

ANÁLISE CRÍTICA DO PROCESSO DE LANÇAMENTO DE CULTIVARES

João Gilberto Corrêa da Silva¹

Resumo: *O processo de decisão para lançamento de cultivares de espécies vegetais importantes é determinado por comissões nacionais ou regionais com base em experimentos em que são comparados os desempenhos das linhagens candidatas com os desempenhos de testemunhas constituídas por cultivares recomendadas. Particularmente, a Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia adota como critério de lançamento de cultivares a comparação dos rendimentos médios de grãos das linhagens testadas por três anos consecutivos em experimento em rede com a média dos rendimentos anuais das cultivares testemunhas anualmente mais produtivas. Linhagens que apresentam rendimentos médios iguais ou superiores a 5% dessa média podem ser lançadas comercialmente. Esse procedimento não leva em conta que os efeitos dos genótipos são confundidos com os efeitos do erro experimental, originado das características estranhas da amostra, ou seja, das características da semente, do ambiente, das técnicas de cultivo e do processo de mensuração. Discute-se esse processo de decisão, contrastando-o com procedimento estatístico apropriado que leva em consideração a presença do erro experimental.*

Palavras-chave: *Melhoramento genético, Novas cultivares, Procedimento estatístico para lançamento de cultivares.*

Abstract: *The decision process for release of cultivars of important species is determined by regional or national committees on the basis of experiments that compare the performances of candidate strains with the performances of controls comprised by recommended cultivars, according to minimum criteria established by the National Service of Cultivar Protection. Particularly, the Brazilian Committee for Oat Research adopts as criterion for release of cultivars the comparison of the mean grain yield of the strains tested for three consecutive years in networking experiment with the average of the best control, ie, with the average of the annual yields of the control varieties annually most productive. Strains with average greater than or equal to 5% of this average can be released commercially. This procedure does not take into account that the genotype effects are confounded with the effects of the experimental error, originated from the extraneous characteristics of the sample, ie, the characteristics of the seed, of the environment, of the cultivation techniques and of the measurement process. This decision process is discussed and contrasted with appropriate statistical procedure that considers the presence of experimental error.*

Keywords: *plant breeding, new cultivars, statistical procedure for release of cultivars.*

¹Engº Agrº., Ph.D. Professor Titular, Universidade Federal de Pelotas (Aposentado), jgcs@ufpel.edu.br.

1 Introdução

A produção, comercialização e utilização de sementes e mudas requer a inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC), coordenado e administrado pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Um dos requisitos para a inscrição é a cultivar possuir um Valor de Cultivo e Uso (VCU), identificado e comprovado por experimento, segundo critérios mínimos estabelecidos pelo SNPC. O VCU pode ser determinado pelo próprio requerente do registro ou por uma instituição de pesquisa e desenvolvimento pública ou privada, por meio de contrato ou convênio. (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007, 2008.)

Em geral, o objetivo de programas de melhoramento genético é desenvolver cultivares superiores às atuais, por experimentos que comparem os indivíduos com base no fenótipo e selecionem o geneticamente superior, minimizem o erro experimental e sejam conduzidos em locais que representem a região de cultivo da espécie, com as técnicas de cultivo recomendadas e avaliações sob a responsabilidade do melhorista (Fritsche-Neto, 2013).

Programas de espécies vegetais cultivadas relevantes, como trigo, soja, milho e aveia, são coordenados por comissões regionais e nacionais, que determinam o procedimento para o lançamento de cultivares, particularmente o plano de experimentos regionais e o processo de decisão para lançamento de cultivares, segundo as normas determinadas pelo SNPC para o RNC. Esse procedimento varia com a espécie. Em geral, essas comissões planejam experimentos com fundamentos estatísticos, frequentemente adotam delineamento experimental em blocos casualizados e os experimentos são conduzidos em dois ou três anos em locais escolhidos para representar as regiões de cultivo. Geralmente, é procedida a análise estatística individual de cada um desses ambientes e são determinadas as correspondentes estimativas das médias dos genótipos. Com base nessas médias, são determinados os rendimentos médios dos genótipos nos dois ou três anos de condução do experimento, que constituem a base para o lançamento de cultivares. Os critérios adotados para decisão são determinados pelas comissões. Algumas comissões adotam uma simples comparação das médias das linhagens candidatas com uma média das cultivares recomendadas que servem de testemunhas e consideram aptas para lançamento as linhagens cujo rendimento médio é igual ou superior a um percentual acima do rendimento médio das testemunhas ou da testemunha mais produtiva.

Em particular, as normas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (CBPA) determinam que a decisão para o lançamento de cultivares seja tomada com base na comparação dos rendimentos médios das linhagens testadas por três anos consecutivos no experimento em rede com a média da melhor testemunha, ou seja, com a média dos rendimentos anuais das cultivares testemunhas anualmente mais produtivas. Linhagens que apresentam rendimentos médios nos três anos iguais ou superiores a 5% dessa média podem ser lançadas comercialmente. Há ainda outras possibilidades de lançamento, como rendimento médio de grãos entre 100 e 105% da média da melhor testemunha, quando há alguma característica agrônômica especial, ou lançamento para uma região específica, quando a linhagem mostra rendimento de grãos superior em 10%, ou mais, ao melhor testemunha.

As estimativas das médias dos genótipos exprimem efeitos dos genótipos e efeitos do erro experimental, ou seja, efeitos das características estranhas do material experimental: características da semente, do ambiente, das técnicas de cultivo e do procedimento de mensuração (Silva, 2007, 2008). Os efeitos dos genótipos são confundidos com os efeitos do erro experimental. O procedimento adotado pela CBPA não leva em conta a presença do erro experimental, o que implica que as inferências sobre as comparações dos desempenhos das linhagens com os das cultivares testemunhas são tendenciosas. Esse fato gera questionamento sobre os desempenhos dos genótipos indicados por esse procedimento e, particularmente, quanto à produtividade requerida das linhagens relativamente às cultivares testemunhas. Esse processo de decisão pode estar declarando o lançamento de linhagens com rendimentos médios de grãos inferiores ao rendimento médio das cultivares recomendadas ou impedindo o lançamento de cultivares tão ou

mais produtivas do que as cultivares recomendadas.

O presente artigo faz uma análise crítica do presente critério de lançamento de cultivares de aveia e sugere procedimento estatístico alternativo que leva em conta a presença de erro experimental, considerando os resultados de três anos do experimento que serve de base para decisão.

2 Material e métodos

O experimento foi conduzido pela rede da CBPA, em três anos (2005, 2006 e 2007), abrangendo dez locais (Vacaria-RS, Passo Fundo-RS, Eldorado-RS, Pelotas-RS, Pato Branco-PR, Ponta Grossa-PR, Guarapuava-PR, Londrina-PR, Mauá da Serra-PR e São Carlos-SP). Nos anos de 2005 e 2006, o experimento foi conduzido em nove destes dez locais, excetuando São Carlos-SP em 2005 e Passo Fundo-RS em 2006; e em 2007 em oito locais, com exceção de Vacaria-RS e São Carlos-SP. Em cada um dos três anos as linhagens e cultivares testemunhas foram comuns aos correspondentes locais de execução do experimento, mas variaram entre os três anos. Na presente pesquisa são consideradas apenas as três linhagens candidatas a lançamento, comuns aos três anos: UFPel 0308, UFPel 0312 e UPF 97H200-4. Nos três anos, foram consideradas quatro cultivares testemunhas (UPF 18, UPFA 22, URS 21 e URS Guapa) das quais três estiveram presentes em todos os anos (UPF 18, UPFA 22 e URS 21); em 2005 e 2006 estiveram presentes as cultivares UPF 18, UPFA 22 e URS 21; e em 2007 a cultivar UPF 18 foi substituída pela URS GUAPA. Foi adotado o delineamento em blocos completos casualizados com quatro repetições em cada local e ano.

Nos modelos estatísticos formulados, o efeito de genótipo foi considerado fixo e os efeitos de local e ano aleatórios. Preliminarmente, foram efetuadas as análises individuais dos 26 ambientes para estimação da variância do erro experimental. Essas análises revelaram considerável amplitude de variação dos quadrados médios do erro dos 26 ambientes (4.157,65 a 206.589,19). O teste de Hartley confirmou essa indicação de heterogeneidade de variância do erro experimental. Para levar em conta essa heterogeneidade de variância e o desbalanceamento da estrutura do experimento decorrente da alteração de cultivares testemunhas e de locais entre os anos, as análises foram procedidas pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) (Littell et al., 2006), com o uso do PROC MIXED do Statistical Analysis Systems (SAS Institute Inc., 2007). Esse método é particularmente conveniente para as circunstâncias desse experimento por permitir flexibilidade para a modelagem da matriz de covariância do erro.

Inicialmente, foram realizadas análises para avaliação do presente critério de lançamento de cultivares. Então, foram procedidas as análises estatísticas da produção de grãos em cada um dos ambientes de condução do experimento e a análise conjunta dos três anos. A análise conjunta compreendeu: a) estimação e testes de significâncias dos componentes de variância dos efeitos principais e das interações dos fatores genótipo, local e ano; b) teste de significância do efeito de genótipo; e c) comparações das linhagens com a testemunha mais produtiva, pelo teste de Dunnett. Nos testes foi adotado o nível de significância 0,05. Foram realizadas análises adicionais com o propósito de avaliar critérios alternativos de lançamento de cultivares de aveia com base estatística: lançar linhagens que não diferem da melhor testemunha e lançar linhagens superiores à melhor testemunha.

3 Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta as estimativas das médias dos genótipos nos anos de 2005, 2006 e 2007 e no conjunto desses três anos, as correspondentes médias das testemunhas mais produtivas e a média da melhor testemunha (tmp) acrescida de 5%. Pode-se observar que nenhuma média de linhagem alcançou o rendimento mínimo requerido pela CBPA (2.670 kg/ha).

Essas médias de genótipos estimam os efeitos dos genótipos confundidos com efeitos do

Tabela 1: Médias (em kg/ha) das linhagens e das testemunhas (T) nos anos de 2005, 2006 e 2007 e global desses três anos, médias das testemunhas mais produtivas nesses anos e média da melhor testemunha (tmp) acrescida de 5%.

Genótipo	Ano			Global
	2005	2006	2007	
UFPEL 0308	2.542	2.362	2.926	2.610
UFPEL 0312	2.565	2.138	2.783	2.495
UPF 97H200-4	2.298	1.964	2.467	2.243
UPF 18 (T)	1.467	1.150	-	1.309
UPFA 22 (T)	1.784	1.407	2.075	1.755
URS 21 (T)	2.606	2.183	2.758	2.516
GUAPA (T)	-	-	2.840	2.840
Test. mais prod.	2.606	2.183	2.840	2.543
tmp + 5%				2.670

erro experimental. Portanto, não há como discernir se a presença ou ausência de diferença entre a média de uma linhagem e a média da melhor testemunha acrescida de 5% é devida a efeito do genótipo ou a efeito do erro experimental. Assim, com o critério adotado pela CBPA, podem estar sendo declaradas mais produtivas que as cultivares recomendadas linhagens cujas produtividades não diferem dessas cultivares e não sendo declaradas mais produtivas linhagens com produtividades mais elevadas. Ademais, não há como avaliar os riscos dessas decisões. A adoção de critério baseado em metodologia estatística propicia processo de decisão objetivo que considera os efeitos do erro experimental e provê medida do risco de decisão sobre o lançamento de cultivares.

As Tabelas 2 a 5 apresentam os resultados das análises estatísticas. A análise conjunta dos três anos destacou as significâncias do efeito principal de Genótipo e das interações Genótipo×Local, Local×Ano e Genótipo×Local×Ano (Tabelas 2 e 3). Esses resultados revelam que os desempenhos dos genótipos variaram entre os locais e os anos de teste. A significância dessas interações recomenda que a avaliação dos desempenhos dos genótipos seja procedida com a consideração dessa variação entre locais e anos. Para esse propósito são particularmente relevantes análises de estabilidade e adaptabilidade (Caierão et. al., 2006) e de regionalização (Piana et. al., 2012).

Tabela 2: Análise conjunta dos três anos (2005, 2006, 2007) - Estimativas e testes de significâncias dos componentes de variância (teste de Wald).

Componente de variância	Estimativa	Z	Prob>Z
Ano	87.261	0,67	0,2513
Local	373.637	1,52	0,0645
Local×Ano	289.082	2,36	0,0091
Bloco (Ano×Local)	16.045	3,64	0,0001
Genótipo×Ano	0	.	.
Genótipo×Local	49.614	1,99	0,0235
Genótipo×Local x Ano	100.265	4,64	<0,0001

Tabela 3: Análise conjunta dos três anos (2005, 2006, 2007) - Teste de significância da variação devida a genótipos (teste F).

Fonte de variação	GL num.	GL den.	F	Prob.>F
Genótipo	6	9	17,35	0,0002

Tabela 4: Médias ajustadas dos genótipos (em kg/ha) - anuais e globais para os três anos (2005, 2006 e 2007) e respectivos erros padrões, médias das testemunhas mais produtivas nesses anos e média da melhor testemunha (tmp).

Ano:	2005		2006		2007		Global	
Genótipo	Média	e.p.	Média	e.p.	Média	e.p.	Média	e.p.
UPF 18 (T)	1.467	322,78	1.150	299,85	-	-	1.508	302,02
UPFA 22 (T)	1.784	322,78	1.407	299,85	2.075	329,95	1.810	297,65
URS 21 (T)	2.606	322,78	2.183	299,85	2.758	329,95	2.555	297,65
GUAPA (T)	-	-	-	-	2.840	329,95	2.620	318,36
UFPEL 0308	2.542	322,78	2.362	299,85	2.926	329,95	2.674	297,65
UFPEL 0312	2.565	322,78	2.138	299,85	2.783	329,95	2.546	297,65
UPF 97H200-4	2.298	322,78	1.964	299,85	2.467	329,95	2.282	297,65
Test. mais prod.	2.606		2.183		2.840		2.543	
tmp							2.670	

e.p. Erro padrão.

Tabela 5: Análise conjunta dos três anos (2005, 2006, 2007) - Comparações das linhagens com a testemunha mais produtiva (teste de Dunnett).

Linhagem	Melhor testemunha	dif ²	Prob.> t Dunnett	Intervalo ¹
UFPEL 0308	2005: URS 21	86,8	0,9721	(2.225,2.916)
UFPEL 0312	2006: URS 21	-41,0	0,9994	
UPF 97H200-4	2005: Guapa	-305,4	0,2135	

¹Intervalo de médias que não diferem da média da melhor testemunha e ² Diferença de médias.

Os resultados das comparações das linhagens com a melhor testemunha estão nas Tabelas 4 e 5. Globalmente nos três anos, nenhuma média de linhagem diferiu significativamente da média da melhor testemunha. Isso quer dizer que as diferenças de médias encontradas nessas comparações não podem ser atribuídas a diferenças de efeitos de genótipos; podem ter se originado exclusivamente do erro experimental. Assim, nenhuma linhagem mostrou-se com produtividade superior à da melhor testemunha. De fato, uma linhagem para ser significativamente superior à melhor testemunha deveria apresentar rendimento médio maior que 2.916 kg/ha (Tabela 5).

4 Conclusões

O presente critério para lançamento de cultivares de aveia é tendencioso e não provê medida do erro de decisão. Consequentemente, podem estar sendo lançadas linhagens de aveia com produtividades inferiores às das cultivares recomendadas, ou não sendo lançadas linhagens com produtividades iguais ou superiores a dessas cultivares.

A adoção de procedimento baseado em metodologia estatística propicia critério objetivo que distingue efeitos dos genótipos de efeitos do erro experimental e provê medida do erro de decisão, o que proporciona maior segurança da avaliação do potencial de linhagens.

Referências

- [1] CAIERÃO, E.; SILVA, M. S.; SCHEEREN, P. L.; DEL DUCA, L. J. A.; NASCIMENTO-JÚNIOR, A.; PIRES, J. L. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de

- trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Santa Maria, RS: Ciência Rural**, 36(4), 1112-1117, 2006.
- [2] FRITSCHÉ-NETO, R. Técnicas experimentais e suas relações com a Lei de Proteção de Cultivares. **Piracicaba: Departamento de Genética, ESALQ, USP**, 2013. Disponível em: http://www.genetica.esalq.usp.br/lgn0313/clsj/Aula06-Tecnicas_Exp_e_a.LPC.pdf.
- [3] LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D.; SCHABENBERGER. O. SAS® for Mixed Models, Second Edition. Cary, NC: **SAS Institute Inc.**, 2006. 813p.
- [4] PIANA, C. F. B.; SILVA, J. G. C.; ANTUNES, I. F. Regionalização para o cultivo do feijão no Rio Grande do Sul com base na interação genótipo x ambiente. **Lavras: Ceres**, 29, 213-224, 2012.
- [5] MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Informações aos usuários do SNPC. Brasília, 2008. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/agt/files/2010/05/Manual-sistema-de-prote%C3%A7%C3%A3o-de-cultivares.pdf>.
- [6] MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Registro Nacional de Cultivares. Orientação e Informações Técnicas. Brasília, 2007. 18p.
- [7] SAS INSTITUTE INC. SAS OnlineDoc® 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2007. Disponível em: <http://support.sas.com/onlinedoc/913/docMainpage.jsp>.
- [8] SILVA, J. G. C. A conceptual basis and a new approach to the planning of experiments. In: DESIGNED EXPERIMENTS: RECENT ADVANCES IN METHODS AND APPLICATIONS (DEMA2008). 2008. Cambridge, UK. Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences, Cambridge, UK. Cambridge, UK, University of Cambridge, 2008, v.1, p.1-2. Disponível em: <http://www.newton.ac.uk/programmes/DOE/Poster2/correa.pdf>.
- [9] SILVA, J. G. C. Estatística Experimental: Planejamento de experimentos. **Pelotas: Universidade Federal de Pelotas**, 2007. 531p. Disponível em: https://www.academia.edu/1873664/Estatistica_Experimental_Planejamento_de_Experimentos_-2007.