

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia

ODS: 12 - Consumo e produção responsáveis

**A EFICIÊNCIA TÉCNICA E AGRONÔMICA DO NITROGÊNIO NA
QUALIDADE DE GRÃOS DE AVEIA¹****TECHNICAL AND AGRONOMIC EFFICIENCY OF NITROGEN ON QUALITY OF OAT
GRAINS****Jean Vítor Tisott², Natiane Carolina Ferrari Basso³, Claudia Vanessa Argenta⁴, Ester
Mafalda Matter⁵, Felipe Uhde Porazzi⁶, José Antonio Gonzalez da Silva⁷**¹ Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários-DEAg/UNIJUÍ.² Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, jeantisott@outlook.com³ Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/UNIJUÍ, DEAg/UNIJUÍ, natianeferrari@gmail.com⁴ Estudante de Agronomia/bolsista PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, claudia_argenta@yahoo.com⁵ Estudante de Agronomia/bolsista PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, estermafaldamatter@gmail.com⁶ Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, felipe.uhde@hotmail.com⁷ Professor do Departamento de Estudos Agrário, DEAg/UNIJUÍ, jagsfaem@yahoo.com.br**INTRODUÇÃO**

Para máxima expressão da produtividade e qualidade de grãos de aveia, o ajuste de tecnologias de manejo podem melhorar a eficiência de absorção e uso do nitrogênio (Scremin et al., 2017). Destaca-se que o manejo inadequado do nutriente tem sido um dos fatores que mais impactam a produtividade e a qualidade de grãos, tornando o processo pouco sustentável (Romitti et al., 2017). As condições meteorológicas influenciam diretamente sobre as perdas do nitrogênio, seja por lixiviação do nitrato ou volatilização da amônia, alterando a capacidade de absorção e uso pela planta (Mamann et al., 2020). Além disso, quando aplicadas pequenas doses limitam a produtividade, e doses elevadas podem nem serem absorvidas a partir de determinado ponto, conforme capacidade genética da cultivar, sendo o excedente poluente ambiental. E, doses mais elevadas embora maximizem a produtividade até certo limite, promovem o acamamento de plantas dificultando a colheita, com prejuízos na produtividade e qualidade dos grãos, gerando danos econômicos e ao ambiente (Marolli et al., 2018). Há necessidade de avanços no desenvolvimento de estratégias que promovam melhor aproveitamento do nitrogênio em aveia, agregando eficiência com menor impacto ambiental (Arenhardt et al., 2017). Nesta perspectiva, a eficiência agrônômica da relação insumo fornecido e produto obtido e a eficiência técnica para estimativa da dose ótima do nutriente podem auxiliar na tomada de decisões na promoção de processos mais sustentáveis no manejo do nitrogênio em aveia. Os objetivos do estudo são definir a eficiência agrônômica do nitrogênio pela relação dose fornecida e produto obtido. Estimar a máxima eficiência técnica do nutriente sobre a produtividade de grãos, e pela dose ótima, simular a expressão proteína e fibra total em distintas condições de ano agrícola em sistema soja/aveia.

Palavras-chave: Sustentabilidade; qualidade de grãos; Avena sativa.

Keywords: Sustainability, grain quality.

METODOLOGIA

Os trabalhos foram desenvolvidos a campo, nos anos agrícolas de 2011 a 2016, no município de Augusto Pestana, RS, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em sistema soja/aveia, seguindo um esquema fatorial 4 x 2 nas fontes de variação doses de N-fertilizante (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) e cultivares de aveia (Barbarasul e Brisasul). Cada parcela foi constituída de 5 linhas com 5 metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia

ODS: 12 - Consumo e produção responsáveis

m, formando a uma unidade experimental de 5 m². A densidade populacional utilizada foi de 400 sementes viáveis por metro quadrado. Na semeadura foi aplicado 45 e 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente, com base nos teores de P e K no solo à expectativa de produtividade de grãos de 4 t ha⁻¹, e com 10 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com o restante em cobertura para contemplar as doses propostas de N-fertilizante aplicado no estágio fenológico V4, com a fonte ureia. A produtividade de grãos (PG, kg ha⁻¹) foi obtida pelo corte das três linhas centrais de cada parcela no estágio de maturidade de colheita, umidade de grãos ao redor de 22%. Após as plantas foram trilhadas com colheitadeira estacionária e os grãos direcionadas ao laboratório para correção da umidade para 13%. A determinação da proteína total (PT, g kg⁻¹) e fibra total (FT, g kg⁻¹) foi a partir de amostra de grãos não descascados direcionados a espectrofotometria do infravermelho proximal (NIRs). Os dados foram submetidos a análise de variância para detecção dos efeitos principais e de interação (não apresentado) e análise de regressão linear, na elaboração de equações para estimativa da eficiência agrônoma da aveia em função das doses de adubação nitrogenada. Os dados da produtividade de grãos foram também submetidos a análise de regressão quadrática, na elaboração de equações para estimativa da máxima eficiência técnica de uso do nitrogênio pela aveia. As doses ótimas do nutriente foram utilizadas para simulação, proteína e fibra total dos grãos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software GENES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações da temperatura, precipitação e produtividade de grãos de aveia no ano de 2011, similarmente a 2013, foi marcado por chuvas bem distribuídas durante o ciclo de cultivo, com volumes similares a média histórica dos últimos 25 anos. Precipitações pluviométricas foram observadas nos momentos que antecedem a aplicação de nitrogênio, proporcionando umidade do solo adequada a solubilização da ureia. As temperaturas máxima, mínima e média se apresentaram estáveis ao longo do ciclo de cultivo. Tais condições, junto as médias de produtividade de grãos obtidas categorizam os anos de 2011 e 2013 como favoráveis (AF) ao cultivo da aveia.

No ano de 2012, houve restrição hídrica no início do desenvolvimento, diferentemente de 2014, e com precipitação pluviométrica em dias anteriores a adubação, com temperaturas chegando próximo a zero graus durante o manejo do nutriente. Ao final do ciclo, as chuvas foram frequentes com elevado valor acumulado, promovendo dias de menor qualidade de radiação e atrasando a colheita de grãos. Os anos de 2012 e 2014 evidenciaram produtividade de grãos muito inferior a expectativa desejada de 4 t ha⁻¹, justificando a classificação de anos agrícolas desfavoráveis (AD) ao cultivo da aveia.

Na tabela 1, da análise da eficiência agrônoma, a produtividade de grãos mostrou entre as condições de ano agrícola, uma amplitude de eficiência variando de 7,0 a 9,8 kg ha⁻¹ de grãos por quilograma de nitrogênio, uma tendência média de 7,8 desta relação. De modo geral, embora a produtividade de grãos mostre uma reduzida variação da eficiência pelo uso do nitrogênio, o coeficiente linear foi expressivo na indicação do ponto de partida do aproveitamento do nitrogênio, destacando os anos de 2011 e 2013, classificados com favoráveis ao cultivo da aveia. Na expressão da proteína total, os valores mais expressivos de eficiência agrônoma foram obtidos tanto em ano favorável (2011) como desfavorável (2012) e intermediário (2016) ao cultivo, indicando ausência de relação com o ano de cultivo. Na equação geral, independe da condição de ano agrícola, a eficiência agrônoma observada é de 0,10 g de proteína por quilograma de grão a cada quilograma de nitrogênio fornecido por hectare, com concentração inicial de 100,9 g kg⁻¹. Por outro lado, o incremento das doses de nitrogênio promovem diminuição da fibra total, indicando uma redução média ao redor de 0,05 g de fibra por 100 g de grãos a cada um quilograma do nutriente adicionado

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia
 ODS: 12 - Consumo e produção responsáveis

por hectare na lavoura de aveia, independente da condição de ano de cultivo. Desta forma, maiores teores de fibra são encontrados em condição mais restritivas uso do nitrogênio, se destacando principalmente em anos desfavoráveis ao cultivo do cereal.

Tabela 1. Equação da eficiência agrônômica e valores médios da qualidade industrial e nutricional de grãos de aveia em distintos anos de cultivo

| Y | Ano | Valores médios / dose de N (kg ha ⁻¹) | | | | y | Equação y=b ₀ +b ₁ x | P (b ₁) | R ² (%) |
|--|-----------|---|---------|---------|---------|---------|---|------------------------|-----------------------|
| | | 0 | 30 | 60 | 120 | | | | |
| Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) | 2011 (AF) | 2989 | 3694 | 4124 | 3938 | 3686 a | 3308 + 7,2x | * | 75 |
| | 2012 (AD) | 1745 | 2361 | 2751 | 2654 | 2378 c | 2011 + 7,0x | * | 82 |
| | 2013 (AF) | 3036 | 3721 | 4174 | 3994 | 3731 a | 3345 + 7,3 x | * | 77 |
| | 2014 (AD) | 1645 | 2132 | 2426 | 2522 | 2181 c | 1820 + 7,0 x | * | 90 |
| | 2015 (AI) | 2746 | 3361 | 3825 | 3871 | 3451 b | 2983 + 8,9x | * | 96 |
| | 2016 (AI) | 2461 | 3279 | 3884 | 3717 | 3335 b | 2821 + 9,8x | * | 82 |
| | \bar{x} | 2437 C | 3091 B | 3531 A | 3449 A | 3127 | 2715 + 7,8x | * | 87 |
| Proteína total (g kg ⁻¹) | 2011 (AF) | 104,9 | 106,8 | 111,8 | 118,6 | 110,5 a | 104,3 + 0,12x | * | 98 |
| | 2012 (AD) | 103,1 | 105,9 | 110,1 | 119,5 | 110,0 a | 102,4 + 0,14x | * | 99 |
| | 2013 (AF) | 98,1 | 102,3 | 102,5 | 107,0 | 102,5 b | 98,9 + 0,07x | * | 94 |
| | 2014 (AD) | 98,5 | 101,1 | 102,9 | 105,9 | 102,1 b | 98,9 + 0,06x | ns | 98 |
| | 2015 (AI) | 107,8 | 108,5 | 109,5 | 112,0 | 109,5 a | 107,6 + 0,03x | ns | 98 |
| | 2016 (AI) | 94,8 | 97,1 | 102,4 | 115,0 | 102,3 b | 93,2 + 0,17x | * | 97 |
| | \bar{x} | 101,2 D | 103,6 C | 106,5 B | 113,0 A | 106,1 | 100,9 + 0,10x | * | 99 |
| Fibra total (g kg ⁻¹) | 2011 (AF) | 128,5 | 123,4 | 121,9 | 120,8 | 123,6 d | 126,6 - 0,06x | * | 86 |
| | 2012 (AD) | 136,9 | 135,8 | 132,6 | 131,5 | 134,2 a | 136,6 - 0,05x | * | 90 |
| | 2013 (AF) | 118,9 | 117,6 | 116,9 | 115,3 | 117,2 e | 118,7 - 0,03x | ns | 99 |
| | 2014 (AD) | 133,3 | 132,3 | 130,2 | 128,5 | 131,1 b | 133,1 - 0,04x | * | 98 |
| | 2015 (AI) | 134,0 | 129,8 | 128,0 | 128,0 | 130,0 b | 132,2 - 0,04x | ns | 85 |
| | 2016 (AI) | 127,8 | 126,4 | 124,4 | 123,0 | 125,4 c | 127,4 - 0,04x | ns | 94 |
| | \bar{x} | 129,9 A | 127,5 B | 125,7 C | 124,5 D | 126,9 | 129,2 - 0,05x | * | 91 |

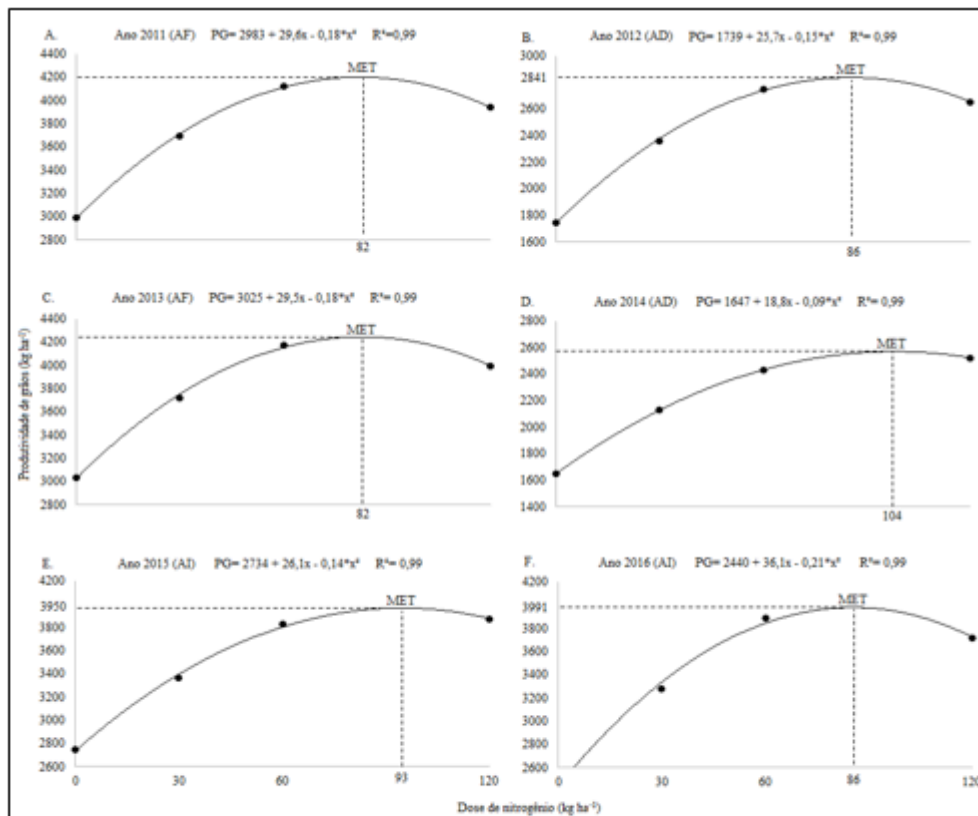
AF= ano favorável; AD= ano desfavorável; AI= ano intermediário; R²= coeficiente de determinação; P(b₁)= probabilidade do parâmetro de inclinação da reta; * = significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t; ns= não significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t; Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo modelo de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A Figura 1 apresenta as estimativas da máxima eficiência técnica de uso do nitrogênio à produtividade de grãos. Nesta perspectiva, o ano favorável de 2011 indicou a máxima eficiência técnica similar ao ano desfavorável de 2012, com 82 kg ha⁻¹ e 86 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente. No entanto, a simulação de 2011 evidencia uma produtividade de grãos de 4200 kg ha⁻¹, em relação a 2012 com simulação para 2841 kg ha⁻¹. Embora a dose do nitrogênio seja similar, a eficiência do produto foi muito expressiva, indicando a importância das relações ambientais a maior eficiência do uso de nitrogênio para a planta de aveia à elaboração da produtividade. Este fato se torna ainda mais evidente no ano favorável de cultivo de 2013, com máxima eficiência técnica de uso de nitrogênio de 82 kg ha⁻¹ em relação ao ano desfavorável de 2014, com a máxima eficiência com 104 kg ha⁻¹. Além da necessidade de maior uso de nitrogênio no ano de 2014 para a máxima produtividade, o resultado obtido foi muito inferior em comparação a 2013, com a dose mais reduzida do nutriente. Destaca-se que os anos intermediários de cultivo (2015 e 2016) mostraram similaridade da dose ótima de uso de nitrogênio com valores também similares de expressão da máxima produtividade. Os resultados apresentados sugerem que o uso de doses ótimas à expressão da

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia

ODS: 12 - Consumo e produção responsáveis

produtividade levem em consideração as condições ambientais no momento de aplicação do nutriente e embasadas em previsões meteorológicas durante o ciclo de cultivo, na busca de maior retorno econômico e redução de impactos ambientais pela facilidade de perdas por volatilização ou lixiviação em condições restritivas de cultivo.



AF= ano favorável; AI= ano intermediário; AD= ano desfavorável; MET= máxima eficiência técnica; PG= produtividade de grãos; R²= coeficiente de determinação; * = significativo a $p \leq 0,05$ de erro pelo teste f.

Figura 2. Comportamento da produtividade de grãos de aveia e sua máxima eficiência técnica de uso do nitrogênio

Na Tabela 2, as doses de nitrogênio indicadas pela máxima eficiência técnica à expressão da produtividade de grãos por condição de ano agrícola, foram utilizadas para estimativa da expressão da produtividade de palha e de indústria, proteína e fibra total, a partir das equações que estabelecem a tendência de comportamento. Portanto, busca-se a interpretação biológica do uso do nitrogênio nestas variáveis considerando a dose ótima de produtividade de grãos independente de ano agrícola. Nesta perspectiva, com 86 kg ha⁻¹ de nitrogênio há expectativa de 7539 kg ha⁻¹ de palha, 1412 kg ha⁻¹ de produtividade de indústria e 109,5 e 124,9 g kg⁻¹ de proteína e fibra total, respectivamente.

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia
ODS: 12 - Consumo e produção responsáveis

Tabela 2. Simulação da proteína total e fibra total pela máxima eficiência técnica da produtividade de grãos.

| Y | Ano | $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ | P(b,x) | R ² | X _{ideal} | Y _e |
|-----------------------------|-----------|---------------------------|---------------|----------------|--------------------|----------------|
| PT (g kg ⁻¹) | 2011 (AF) | 104,3 + 0,12x | * | 98 | 82 | 114,1 |
| | 2012 (AD) | 102,4 + 0,14x | * | 99 | 86 | 114,4 |
| | 2013 (AF) | 98,9 + 0,07x | * | 94 | 82 | 104,6 |
| | 2014 (AD) | 98,9 + 0,06x | ns | 98 | 104 | 105,1 |
| | 2015 (AI) | 107,6 + 0,03x | ns | 98 | 93 | 110,4 |
| | 2016 (AI) | 93,2 + 0,17x | * | 97 | 86 | 107,8 |
| | \bar{x} | | 100,9 + 0,10x | * | 99 | 86 |
| FT (g kg ⁻¹) | 2011 (AF) | 126,6 - 0,06x | * | 76 | 82 | 121,7 |
| | 2012 (AD) | 136,6 - 0,05x | * | 90 | 86 | 132,3 |
| | 2013 (AF) | 118,7 - 0,03x | ns | 99 | 82 | 116,2 |
| | 2014 (AD) | 133,1 - 0,04x | * | 98 | 104 | 128,9 |
| | 2015 (AI) | 132,2 - 0,04x | ns | 65 | 93 | 128,5 |
| | 2016 (AI) | 127,4 - 0,04x | ns | 94 | 86 | 124,0 |
| | \bar{x} | | 129,2 - 0,05x | * | 91 | 86 |

PT= proteína total; FT= fibra total; R²= coeficiente de determinação; P(b,x)= probabilidade do parâmetro de inclinação da reta; X_{ideal} = dose de nitrogênio pela máxima eficiência técnica da produtividade de grãos; Y_e= valor estimado pela dose dada pela máxima eficiência técnica; *= significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns= não significativo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nitrogênio incrementa a produtividade de grãos e a proteína total dos grãos, com eficiência agrônômica de 7,8 kg ha⁻¹ e 0,10 g kg⁻¹, respectivamente, com redução da fibra total em 0,05 g kg⁻¹ por quilograma do nutriente fornecido. A dose de máxima eficiência técnica na expressão da produtividade de grãos é dependente das condições meteorológicas de cultivo. De modo geral, é obtida com 86 kg ha⁻¹, mostrando simulações que incrementam a proteína total e reduzem o teor de fibra dos grãos de aveia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenhardt, E. G.; Silva, J. A. G.; Arenhardt, L. G.; Silva, D. R.; Gzergorczyk, M. E.; Ceolin, G. P.; Figueiredo, R. G.; Oliveira, A. C. Technical and agronomic efficiency of oat cultivars as a function of nitrogen availability. *Científica*, v.45, p.257-270, 2017.
- Mamann, A. T. W. de; Silva, J. A. G. da; Scremin, O. B.; Trautmann, A. P. B.; Argenta, C. V.; Matter, E. M. Diffuse system simulating wheat productivity by nitrogen and temperature in the use of biopolymers. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, p.289-298, 2020.
- Marolli, A.; Silva, J. A. G. da; Sawicki, S.; Binelo, M. O.; Scremin, A. H.; Reginatto, D. C.; Dornelles, E. F.; Lambrecht, D. M. A simulação da biomassa de aveia por elementos climáticos, nitrogênio e regulador de crescimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (Online)*, v. 70, p. 535-544, 2018.
- Romitti, M. V.; Dornelles, E. F.; Silva, J. A. G.; Marolli, A.; Mantai, R. D.; Scremin, O. B.; Arenhardt, E. G.; Brezolin, A. P.; Reginatto, D. C.; Scremin, A. H.; Lima, A. R. C.; Silva, D. R. The sowing density on oat productivity indicators. *African Journal of Agricultural Research*, v.12, p.905-915, 2017.
- Scremin, O. B.; Silva, J. A. G. da; Mamann, A. T. W., Mantai, R. D.; Brezolin, A. P.; Marolli, A. Nitrogen efficiency in oat yield through the biopolymer hydrogel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, p.379-385, 2017.



Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia
ODS: 12 - Consumo e produção responsáveis

Parecer CEUA: 01/2015