

Metodologias De Adaptabilidade Fenotípica Com Diferentes Distribuições

Webster Cristiano dos Reis Teixeira¹, Cintia Laerzio Trindade¹, João Guilherme Simões¹, Melquisadec de Souza Oliveira¹, Laís Mayara Azevedo Barroso¹, Gabi Nunes Silva¹, Moysés Nascimento²

1) Introdução

No melhoramento genético de plantas, quando o objetivo é selecionar ou recomendar genótipos para o plantio, o estudo da interação entre genótipo x ambiente é de extrema importância. Entretanto, tal estudo não fornece informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada cultivar diante das variações ambientais (CRUZ et al., 2012). Desta forma, tornam-se necessárias as análises de adaptabilidade e de estabilidade para a identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes.

Diversos métodos, para realização da análise de adaptabilidade e estabilidade, encontram-se na literatura. Embora úteis estes métodos não foram idealizados para valores fenotípicos que apresentam comportamento assimétrico. Na prática, a presença de fenótipos assimétricos pode proporcionar estimativas inadequadas, que não representem de melhor maneira a relação existente entre a variação ambiental e a resposta genotípica, visto que a média pode ser uma medida inadequada e enganosa de localização central, podendo levar o pesquisador a uma possível recomendação errônea do parâmetro de adaptabilidade.

Barroso, et al. (2015) propuseram o uso da Regressão quantílica (KOENKER; BASSETT, 1978) para dados com assimetria e outliers. Esta metodologia, diferente dos métodos que utilizam a média para explicar a relação entre a variável dependente e independente, generaliza essa relação funcional para qualquer quantil.

Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo comparar os resultados obtidos pelas metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Regressão Quantílica (RQ) com diferentes quantis para análise da adaptabilidade fenotípica, utilizando para tanto, valores fenotípicos simulados com diferentes distribuições (assimétricas à direita e à esquerda, e simétrica).

2) Material e Métodos

O método proposto por Eberhart e Russell (1966), baseia-se na análise de regressão linear simples, que mede a resposta de cada genótipo frente às variações ambientais. Dessa forma, para um experimento com g genótipos, a ambientes e r repetições define-se o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \Psi_{ijk}, \quad (1)$$

em que y_{ijk} é a média de genótipo i no ambiente j ; β_{0i} é a constante da regressão referente ao i -ésimo genótipo; β_{1i} é o coeficiente de regressão, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente; I_j é o índice ambiental padronizado, definido como

¹ Fundação Universidade Federal de Rondônia. Email: webstercristiano@gmail.com, cintialaerzio@gmail.com, simoesj.guilherme@gmail.com, melquisadec.oliveira@gmail.com, lais.barroso@unir.br, gabi.silva@unir.br.

² Universidade Federal de Viçosa. Email: moysesnascim@gmail.com.

$I_j = \frac{\sum_j Y_j}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ga}$, com $j = 1, \dots, a$; e Ψ_{ijk} são os erros aleatórios gerados independentemente e identicamente distribuídos (i.i.d.) com distribuição de probabilidade de interesse, os quais podem ser decompostos como: $\Psi_{ijk} = \delta_{ijk} + \bar{\epsilon}_{ijk}$, sendo δ_{ijk} o desvio da regressão e $\bar{\epsilon}_{ijk}$ erro experimental médio, em que $E(\psi_{ijk}) = 0$ e $Cov(\psi_{ijk}) = \sigma^2 Id_a$.

O estimador do parâmetro de adaptabilidade é dado por $\hat{\beta}_{li} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$ e a hipótese avaliada

pelo teste t é $H_{0i} : \beta_{li} = 1$, cuja estatística é dada por $t = \frac{\hat{\beta}_{li} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{li})}}$, em que $\hat{V}(\hat{\beta}_{li}) = \frac{QMR}{r \sum_j I_j^2}$. Esta

estatística está associada ao número de graus de liberdade do resíduo da análise de variância conjunta e ao nível de significância α .

O modelo estatístico da RQ para avaliação da adaptabilidade considerando a ambientes, g genótipos e r repetições pode ser definido da seguinte forma:

$$Y_{ij} = \beta_{0i}(\tau) + \beta_{li}(\tau) I_j + e_i(\tau) \quad (2)$$

em que $\beta_{0i}(\tau)$ é a constante da regressão; $\beta_{li}(\tau)$ é o coeficiente da regressão; $e_i(\tau)$ são os erros aleatórios independentes e identicamente distribuídos com quantil de ordem τ igual a zero; I_j é o

índice ambiental codificado $\left(I_j = \frac{\sum_j Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ga} \right)$ e τ refere-se ao quantil estimado ($\tau \in [0,1]$).

Neste estudo foram considerados cinco quantis $\tau = 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9$.

Para comparação das metodologias, foram simulados 100 genótipos a partir do modelo (1), considerando três diferentes distribuições de probabilidade para os erros, conforme descrito por Barroso, et al. (2015).

Para a simulação dos valores fenotípicos, considerou-se os valores do índice ambiental (I_i) para 20 ambientes e β_0 , que representa a média geral do experimento, obtidos a partir do conjunto de dados avaliados no estudo de Nascimento, et al. (2011) e ainda, $\beta_1 = 1$.

Com relação à distribuição dos erros, foram consideradas 3 situações distintas, isto é, com distribuições simétrica, e assimétricas à direita e à esquerda.

A inserção de assimetria à direita e à esquerda foi realizada somando-se e subtraindo-se, aos valores fenotípicos, resíduos amostrados de uma distribuição exponencial com parâmetro igual à

$\sqrt{\frac{r}{QMR}}$, onde r é o número de repetições ($r = 2$) e QMR (QMR = 55851) é o quadrado médio do

resíduo da análise conjunta, ou seja, $e_i \sim \text{Exp}\left(\sqrt{\frac{r}{QMR}}\right)$. Assim, os valores fenotípicos são dados

por:

$$y_{iad} = y_i + \exp\left(\sqrt{\frac{r}{QMR}}\right) e \quad y_{iae} = y_i - \exp\left(\sqrt{\frac{r}{QMR}}\right),$$

em que y_{iad} é o i -ésimo valor do fenótipo com distribuição assimétrica a direita e y_{iae} é o i -ésimo valor do fenótipo com distribuição assimétrica a esquerda.

Visando contemplar situações em que a distribuição dos valores fenotípicos é simétrica simularam-se resíduos independentes e identicamente distribuídos como uma distribuição normal, ou seja, $e_i \sim N(0, \sigma_e^2)$.

O processo de simulação apresentado anteriormente foi repetido 100 vezes permitindo assim, os cálculos dos Erros Quadráticos Médios ($EQM(\beta_1)$) associados a β_1 e da porcentagem de acerto do teste, uma vez que se testaram valores de $\beta_1 = 1$. Para todo o processo foi utilizado o software livre R (R Development Core Team, 2013).

3) Resultados e Discussões

A regressão quantílica, que segundo Barroso, et. al. (2015) é menos influenciada por pontos extremos, obteve resultados inferiores de $EQM(\beta_1)$ e porcentagem de acerto, em relação à Eberhart e Russell (1966) para o caso onde a distribuição dos valores fenotípicos é simétrica. Tal resultado já era esperado visto que a obtenção das estimativas de adaptabilidade por meio do método de Eberhart e Russell (1966) é fundamentada na minimização dos erros (MQO), procedimento este considerado satisfatório quando as pressuposições do modelo são atendidas, mais especificamente a normalidade (simetria) dos erros.

De acordo com os valores de $EQM(\beta_1)$ e porcentagem de acertos observados na Tabela 1, a regressão quantílica obteve resultados melhores àqueles obtidos pelo Eberhart e Russell (1966), quando são considerados fenótipos com distribuições assimétricas (Tabela 1). Para o caso de assimetria à direita o valor de $EQM(\beta_1)$ foi 0,0044 para a metodologia de Eberhart e Russell e 0,0015, para a RQ(0,1). Além disso, as porcentagens de acerto para os quantis $\tau = 0,1$ e $\tau = 0,3$ foram maiores que no método de Eberhart e Russell (1966). Para fenótipos com presença de assimetria à esquerda os quantis $\tau = 0,7$ e $\tau = 0,9$ obtiveram melhores valores de $EQM(\beta_1)$ e porcentagem de acerto. Diante destes resultados observa-se que na presença de assimetria a RQ obteve melhores resultados, como descrito em Barroso, et al. (2015). Vale ressaltar que o menor quantil ($\tau = 0,1$) para a assimetria à direita e maior para a assimetria à esquerda ($\tau = 0,9$) obteve os melhores resultados neste trabalho.

Tabela 1: Resultados dos valores de EQM e Porcentagem de acerto para as metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Regressão Quantílica.

Distribuição do fenótipo	Método	$EQM(\beta_1)$	Porcentagem de acerto
Assimetria à direita	Eberhart e Russell	0,0044	94,68
	RQ (0,1)	0,0015	98,83
	RQ(0,3)	0,0022	98,34
	RQ(0,5)	0,0049	94,23
	RQ(0,7)	0,0097	83,53
	RQ(0,9)	0,0371	51,63
Assimetria à esquerda	Eberhart e Russell	0,0044	94,63

	RQ (0,1)	0,0369	50,81
	RQ(0,3)	0,0097	83,29
	RQ(0,5)	0,0044	94,55
	RQ(0,7)	0,0022	98,20
	RQ(0,9)	0,0015	98,89
	Eberhart e Russell	0,0044	95,00
Simétrico	RQ (0,1)	0,0149	72,50
	RQ(0,3)	0,0078	86,06
	RQ(0,5)	0,0069	87,88
	RQ(0,7)	0,0077	85,92
	RQ(0,9)	0,0148	73,19

4) Conclusões

Os resultados encontrados mostraram que a RQ apresenta melhores resultados para fenótipos com distribuições assimétricas. Assim, devido a importância econômica do lançamento de um novo cultivar, deve-se fazer o tratamento adequado para os fenótipos.

5) Referências

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4.ed. Viçosa: UFV, v.1, 2012. 514p.
- BARROSO, L. M. A.; NASCIMENTO, M.; NASCIMENTO, A. C. C.; SILVA, F. F. E.; CRUZ, C. D.; BHERING, L. L.; FERREIRA, R. D. P. Metodologia para análise de adaptabilidade e estabilidade por meio de regressão quantílica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 50, n. 4, p. 290–297, 2015.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, v.6, p.36-40, 1966.
- KOENKER, R.; BASSETT, G. Regression Quantiles. *Econometrica*, v. 46, p. 33-50, 1978.
- NASCIMENTO, M; SILVA, F. F.; SÁFADI, T.; [NASCIMENTO, A. C. C.](#); FERREIRA, R. de P.; [CRUZ, C. D.](#) Abordagem bayesiana para avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de alfafa. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, p. 26-32, 2011.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.