

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

A TECNOLOGIA DE MANEJO DO NITROGÊNIO NAS RELAÇÕES DE CAUSA EFEITO SOBRE A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS PELOS COMPONENTES DA PANÍCULA DE AVEIA VOLTADA A ALIMENTAÇÃO¹

Rubia Diana Mantai², Osmar Bruneslau Scremin³, Ari Higino Scremin⁴, Eldair F. Dornelles⁵, Rafael Z. Franz⁶, José Antonio Gonzalez Da Silva⁷.

¹ Parte dos resultados de pesquisa desenvolvida pelo DEAg/UNIJUI

² Doutoranda em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI, rdmantai@yahoo.com.br

³ Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI, osmarscremin@hotmail.com

⁴ Mestrando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI, ahscremin@hotmail.com

⁵ Mestrando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI, eldair.dornelles@gmail.com

⁶ Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI, rzfrantz@unijui.edu.br

⁷ Professor do Departamento de Estudos Agrários da UNIJUI, jagsfaem@yahoo.com.br

Introdução

A aveia representa uma excelente alternativa de cultivo, encontrando-se em expansão no sul do Brasil, proporcionando diversificação no sistema de produção. É utilizada como cobertura e proteção do solo, assim como fonte de alimentação humana e animal (HAWERROTH et al., 2015). Sua produção é dependente da combinação de diversos fatores, entre eles o manejo da adubação nitrogenada, promovendo efeitos que alteram a expressão dos componentes de produtividade de grãos, sejam eles diretos ou indiretos pertencentes à panícula (BENIN et al., 2012; MANTAI et al., 2016). O nitrogênio é um fertilizante essencial ao desenvolvimento das plantas, exercendo forte influência na definição da produtividade da cultura (PRANDO et al., 2013). Pequenas doses de N limitam a produtividade, porém, doses elevadas podem ocasionar o acamamento das plantas, reduzindo a produtividade e a qualidade dos grãos, além do gasto desnecessário com o produto e a poluição ambiental (MOHR et al., 2007).

Estudos têm demonstrado que tanto a produtividade como a qualidade dos grãos de aveia são incrementadas pela adubação nitrogenada (BENIN et al., 2012). Silva et al. (2015) verificaram que doses de N no sistema milho/trigo exercem efeitos significativos sobre a produtividade de grãos, sendo os componentes da inflorescência modificados via massa de mil grãos e massa de grãos por panícula. Junying et al. (2010) verificaram que a produtividade de grãos se mostrou dependente da massa de panícula e do número de grãos da panícula, com correlações positivas com a produtividade de grãos. De acordo com Cover et al. (2011) é extremamente importante as relações que se dão sobre a massa da panícula da aveia, pois inclui tanto o número de grãos como a massa de grãos, que são decisivos sobre a produtividade final da cultura e podem ser modificados pela adubação nitrogenada.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

O uso de técnicas que verificam a influência direta e indireta dos componentes da inflorescência por relações de causa e efeito da ação do nitrogênio, representa uma nova estratégia para seleção de genótipos com características que otimizam o uso do nutriente, expressando alta produtividade de grãos e sustentabilidade.

O objetivo do estudo foi dimensionar os efeitos diretos e indiretos dos componentes da panícula de aveia sobre a produtividade de grãos pela ação de causa e efeito do manejo da tecnologia de uso de nitrogênio pelas doses de fornecimento de nutriente em sistemas de sucessão de reduzida liberação de N-residual.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido nos anos agrícola de 2013 e 2014, na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) pertencente ao Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da UNIJUÍ no município Augusto Pestana, RS. Nos dois anos, a semeadura foi realizada na primeira semana de junho com semeadora-adubadora para composição da parcela constituída de 5 linhas de 5 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20 m, formando a unidade experimental de 5 m². Nos experimentos foi aplicado na semeadura 60 e 50 kg/ha de P₂O₅ e K₂O com base nos teores de P e K no solo para expectativa de produtividade de grãos de 3 t/ha, respectivamente, e de N na base com 10 kg/ha, sendo o restante para contemplar as doses propostas em cobertura no estágio indicado de quarta folha expandida com presença de colar. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo esquema fatorial 3 x 2 para as doses de N-fertilizante (30, 60 e 120 kg/ha) com a fonte ureia e cultivares de aveia (Barbarasul e Brisasul), em um sistema de cultivo de alta relação C/N (sistema milho/aveia).

A produtividade de grãos (PG) foi obtida pelo corte de três linhas centrais de cada parcela no estágio de maturidade de colheita, com umidade de grãos ao redor de 22%. As plantas foram trilhadas com colheitadeira estacionária e direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos para 13% e pesagem para estimativa da produtividade de grãos (PG, kg/ha). Na análise dos componentes da panícula, realizou-se a coleta aleatória de 20 panículas de aveia por unidade experimental, que foram direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos em 13%, e, posterior, decomposição dos componentes da inflorescência. Portanto, foi mesurado o comprimento da panícula (CP, cm), número de espiguetas da panícula (NEP, n), número de grãos da panícula (NGP, n), massa da panícula (MP, g), massa de grãos da panícula (MGP, g) e índice de colheita da panícula (ICP, g/g) dada pela relação da massa do grão da panícula pela massa da panícula (Figura 1).

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

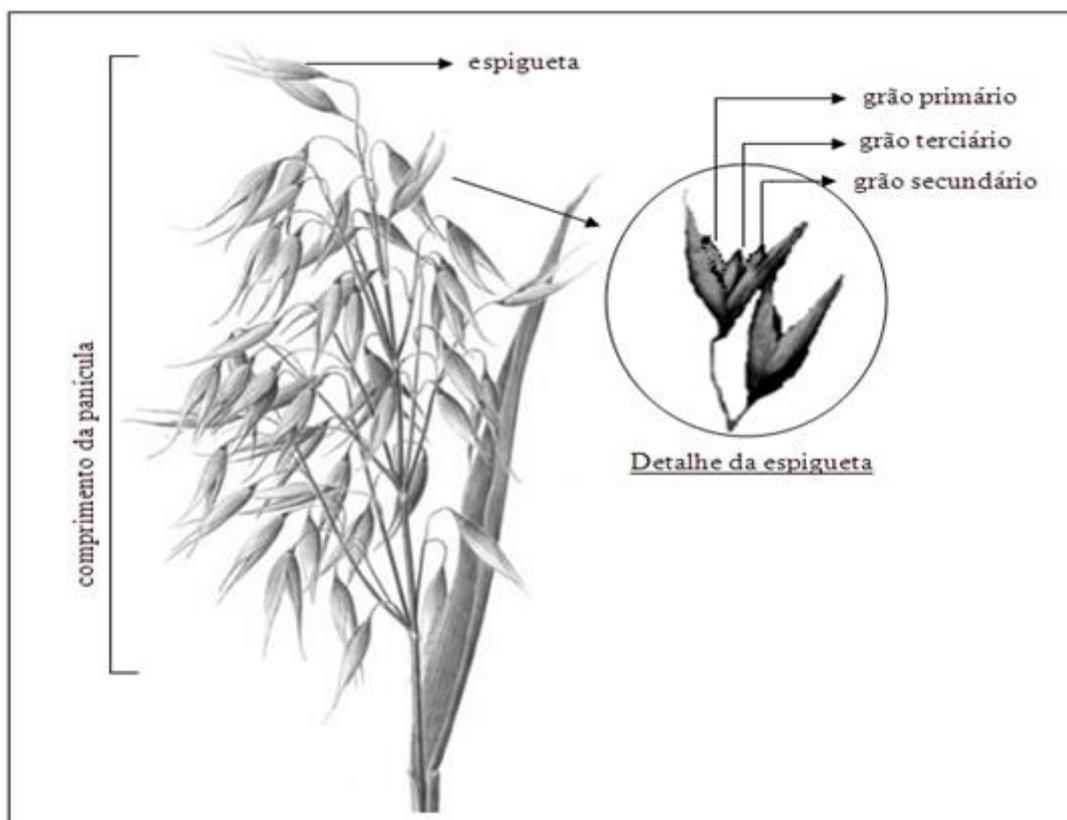


Figura 1. Detalhe da panícula da aveia branca, base de análise para decomposição dos componentes da inflorescência

Embora evidenciada a presença de interação entre os fatores, os efeitos para estimativa da contribuição relativa pelas doses de nitrogênio foram dimensionadas por ano agrícola pelo efeito conjunto de cultivares, pois se trata de inferências a serem generalizadas sobre a espécie e não a uma cultivar. Foi realizada análise de contribuição relativa pelo efeito do nitrogênio pela distância de Mahalanobis. A contribuição relativa foi avaliada pelo método de Singh com base na estatística S.j. Assim tem-se,

$$D_{ii}^2 = \delta' \psi^{-1} \delta = \sum_{j=1}^n \sum_{j'=1}^n \omega_{jj'} d_j d_{j'}$$

em que: D_{ii}^2 = distância de Mahalanobis entre os tratamentos i e i' ; V = matriz de variâncias e covariâncias residuais; $M' = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_n]$, sendo $d_j = Y_{ij} - Y_i'j = Y_{ij}$; Y_{ij} = média da i -ésima dose em relação ao j -ésimo caráter; Var = elemento da j -ésima linha e j' -ésima coluna da inversa da matriz de variâncias e covariâncias residuais.

O total das distâncias envolvendo todos os pares de tratamentos é dado por:

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

$$\sum_{i < j} \sum_i D_{ij}^2 = \sum_m D_m^2 = \sum_{j=1} S_j$$

Os valores percentuais da contribuição relativa (S_j) constituem a medida da importância relativa da variável j . A análise de trilha foi realizada para detecção de efeitos diretos e indiretos das variáveis sobre a produtividade de grãos nas doses de fornecimento de nitrogênio. Portanto, nesta análise, foi considerado o efeito conjunto de anos e cultivares para posterior decomposição de efeitos diretos e indiretos pela análise de trilha. Sendo Y (produtividade de grãos) a variável principal resultante da ação conjunta de outras variáveis (componentes da panícula), é obtido seguinte modelo:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

em que X_1, X_2, \dots, X_n são variáveis explicativas e Y a variável principal (ou dependente). Por este modelo, foram estimados os efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável principal. Os coeficientes de trilha foram estimados a partir de um sistema de equações, sendo,

$$X'Y = \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ \vdots \\ r_{ny} \end{bmatrix} \quad X'X = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{12} & 1 & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1n} & r_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad \hat{\beta} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_n \end{bmatrix}$$

sendo: r_{ij} = correlação entre a variável principal (y) e a i -ésima variável explicativa; p_i = medida do efeito direto da variável i sobre a variável principal; p_{jri} = medida do efeito indireto da variável i , via variável j , sobre a variável principal. Para todas as determinações foi empregado o programa computacional Genes.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, dos valores médios no ano de 2013, houve uma tendência de incremento na expressão das variáveis da dose de N mais reduzida para a intermediária (60 kg N/ha), promovendo maior produtividade, porém, a dose mais elevada buscou promover a redução das variáveis testadas em comparação a dose intermediária. No ano de 2014, a grande maioria das variáveis obteve um incremento da média geral na dose mais elevada de nitrogênio, demonstrando uma linearidade frente ao acréscimo de nitrogênio. De et al. (2007), também obtiveram resultados que mostraram respostas significativas de produtividade e qualidade da aveia à aplicação de nitrogênio, assim como, nos componentes de produção com o enriquecimento do N.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 1. Análise dos valores médios e contribuição relativa pela distância de Mahalanobis para os caracteres ligados a produção da aveia branca.

Variáveis	Estatística Descritiva – Médias						Contribuição Relativa (%)	
	2013			2014			2013	2014
	30	60	120	30	60	120		
PG	2583	3003	2821	2492	2827	3019	7.30	5.03
MP	2.21	2.37	1.94	2.87	3.22	3.36	37.70	19.10
MGP	1.88	2.08	1.65	1.76	2.16	2.25	36.99	41.32
NEP	35	40	37	45	52	54	10.67	2.82
NGP	68	73	62	81	94	100	0.83	3.18
CP	18.28	18.05	18.46	19.90	19.98	20.88	0.92	0.12
ICP	0.84	0.87	0.84	0.61	0.66	0.66	5.56	28.39

PG= produtividade de grãos (kg/ha); MP= massa da panicula (g); MGP= massa de grãos da panicula (g); NEP= número de espiguetas por panicula (contagem); NGP= número de grãos por panicula (contagem); CP= comprimento da panicula (cm); ICP= índice de colheita da panicula (MGP/MP).

Em relação à contribuição relativa no ano de 2013 (Tabela 1), foi identificado a MP e a MGP como as variáveis mais responsivas em promover alterações. Fato também observado no ano de 2014, onde a MGP obteve maior contribuição relativa. Destaca-se no ano de 2014, uma magnitude de certa forma expressiva pela MP, porém, bem inferior à observada pelo ICP, caráter com a segunda maior contribuição frente à variabilidade em função das doses do N-fertilizante. Kurek et al. (2002) destaca que das variáveis de panicula analisada em aveia a MP foi a mais efetiva na diferenciação entre os indivíduos.

A análise dos diferentes caracteres da planta no estudo dos caracteres correlacionados favorecem a escolha de genótipos e ou manejo que permitam uma melhor performance quando positivamente ligado a produtividade de grãos (GALARÇA et al., 2010). Porém, os coeficientes obtidos não informam a respeito das relações de causa e efeito entre as variáveis explicativas e a principal (PG), sugerindo junto aos modelos de correlação a utilização da análise de trilha.

Na Tabela 2 de correlação e trilha, fato relevante foi a ausência de correlação entre todas as variáveis testadas com a PG, tanto no sistema mais reduzido de fornecimento de N-fertilizante como na condição mais elevada. Tal resposta levanta à hipótese que o N em reduzidas quantidades e sob condição mais restritiva de liberação do N-residual não foi suficiente no estímulo a expressão destes caracteres, principalmente aqueles que evidenciam maior responsabilidade à alteração pelas doses do nitrogênio, como a MP e a MGP (Tabela 1). Além disto, na dose mais elevada, o suprimento do nitrogênio talvez tenha sido suprido à capacidade máxima de absorção pela planta, não permitindo expressar possíveis correlações. Tais hipóteses tendem a ser reforçadas pela presença de correlação entre todas as variáveis com a PG na dose intermediária (60 kg N/ha), apenas com exceção da PG x MGP. Inclusive, a correlação PG x MP indicou uma associação negativa que mesmo a PG tendendo a direcionar uma contribuição direta positiva, uma forte contribuição indireta negativa via NEP foi condicionada.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 2. Correlação e trilha nas doses de nitrogênio em aveia no sistema milho/aveia.

Y	Efeito	Doses N (kg/ha)			Y	Efeito	Doses N (kg/ha)		
		30	60	120			30	60	120
MP	r (PG)	-0,04 ^{ns}	-0,64*	0,23 ^{ns}	NGP	r (PG)	0,09 ^{ns}	-0,52*	0,27 ^{ns}
	D: PG	-0,08	0,41	0,05		D: PG	0,02	-0,11	0,49
	ID: MGP	-0,02	0,15	-0,60		ID: MP	-0,06	0,39	0,07
	ID: NEP	-0,31	-0,94	0,23		ID: MGP	-0,01	0,09	-0,58
	ID: NGP	0,02	0,01	0,48		ID: NEP	-0,31	-0,90	0,24
	ID: CP	0,49	-0,41	-0,16		ID: CP	0,58	-0,13	-0,17
	ID: ICP	-0,14	0,14	0,23		ID: ICP	-0,13	0,14	0,22
MGP	r (PG)	0,14 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	CP	r (PG)	0,19 ^{ns}	-0,54*	0,16 ^{ns}
	D: PG	-0,09	0,25	-0,63		D: PG	0,62	-0,15	-0,19
	ID: MP	0,01	0,20	0,05		ID: MP	-0,06	0,36	0,05
	ID: NEP	-0,05	-0,61	0,20		ID: MGP	-0,02	0,01	-0,53
	ID: NGP	0,01	0,01	0,45		ID: NEP	-0,30	-0,89	0,22
	ID: CP	0,19	-0,04	-0,16		ID: NGP	0,05	0,01	0,44
	ID: ICP	0,07	0,09	0,17		ID: ICP	-0,10	0,12	0,17
NEP	r (PG)	-0,03 ^{ns}	-0,70*	0,27 ^{ns}	ICP	r (PG)	0,15 ^{ns}	0,78*	-0,38 ^{ns}
	D: PG	-0,34	-0,94	0,24		D: PG	0,19	0,38	-0,26
	ID: MP	-0,07	0,27	0,07		ID: MP	0,07	0,01	-0,70
	ID: MGP	-0,04	0,05	-0,55		ID: MGP	-0,03	0,49	0,42
	ID: NGP	0,02	0,07	0,48		ID: NEP	0,26	-0,14	-0,19
	ID: CP	0,54	-0,20	-0,18		ID: NGP	-0,01	0,01	-0,41
	ID: ICP	-0,14	0,05	0,21		ID: CP	-0,33	0,03	0,13
Parâmetros		Doses de nitrogênio (kg/ha)							
		30	60	120					
R ²		0,72	0,83	0,79					
Valor de k		0,0589956	0,0520478	0,0520478					

Y= variável; PG= produtividade de grãos (kg/ha); MP= massa da panícula (g); MGP= massa de grãos por panícula (g); NEP= número de espiguetas por panícula; NGP= número de grãos por panícula; CP= comprimento da panícula (cm); ICP= índice de colheita da panícula (MGP/MP, g/g); r= correlação; D= efeito direto; ID= efeito indireto; R²= coeficiente de determinação; k= coeficiente de linearização; * = Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste; ns= Não significativo.

A correlação PG x NEP também identificou uma relação negativa, ao ponto que nesta condição o forte efeito direto via PG foi a determinante (Tabela 2). Porém, destaca-se também, nesta condição, uma correlação negativa da PG x NGP, de grande efeito indireto negativo via NEP. Inclusive o CP também mostrou relação negativa e significativa com a PG, trazendo consigo o elevado efeito indireto negativo pelo NEP. Portanto, tanto o CP, como o NGP, têm a correlação negativa favorecida pelo NEP, sugerindo que o desenvolvimento de novos genótipos que incrementem este caráter pode trazer consequências numa condição mais restritiva de N-fertilizante e/ou residual. Ressalta-se a correlação positiva identificada da PG x ICP, principalmente pelo efeito indireto da MGP. Portanto, numa análise geral, a correlação direta PG x ICP ou pelo efeito indireto da MGP sobre as demais variáveis parece trazer benefícios mais positivos na dinâmica de relações sobre a

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

aveia produtora de grãos. Conforme Wang et al. (2009), os níveis de fertilizantes podem aumentar significativamente o número de espiguetas, o comprimento da panícula, o peso da panícula e a produtividade de forragem e de sementes. Porém Benin et al. (2012) perceberam que os caracteres número de grãos por planta, ciclo vegetativo e estatura da planta apresentaram coeficientes de correlação genética positivos, e efeito direto negativo sobre a variável principal peso de grãos, concluindo que maiores efeitos diretos e indiretos provêm das variáveis peso da panícula, número de panícula por planta e peso médio de grãos, as quais podem ser utilizadas com sucesso na produtividade de grãos. As distintas associações nos efeitos diretos e indiretos dos caracteres da inflorescência da aveia branca demonstram a importância das análises frente às doses de nitrogênio e sistema de cultivo de diferentes relações C/N a fim de possibilitar a escolha de variáveis que forneçam uma otimização na produção final de grão.

Conclusão

A qualificação do entendimento sobre a tecnologia de uso de N-fertilizante sobre as relações entre o componentes de produtividade da aveia trazem importantes informações para compreensão da dinâmica de alteração do platô de produtividade. A massa da panícula e de grãos da panícula são os componentes que evidenciam maior sensibilidade de alteração pelas doses de nitrogênio em sistema de alta relação C/N.

Palavras-chave:

Avena Sativa; inflorescência; ureia; correlação; análise de trilha

Agradecimentos

À CAPES, CNPq, FAPERGS e à UNIJUÍ, pelo aporte dos recursos destinados ao desenvolvimento deste estudo e pelas bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica, de Pós-graduação e de Produtividade em Pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Benin, G. et al. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.34, p.275-283. 2012.
- Cover, C. et al. Caracterização fenotípica e genotípica de caracteres agronômicos em uma população de linhagens recombinantes de aveia. *Ciência Rural*, 41: 573-579, 2011.
- De, K. et al. Effects of Nitrogen Application on the Yield and Quality of Oat in Qinghai-Tibet Plateau. *Qinghai Academy of Animal and Veterinary Science*, 2007.
- Galarça, S. P. et al. Correlação de Person e Análise de trilha identificando variáveis para caracterizar porta enxerto de *Pyrus communis* L. *Ciência e Agrotec.*, 34(4):860-869, 2010.
- Hawerth, M. C. et al. Importância e dinâmica de caracteres na aveia produtora de grãos. *Embrapa Clima Temperado, Documentos 376*, 2014.
- Junying, W. et al. Yield performance of different oat varieties and correlation of its components. *Journal of Inner Mongolia Finance and Economics College*, 2010.
- Kurek, A. J. et al. C. Coeficiente de correlação entre caracteres agronômicos e de qualidade do grão e sua utilidade na seleção de plantas em aveia. *Ciência Rural*, 32:371-376, 2002.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Mantai, R. D. et al. The dynamics of relation oat panicle with grain yield by nitrogen. American Journal of Plant Sciences, 7:17-27, 2016.

Mohr, R. M. et al. The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality. Canadian Journal of Soil Science, 87:459-468, 2007.

Prando, A. M. et al. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Tropical, 43:34-41, 2013.

Silva, J. A. G. et al. Adaptability and stability of yield and industrial grain quality with and without fungicide in brazilian oat cultivars. American Journal of Plant Sci., 6:1560, 2015.

Wang, J. et al. Effects of different levels of nitrogen and potassium on production trait of Qingyin No.1 oat. Pratacultural Science 26: 81-85, 2009.