.

Latosolo Vermelho Escuro distrófico, com 72% de argila. Nos outros dois experimentos, realizados em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, o solo apresentou 18% de argila.

Na Fazenda Experimental da Silco, foi realizado apenas um teste. A semeadura foi realizada em 30.10.97, num Latossolo Amarelo, com 45% de argila, sob irrigação por pivô central.

Todos os experimentos foram realizados com profundidade de semeadura em torno de 2,0 cm. Cada um dos dois experimentos foi realizado num ambiente diferente, por

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho consistiu em ajustar uma equação de regressão múltipla capaz de se correlacionar estreitamente com a emergência no campo.

Foram realizadas diversas determinações para avaliação da qualidade fisiológica e caracterização física de sementes de soja de 16 lotes de sementes, cuja descrição encontra-se no Quadro 1. As metodologias dos diversos testes realizados são descritas a seguir.

Germinação em condições de campo (G_CAMPO): Os testes foram realizados na unidade de Sertãozinho da EPAMIG/CTTP, em Patos de Minas, MG, a 826 m de altitude, na sede do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP), em Uberaba-MG, a 770 m de altitude, e na Fazenda Experimental da Silco, também em Uberaba-MG, a 980 m de altitude.

Em Patos de Minas, foram realizados dois testes, em locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 20.9.97, num Latossolo Roxo distrófico, com aproximadamente 62% de argila, ambos sob irrigação.

Em Uberaba, foram realizados três testes, em épocas e locais diferentes. Os experimentos foram semeados em 27.10.97, 04.12.97 e 18.12.97. Na semeadura de 27.10.97 houve necessidade de irrigação, que foi realizada dois dias após a semeadura. O solo desse experimento foi identificado como

Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 32% de argila. Nos outros dois experimentos, realizados em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, o solo apresentou 18% de argila.

Na Fazenda Experimental da Silco, foi realizado apenas um teste. A semeadura foi realizada em 30.10.97, num Latossolo Amarelo, com 46% de argila, sob irrigação por pivô central.

Todos os experimentos foram realizados com profundidade de semeadura em torno de 2,0 cm. Cada um dos seis experimentos foi realizado num ambiente diferente, partindo-se do princípio de que sementes vigorosas possuem maior capacidade de originar plântulas normais nas mais diversas condições. Em cada experimento, foram utilizadas duas repetições de 100 sementes, no delineamento em blocos completos casualizados. Procedeu-se a análise conjunta dos dados, atribuindo-se efeito aleatório a "ambiente", sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quadro 1 - Identificação dos 16 lotes de sementes utilizados nos trabalhos.
Uberaba-MG. 1999

Lote	Cultivar
1	MT/BR-45 (Paiguás)
2	MT/BR-45 (Paiguás)
3	EMBRAPA 20 (Doko RC)
4	EMBRAPA 20 (Doko RC)
5	CS 201
6	UFV-16 (Capinópolis)
7	MG/BR-48 (Garimpo RCH)
8	FT-104
9	MG/BR-46 (Conquista)
10	BR-9 (Savana)
11	MG/BR-46 (Conquista)
12	MG/BR-46 (Conquista)
13	MG/BR-46 (Conquista)
14	FT-109
15	BRSMG 68
16	MG/BR-46 (Conquista)

Número de dias para obtenção de 50% de germinação (DG₅₀): O teste foi realizado em leito de areia, sob condições controladas de temperatura e umidade. O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental constou de uma caixa de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes, espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas à profundidade de 2,5 cm. O experimento foi realizado duas vezes, em épocas diferentes. A cada dia, computavam-se as plântulas emergidas e, por meio da análise de probit, determinava-se, para cada repetição, o valor DG₅₀, que se refere ao número de dias necessários para se obter 50% de emergência.

Número de dias para obtenção de 50% de mortalidade, sob condições de envelhecimento acelerado (DEP₅₀): O teste foi realizado utilizando-se o teste de envelhecimento acelerado, com diferentes períodos de envelhecimento. O trabalho foi realizado com quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete tratamentos de envelhecimento acelerado. Os tratamentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, sob condições de temperatura constante de 42°C, e umidade relativa próximo a 100%. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, porém, foram realizadas, considerando-se como germinável a semente que emitisse radícula de comprimento igual ou superior a 2,0 cm. Ao realizar a análise de probit, para cada tratamento, determinava-se, com base na média de quatro repetições, o valor DEP₅₀, que se refere ao número de dias sob condições de temperatura constante de 42°C, e, aproximadamente, 100% de umidade relativa, necessários para se obter 50% de mortalidade. Os probits foram calculados com a média de quatro repetições.

Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski: O teste foi realizado em leito de areia. Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por caixas de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes,

espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas à profundidade de 2,5 cm. A cada dia, computavam-se as plântulas emergidas e determinava-se, para cada repetição, o valor da velocidade de germinação, por meio da fórmula de Kotowski, assim descrita por SILVA e NAKAGAWA (1995):

$$VG = 100 \cdot (G1 + G2 + \dots + Gn) / (G1T1 + G2T2 + \dots + GnTn) \quad (F1),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação; e

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação.

O experimento foi realizado em duas épocas. Realizou-se análise conjunta dos dados, atribuindo efeito aleatório ao fator “época”, sendo as médias discriminadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior; entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$VG = 100 \cdot (G1 + G2 + \dots + Gn) / G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) \quad (F2),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Velocidade de germinação corrigida, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior; entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$VGc = 100 \cdot (G1 + G2 + \dots + Gn)^2 / G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) \quad (F3),$$

em que

VG = velocidade de emergência;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação;

A = tempo que antecede a germinação.

Tempo médio para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala: O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula de Edmond e Drapala, assim descrita por SILVA e NAKAGAWA (1995):

$$TM = (G1T1 + G2T2 + \dots + GnTn) / (G1 + G2 + \dots + Gn) \quad (F4),$$

em que

TM = tempo médio necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação;

Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior; entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$TMc = G1(T1 - A) + G2(T2 - A) + \dots + Gn(Tn - A) / (G1 + G2 + \dots + Gn) \quad (F5),$$

em que

TMc = tempo médio corrigido necessário para atingir a germinação máxima;

G1 a Gn = valores percentuais diários de germinação;

T1 a Tn = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior, entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$TM_{cc} = G1(T1-A) + G2(T2-A) + \dots + G_n(T_n-A) / (G1 + G2 + \dots + G_n)^2 \quad (F6),$$

em que

TM_{cc} = tempo médio corrigido necessário para atingir a germinação máxima;

$G1$ a G_n = valores percentuais diários de germinação;

$T1$ a T_n = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Germinação média diária, calculada pela fórmula de Maguire: O teste realizado foi o mesmo que o anterior; entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GM = (G1/T1 + G2/T2 + \dots + G_n/T_n) \cdot 100 \quad (F7),$$

em que

GM = germinação média diária;

$G1$ a G_n = valores percentuais diários de germinação; e

$T1$ a T_n = dias de cada dado de germinação;

Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior; entretanto, o cômputo da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$GM_c = [G1/(T1-A) + G2/(T2-A) + \dots + G_n/(T_n-A)] \cdot 100 \quad (F8),$$

em que

GM_c = germinação média diária corrigida;

$G1$ a G_n = valores percentuais diários de germinação;

$T1$ a T_n = dias de cada dado de germinação; e

A = tempo que antecede a germinação.

Germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995): O teste realizado foi o mesmo que o anterior; entretanto, o cômputo da velocidade de

germinação, foi dado por meio da fórmula:

$$GM_{cc} = [G1/(T1-A) + G2/(T2-A) + \dots + G_n/(T_n-A)] \cdot 100/P \quad (F9),$$

em que

GM_{cc} = germinação média diária corrigida;

$G1$ a G_n = valores percentuais diários de germinação;

$T1$ a T_n = dias de cada dado de germinação;

A = tempo que antecede a germinação; e

P = porcentagem de germinação potencial, ou seja, o valor da germinação total obtida no teste.

Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Kotowiski (NF1 e MF1): O teste foi realizado semelhantemente ao teste de envelhecimento acelerado; porém, com diferentes períodos de envelhecimento. Esse teste foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete experimentos de envelhecimento acelerado. Os experimentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias sob condições de temperatura constante de 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, porém, foram realizadas de duas maneiras: a) avaliação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992); b) avaliação considerando-se como germinável a semente que emitisse radícula de comprimento igual ou maior que 2,0 cm. Para cada dia sob envelhecimento acelerado, computavam-se as sementes germináveis, sendo as sementes mortas obtidas por diferença. O valor da velocidade de mortalidade foi dado pela fórmula:

$$VM = 100 \cdot (M1 + M2 + \dots + M_n) / (M1T1 + M2T2 + \dots + M_nT_n),$$

em que

VM é a velocidade de mortalidade, sendo renomeado NF1 para o critério das Regras para Análise de Sementes e MF1 para o critério de radícula maior ou

igual a 2,0 cm;

M1 a Mn são os valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis, para cada período sob envelhecimento acelerado; e

T1 a Tn referem-se aos dias de cada dado de mortalidade.

Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala (NF4 e MF4): O teste foi o mesmo que o anterior; entretanto, o valor da velocidade de mortalidade foi dado por meio da fórmula:

$$Tmt = (M1T1 + M2T2 + \dots + MnTn) / (M1 + M2 + \dots + Mn)$$

Tmt é o tempo médio necessário para atingir a mortalidade máxima, sendo renomeado NF4 para o critério das Regras para Análise de Sementes, e MF4 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn são os valores percentuais diários de mortalidade, ou seja, valores percentuais de sementes não-germináveis, para cada período sob envelhecimento acelerado; e

T1 a Tn referem-se aos dias de cada dado de mortalidade.

Velocidade de mortalidade de sementes sob envelhecimento acelerado, calculada pela fórmula Maguire (NF7 e MF7): O teste foi o mesmo que o anterior; entretanto, o valor da velocidade de germinação foi dado por meio da fórmula:

$$Gmt = (M1/T1 + M2/T2 + \dots + Mn/Tn) \cdot 100,$$

em que

Gmt é a mortalidade média diária, sendo renomeado para NF7 para o critério das Regras para Análise de Sementes e MF7 para o critério de radícula maior ou igual a 2,0 cm;

M1 a Mn são os valores percentuais diários de mortalidade, ou seja,

valores percentuais de sementes não-germináveis para cada período sob envelhecimento acelerado; e

T1 a Tn referem-se aos dias de cada dado de mortalidade.

Germinação em rolo de papel (TPG): o teste foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro ou oito repetições, dependendo do lote de sementes. A unidade experimental foi composta por três folhas de papel germitest, contendo 50 sementes, umedecidas com água, no volume equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. As avaliações foram efetuadas aos cinco dias, seguindo-se os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Germinação em areia (G_AREIA): a germinação em areia foi realizada dentro de casa de vegetação, com temperatura variando entre 20°C e 35°C, com controle por meio de sucção de ar saturado, acionado com ventiladores. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental constou de uma caixa de dimensões 27,5x39,0x9,5 cm, contendo 50 sementes, espaçadas em 3,5x4,0 cm e semeadas à profundidade de 2,5 cm. O experimento foi realizado em duas épocas. Realizou-se análise conjunta dos dados, atribuindo se efeito aleatório ao fator “época”, sendo as médias discriminadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Potencial de germinação e vigor pelo teste de tetrazólio (TZ_GM e TZ_VG): o teste foi conduzido utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições. Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes. As sementes foram pré-condicionadas em papel toalha, convenientemente umedecido, em germinador, a 30°C, durante 16 horas. Após esse período, as sementes foram imersas em solução 0,075% de cloreto 2,3,5-trifenil tetrazólio, com pH = 7, contendo sistema tampão de pH composto pelos sais KH_2PO_4 e $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, durante quatro horas, a 40°C. Em seguida, as

sementes foram lavadas e avaliadas individualmente, computando-se o número de sementes potencialmente germináveis (classes 1 a 5) e potencialmente vigorosas (classes 1 a 3), de acordo com os critérios de avaliação propostos por KRZYZANOWSKI et al. (1991).

Peso de 100 sementes (P100): o peso de 100 sementes foi calculado a partir de duas repetições de 100 sementes, em balança com precisão de centigramas.

Densidade da semente (DENS): foi determinada em proveta graduada de 50 mL. Inicialmente, colocaram-se 30 mL de água na proveta e, depois, 100 sementes de peso conhecido. Em seguida, obtinha-se o volume das sementes por meio do deslocamento do volume de água. A densidade foi obtida, dividindo-se o peso das 100 sementes pelo volume deslocado de água e expresso em g/mL.

Umidade da semente (UMID): a umidade das sementes foi obtida em estufa com ventilação forçada, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Envelhecimento acelerado com diferentes períodos de envelhecimento (EP1D_RAS, EP2D_RAS, EP3D_RAS, EP4D_RAS, EP5D_RAS, EP6D_RAS, EP7D_RAS, EP1D_M2, EP2D_M2, EP3D_M2, EP4D_M2, EP5D_M2, EP6D_M2, EP7D_M2): esse teste foi realizado, utilizando-se quatro repetições de 50 sementes, de cada lote, em cada um dos sete experimentos de envelhecimento acelerado. Os experimentos constaram de períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, sob condições de temperatura constante de 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa. Após o envelhecimento, as sementes foram submetidas à germinação, de acordo com as prescrições do teste-padrão de germinação. As avaliações, porém, foram realizadas de duas maneiras: a) avaliação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), ou seja, EP1D_RAS, EP2D_RAS, EP3D_RAS, EP4D_RAS, EP5D_RAS,

EP6D_RAS, *EP7D_RAS* para períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias, sob envelhecimento acelerado, respectivamente; e b) avaliação considerando-se como germinável a semente que emitiu radícula de comprimento igual ou superior a 2,0 cm, ou seja, *EP1D_M2*, *EP2D_M2*, *EP3D_M2*, *EP4D_M2*, *EP5D_M2*, *EP6D_M2*, *EP7D_M2*, para períodos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias sob envelhecimento acelerado, respectivamente.

Teste de germinação com condicionamento osmótico (*CO_RAS* e *CO_NOBAC*): a finalidade desse teste foi detectar possíveis danos de embebição nos lotes estudados. O teste foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, para cada lote. As sementes foram colocadas em caixas gerbox, à temperatura de 25°C e umidade relativa de aproximadamente 100%, durante 24 horas. Após esse período, as sementes foram colocadas para germinar em rolo de papel; porém, as avaliações foram realizadas no quinto dia e, para interpretação, foram utilizados dois critérios: a) avaliação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) (*CO_RAS*); e b) avaliação considerando como germináveis também as plântulas infectadas por bactérias (*CO_NOBAC*).

Análise sanitária das sementes (*ASP*, *BACT*, *CERC*, *CLAD*, *COLL*, *FUS*, *PENI*, *RHIZ*, *PHO*): a análise foi realizada no Laboratório de Fitopatologia do Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba (EPAMIG/CTTP). Foi quantificada, em porcentagem, a ocorrência de fitopatógenos nas sementes. Foram detectados os seguintes fitopatógenos: *Aspergillus* sp. (*ASP*), bactérias não-identificadas (*BACT*), *Cercospora* sp. (*CERC*), *Cladosporium* sp. (*CLA*), *Colletotrichum* sp. (*COLL*), *Fusarium* sp. (*FUS*), *Penicillium* sp. (*PENI*), *Rhizoctonia* sp. (*RHIZ*) e *Phomopsis* sp. (*PHO*).

O modelo foi ajustado utilizando o programa estatístico SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas). O estudo iniciou-se com o ajuste de modelos por meio do método de Gauss-Newton.

Foram calculados os desvios entre a germinação em condição de campo e as seguintes variáveis: CO_NOBAC, EP1D_M2, EP3D_M2, G_AREIA e TZ_GM. Essas variáveis foram escolhidas porque, de modo geral, superestimaram a emergência a campo e são facilmente obtidas em laboratório.

O condicionamento osmótico evita o problema de dano por embebição, que pode ocorrer, quando se faz germinação em rolo de papel. O fato de não se considerar a presença de bactérias na avaliação reduz o erro inerente ao analista, pois é um fator a menos para ser considerado.

O tratamento com um dia de envelhecimento acelerado é interessante, porque também tem o efeito do condicionamento osmótico, mas aliado à alta temperatura e umidade que, juntos, simulam as condições de campo, não sendo excessivamente estressante. Considerando sementes germináveis aquelas que emitem radícula maior ou igual a 2,0 cm a análise torna-se extremamente simples, reduzindo erros de interpretação. O mesmo teste com três dias de envelhecimento tendeu a discriminar melhor os lotes com diferenças de vigor.

A germinação em leito de areia é menos prática que a germinação em rolo de papel; entretanto, é de interpretação mais fácil. Esse teste gera informações com boa repetibilidade, mesmo quando há presença de fungos e, ou, bactérias.

O teste de tetrazólio é de grande utilidade, visto que permite identificar fatores relacionados à qualidade de sementes que outros testes não são capazes de identificar, como danos mecânicos, danos por umidade e por percevejos.

Após a escolha dessas variáveis, foram calculados os desvios entre essas variáveis e a emergência em condições de campo. Em seguida, esses desvios foram correlacionados com todas as outras variáveis disponíveis. A partir da análise de correlação, foi possível conhecer quais variáveis que estariam relacionadas com esses desvios. Os resultados da análise de correlação encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2. Pelo Quadro 2, observa-se que os desvios relacionados à variável CO_NOBAC se correlacionam significativamente com a presença de *Fusarium* sp. A correlação positiva indica que, quanto maior o desvio, maior a porcentagem de sementes infectadas pelo fungo na amostra. Fazendo o mesmo raciocínio, nota-se que desvios relacionados à variável EP1D_M2 correlaciona-se positivamente com danos mecânicos na semente (DM1_8 e DM6_8), ou seja, quanto maior o dano mecânico, maior o desvio entre EP1D_M2 e G_CAMPO. Isso quer dizer que quando há elevado índice de dano mecânico, a variável EP1D_M2 não é capaz de prever o comportamento da semente de soja em condições de campo.

Outras correlações significativas podem ser constatadas, entretanto, sem explicação lógica. Com essas informações, iniciou-se o processo de ajuste, por tentativa, mantendo as variáveis que se ajustavam significativamente no modelo e, ou, promoviam ganhos no coeficiente de determinação.

EP1D_M2	-0,21	0,27	-0,30	-0,28	0,00
EP2D_M2	-0,38	0,00	-0,29	0,11	0,07*
EP3D_M2	-0,27	0,10	-0,40	-0,35	0,06*
EP4D_M2	-0,46	0,14	-0,29	0,07	-0,09
EP5D_M2	-0,47	-0,22	0,43	0,08	0,45
EP6D_M2	0,12	0,19	-0,31	0,37	0,20
EP7D_M2	0,59	0,01	-0,07	0,24	0,17
DL ₈	-0,44	-0,07	-0,37	0,10	0,69*
DL ₉	-0,45	0,03	-0,24	-0,00	0,43
CO_NOBAC	0,78	-0,19	-0,15	-0,12	0,58*
CO_RAS	-0,48	-0,09	0,28	0,08	0,20
TFU	0,17	-0,41	-0,10	0,15	0,25

* Significativo a 5% de probabilidade.

Continua...

Quadro 2 - Correlações entre os desvios das variáveis CO_NOBAC, EP1D_M2, G_AREIA, TZ_GM, EP3D_M2 em relação a G_CAMPO e as variáveis obtidas. Uberaba-MG. 1999

	Desvios CO_NOBAC	Desvios EP1D_M2	Desvios G_AREIA	Desvios TZ_GM	Desvios EP3D_M2
G_CAMPO	-0,24	-0,22	-0,49	-0,13	0,78*
DG ₅₀	-0,20	-0,02	-0,01	0,01	-0,66*
G_AREIA	0,00	-0,07	-0,06	-0,01	0,75*
P100	-0,50	-0,15	-0,33	-0,20	0,36
DENS	0,01	0,10	0,07	0,17	0,24
UMID	0,19	-0,06	0,23	0,22	-0,18
TZ_GM	-0,17	-0,40	-0,13	0,71*	0,40
TZ_VG	-0,16	-0,15	-0,32	0,41	0,70*
EP1D_RAS	-0,45	-0,10	-0,21	0,20	-0,13
EP2D_RAS	-0,40	-0,11	-0,15	0,19	-0,18
EP3D_RAS	-0,53*	-0,10	-0,27	0,16	0,07
EP4D_RAS	-0,43	-0,25	-0,20	0,21	-0,32
EP5D_RAS	-0,63*	-0,07	-0,52	0,04	0,15
EP6D_RAS	0,21	-0,15	0,16	0,07	-0,69*
EP7D_RAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EP1D_M2	-0,23	0,22	-0,33	-0,26	0,91*
EP2D_M2	-0,08	0,00	-0,29	-0,11	0,87*
EP3D_M2	-0,27	0,10	-0,40	-0,18	0,96*
EP4D_M2	-0,46	-0,11	-0,29	0,09	-0,09
EP5D_M2	-0,47	-0,22	-0,47	-0,05	0,45
EP6D_M2	0,12	0,19	0,41	0,27	0,20
EP7D_M2	0,09	0,01	-0,07	0,24	0,17
DL ₅₀	-0,44	-0,07	-0,37	0,03	0,69*
DL ₇₅	-0,42	0,03	-0,24	0,05	0,43
CO_NOBAC	0,38	-0,19	-0,13	-0,12	0,58*
CO_RAS	-0,18	-0,09	0,09	0,19	0,20
TPG	0,17	-0,41	-0,32	0,23	0,35

* Significativo a 5% de probabilidade.

Continua...

Quadro 2, Cont.

	Desvios CO_NOBAC	Desvios EPID_M2	Desvios G_AREIA	Desvios TZ_GM	Desvios EP3D_M2
F1	0,48	0,41	0,15	-0,08	0,26
F2	0,46	0,35	0,07	-0,07	0,22
F3	0,33	0,21	0,02	-0,06	0,62*
F4	-0,42	-0,40	-0,06	0,07	-0,31
F5	-0,36	-0,35	0,03	0,05	-0,30
F6	-0,23	-0,20	0,08	0,03	-0,64*
F7	0,11	0,02	-0,02	-0,02	0,74*
F8	0,22	0,22	-0,02	-0,05	0,72*
F9	0,35	0,44	0,03	-0,06	0,29
EPF1_RAS	0,48	0,09	0,19	-0,20	0,08
EPF4_RAS	-0,49	-0,09	-0,20	0,19	-0,05
EPF7_RAS	0,47	0,12	0,22	-0,20	0,13
EPF1_M2	0,50*	0,02	0,52*	0,13	-0,81*
EPF4_M2	-0,52*	-0,05	-0,51*	-0,11	0,77*
EPF7_M2	0,45	-0,04	0,45	0,10	-0,88*
DM1_8	0,14	0,56*	0,49	-0,32	-0,10
DM6_8	0,19	0,56*	0,43	-0,48	-0,03
U1_8	-0,49	-0,02	-0,16	-0,36	-0,15
U6_8	-0,26	0,42	0,13	-0,29	0,16
PCJ1_8	0,05	-0,03	-0,25	-0,24	-0,51*
PCJ6_8	0,20	0,01	0,00	-0,33	-0,70*
ASP	0,64*	0,40	0,52*	-0,03	-0,06
BACT	0,25	-0,33	0,22	0,17	-0,88*
CERC	0,20	0,16	0,18	-0,14	0,25
CLAD	0,41	0,30	0,21	-0,31	0,12
COLL	-0,31	-0,14	-0,04	0,03	-0,53*
FUS	0,57*	0,48	0,51	-0,20	-0,05
PENI	-0,02	-0,21	-0,16	0,48	0,07
RHIZ	-0,14	-0,29	-0,46	-0,42	-0,01
PHOM	-0,28	0,44	0,06	-0,40	0,06

* Significativo a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivou-se, no trabalho, ajustar uma equação de regressão múltipla estreitamente correlacionada com a emergência no campo. A facilidade de obtenção da variável foi um dos fatores considerados para efeito de sua escolha para inclusão no modelo.

Assim, para compor o modelo apresentado foram necessárias apenas pequenas modificações no teste-padrão de germinação e no envelhecimento acelerado para obter as variáveis CO_NOBAC e EP1D_M2, respectivamente. O teste de tetrazólio e a análise sanitária das sementes também foram necessários, para obter as variáveis DM6_8 e FUS.

O modelo ajustado é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Campo_AJ} = & 0,32 (\text{CO_NOBAC} - \text{FUS}) + \\ & 0,62 (\text{EP1D_M2} - \text{DM6_8}) + \\ & 0,42 (\text{DM6_8}) \end{aligned} \quad R^2=0,93,$$

em que

Campo_AJ = estimativa da germinação em condição de campo;

CO_NOBAC = valor da germinação em rolo de papel, fazendo pré-condicionamento, e fazendo avaliação desconsiderando a presença de bactérias, como sementes infectadas;

FUS = percentual de sementes infectadas por *Fusarium* sp.;

EP1D_M2 = valor da germinação em rolo de papel, após 24 horas em ambiente com 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa. Na avaliação, considera-se como germinável a semente que emite radícula maior ou igual a 2,0 cm;

DM6_8 = porcentagem de sementes enquadradas nas classes 6 a 8 de danos mecânicos (não-germináveis), pelo teste de tetrazólio.

Todos os índices foram significativos a 1% de probabilidade.

O modelo considera que a germinação a campo é resultado da média ponderada entre o potencial germinativo encontrado com a utilização de tratamento de pré-condicionamento osmótico, limitado pela presença de *Fusarium* sp., e o potencial germinativo encontrado pela avaliação da germinação em rolo de papel após um dia sob tratamento de envelhecimento acelerado, limitado pela perda de poder germinativo, causado por danos mecânicos.

No Quadro 3, apresentam-se as equações de regressão linear simples, tendo como variável dependente a germinação no campo (G_CAMPO) e as variáveis individuais ou o modelo ajustado (Campo_AJ). Observa-se que a equação linear, tendo como variável independente o modelo ajustado, apresenta maior coeficiente de determinação que as outras regressões analisadas. Como visto, no ajuste da equação, foram incluídas informações importantes, como presença de fitopatógenos e danos mecânicos. Entretanto, se nas amostras existisse número expressivo de lotes com danos por percevejos, por exemplo, a variável PCJ6_8 poderia entrar no modelo. Isso significa que esse modelo não deve ser o único, mas a metodologia apresentada provou que é possível obter alta correlação entre testes laboratoriais e emergência em condições de campo, quando se utiliza um índice composto, formado pelos resultados de mais de um teste laboratorial.

Pelas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, pode-se visualizar como os dados estão dispersos, em relação a G_CAMPO. Nota-se que o modelo ajustado

apresenta bom ajuste e capacidade preditiva superior às demais variáveis, quando utilizadas isoladamente.

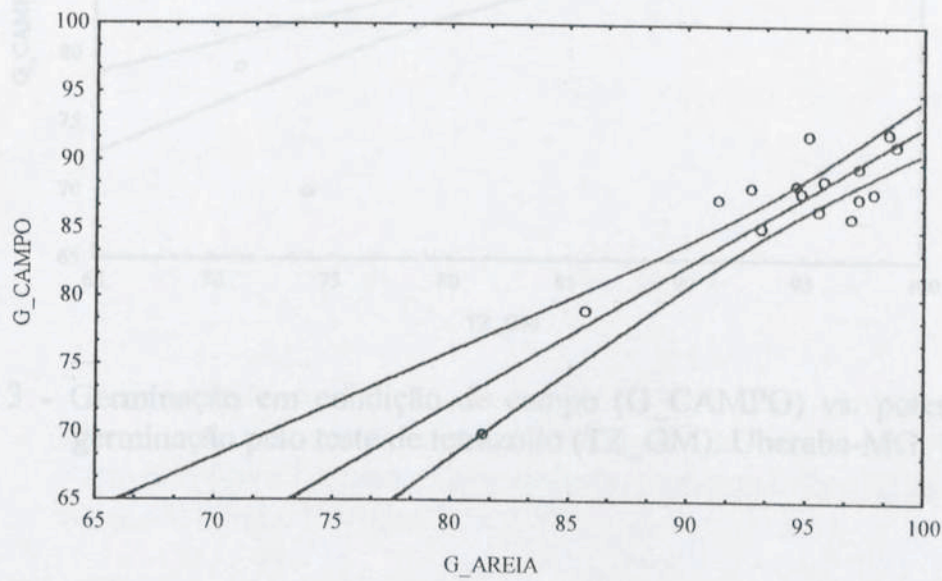


Figura 1 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. germinação em leito de areia (G_AREIA). Uberaba-MG. 1999.

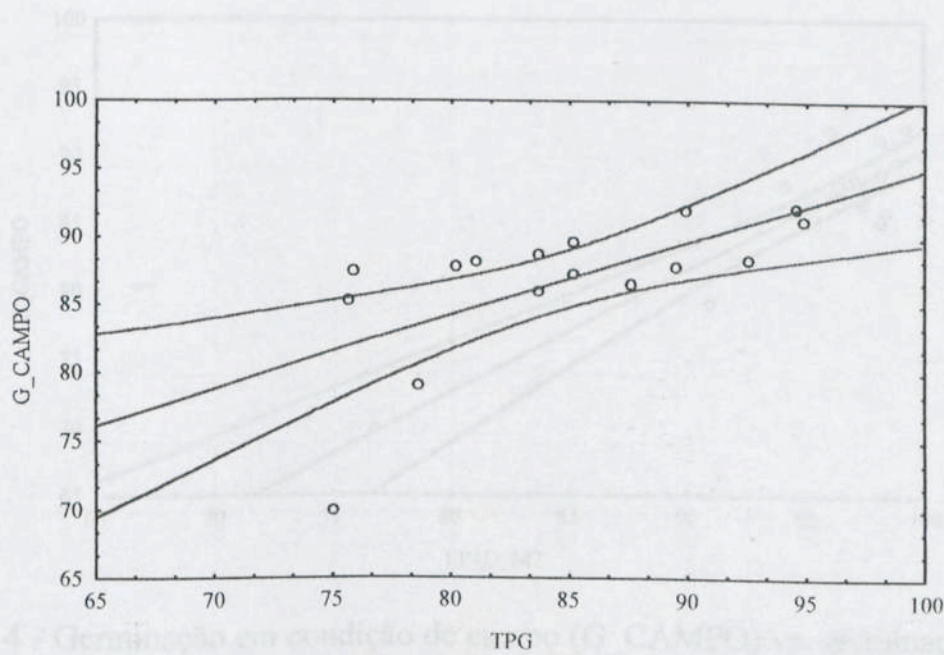


Figura 2 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. germinação em rolo de papel (TPG). Uberaba-MG. 1999.

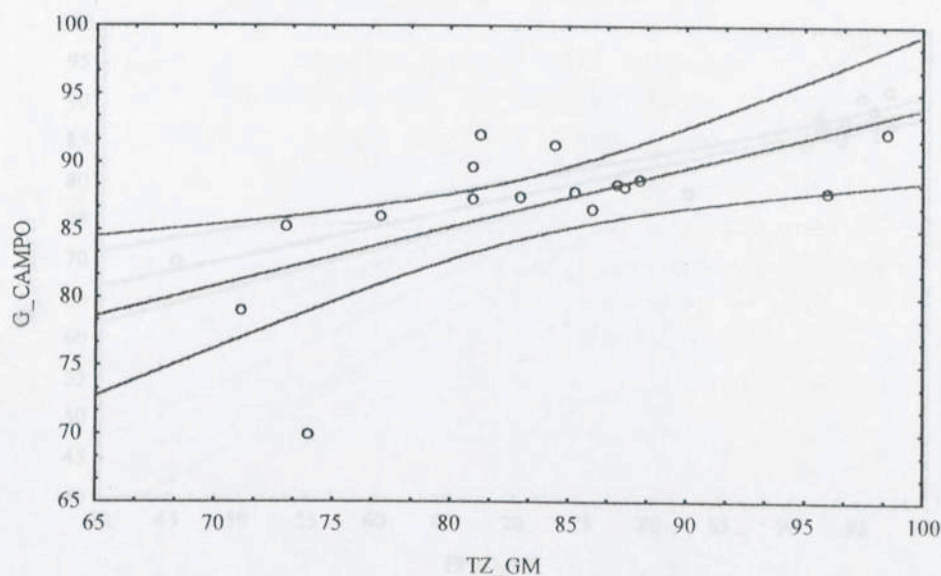


Figura 3 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. potencial de germinação pelo teste de tetrazólio (TZ_GM). Uberaba-MG. 1999.

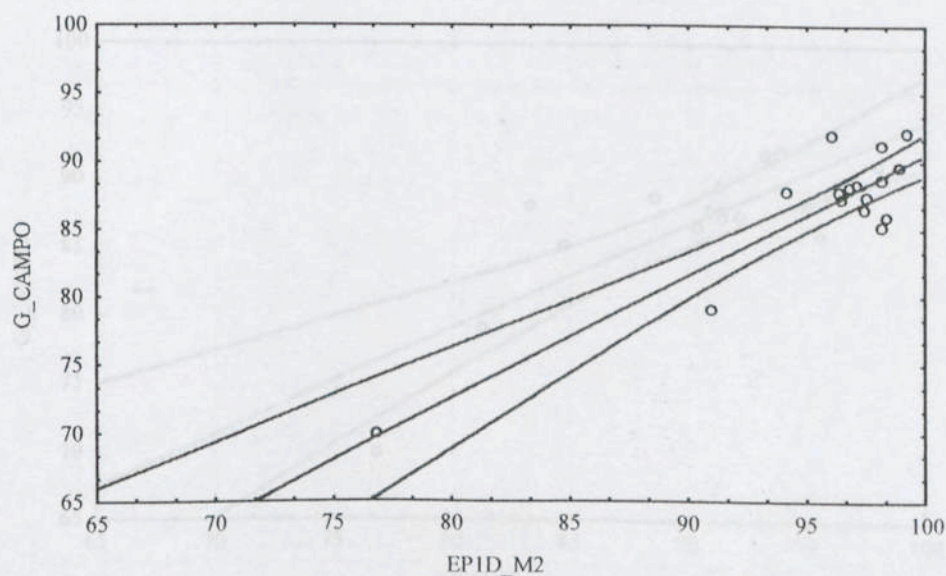


Figura 4 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. germinação após um dia de tratamento de envelhecimento acelerado, considerando como germinável sementes que emitiram radícula maior ou igual a 2,0 cm (EP1D_M2). Uberaba-MG. 1999.

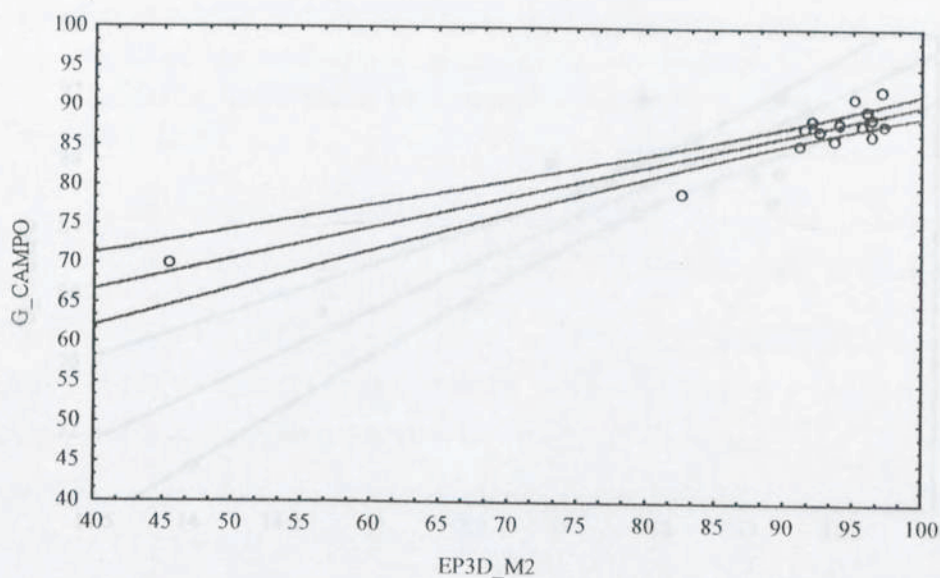


Figura 5 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. germinação após três dias de tratamento de envelhecimento acelerado, considerando como germinável sementes que emitiram radícula maior ou igual a 2,0 cm (EP3D_M2). Uberaba-MG. 1999.

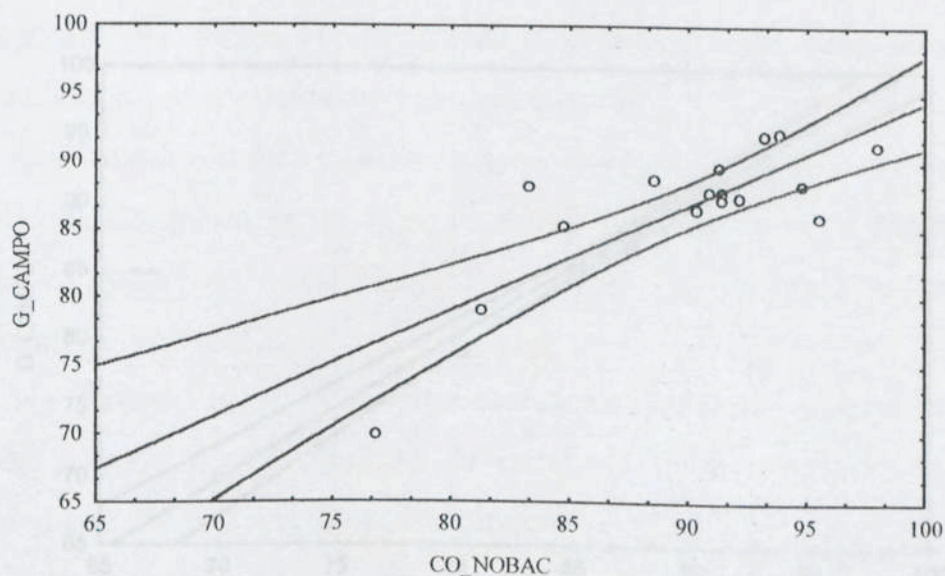


Figura 6 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. germinação após tratamento de condicionamento osmótico, considerando como germinável também as plântulas contaminadas por bactéria (CO_NOBAC). Uberaba-MG. 1999.

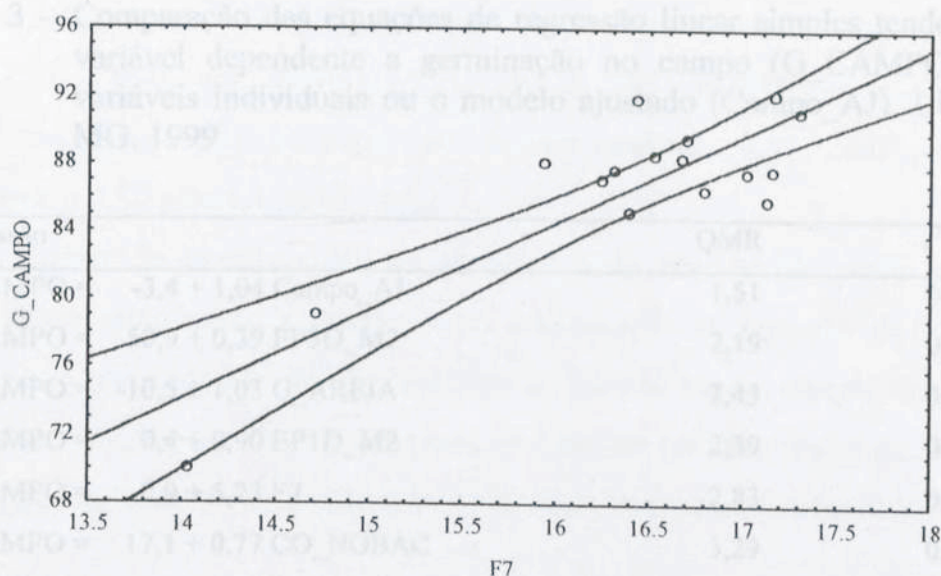


Figura 7 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. germinação média diária, calculada pela fórmula de Maguire (F7). Uberaba-MG. 1999.

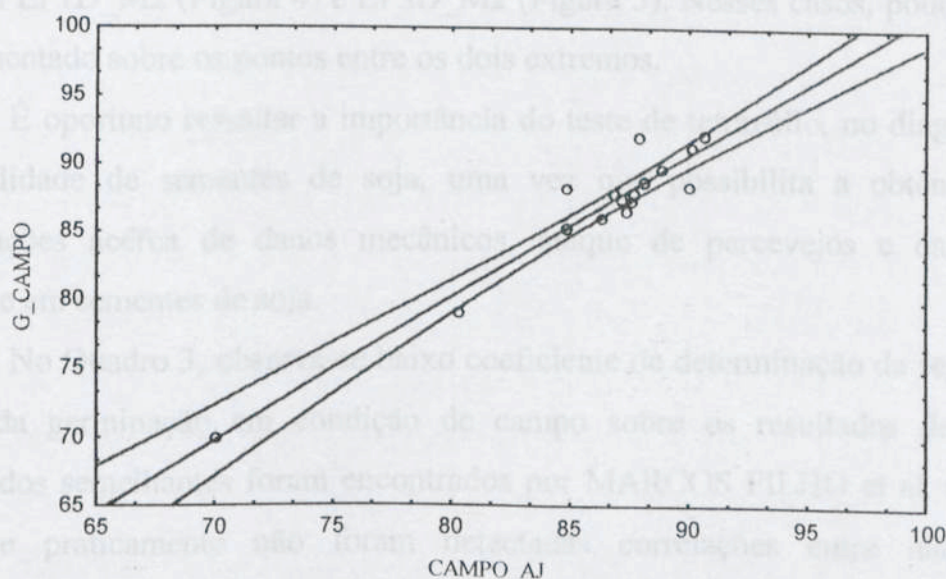


Figura 8 - Germinação em condição de campo (G_CAMPO) vs. estimativa de germinação pelo modelo múltiplo ajustado (CAMPO_AJ). Uberaba-MG. 1999.

Quadro 3 – Comparação das equações de regressão linear simples tendo como variável dependente a germinação no campo (G_CAMPO) e as variáveis individuais ou o modelo ajustado (Campo_AJ). Uberaba-MG. 1999

Regressão	QMR	r ²
G_CAMPO = -3,4 + 1,04 Campo_AJ	1,51	0,92
G_CAMPO = 50,9 + 0,39 EP3D_M2	2,19	0,84
G_CAMPO = -10,5 + 1,03 G_AREIA	2,43	0,81
G_CAMPO = 0,4 + 0,90 EP1D_M2	2,39	0,80
G_CAMPO = 0,9 + 5,23 F7	2,83	0,72
G_CAMPO = 17,1 + 0,77 CO_NOBAC	3,29	0,63
G_CAMPO = 41,1 + 0,54 TPG	4,21	0,39
G_CAMPO = 50,1 + 0,44 TZ_GM	4,42	0,33

A apresentação gráfica dos dados, numa situação em que é possível visualizar a dispersão dos dados, é importante para verificar se há ocorrência de dados espúrios, em que a distribuição dos dados é irregular. Nesse caso, a correlação linear simples pode ser significativa, entretanto, esse resultado não denota relação entre as variáveis (GOMEZ e GOMEZ, 1984). Esse é o caso da variável EP1D_M2 (Figura 4) e EP3D_M2 (Figura 5). Nesses casos, pouco pode ser comentado sobre os pontos entre os dois extremos.

É oportuno ressaltar a importância do teste de tetrazólio, no diagnóstico da qualidade de sementes de soja, uma vez que possibilita a obtenção de informações acerca de danos mecânicos, ataque de percevejos e dano por umidade em sementes de soja.

No Quadro 3, observa-se baixo coeficiente de determinação da regressão linear da germinação em condição de campo sobre os resultados do TPG. Resultados semelhantes foram encontrados por MARCOS FILHO et al. (1984), em que praticamente não foram detectadas correlações entre dados de germinação e emergência a campo.

Também se obteve baixo valor de coeficiente de determinação na regressão da germinação a campo, em função da viabilidade no teste de tetrazólio

(Quadro 3). O valor obtido (0,33) é menor que aqueles encontrados por KULIK e YAKLICH (1982), que foram 0,55 no ano de 1975 e 0,45 no ano de 1976. COSTA et al. (1999) conseguiram valores maiores, 0,81 para tetrazólio-viabilidade e 0,80 para tetrazólio-vigor.

Apesar da possibilidade de se obter boas correlações entre testes de laboratório e germinação a campo, com a utilização de equação de regressão múltipla, há necessidade de dar atenção a fatores como ataque de insetos, adversidade climática e danos mecânicos, que podem ter peso maior ou menor no modelo, dependendo do ambiente em que as sementes foram produzidas.

O trabalho objetivou ajustar um modelo capaz de prever a germinação de sementes de soja em condições de campo. Foram calculados os desvios entre variáveis de interesse e germinação a campo. Para inclusão de variáveis no modelo, realizou-se análise de correlação entre esses desvios e as variáveis existentes. O ajuste foi realizado por meio de tentativas, mantendo as variáveis que proporcionavam ganhos no coeficiente de determinação obtido por meio do ajuste de equação de regressão pelo método de Gauss-Newton, disponível no Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG). O modelo ajustado foi Campo_AJ = 0,32 (CO_NOBAC - FUS) + 0,52 (EPID_M2 - DM6_8) + 0,42 (DM6_8), com $r^2=0,93$, sendo que CO_NOBAC é o valor da germinação em rolo de papel, fazendo pré-condicionamento e avaliando sem considerar a presença de bactérias, como sementes infectadas; FUS é o percentual de sementes infectadas por *Fusarium* sp.; EPID_M2 é o valor da germinação em rolo de papel, após 24 horas em ambiente com 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa, sendo que, nessa avaliação, considera-se como germinável a semente que emite radícula maior ou igual a 2,0 cm; DM6_8 é a porcentagem de sementes enquadradas nas classes 6 e 8 de danos mecânicos (não germináveis) pelo teste de tetrazólio. Pela análise comparativa com outras variáveis avaliadas, constatou-se que o modelo foi superior aos testes de avaliação de qualidade

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho objetivou ajustar um modelo capaz de prever a germinação de sementes de soja em condições de campo. Foram calculados os desvios entre variáveis de interesse e germinação a campo. Para inclusão de variáveis no modelo, realizou-se análise de correlação entre esses desvios e as variáveis existentes. O ajuste foi realizado por meio de tentativas, mantendo as variáveis que proporcionavam ganhos no coeficiente de determinação obtido por meio do ajuste de equação de regressão pelo método de Gauss-Newton, disponível no Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG). O modelo ajustado foi $\text{Campo_AJ} = 0,32 (\text{CO_NOBAC} - \text{FUS}) + 0,62 (\text{EP1D_M2} - \text{DM6_8}) + 0,42 (\text{DM6_8})$, com $r^2=0,93$, sendo que CO_NOBAC é o valor da germinação em rolo de papel, fazendo pré-condicionamento e avaliando sem considerar a presença de bactérias, como sementes infectadas; FUS é o percentual de sementes infectadas por *Fusarium* sp.; EP1D_M2 é o valor da germinação em rolo de papel, após 24 horas em ambiente com 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa, sendo que, nessa avaliação, considera-se como germinável a semente que emite radícula maior ou igual a 2,0 cm; DM6_8 é a porcentagem de sementes enquadradas nas classes 6 a 8 de danos mecânicos (não-germináveis), pelo teste de tetrazólio. Pela análise comparativa com outras variáveis levantadas, constatou-se que o modelo foi superior aos testes de avaliação de qualidade

fisiológica de sementes de soja, no que se refere à predição da germinação em condições de campo.

CONCLUSÕES

A análise de probit e as fórmulas para cálculo da velocidade de emergência, da maneira como foram tratadas nesse estudo, mostram-se pouco práticas, dada a dificuldade na obtenção de dados. Se essas metodologias apresentassem altas correlações com a emergência em condições de campo, as dificuldades inerentes às contagens diárias seriam contornadas em função dos bons resultados obtidos.

A análise de componentes principais, da maneira como foi utilizada nesse trabalho, não trouxe vantagens em relação a outras metodologias mais simples, para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. Inicialmente, foi utilizada como ferramenta para descarte de variáveis e, em seguida, calculou-se a função discriminante do primeiro componente principal. Pela análise de correlação, verificou-se que a função discriminante apresentou correlação significativa com a emergência a campo, mas não trouxe vantagens práticas para prever esta característica.

O ajuste de equação de regressão múltipla, por meio do método de Gauss-Newton, trouxe ganhos notáveis na predição da emergência em condições de campo. O modelo ajustado combina o valor da germinação em tubo de papel, após tratamento de pré-condicionamento osmótico, com a análise desconsiderando a presença de bactérias como sementes infectadas e por outros

CONCLUSÕES

A análise de probit e as fórmulas para cálculo da velocidade de emergência, da maneira como foram tratados nesse estudo, mostraram-se pouco práticas, dada a dificuldade na obtenção de dados. Se essas metodologias apresentassem altas correlações com a emergência em condições de campo, as dificuldades inerentes às contagens diárias seriam contornadas em função dos bons resultados obtidos.

A análise de componentes principais, da maneira como foi utilizada nesse trabalho, não trouxe vantagens em relação a outras metodologias mais simples, para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. Inicialmente, foi utilizada como ferramenta para descarte de variáveis e, em seguida, calculou-se a função discriminante do primeiro componente principal. Pela análise de correlação, verificou-se que a função discriminante apresentou correlação significativa com a emergência a campo, mas não trouxe vantagens práticas para prever essa característica.

O ajuste de equação de regressão múltipla, por meio do método de Gauss-Newton, trouxe ganhos notáveis na predição da emergência em condições de campo. O modelo ajustado combina o valor da germinação em rolo de papel, após tratamento de pré-condicionamento osmótico, com avaliação desconsiderando a presença de bactérias como sementes infectadas; o porcentual

de sementes infectadas por *Fusarium* sp.; o valor da germinação em rolo de papel, após 24 horas em ambiente com 42°C e aproximadamente 100% de umidade relativa, considerando, na avaliação, germinável a semente que emitisse radícula maior ou igual a 2,0 cm; a porcentagem de sementes enquadradas nas classes 6 a 8 (não-germináveis) de danos mecânicos, pelo teste de tetrazólio. A utilização de mais de um teste para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja é o caminho para se alcançar melhor correlação entre testes laboratoriais e emergência em condições de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALM, D.M., STOLLER, E.W., WAX, L.M. An index model for predicting seed germination and emergence rates. *Weed Technology*, v. 7, p. 560-569, 1993.
- BERNAL-LUGO, L., LEOPOLD, A.C. The dynamics of seed mortality. *Journal of Experimental Botany*, v. 49, n.326, p. 1455-1461, 1998.
- BOULD, A., ABRON, B.K. A model for seed germination. *Avances Seed Science and Technology*, v. 9, p. 601-612, 1981.
- BRACCINI, M.C.L., BRACCINI, A.L., DIAS, D.C.F.S., ALVARENGA, E.M., RUIZ, H.A. Efeito do potencial hídrico no solo e no substrato estabelecido com manitol sobre a germinação de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 18, n.2, p. 269-287, 1996.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para Análise de Sementes. Brasília, 1972. 363 p.
- CARNEIRO, G.P.S. Efeito da densidade de plantas e da seleção na qualidade de sementes e outras características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar UFV-1. *Boletim UFV*, 1988. 119 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.

CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. *Introdução à fisiologia da produção*. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 374 p.

COSTA, N.P., FRANÇA NETO, J.B., KRZYŻANOWSKI, P.A., DENNING, A.A., PEREIRA, J.E. Previsão da emergência de sementes de soja, através dos resultados de vigor obtidos pelo teste de germinação - outono 1998. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRÍCOLA - EMBRAPA-SOJA. Resultados de pesquisas de Tecnologia Soja 1998. Londrina: 1999. p. 227-228. (Boletim de Pesquisa, Brasília, 123).

CRUZ, C.D. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** aplicações ao melhoramento genético. Viçosa: 1997. 100 p.

CZABATOR, F.J. Germination and seed vigor: a review of the literature. *Seed Science and Technology*, v. 1, p. 1-10, 1973.

ALM, D.M., STOLLER, E.W., WAX, L.M. An index model for predicting seed germination and emergence rates. **Weed Technology**, v. 7, p. 560-569, 1993.

BERNAL-LUGO, I., LEOPOLD, A.C. The dynamics of seed mortality. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n.326, p. 1455-1461, 1998.

BOULD, A., ABROL, B.K. A model for seed germination curves. **Seed Science and Technology**, v. 9, p. 601-612. 1981.

BRACCINI, M.C.L., BRACCINI, A.L., DIAS, D.C.F.S., ALVARENGA, E.M., RUIZ, H.A. Efeito do potencial hídrico no solo e no substrato embebido com manitol sobre a germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n.2, p. 200-207, 1996.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: 1992. 365 p.

CARNEIRO, G.E.S. **Efeito da densidade de plantas e da adubação na qualidade de sementes e outras características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar UFV-1**. Viçosa: UFV, 1988. 119 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

CARVALHO, N.M., NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 424 p.

COSTA, N.P., FRANÇA NETO, J.B., KRZYZANOWSKI, F.C., HENNING, A.A., PEREIRA, J.E. Previsão da emergência a campo de lotes de sementes de soja, através dos resultados de vigor obtidos pelo teste de tetrazólio - safra 1998. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA-SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 1998**. Londrina: 1999. p. 227-229. (Embrapa-Soja. Documentos, 125).

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

CZABATOR, F.J. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science**, v. 8, n.4, p. 386-396, 1962.

DEL GIÚDICE, M.P. **Condicionamento osmótico de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa: UFV, 1996. 130 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

EDJE, O.T., BURRIS, J.S. Effects of soybean seed vigour on field performance. **Agronomy Journal**, v.63, p.536-538, 1971.

EGLI, D.B., TEKRONY, D.M. Relationship between soybean seed vigor and yield. **Agronomy Journal**, v.71, p.755-759, 1979.

ELLIS, R. H., ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**. V. 45, p.13-30. 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 1998/99**. Londrina. 1998. 182p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 120).

FRANÇA NETO, J.B., HENNING, A.A. **DIACOM: Diagnóstico completo da qualidade da semente de soja**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1992. 22p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 10).

FRANÇA NETO, J.B., KRZYZANOWSKI, F.C., HENNING, A.A., COSTA, N.P. Avaliação da suscetibilidade de cultivares de soja ao dano de embebição no teste-padrão de germinação. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 19, Jaboticabal, 1997. **Ata e Resumos...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. p. 305. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 107).

FREITAS, R.T.F. **Estudo de divergência genética de suínos em cruzamentos, utilizando-se técnicas de análise multivariada**. Viçosa, UFV, 1996. 152p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

GOMEZ, K.A., GOMEZ, A.A. **Statistical procedures for agricultural research**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1984. 680 p.

GUADANHIN, J.R. **O método probit aplicado a ensaios biológicos**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 103 p. Dissertação. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1991.

JANSSEN, J.G.M. A method of recording germination curves. **Annals of Botany**, v.37, p.705-708, 1973.

JEFFERS, J.H.R. Principal component analysis of designed experiments. **The statistician**, v.12, p.230-242, 1972.

KRZYZANOWSKI, F.C., FRANÇA NETO, J.B., HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, v.1, n.2, p.15-50, 1991.

KULIK, M.M., YAKLICH, R.W. Evaluation of vigor tests in soybean seed: relationships of accelerated aging, cold test, sand bench, and speed of germination tests to field performance. **Crop Science**, v.22, p.766-770, 1982.

- MAGUIRE, J.D. Seed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 133-149.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1.1-1.21.
- MARCOS FILHO, J., PESCARIN, H.M.C., KOMATSU, Y.H., DEMÉTRIO, C.G.B., FANCELLI, A.L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com a emergência das plântulas em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.5, p.605-613, 1984.
- MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. New York: McGraw Hill, 1967, 415p.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.
- PADILHA, L. **Efeito de embalagem, grau de umidade e período de armazenamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa, UFV, 1997. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- PANDEY, D.K. Conductivity testing of seeds. In: LINSKENS, H.F., JACKSON, J.F. **Seed analysis**. Berlin: Springer-Verlag. 1992. p. 273-304.
- PEREIRA, L.A.G., ANDREWS, C.H. Comparação de alguns testes de vigor para avaliação da qualidade de semente de soja. **Semente**, v.2, n.2, p.15-25, 1976.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada**. Viçosa: UFV, 1997. 57p. (Apostila da disciplina Análise Multivariada).

ROBERTSON, J.L., PREISLER, H.K. **Pesticide biossays with arthropods**. Boca Raton: CRC Press, 1992. 127 p.

ROCHA, V.S., OLIVEIRA, A.B., SEDIYAMA, T., GOMES, J.L.L., PEREIRA, M.G. **A qualidade da semente de soja**. Viçosa: UFV, 1990. 76 p. (Boletim, 188).

SILVA, J.B.C., NAKAGAWA, J. Estudo de fórmulas para cálculo da velocidade de germinação. **Informativo ABRATES**, v.5, n.1, p.62-72, 1995.

TEKRONY, D.M., EGLI, D.B. Relationship of seed vigour to crop field: a review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991.

VIEIRA, R.D. **Avaliação do efeito de níveis de alguns nutrientes na composição química e na qualidade de semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1985. 156 p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1985.

VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M., SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

WILSON JR., D.O., McDONALD JR., M.B., ST. MARTIN, S.K. A probit planes method for analysing seed deterioration data. **Crop Science**, v.29, p.471-476, 1989.

APÊNDICE

Quadro 1A - Resumo da análise de variância da análise conjunta dos dados transformados em $\arcsen(x\%)^{0.5}$ de germinação em condições de campo, Uberaba-MG, 1999

Fonte de variação	GL	QM	F
Bloco/ambiente	6	71,2308	
Ambiente (A)	5	625,4850	8,78**
Lote (L)	15	206,0663	9,19**
AxL	75	22,4134	1,46*
ERRO	90	15,4027	

C.V. = 6,9%

*, ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE

Quadro 2A - Resumo da análise de variância da análise conjunta dos dados do número de dias para obtenção de 50% de germinação (DG_{50}), dos dados transformados em $\arcsen(x\%)^{0.5}$ de germinação em areia (G ARVIA), velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski (F1) e velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F2). Uberaba-MG, 1999

Fonte de variação	GL	QM			
		DG_{50}	G ARVIA	F1	F2
Bloco/época	6	1,085	18,254	3,873	1940,911
Época (E)	1	82,413**	18,549	488,993**	6281,362
Lote (L)	15	0,286**	210,932**	0,132	29,468
BxL	15	0,324	17,539	0,324	137,363
ERRO	90	0,122	17,476	0,679	298,263
C.V. (%)		8,3	5,8	3,3	15,0

*, ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

APÊNDICE

Quadro 1A - Resumo da análise de variância da análise conjunta dos dados transformados em $\arcseno(x\%)^{0,5}$ de germinação em condições de campo. Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM	F
Bloco/ambiente	6	71,2308	
Ambiente (A)	5	625,4850	8,78**
Lote (L)	15	206,0663	9,19**
AxL	75	22,4134	1,46*
ERRO	90	15,4027	

C.V.=6,9%.

*, ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância da análise conjunta dos dados do número de dias para obtenção de 50% de germinação (DG_{50}), dos dados transformados em $\arcseno(x\%)^{0,5}$ de germinação em areia (G_AREIA), velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski (F1) e velocidade de germinação, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F2). Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM			
		DG_{50}	G_AREIA	F1	F2
Bloco/época	6	1,036	18,254	5,873	1940,911
Época (E)	1	53,613**	16,549	488,993**	6281,362
Lote (L)	15	0,486**	218,902**	0,132	29,468
ExL	15	0,124	13,539	0,324	137,363
ERRO	90	0,122	17,476	0,679	238,263
C.V. (%)		6,3	5,4	3,3	15,0

*, ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 3A - Resumo da análise de variância da análise conjunta dos dados de velocidade de germinação corrigida, calculada pela fórmula de Kotowski, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F3); tempo médio para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala (F4); tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F5) e tempo médio corrigido, para a germinação máxima, calculada pela fórmula de Edmond e Drapala, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F6). Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM			
		F3	F4	F5	F6
Bloco/época	6	1817,296	1,104	1,100	1,313
Época (E)	1	4860,628	57,189**	3,302	3,687
Lote (L)	15	101,742	0,020	0,019	0,066
ExL	15	109,845	0,044	0,058	0,069
ERRO	90	240,725	0,124	0,140	0,200
C.V. (%)		14,3	3,6	17,8	18,1

** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 4A - Resumo da análise de variância da análise conjunta dos dados de germinação média diária, calculada pela fórmula de Maguire (F7); germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F8) e germinação média diária corrigida, calculada pela fórmula de Maguire, modificada duas vezes por SILVA e NAKAGAWA (1995) (F9). Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM		
		F7	F8	F9
Bloco/época	6	6,465	1786,007	1916,760
Época (E)	1	403,990**	4752,708	6245,129
Lote (L)	15	2,923**	112,062	30,073
ExL	15	0,561	82,828	103,085
ERRO	90	1,517	244,637	238,518
C.V. (%)		4,6	11,4	12,2

** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 5A - Resumo da análise de variância da análise dos dados transformados em $\arcseno(x\%)^{0,5}$ de envelhecimento acelerado, com períodos de envelhecimento de 1 (EP1D_RAS), 2 (EP2D_RAS), 3 (EP3D_RAS), 4 (EP4D_RAS), 5 (EP5D_RAS), 6 (EP6D_RAS) e 7 (EP7D_RAS) dias, com avaliação realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM	F
Dias (D)	6	11322,1000	572,21**
Lote (L)	15	3722,8100	188,15**
DxL	90	433,8181	21,92**
ERRO	336	19,7868	

C.V.=21,4%.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 6A - Resumo da análise de variância da análise dos dados transformados em $\arcseno(x\%)^{0,5}$ de envelhecimento acelerado, com períodos de envelhecimento de 1 (EP1D_M2), 2 (EP2D_M2), 3 (EP3D_M2), 4 (EP4D_M2), 5 (EP5D_M2), 6 (EP6D_M2) e 7 (EP7D_M2) dias, considerando-se como germinável a semente que emitiu radícula de comprimento igual ou superior a 2,0 cm. Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM	F
Dias (D)	6	57144,8200	2995,96**
Lote (L)	15	604,6769	31,70**
DxL	90	342,2367	17,94**
ERRO	336	19,0740	

C.V.=8,4%.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 7A - Resumo da análise de variância da análise dos dados transformados em $\arcseno(x\%)^{0,5}$ do teste-padrão de germinação. Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM	F
Lote	15	203,2479	11,24**
ERRO	104	18,0906	

C.V.=6,3%.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 8A - Resumo da análise de variância da análise dos dados transformados em $\arcseno(x\%)^{0,5}$ do teste de germinação com condicionamento osmótico, avaliado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) (CO_RAS) e considerando como germináveis também as plântulas infectadas por bactérias (CO_NOBAC). Uberaba-MG. 1999

Fonte de Variação	GL	QM	
		CO_RAS	CO_NOBAC
Lote	15	196,920**	112,172**
ERRO	48	23,342	30,751
C.V. (%)		7,4	7,7

** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 9A - Resumo da análise de variância da análise dos dados transformados em $\arcseno(x\%)^{0,5}$ potencial de germinação e vigor pelo teste de tetrazólio (TZ_GM e TZ_VG). Uberaba-MG. 1999

Fonte de Variação	GL	QM			
		DM1_8	DM6_8	U1_8	U6_8
Lote	15	115,156**	52,999	197,005**	25,876*
ERRO	16	22,242	22,876	43,043	7,686
C.V. (%)		25,2	35,6	23,8	46,2

Quadro 10A - Resumo da análise de variância da análise dos dados transformados em arcoseno (x%)^{0,5} potencial de germinação e vigor pelo teste de tetrazólio (TZ_GM e TZ_VG). Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM			
		PCJ1_8	PCJ6_8	TZ_GM	TZ_VG
Lote	15	281,109**	66,182**	89,960**	112,670**
ERRO	16	24,482	13,436	18,311	25,849
C.V. (%)		17,0	24,0	6,4	9,0

** Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 11A - Resumo da análise de variância da análise dos dados de peso de 100 sementes, densidade e umidade das sementes. Uberaba-MG. 1999

Fonte de variação	GL	QM		
		P100	DENS	UMID
Lote	15	4,532**	0,0006*	0,217**
ERRO	16	0,036	0,0002	0,020
C.V. (%)		1,3	1,3	1,4

*, ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.