

Relações entre medidas de qualidade de lotes de sementes de arroz¹

Relationship between quality measuring of rice seed batches

Leandro Homrich Lorentz^{2*} e Ubirajara Russi Nunes³

RESUMO - A qualidade de um lote de sementes não é uma grandeza mensurável diretamente. É preciso a realização de diversos testes, cujos resultados conjuntamente permitem concluir quanto à sua qualidade. Dessa forma, pode haver a realização de testes redundantes, altamente relacionados entre si, sem que acrescente em poder de discriminação dos lotes e levando a desperdício de tempo e recursos para obtenção de uma recomendação. O objetivo desta pesquisa é identificar o conjunto de testes não correlacionados entre si para avaliar a qualidade de lotes de sementes de arroz. Assim, submeteu-se 67 lotes de sementes de arroz de diferentes procedências a nove testes para avaliação da sua qualidade fisiológica, incluindo variáveis morfológicas, de vigor e germinação. Estimou-se a matriz de correlação entre as nove variáveis e aplicou-se a análise fatorial, optando-se pelo número de fatores cuja variância acumulada fosse superior a 70%. Observou-se que a utilização de três fatores foi suficiente para acumular 80,4% da variância total e concluiu-se que a massa verde das plântulas, a percentagem de germinação e o comprimento da parte aérea, avaliadas aos 14 dias após a semeadura ou apenas o índice de velocidade de germinação e emergência no solo são suficientes para a identificação da qualidade dos lotes de sementes de arroz.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Germinação. Redução variável. Semeadura.

ABSTRACT - The quality of a seed batch is not a directly measurable quantity. It is necessary to carry out several tests, whose results together allow a conclusion as to quality. Thus, when attempting to arrive at a conclusion, tests may be carried out which are redundant and highly correlated, without adding to the ability to discriminate between batches, and leading to both wasted time and resources. The aim of this research is to identify a non-correlated set of tests to assess the quality of rice seed batches. Therefore 67 batches of rice seeds of different origins were submitted to nine different tests to assess physiological quality, including morphological variables, and those of vigor and germination. The correlation matrix among the nine variables was estimated and factor analysis applied, opting for the number of factors whose cumulative variance was greater than 70%. It was observed that using three factors was sufficient to reach 80.4% of the total variance, and concluded that the green mass of the plantlets, the percentage of germination and length of the shoots, all measured at 14 days after sowing, or simply the index of germination and emergence in the soil, are sufficient for identifying the quality of rice seed batches.

Key words: *Oryza sativa*. Germination. Variable reduction. Seeding.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 30/03/2012; aprovado em 11/06/2013

Trabalho realizado com recursos do Campus de Itaqui, Universidade Federal do Pampa/UNIPAMPA, Itaqui-RS

²Universidade Federal do Pampa, São Gabriel-RS, Brasil, leandrolorentz@unipampa.edu.br

³Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil, russinunes@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas mais importantes para a humanidade, pois se trata de um alimento básico da população mundial (JUNG, NA; RONALD, 2008) e seu cultivo é realizado exclusivamente a partir de sementes. O uso dos testes laboratoriais de avaliação da qualidade das sementes estabelece bases para comercialização e a antecipação dos problemas que possam afetar o desempenho da semente no campo e averiguação das possíveis causas (MARCOS FILHO, 2005). Ainda, esses testes possibilitam classificar e comparar a qualidade dos lotes de sementes e ainda são utilizados na avaliação do desempenho de sementes submetidas a algum tipo de tratamento, como a adição de micronutrientes ou defensivos como inseticidas ou fungicidas, o que é amplamente utilizado pelos pesquisadores e empresas comercializadoras de sementes. A qualidade das sementes, segundo Carvalho; Nakagawa (2000) está associada a características positivas relativas às propriedades genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias das sementes e dos lotes. Conforme Melo *et al.* (2006), as plantas de arroz originadas de sementes com alto vigor podem apresentar desempenho superior quando semeadas no campo, com acréscimos em produção de grãos esperados variando de 8% (HÖFS *et al.*, 2004) a 30% (MIELEZRSKI *et al.*, 2008).

Os testes para avaliação do vigor e da germinação realizados nos Laboratórios de Análises de Sementes resultam em várias informações parciais que visam avaliar a qualidade fisiológica dos lotes. Nessa série de testes, é possível que haja resultados redundantes, pouco informativos ou ineficazes na discriminação da qualidade dos lotes por estarem altamente relacionados com outras características ou com baixa capacidade discriminatória dos lotes, tornando valorosa a identificação e a eliminação de variáveis dessa natureza, que não apresentem informações adicionais ao usuário.

A qualidade do lote não é uma grandeza diretamente mensurável, visto que não é transcrita com base em apenas uma avaliação individual de uma característica do lote, como comprimento da parte aérea ou primeira contagem, por exemplo, pois somente esta poderia ser insuficiente para discriminar a qualidade dos lotes. Outro agravante é que a observação conjunta de todas as características é demasiado difícil e onerosa. Ainda, a observação do coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis mensuradas permite inferir sobre a associação linear entre as variáveis, entretanto sem não revelar interações que os grupos de variáveis possuem, pois é calculado apenas entre pares de variáveis (JOHNSON; WICHERN, 2005). Assim, é importante identificar os constructos (conjunto de diversas variáveis com alta correlação entre si) associados aos testes de análise de

sementes que reproduzam a qualidade do lote avaliado. Sua identificação permite ainda, identificar de maneira consistente os lotes que apresentam maior probabilidade de se estabelecer em campo, assim como fundamentar a identificação de virtudes e deficiências no desempenho das sementes no campo. Para esse tipo de abordagem, é necessário o emprego de técnicas multivariadas como a Análise Fatorial (JOHNSON; WICHERN, 2005).

A Análise Fatorial é uma técnica multivariada que pode elucidar as inter correlações entre os testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes e com isso simplificar sua interpretação ou identificar atributos com maior poder discriminativo da qualidade dos lotes, com capacidade de, em conjunto, realizar a recomendação dos melhores lotes sem perda relevante de informação. Essa análise visa descrever um conjunto de p variáveis (X_1, X_2, \dots, X_p) em um número menor de dimensões (fatores) e nesse processo, permite elucidar a relação entre essas variáveis (ANDRADE *et al.*, 2010; MANLY, 2008). A análise fatorial constitui-se da extração de fatores compostos por um grupo de variáveis altamente correlacionados entre si e fracamente associadas com as demais, seguida da sua transformação através da rotação dos eixos (MANLY, 2008; COLETTI *et al.*, 2010). São escassos estudos sobre as inter relações dos resultados em testes de sementes utilizando a Análise Fatorial, podendo ser citado Boligon *et al.* (2011), os quais avaliaram lotes de sementes de trigo.

Dentro desse contexto, sob a hipótese que para determinação da qualidade fisiológica de lotes de sementes são realizados testes laboratoriais com respostas redundantes entre si, o objetivo desta pesquisa é identificar o menor conjunto de variáveis descritoras da qualidade de lotes que permita identificar a qualidade dos lotes de sementes de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Os lotes de sementes de arroz utilizados foram provenientes de empresas comercializadoras e produtoras de sementes. As variedades utilizadas foram: IRGA 409, IRGA 417, IRGA 423, IRGA 424, Qualimax, Puitá e Olimar. Alguns lotes foram submetidos a tratamentos com micronutrientes (Zn, Mn, Mo, Co, Ca, B, Cu) ou testados com diferentes tempos de armazenagem (zero; 3; 6 e 9 meses), objetivando avaliar a qualidade fisiológica de sementes armazenadas submetidas a tratamentos com micronutrientes, totalizando 67 lotes de sementes de arroz.

Para cada lote de sementes, foram realizados nove testes para avaliação da qualidade fisiológica das sementes: - Percentagem de germinação aos sete dias (GERM7) e

percentagem de germinação final, tomada aos 14 dias (GERM14), conforme Brasil (2009); - Comprimento da parte aérea (CPA, cm); - Comprimento radicular (CR, cm); - Massa verde (MV, mg) e massa seca de plântula (MS, mg): mensurados ao final do teste de germinação nas plântulas normais, aos 14 dias (NAKAGAWA, 1999); - Índice de velocidade de emergência (IVE) em solo: calculado pela expressão 1:

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{N_i} \quad (1)$$

sendo: E_i o número de sementes emergidas no i -ésimo dia e N_i = número de dias decorridos até o i -ésimo dia de contagem e n é último dia da contagem (MAGUIRE, 1962); - Emergência em solo (ESOLO, %): considerado o número final de plântulas emergidas, utilizando o mesmo conjunto de sementes utilizados para IVE; - Teste de frio (GFRIO, %): após o acondicionamento das sementes, essas foram mantidas em geladeira por sete dias a 10 °C seguida do teste de germinação padrão, com leitura aos 14 dias, conforme Brasil (2009).

Os testes laboratoriais foram realizados no Laboratório de Análises de Sementes da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaquí.

Para cada lote, calculou-se as médias das quatro repetições dos testes laboratoriais acima citados, o que formou uma matriz retangular expressa por $X = (x_{ij})$ em que $i = 1, 2, \dots, 67$ lotes de sementes e $j = 1, 2, \dots, 9$ variáveis. A partir da matriz X , estimou-se a matriz de correlação linear de Pearson (R), de dimensão 9×9 . A partir da matriz de correlação R , se calculou os autovalores (λ) obtidos pela solução algébrica da expressão $(R - \lambda I) = 0$, em que I corresponde à matriz identidade. Em seguida, realizou-se a extração das cargas fatoriais de cada componente pelo método dos componentes principais seguindo o modelo $X_j = I_{j1}F_1 + I_{j2}F_2 + \dots + I_{jm}F_m + \mathcal{E}_j$, onde X_j é a j -ésima variável, onde $j = 1, 2, \dots, 9$; I_{jm} é a carga fatorial da j -ésima variável associada ao k -ésimo fator, onde $k = 1, 2, \dots, m$ (número de fatores selecionados); F_k é o k -ésimo fator selecionado; \mathcal{E}_j é o termo de erro que capta a variação específica de X_i não explicada pela combinação linear das cargas fatoriais com os fatores (JOHNSON; WICHERN, 2005; MURAKAMI; CRUZ, 2004;). Em que cada variável é expressa como uma combinação linear de fatores não observáveis. As comunalidades associadas a cada fator mantido foram calculadas por: $C_j = I_{j1}^2 + I_{j2}^2 + \dots + I_{jm}^2$ (JOHNSON; WICHERN, 2005).

Foram mantidos os fatores com variância acumulada superior a 70%, conforme recomendação de Johnson e Wichern (2005). Após a obtenção das cargas fatoriais iniciais, realizou-se a rotação dos eixos

pelo método Varimax e foram consideradas relevantes as cargas fatoriais superiores a 0,7. A análise fatorial, extração dos fatores, rotação dos eixos e cálculo das comunalidades está detalhadamente descrita em Johnson e Wichern (2005) e Manly (2008). Todas as análises foram realizadas utilizando o software SAS Enterprise Guide 4.2. (SAS Institute, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percentagem de germinação média dos lotes foi de 90%, indicando a boa qualidade dos lotes (Tabela 1). De forma geral, os dados apresentaram baixa dispersão, pois todas as características, com exceção do comprimento radicular, apresentaram coeficiente de variação entre 6,2 e 17%. Apesar da baixa dispersão entre os lotes, estes são representativos da alta qualidade dos lotes de sementes de arroz produzidas na área de abrangência que originou os lotes utilizados.

Observou-se que a exposição dos lotes ao teste de frio diminuiu as percentagens de germinação mínima e média em relação às não submetidas ao stress (Tabela 1). Tal comportamento já era esperado, pois segundo Marcos Filho (2005) esse teste expressa a mais baixa germinação possível da amostra avaliada, especialmente válido para culturas de verão.

Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes de correlação simples entre os testes de germinação e vigor aplicados aos lotes de sementes de arroz. Foram consideradas de maior importância somente as correlações que apresentaram valores iguais ou superiores a 0,6, pois de acordo com Markus (1973) são valores mínimos para aceitação de associação entre testes correlacionados. Verificou-se correlação positiva e significativa entre a massa verde e massa seca ($r = 0,989$); comprimento radicular e índice de velocidade de germinação ($r = 0,700$); primeira contagem e germinação ($r = 0,678$); germinação e teste de frio ($r = 0,656$). Segundo Franzin *et al.* (2004) esses testes ao se correlacionarem mostram ser afetados por um fator extrínseco em comum, neste caso, considerando-se ser os tratamentos com micronutrientes e/ou tempos de armazenagem.

Por outro lado, o índice de velocidade de emergência (IVE) correlacionou-se negativamente com as massas verde e seca das plântulas ($r = -0,610$ e $-0,624$, respectivamente). É possível que a correlação negativa entre essas variáveis possa ser atribuída ao fato de que nos testes de IVE não haja sensibilidade suficiente para indicar diferenças significativas capazes de separar os lotes de sementes pelo vigor devido a fatores como as condições de execução, elevada qualidade fisiológica dos

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos lotes de semente de arroz utilizadas nas análises

Variável*	Mínimo	Máximo	Média	DP**	CV%	P5	P95	Assimetria	Curtose
CPA	7,34	11,24	9,12	0,98	10,78	7,53	0,95	0,12	-0,50
CR	2,01	7,37	3,95	1,30	32,97	2,48	6,34	0,80	-0,20
MV	0,43	0,56	0,48	0,03	6,17	0,43	0,54	0,38	0,22
MS	0,17	0,20	0,18	0,01	4,07	0,17	0,19	0,15	-0,43
GERM7	69,50	92,50	83,10	5,68	6,84	74,00	92,00	-0,37	-0,31
GERM14	80,00	97,50	89,75	4,16	4,63	82,50	96,00	-0,25	-0,55
GFRIO	59,50	95,50	80,02	8,93	11,17	65,00	94,50	0,87	-0,38
IVE	1,95	3,62	2,62	0,45	17,03	2,11	3,47	-0,13	-0,76
ESOLO	68,00	98,00	85,18	6,45	7,57	74,00	95,00	-0,41	-0,13

*CPA: comprimento de parte aérea, cm; CR: comprimento radicular, cm; MV: massa verde, g; MS: massa seca, g; GERM7: percentagem germinada aos sete dias; GERM14: percentagem germinada aos 14 dias; GFRIO: teste de frio, %; IVE: índice de velocidade de emergência; ESOLO emergência em solo, %. **DP: Desvio padrão; CV% = coeficiente de variação, P5: percentil 5%; P95: percentil 95%

Tabela 2 - Matriz de correlação entre variáveis avaliadas em sementes de arroz

Variáveis	CPA+	CR	MV	MS	GERM7	GERM14	GFRIO	IVE
CR	-0,031 ^{ns}							
MV	0,299*	-0,355*						
MS	0,289*	-0,361*	0,989*					
GERM7	0,175 ^{ns}	0,313*	0,180 ^{ns}	0,159 ^{ns}				
GERM14	0,130 ^{ns}	0,153 ^{ns}	0,150 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,678*			
GFRIO	0,362*	0,277*	-0,363*	-0,319*	0,306*	0,656*		
IVE	-0,323*	0,700*	-0,610*	-0,624*	0,276*	0,284*	0,487*	
ESOLO	-0,051 ^{ns}	0,362*	0,032 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,504*	0,563*	0,355*	0,565*

CPA: comprimento de parte aérea; CR: comprimento radicular; MV: massa verde; MS: massa seca; GERM7: percentagem germinada aos sete dias; GERM14: percentagem germinada aos 14 dias; GFRIO: teste de frio; IVE: índice de velocidade de emergência; ESOLO emergência em solo. + n = 67 pares; ^{ns}: correlação não significativa; * significativa a 5%

lotes (vigor e germinação) e a dificuldade de separação visual de sementes emergidas. Em função disso, Marcos Filho (1994) observa a importância da utilização de mais de um teste para avaliação do vigor das sementes. Franzin *et al.* (2004) mencionam que os testes de vigor avaliam diferentes aspectos do comportamento das sementes e, dessa forma, um lote pode apresentar reações variáveis diante desses diferentes parâmetros de avaliação.

Houve várias correlações significativas e todas as variáveis apresentaram significância na associação com ao menos outra variável, portanto, espera-se a formação de constructos identificáveis e faz sentido estudar a estrutura conjunta dessas variáveis utilizando a análise fatorial.

Foram selecionados três fatores para discussão, pois acumularam 80,4% da variância total (Tabela 3),

adequando-se às recomendações de Johnson e Wichern (2005). A escolha por três fatores é corroborada, pois seus respectivos autovalores foram superiores à unidade ($\lambda_1 = 3,462$, $\lambda_2 = 2,573$ e $\lambda_3 = 1,202$). Dessa forma, observa-se que o uso de análise de fatores efetivamente reduz do número de dimensões a serem consideradas para a avaliação da qualidade de um lote de semente, sem perda relevante da variabilidade original do conjunto de dados. Nesse caso, a análise de fatores gerou respostas claras e sem sobreposição de variáveis com alta carga fatorial, o que forneceu resultados sem dubiedade.

Os fatores apresentaram boa associação com as variáveis avaliadas, pois a maioria das communalidades foram superiores a 0,8 (JOHNSON; WICHERN, 2005), o que indicaram que efeito ambiental sobre a variação entre

Tabela 3 - Cargas fatoriais antes e depois da rotação, comunalidades e percentagem da variação por fator e acumulada nos fatores mantidos na análise

Variáveis	Cargas fatoriais iniciais			Comunalidades	Cargas fatoriais após rotação		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3		Fator 1	Fator 2	Fator 3
CPA*	-0,130	0,489	0,737	0,799	0,267	-0,013	0,853
CR	0,702	-0,052	-0,154	0,519	-0,535	0,474	-0,095
MV	-0,626	0,715	-0,229	0,955	0,964	0,158	0,008
MS	-0,625	0,713	-0,204	0,941	0,958	0,149	0,031
GERM7	0,450	0,681	-0,161	0,693	0,117	0,809	0,158
GERM14	0,514	0,720	0,039	0,784	0,055	0,806	0,363
GFRIO	0,696	0,277	0,578	0,895	-0,461	0,435	0,703
IVE	0,918	-0,180	-0,205	0,917	-0,768	0,545	-0,172
ESOLO	0,613	0,470	-0,371	0,735	-0,099	0,846	-0,101
Autovalores	3,462	2,573	1,202	-	3,034	2,777	1,427
Variância explicada (%)	38,471	28,592	13,356	-	33,708	30,852	15,859
Variância acumulada (%)	38,471	67,063	80,419	-	33,708	64,560	80,419

*CPA: comprimento de parte aérea; CR: comprimento radicular; MV: massa verde; MS: massa seca; GERM7: percentagem germinada aos sete dias; GERM14: percentagem germinada aos 14 dias; GFRIO: teste de frio; IVE: índice de velocidade de emergência; ESOLO emergência em solo

os fatores é baixo, portanto os resultados são abrangentes para as diversas variedades e a lotes submetidos a tratamentos ou a diferentes tempos de armazenamento. A exceção está no comprimento radicular, com valor baixo de comunalidade (0,519), o que indica baixo relacionamento do fator com a característica observada e, por consequência, pouca importância prática. Infere-se ainda que a informação obtida a partir dela possa ser pouco confiável. E esse resultado pode ser atribuído à alta variabilidade entre os lotes, revelada pelo mais alto coeficiente de variação observado para essa variável (CV = 32,9%).

Hair *et al.* (2005) sugerem aceitar como significativa uma carga fatorial de 0,50, com tamanho mínimo da amostra de 120 observações. Como nesse caso foram utilizados 67 lotes, parece razoável admitir como relevantes cargas fatoriais superiores a 0,7 associadas às variáveis. Na tabela 3 estão contidos os valores das cargas fatoriais antes e após a rotação dos eixos e as respectivas comunalidades das características.

Após a rotação dos eixos pelo método Varimax, que maximiza a soma da variância dos pesos, observa-se que o primeiro fator agregou 33,71% da variação inicial, sendo composto pelas variáveis massa verde, massa seca e IVE, com cargas fatoriais significativas (0,964, 0,958 e -0,768, respectivamente para MV, MS e IVE). A MV e a MS tem sido utilizada como testes para diferenciação e estratificação de lotes de sementes de alface (MANTOVANI; FERREIRA; CRUZ, 2005; MARINI

et al., 2008) e soja (MORAES; MENEZES, 2003). Esse fator exprime a dimensão (constructo) das características morfológicas das plântulas ligadas à produção de massa. Assim, tais variáveis estão altamente relacionadas entre si, portanto, a medição de ambas passa a ser desnecessária pela redundância de informações na discriminação de lotes, já antes evidenciadas pela elevada correlação entre essas características (Tabela 1). Apesar de o IVE compor o primeiro fator, sua importância prática é reduzida, pois exige a condução de outro experimento concomitante ao da germinação, além de ser uma medida que demanda avaliações diárias. A carga específica dessa variável no fator apresenta sinal inverso do das massas verde e seca, o que provavelmente reflete o esgotamento das reservas da semente transformadas em matéria verde para formação das plântulas, especialmente pelo seu estiolamento. O primeiro fator sugere que os melhores lotes são aqueles que apresentam maior matéria seca e verde e menor IVE. As comunalidades associadas a essas características são próximas da unidade indicando que a massa verde, massa seca e IVE são explicadas, respectivamente, 95,5; 94,4; e 91,7% pelos três fatores mantidos.

O segundo fator é composto pela percentagem na primeira contagem (aos sete dias), percentagem de germinação (obtida aos 14 dias) e germinação no solo (aos 14 dias), que agrupa 30,87% da variação restante dos dados e descreve as características germinativas do lote. Apesar de estar alocada no segundo fator, de menor importância na identificação da qualidade dos lotes em

relação ao primeiro fator, a percentagem de germinação é a característica de maior relevância prática e de impacto sobre a aceitação de um lote para sua comercialização e uso. Esse teste, segundo Marcos Filho (2005) visa determinar o potencial máximo de germinação do lote de sementes, cujo valor poderá ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes e, com isso, estimar o valor de semeadura no campo, ainda com a vantagem de ser conduzido em laboratório sob condições controladas e por meio de métodos padronizados. Dessa forma, faz sentido conhecer a percentagem de germinação do lote apenas aos 14 dias, não demandando esforços em dois momentos distintos da análise (sete e 14 dias), bem como evita a realização concomitante de outro experimento conduzido utilizando solo como substrato, pois as informações são estruturalmente correlacionadas. Como todas as cargas desse fator são positivas, entende-se que os melhores lotes são aqueles com maiores valores de GERM7, GERM14 e ESOLO, o que já eram de antemão, esperado.

A germinação de sementes submetidas ao teste de frio e o comprimento de parte aérea compõe o terceiro fator, com cargas fatoriais de 0,853 e 0,703, respectivamente, que agrupam 15,86% da variação restante dos dados. A obtenção dessas variáveis ocorre por distintos processos laboratoriais, o que exige condução simultânea de dois experimentos, sendo um utilizado para sementes submetidas ao estresse por frio e outro experimento com sementes não submetidas a tal tratamento. Dessa forma, o mais racional é a observação apenas do comprimento da parte aérea da plântula, apesar da importância já destacada do teste de frio. Vanzolini *et al.*, (2007) mencionam que testes que avaliam o crescimento de plântulas são indicados pelas associações mundiais que congregam tecnologias de sementes como a AOSA (Association Official Seed Analysis) e pela ISTA (International Seed Testing Association). O crescimento de plântulas, determinado por meio do comprimento da parte aérea representa medida de grandeza física e independem da subjetividade de quem avalia o teste, são simples, de baixo custo e de rápida execução. Assim, os lotes de sementes com valores de germinação próximos, podem ser distintos com base em características de alta carga alocada em outro fator, como massa verde (primeiro fator) ou comprimento de parte aérea (terceiro fator).

Como alternativa a essas recomendações, poderia ser a observação apenas do IVE e a respectiva emergência final, em função da elevada carga fatorial identificada (-0,768 para IVE e 0,846 para ESOLO). Essa decisão apresenta a vantagem da condução de apenas um experimento, no entanto, requer a avaliação diária do número de sementes emergidas.

As características citadas como importantes para discriminação dos lotes apresentam como característica

indesejável, a demora de 14 dias para obtenção do laudo e proceder sua interpretação, pois caso seja necessária a identificação de problemas, diagnose e tomada de decisão em menor espaço de tempo, deve-se utilizar testes bioquímicos, como tetrazólio, pH exsudado ou condutividade elétrica (FERREIRA; BORGUETTI, 2004), todos métodos indiretos e ainda requerem maiores estudos.

Os resultados desta pesquisa foram similares aos encontrados por Boligon *et al.* (2011), pois o primeiro fator foi constituído pela percentagem de emergência aos sete dias, percentagem de emergência aos 15 dias e envelhecimento acelerado (não avaliado neste estudo), enquanto o segundo fator foi constituído pelo comprimento da parte aérea e massa da matéria seca radicular.

Entre as variáveis estudadas, aquele de menor relevância, com pouca contribuição para identificar qualidade fisiológica de um lote de arroz é o comprimento radicular, pois apresentou cargas fatoriais inferiores a 0,6 nos três fatores considerados, bem como sua comunalidade baixa, próxima a 0,52.

O teste de germinação, segundo Carvalho e Nakagawa (2000), avalia a capacidade das sementes produzirem plântulas normais em condições ideais, mas nem sempre revela diferenças de desempenho entre lotes de sementes. Dessa forma, testes para determinação do vigor das sementes são de grande importância, como complemento às informações geradas pelo teste de germinação.

CONCLUSÃO

Foram identificados dois conjuntos de variáveis que permitem identificar a qualidade fisiológica das sementes. São eles: a. percentagem de germinação do lote, massa verde de plântula e o comprimento de parte aérea, todos tomados aos 14 dias após a instalação do experimento; b. Índice de velocidade de germinação e emergência no solo, com leituras diárias até os 14 dias após instalação do experimento.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M. *et al.* Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.
- ANDRADE, E. M. *et al.* Land use and groundwater quality: the case of Baixo Acaraú Irrigated Perimeter, Brazil. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 208-215, 2010.
- BOLIGON, A. A. *et al.* Wheat seedling emergence estimated from seed analysis. **Scientia Agrícola**, v. 68, n. 3, p. 336-341, 2011.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regra de Análises de Sementes**. Brasília, DF: SNAD/CLAV, 1992.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- COLETTI, C. *et al.* Water quality index using multivariate factorial analysis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 517-522, 2010.
- FARIA, A. Y. K.; ALBUQUERQUE, M. C. F. E.; NETO, D. C. Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro submetidas a tratamentos químico e biológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p.121-127, 2003.
- FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FRANZIN, S. M. *et al.* Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p. 63-69, 2004.
- HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HÖFS, A. *et al.* Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p. 55-62, 2004.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Madison: Prentice Hall International, 2005. 607 p.
- JUNG, K.; AN, G.; RONALD, P. C. Towards a better bowl of rice: assigning function to tens of thousands of rice genes. **Nature Reviews Genetics**, v. 9, p. 91-101, 2008.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MANLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229 p.
- MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 758-762, 2005.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, v. 4, n. 2, p. 33-35, 1994.
- MARINI, P. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 222-227, 2008.
- MARKUS, R. **Elementos de estatística aplicada**. Porto Alegre: DALC, 1973. 329 p.
- MELO, P. T. B. S. *et al.* Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 84-94. 2006.
- MIELEZRSKI, F. *et al.* Desempenho individual e de populações de plantas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 086-094, 2008.
- MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.
- MURAKAMI, D. M.; CRUZ, C. D. Proposal of methodologies for environment stratification and analysis of genotype adaptability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 7-11, 2004.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. *et al.* Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.21.
- SAS Institute. **SAS Enterprise Guide**. Version 4.2. Cary, NC, USA, 2008.
- VANZOLINI, S. *et al.* Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-98, 2007.