

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

FUNÇÕES DE ESTIMATIVA DA MÁXIMA EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DE USO DO NITROGÊNIO NO SISTEMA SOJA/AVEIA À PRODUTIVIDADE E QUALIDADE QUÍMICA DE GRÃOS DE AVEIA À ALIMENTAÇÃO HUMANA¹

Douglas César Reginatto², Eldair Fabricio Dornelles³, Ari Higino Scremin⁴, Anderson Marolli⁵, Rubia Diana Mantai⁶, José Antonio Gonzales Da Silva⁷.

¹ Parte dos resultados de pesquisa desenvolvida pelo DEAg/UNIJUÍ

² Mestrando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

³ Mestrando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

⁴ Mestrando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

⁵ Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

⁶ Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

⁷ Professor do Departamento de Estudos Agrários, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

A aveia branca tem assumido forte expressão no sul do Brasil, dentre os destaques em maior produção, está o estado do Rio Grande do Sul (Conab, 2016). Em relação à importância do cultivo da aveia, se destaca o fato de proteção de solo pela excelente qualidade de palha, que proporciona boa cobertura ao solo (Mantai et al., 2016). No que se refere à alimentação, é uma espécie que se destaca pela qualidade das proteínas e fibras solúveis, sendo um alimento funcional de grandes benefícios à saúde por apresentar em sua composição a fibra β -glucana (Hawerth et al., 2015). Devido a isso, o aumento do consumo de seus derivados vem proporcionando uma grande demanda de produtividade em todo o território nacional (Kaspary et al., 2015).

Para o incremento da produtividade, além da quantidade de matéria orgânica do solo e da composição dos resíduos vegetais, entre outros fatores, as plantas dependem da adequada disponibilidade de nutrientes (Mantai et al., 2015). O nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos pelas gramíneas e em um sistema de menor liberação de N-residual, existe a necessidade de uma maior dose do nutriente (Silva et al., 2015). No entanto, a disponibilidade demasiada de nitrogênio aumenta os riscos de poluição ambiental além de aumento dos custos de produção, por isso é fundamental o manejo adequado do nitrogênio uma vez que o seu correto fornecimento às plantas, afeta a qualidade dos grãos, alterando as concentrações de proteínas, lipídeos e a síntese de amido (Mantai et al., 2016; Hawerth et al., 2015). Deste modo, é cada vez maior a demanda por cultivares altamente produtivas, de elevada qualidade e eficientes em resposta às melhorias de estímulos ambientais ao uso do nitrogênio (Silva et al., 2012). Portanto, a otimização de uso de nitrogênio pode determinar um melhor ajuste das doses do nutriente visando incrementar a produtividade junto à qualidade dos grãos de aveia, principalmente, na máxima eficiência

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

econômica, que é responsável pela diminuição do custo de produção. Assim, o objetivo do estudo é a estimativa da máxima eficiência técnica e econômica de uso do nitrogênio voltada à expressão da produtividade e análise do comportamento da produtividade e qualidade química dos grãos de aveia com aplicação de diferentes doses de nitrogênio no sistema soja/aveia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 2014, no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR), pertencente ao Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da UNIJUÍ, localizado no município de Augusto Pestana-RS. A semeadura foi realizada sobre a cobertura vegetal de baixa relação C/N (sistema soja/aveia). O delineamento foi de blocos ao acaso, seguindo um esquema fatorial 2x4 nas fontes de variação cultivares (URS Taura e URS Tarimba) e doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 kg ha⁻¹). As parcelas foram formadas de 5 linhas espaçadas 0,20 m entre si, com 5 m de comprimento, resultando em 5 m² por unidade experimental. As análises químicas foram realizadas com o aparelho espectrômetro NIR (do inglês - Near infrared Reflectance), através da espectrofotometria do infravermelho proximal. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para detecção da presença ou ausência de interação entre os fatores. Com base nestas informações, foi efetuado o teste de comparação de médias por Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Foi realizado ajuste de equações de regressão visando à máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE) para caracteres de produtividade e qualidade química de grãos pelas doses de nitrogênio em aveia branca. Os dados meteorológicos foram obtidos pela Estação Meteorológica Automática do IRDeR, instalada a 500 metros do experimento. Para realização das análises foi utilizado o programa computacional Genes (Cruz 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, é possível observar que no momento de aplicação de nitrogênio, as médias de temperatura máxima se mostraram próximas a 15°C. Além disso, o solo apresentava condições de umidade favorável, devido ao acúmulo de chuvas em dias anteriores. Por outro lado, o elevado volume de chuvas durante o ciclo proporcionou períodos menores de insolação, o que reduz a eficiência de fotossíntese pela planta. Estes fatos, justificam a baixa produtividade de grãos obtida neste ano, caracterizando o ano como desfavorável (AD) ao cultivo.

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

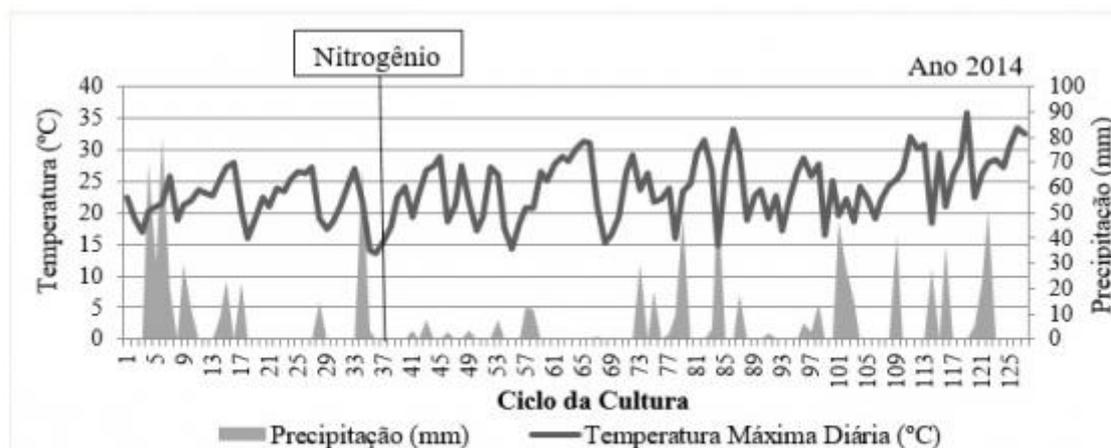


Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperatura máxima diária no ciclo da aveia e Nitrogênio.

Na Tabela 1 do resumo da análise de variância, é possível observar que além da produtividade de grãos a composição química dos grãos de aveia, amido e proteína bruta, também foram alteradas pelas doses de nitrogênio. Por outro lado, as variáveis fibra bruta, cinza e energia não se mostraram significativas frente ao uso das doses de nitrogênio. Além disso, é observada uma média geral consideravelmente baixa para a produtividade de grãos, em torno de 599 Kg ha⁻¹.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos efeitos de doses de nitrogênio sobre a aveia branca na expressão dos caracteres de produtividade e qualidade química em resíduo de soja.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio / Produtividade de grãos e qualidade química					
		PG (kg ha ⁻¹)	AM (g kg ⁻¹)	PB (g kg ⁻¹)	FB (g kg ⁻¹)	CZ (g kg ⁻¹)	EN (Mj kg ⁻¹)
Sistema soja/aveia (URS Taura+ URS Tarimba)							
2014							
Bloco	7	42536	49,53	12,91	26,05	14,10	0,06
Dose (N)	3	297066*	97,61*	392,70*	37,54	16,03	0,22
Erro	21	17887	26,87	3,97	9,56	5,29	0,04
Total	31						
Média Geral		599	420	109	124	29,46	11,71
CV (%)		22,29	1,23	1,81	2,47	7,80	1,86

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$) pelo teste F; CV- Coeficiente de variação; GL- Graus de Liberdade; Dose (N) = doses de nitrogênio (kg ha⁻¹); Produtividade de grãos (RG); Amido (AM); Proteína Bruta (PB); Fibra Bruta (FB); Cinzas (CZ); Energia (EN).

Na Tabela 2, de comparação de médias foi possível verificar que para a variável produtividade de grãos, a dose de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio apresentou comportamento similar a dose mais elevada de

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

nutriente (180 kg ha⁻¹). Em relação as variáveis amido e proteína bruta, a dose mais elevada de nitrogênio foi a que apresentou as maiores médias, porém com valores muito próximo ao observado nas outras doses de nitrogênio. No entanto, quando a necessidade de nitrogênio para a produtividade de grãos é satisfeita, o nitrogênio é usado para aumentar a concentração de proteína. Neste caso, os tratamentos utilizados suprimiram a necessidade de nitrogênio para esses processos metabólicos, contribuindo para o incremento das duas variáveis.

Tabela 2. Análise de médias de caracteres de produtividade e qualidade química de aveia branca, submetidas a diferentes doses de N em sistemas de plantio e anos de cultivo.

Doses de N (Kg ha ⁻¹)	PG (Kg ha ⁻¹)	AM (g kg ⁻¹)	PB (g kg ⁻¹)	FB (g kg ⁻¹)	CZ (g kg ⁻¹)
Sistema soja/aveia (URS Taura + URS Tarimba)					
0	347 c	416 b	100 c	-	-
60	720 a	420 b	109 b	-	-
120	555 b	420 b	110 b	-	-
180	776 a	425 a	117 a	-	-

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical, não diferem entre si na probabilidade de 5% de erro pelo teste de Scott & Knott. Produtividade de grãos (RG); Amido (AM); Proteína Bruta (PB); Fibra Bruta (FB); Cinzas (CZ).

Na Tabela 3, do resumo da análise de variância de regressão e parâmetros, as equações que expressam a produtividade de grãos apresentaram comportamento linear e quadrático significativos. A máxima eficiência técnica (MET) foi obtida através do ajuste da equação quadrática, pelo modelo matemático:

$$MET = -\frac{b_1}{2b_2}$$

O qual resultou na dose ajustada de nitrogênio de 171 kg ha⁻¹, com uma perspectiva de produtividade de grãos de aproximadamente 718 kg ha⁻¹.

Para obtenção da máxima eficiência econômica (MEE) foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$MEE = \frac{\left(\frac{t}{w}\right) - b_1}{2b_2}$$

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

Sendo *t* o valor do insumo (ureia) e *w* o valor do produto (aveia branca), que neste período correspondia o custo de R\$1,33 ao quilograma de ureia e R\$0,90 o valor pago ao produtor pelo quilograma de aveia branca. Resultando em uma dose ajustada de 105 kg ha⁻¹ de nitrogênio, para uma expectativa de produtividade de grãos de 669 kg ha⁻¹. Portanto, através da máxima eficiência econômica é possível observar uma diminuição insignificante na produtividade de grãos com relação à dose ajustada pela máxima eficiência técnica. A variável amido (AM) não apresentou equações significativas e a variável proteína bruta (PB) apresentou apenas equações lineares significativas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância de regressão e parâmetros da equação na estimativa da máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE) para caracteres de produtividade de grãos e qualidade química pelas doses de N.

Variável y	QM _y	Equação $y = b_0 \pm b_1x \pm b_2x^2$	P (b _{ix} ^{ns})	R ²	N _{MET} (kg ha ⁻¹)	Y _{MET}	N _{MEE} (kg ha ⁻¹)	Y _{MEE}
PG (Kg ha ⁻¹)	L*	431+1,86x	*	76				
	Q*	393+3,78x-0,011x ²	*	70	171	718	105	669
AM (g kg ⁻¹)	L ^{ns}							
	Q ^{ns}							
PB (g kg ⁻¹)	L*	101,8+0,08x	*	90				
	Q ^{ns}							

*Significância do parâmetro de inclinação a 0,05 de probabilidade de erro pelo teste t; ns - Não significativo a 0,05 de probabilidade de erro; Produtividade de grãos (PG); Amido (AM); Proteína Bruta (PB); Fibra Bruta (FB); Cinzas (CZ); L - Equação linear; Q - Equação quadrática; R² - Coeficiente de determinação; P (b_{ix}^{ns}) - Parâmetro de inclinação da reta; N_{MET}- Dose de nitrogênio pela máxima eficiência técnica; Y_{MET}- Valor estimado pela máxima eficiência técnica; N_{MEE}- Dose de nitrogênio pela máxima eficiência econômica; Y_{MEE}- Valor estimado pela máxima eficiência econômica.

CONCLUSÃO

As doses de máxima eficiência técnica e econômica indicaram-se ajustadas em 171 e 105 kg ha⁻¹ de nitrogênio à produtividade de grãos, respectivamente. No entanto, a expectativa desejada de produtividade foi insignificante, considerando o elevado custo do insumo e o retorno obtido neste ano de cultivo. Portanto, a dose de 60 kg ha⁻¹ se mostrou mais indicada na expressão da produtividade de grãos. Os componentes de qualidade química de grãos de aveia não foram alterados pelo uso de nitrogênio no sistema de sucessão soja/aveia, exceto o conteúdo de proteína que evidenciou comportamento linear crescente significativo.

Palavras-chave: Avena sativa, regressão, simulação, otimização.

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.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Conab. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Acompanhamento de safra brasileira 2015: Disponível em <

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_03_10_16_50_05_boletim_graos_marco_2016.pdf > Acesso em: 11 de março de 2016.

Hawerth, M. C.; Silva, J. A. G. da; Souza, C. A.; Oliveira, A. C. de; Luche, H. de S.; Zimmer, C. M.; Hawerth, F. J.; Schiavo, J.; Sponchiado, J. C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.2, p.115-125, 2015.

Kaspary, T. E.; Lamego, F. P.; Bellé, C.; Kulczynski, S. M.; Pittol, D. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade de sementes de aveia-branca. *Planta Daninha*, v. 33, n. 4, p. 739-750, 2015.

Mantai, R. D.; Silva, J. A. G. da; Arenhardt, E. G.; Heck, T. G.; Sausen, A. T. Z. R.; Krüger, C. A. M. B.; Cardoso, A. M.; Goi Neto, C. J.; Krysczun, D. K. The effect of nitrogen dose on the yield indicators of oats. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, p.3773-3781, 2015.

Mantai, R. D.; Silva, J. A. G. da; Arenhardt, E. G.; Sausen, A. T. Z. R.; Binello, M. O.; Bianchi, V.; Silva, D. R. da; Bandeira, L. M. The dynamics of relation oat panicle with grain yield by nitrogen. *American Journal of Plant Sciences*, v.7, p.17-27, 2016.

Silva, J. A. G.; Fontaniva, C.; Costa, J. S. P.; Krüger, C. A. M. B.; Ubessi, C.; Pinto, F. B.; Arenhardt, E. G.; Gewehr, E. Uma proposta na densidade de semeadura de um biotipo atual de cultivares de aveia. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.18, p.253-263, 2012.

Silva, J. A. G. da; Arenhardt, E. G.; Krüger, C. A. M. B.; Lucchese, O. A.; Metz, M.; Marolli, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, no.1, p.27-33, 2015.