

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

LÓGICA FUZZY PARA SIMULAÇÃO DO CONTEÚDO DE FIBRA DE GRÃOS DE AVEIA PELO NITROGÊNIO E NÃO LINEARIDADE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS¹

FUZZY LOGIC FOR SIMULATING THE FIBER CONTENT OF OAT GRAINS BY NITROGEN AND NON-LINEARITY OF AMBIENTAL CONDITIONS

**Eduarda Warmbier², Rubia Diana Mantai³, Cibele Luisa Peter⁴, Adriana Rosélia Kraissig⁵,
Vanessa Pansera⁶, José Antonio Gonzalez da Silva⁷**

¹ Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários-DEAg/UNIJUÍ

² Mestranda em Modelagem Matemática, UNIJUÍ, e-mail: eduarda.warmbier@gmail.com

³ Doutora em Modelagem Matemática, UNIJUÍ, e-mail: rdmantai@yahoo.com.br

⁴ Mestranda em Modelagem Matemática, UNIJUÍ, e-mail: cibeles.peter2017@gmail.com

⁵ Doutoranda em Modelagem Matemática, UNIJUÍ, e-mail: maryshelei@yahoo.com.br

⁶ Doutoranda em Modelagem Matemática, UNIJUÍ, e-mail: vpansera@hotmail.com

⁷ Professor Orientador, DEAg/UNIJUÍ, e-mail: jagsfaem@yahoo.com.br

Resumo: A inteligência artificial representa uma importante ferramenta no desenvolvimento de pesquisas, devido a sua aplicabilidade em diferentes áreas da ciência. A lógica *fuzzy* qualifica um dos ramos da inteligência artificial e é aplicada, dentre outros campos, na agricultura. Há uma necessidade iminente de desenvolvimento de simuladores que possam relacionar variáveis controladas e não controladas, como mudanças de temperatura e índices de precipitação pluviométrica, visto que esses elementos meteorológicos interferem diretamente na produtividade das espécies. A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal que se destaca na estação fria da região Sul do Brasil. É utilizada como silagem, pastagem e composição de rações para a alimentação animal, cobertura de solo, auxiliando no combate à plantas daninhas. Além disso, a aveia assume importância na alimentação humana pela sua qualidade nutricional e com destaque a fibra beta-glucana, pela sua funcionalidade no combate do colesterol sanguíneo e na redução de doenças coronárias. Para garantir boa qualidade nutricional dos grãos de aveia, a planta necessita de adubação nitrogenada, visto que o nitrogênio é o nutriente mais absorvido e principal aliado na produção da aveia. A eficácia do nitrogênio pode ser afetada em condições desfavoráveis e facilmente se perder por volatilização e lixiviação. Diante disso, existe a necessidade de modelos que possam simular as características químicas de grãos de aveia envolvendo manejos controlados, como o nitrogênio, e fatores não controlados, como as condições ambientais. Com isso, o objetivo do estudo é desenvolver um modelo de lógica *fuzzy* na simulação do conteúdo de fibra de grãos de aveia, considerando o uso de nitrogênio e a não linearidade das condições ambientais. No desenvolvimento da lógica *fuzzy* foi considerada a função de pertinência triangular e o método de inferência Mamdani. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 4 repetições, seguindo um esquema fatorial 4 x 2, com quatro doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹) e duas cultivares (Barbarasul e Brisasul), no sistema de cultivo soja/aveia nos anos agrícolas de 2011 a 2016. A lógica *fuzzy* mostra-se eficaz na simulação da fibra total dos grãos de aveia em função das variáveis não controladas aliadas a doses de nitrogênio e se ajusta aos processos de biosistemas, representando inovação com potencialidade de uso na perspectiva de simulação, essencialmente em situações onde é necessário lidar com a incerteza e subjetividade, comum na agricultura.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

Abstract: Artificial intelligence represents an important tool in the development of research, due to its applicability in different areas of science. Fuzzy logic qualifies one of the branches of artificial intelligence and is applied, among other fields, in agriculture. There is an imminent need for the development of simulators that can relate controlled and uncontrolled variables, such as temperature changes and rainfall levels, as these meteorological elements directly interfere with species productivity. White oats (*Avena sativa* L.) is a cereal that stands out in the cold season in southern Brazil. It is used as silage, pasture and feed composition for animal feed, ground cover, helping to combat weeds. In addition, oats are important in human nutrition due to their nutritional quality and, in particular, beta-glucan fiber, due to their functionality in combating blood cholesterol and reducing coronary heart disease. To ensure good nutritional quality of oat grains, the plant needs nitrogen fertilization, since nitrogen is the most absorbed nutrient and the main ally in the production of oats. The effectiveness of nitrogen can be affected in unfavorable conditions and easily lost through volatilization and leaching. Therefore, there is a need for models that can simulate the chemical characteristics of oat grains involving controlled management, such as nitrogen, and uncontrolled factors, such as environmental conditions. Thus, the objective of the study is to develop a model of fuzzy logic in the simulation of the fiber content of oat grains, considering the use of nitrogen and the non-linearity of environmental conditions. In the development of fuzzy logic, the triangular membership function and the Mamdani inference method were considered. The experimental design was a randomized block with 4 replications, following a 4 x 2 factorial scheme, with four nitrogen doses (0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹) and two cultivars (Barbarasul and Brisasul), in the soybean / oat cultivation system in the agricultural years 2011 to 2016. The fuzzy logic is effective in simulating the total fiber of oat grains due to uncontrolled variables combined with nitrogen doses and adjusts to the processes of biosystems, representing innovation with potential for use in the perspective of simulation, essentially in situations where it is necessary to deal with the uncertainty and subjectivity, common in agriculture.

Palavras-chave: *Avena sativa* L., inteligência artificial, precipitação pluviométrica, temperatura.

Keywords: *Avena sativa* L., artificial intelligence, rainfall, temperature.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da ciência e tecnologia, a aplicação da inteligência artificial é uma realidade presente em vários campos, dentre os quais se destaca a agricultura. Com isso, vários estudos têm sido focados em facilitar o melhor entendimento de modelos de inteligência artificial, em diferentes setores da agricultura para otimizar recursos (MAMANN, 2018).

Uma das ramificações da inteligência artificial está no que se refere à lógica *fuzzy*. Ela se caracteriza como uma metodologia para expor dados imprecisos e qualitativos, comuns na comunicação humana, em uma sequência e forma compreensíveis pelos computadores (GODOY et al., 2020). É utilizada na solução de problemas complexos, buscando respostas precisas de problemas que envolvem alto grau de incertezas e variáveis não controladas.

A demanda por alimentos nutritivos e seguros está crescendo mundialmente, e a ingestão de alimentos balanceados é a maneira correta de evitar ou mesmo corrigir problemas de saúde (GUTKOSKI et al., 2007). A cultura da aveia (*Avena sativa* L.) apresenta significativa participação na alimentação humana e animal, além de beneficiar os sistemas de produção agrícola. O principal

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

aliado para alta produtividade e qualidade nutricional dos grãos de aveia é o nitrogênio, elemento mais absorvido pela aveia. No entanto, é um elemento facilmente perdido ao ambiente quando não há condições adequadas de temperatura do ar e umidade do solo no manejo do nutriente (MANTAI et al., 2015).

A aveia tem recebido grande atenção por parte de médicos, nutricionistas, consumidores e entidades reguladoras devido às suas características nutricionais, e principalmente devido ao seu teor e qualidade das fibras alimentares. As fibras presente nos grãos de aveia reduzem o colesterol sanguíneo, prevenindo doenças do coração e sendo considerada alimento funcional. A composição química e a qualidade nutricional da aveia são relativamente altas e superiores a dos demais cereais (PEDÓ e SGARBIERI, 1997; GUTKOSKI et al., 2007). Recebem destaque as fibras, entre elas as beta-glucanas. O teor de beta-glucanas na aveia é variável, dependendo da cultivar e é influenciado por fatores genéticos e ambientais. A aveia integral sem casca contém 3,41 a 4,82%, o farelo 5,81 a 8,89%, o farelo comercialmente disponível 7 a 10%, o farelo de aveia enriquecido 10,9 a 16,6% e a goma de aveia aproximadamente 78% (FROLICH e NYMAN, 1988; WOOD, WEISZ e FEDEC, 1991).

O incremento da adubação nitrogenada e os efeitos do ambiente influenciam nos fatores da qualidade química dos grãos de aveia, proporcionando aumento de beta-glucanas (KOLCHINSKI e SCHUCH, 2004; HAWERROTH et al., 2014). A elaboração de modelos de simulação pode contribuir para o tratamento de informações incertas, auxiliando na definição de manejos mais eficientes. Com isso, o objetivo deste trabalho é empregar a lógica *fuzzy* para simular a fibra total de grãos de aveia aliado aos processos envolvendo variáveis meteorológicas não controláveis e considerando o uso do nitrogênio.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido nos anos de 2011 a 2016 na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) pertencente ao Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) no município de Augusto Pestana-RS. Na semeadura, foi utilizada semeadora-adubadora na composição da parcela com 5 linhas com 5 metros de comprimento cada, e espaçamento entre linhas de 0,20 m, correspondendo a uma unidade experimental de 5 m². O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 4 repetições, seguindo um esquema fatorial 4 x 2, com quatro doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹, 30 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹) e duas cultivares de aveia branca (Barbarasul e Brisasul), no sistema de cultivo soja/aveia. Para a realização das análises, foi realizada a média dos resultados de ambas as cultivares.

A colheita ocorreu aproximadamente aos 120 dias de cultivo, sendo realizado o corte das três linhas centrais de cada parcela, que após trilhadas com colheitadeira estacionária, foram direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos para 13% e posterior pesagem para estimativa da produtividade, convertida para a unidade de um hectare. Para quantificação da fibra total dos grãos de aveia, amostras de 300 grãos não descascados foram encaminhados para análise química realizada através da espectrofotometria do infravermelho proximal – NIR (*Near Infrared Reflectance*), no laboratório de bromatologia da UNIJUÍ. As variáveis meteorológicas como temperatura mínima e máxima e a precipitação pluviométrica foram obtidas através da estação meteorológica automatizada, instalada a 200 metros do experimento.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

Após a obtenção dos dados, foi aplicada análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5%, a fim de identificar os efeitos principais e de interação. Visando a simulação da fibra total dos grãos da aveia, desenvolveu-se um modelo via lógica *fuzzy*. Utilizou-se o Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF), implementado pelo *Toolbox Fuzzy Logic* do software Matlab. Foram consideradas como variáveis de entrada a temperatura mínima, temperatura máxima, precipitação pluviométrica, ano de cultivo e dose de nitrogênio, e como variável de saída a fibra total dos grãos. A modelagem foi realizada pelo método de inferência de Mamdani, com emprego do conectivo “e” para avaliação das regras, funções de pertinência do tipo triangular, e defuzzificação pelo método do menor valor da função máxima de associação agregada.

Com o auxílio de um engenheiro agrônomo com experiência na cultura da aveia, foram determinadas as classes e intervalos para cada variável de entrada e saída, assim como, para a base de regras que contempla a lógica de incertezas *fuzzy*. Para a temperatura mínima (°C), foi considerado o domínio de intervalo [8; 12,5], para a temperatura máxima (°C) considerou-se o domínio de intervalo [21; 23,5], e para a precipitação pluviométrica (mm), foi definido o domínio de intervalo [500, 850]. Estas três variáveis meteorológicas foram classificadas em baixa (B), média (M) e alta (A). Os anos de cultivos foram classificados em desfavorável (AD), intermediário (AI) e favorável (AF), codificando-os em 0, 1 e 2, respectivamente. Para as doses de adubação nitrogenada (kg ha⁻¹) foi considerado o domínio de intervalo [0, 120], classificados em muito baixa (MB), baixa (B), moderada (MD), alta (A) e muito alta (MA). Na variável de saída os intervalos de imagem representam o valor máximo e o mínimo dos dados coletados experimentalmente, considerando as médias dos anos de avaliação. Portanto, para a fibra total (g kg⁻¹) foi considerado o domínio de intervalo [115, 140], sendo dividida em sete intervalos equidistantes, classificados em muito baixa (MB), baixa (B), moderadamente aceitável (MA), aceitável (AC), relativamente alta (RA), alta (A) e excelente (E).

A Tabela 1 apresenta as variáveis de entrada e a variável de saída com suas respectivas classes e amplitudes no sistemas soja/aveia. Devido a quantidade de variáveis de entrada e classes, foi formulado uma base com 405 regras linguísticas para a variável de saída (dados não apresentados).

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

Tabela 1. Classes das variáveis de entrada e saída utilizadas na base de regras lógica *fuzzy* para a simulação da fibra total de grãos de aveia.

Variável	Classe	Amplitude de Classe			Variável	Classe	Amplitude de Classe				
		V _{min}	Vértice	V _{máx}			V _{min}	Vértice	V _{máx}		
Variáveis de entrada	\bar{T}_{min}	B	8	8	10,2	Variáveis de entrada	N	MB	0	0	30
		M	8	10,2	12,5			B	0	30	60
		A	10,2	12,5	12,5			MD	30	60	90
	\bar{T}_{max}	B	21	21	22,2			A	60	90	120
		M	21	22,2	23,5			MA	90	120	120
		A	22,2	23,5	23,5			Variável de saída	FT	MB	115,0
ΣPP	B	500	500	675	B	115,7	119,7			122,8	
	M	500	675	850	MA	119,9	123,0			126,5	
	A	675	850	850	AC	122,8	127,0			131,0	
Ano	AD	0	0	1	RA	126,5	130,1			133,6	
	AI	0	1	2	A	131,0	134,4			137,4	
	AF	1	2	2	E	135,0	140,0	140,0			

V_{min} = valor mínimo da forma triangular; V_{máx} = valor máximo da forma triangular; \bar{T}_{min} = temperatura média mínima (°C); \bar{T}_{max} = temperatura média máxima (°C); ΣPP = precipitação pluviométrica (mm); N= dose de nitrogênio (kg ha⁻¹); AD= ano desfavorável; AI= ano intermediário; AF= ano favorável; FT = fibra total (g kg⁻¹); B = baixa; M = média; MD = moderada; A= alta; MB = muito baixa; MA = moderadamente aceitável; AC = aceitável; RA = relativamente alta; E = excelente.

Para validação da base de regras e verificação da eficiência do modelo fuzzy foi considerado o comportamento das regressões obtidas pelos pontos observados e simulados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados acerca da fibra total dos grãos de aveia são apresentados na Tabela 2, a qual apresenta os valores reais de fibra total dos grãos de aveia e simulados pela lógica fuzzy a partir das médias de temperatura mínima e máxima e de precipitação pluviométrica dos distintos anos de cultivo e a condição de adubação nitrogenada em sistema soja/aveia. Os anos de cultivos 2012 e 2014 foram classificados em anos desfavoráveis (AD); 2015 e 2016 como anos intermediários (AI); e 2011 e 2013 como anos favoráveis (AF) à produtividade de grãos. Em condições reais de cultivo, o incremento do nitrogênio reflete em redução da fibra. Além disso, os resultados simulados encontram-se muito próximos aos observados, com erros absolutos menores que o desvio padrão dos dados observados. Essas condições geram confiabilidade no modelo fuzzy para simulação da fibra total dos grãos de aveia, e qualificam as variáveis de entrada como apropriadas ao reconhecimento de padrões da lógica fuzzy. Nesta perspectiva, o modelo de fuzzificação representa uma grande inovação com potencialidade de uso na perspectiva de simular qualidade nutricional de grãos de aveia a partir de informações do manejo do nitrogênio com as condições meteorológicas dos anos de cultivo.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

Tabela 2. Lógica *fuzzy* na simulação da fibra total em grãos da aveia pelo uso nitrogênio, temperaturas média e precipitação pluviométrica.

Ano	Temperatura Média (°C)		$\sum PP$ (mm)	Dose N (kg ha ⁻¹)	Vo (kg ha ⁻¹)	DP (kg ha ⁻¹)	Vs (kg ha ⁻¹)	EA (kg ha ⁻¹)
	T _{min}	T _{max}						
Fibra total								
2011 (AF)	10,1	22,4	767	0	129	3,3	127	2
				30	123	3,2	123	0
				60	122	2,1	123	1
				120	121	3,1	120	1
2012 (AD)	11,5	22,2	698	0	137	3,6	138	1
				30	136	2,8	134	2
				60	133	2,0	134	1
				120	132	3,2	130	2
2013 (AF)	8,7	21,2	510	0	119	2,5	120	1
				30	118	4,0	116	2
				60	115	3,9	116	1
				120	115	1,8	116	1
2014 (AD)	11,9	22,9	844	0	133	4,7	134	1
				30	132	3,7	134	2
				60	130	5,2	130	0
				120	129	3,2	130	1
2015 (AI)	12,3	22,0	651	0	134	1,9	134	0
				30	130	2,4	130	0
				60	128	2,7	130	2
				120	128	4,1	130	2
2016 (AI)	9,9	23,5	625	0	128	2,6	127	1
				30	126	2,4	127	1
				60	124	3,6	123	1
				120	123	4,2	123	0

T_{min} = temperatura média mínima; T_{max} = temperatura média máxima; $\sum PP$ = precipitação pluviométrica; N = dose de nitrogênio; Vo = valor observado; Vs = valor simulado pela lógica *fuzzy*; EA = erro absoluto; DP = desvio padrão do valor observado; AD = ano desfavorável; AI = ano intermediário; AF = ano favorável.

A lógica *fuzzy*, caracterizada como uma técnica de processamento de dados e simulação, está sendo utilizadas para explicar o desenvolvimento de sistemas complexos em diversas áreas do conhecimento. Khatchaturian e Treter (2010), desenvolveram uma metodologia baseada em lógica *fuzzy* para classificação e avaliação do desempenho econômico-financeiro das cooperativas de produção. Oliveira et al. (2014) avaliaram o desempenho de estações de tratamento de água e a qualidade da água bruta em três estados do Brasil através da lógica *fuzzy*. Trautmann et al. (2020), por meio da lógica *fuzzy*, simularam a produtividade de grãos de trigo levando em consideração as condições de uso do nitrogênio como a temperatura do ar e precipitação pluviométrica.

Mediante o teor de fibra total dos grãos de aveia em condição real de observação e dos valores simulados pela programação *fuzzy*, a Figura 1 evidencia o comportamento e os parâmetros da equação do aproveitamento do nitrogênio à fibra total, na comparação entre os dados observados e simulados. Destaca-se que a tendência linear decrescente observada nas equações de dados reais é confirmada pelos resultados simulados. Além disso, com coeficientes angulares e lineares próximos, o que indica a similaridade entre os resultados reais e simulados. Destaca-se como exemplo, o ano 2011, favorável ao cultivo, mostrando que a cada 1 kg de nitrogênio fornecido por hectare há uma redução de 0,06 g de fibra total a cada quilograma de grão de aveia produzido na condição real de

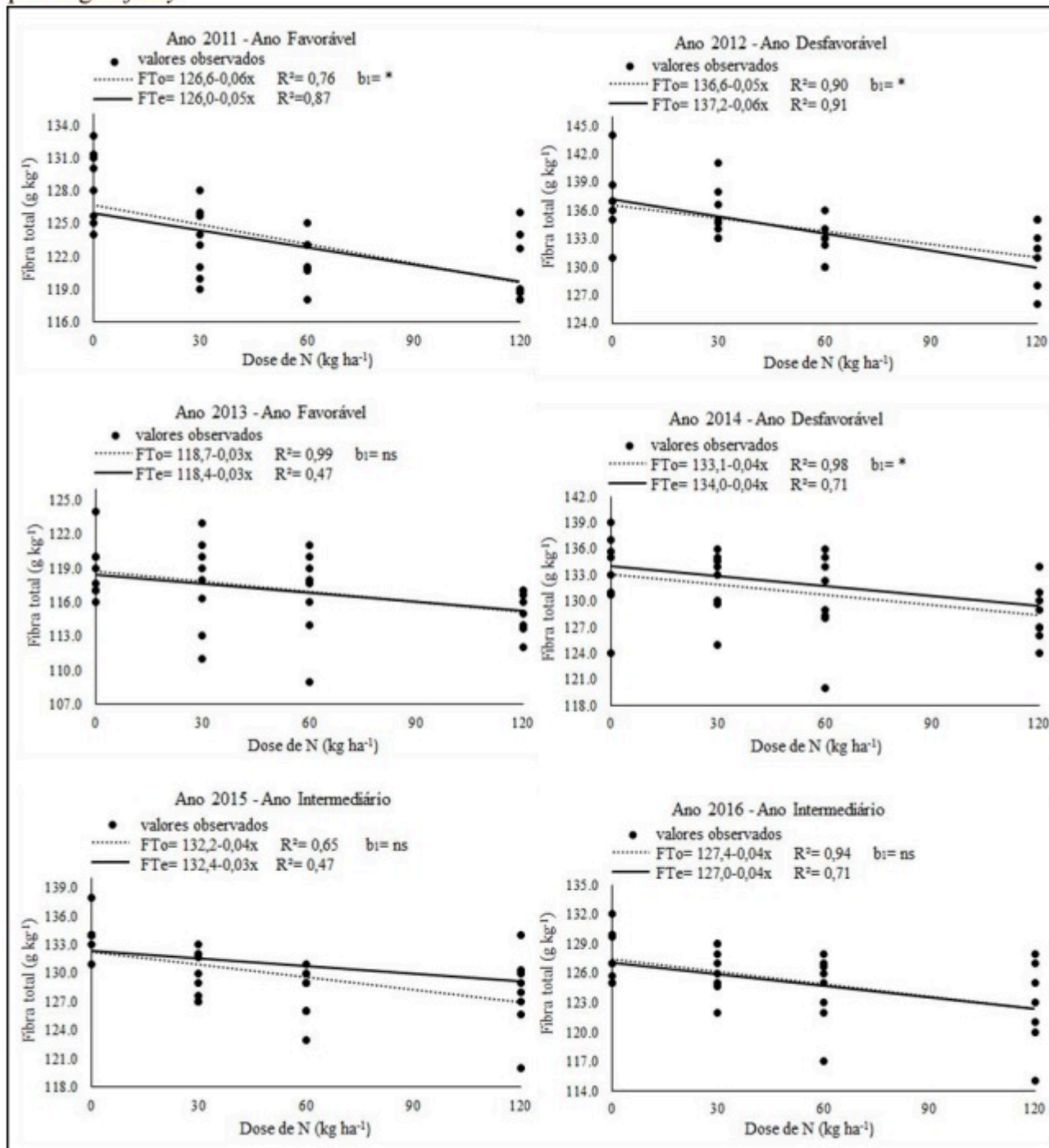
Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

cultivo, e redução de 0,05 g de fibra total ao considerar os resultados obtidos pela simulação. Estes fatos, comprovam a eficiência da programação, assegurando resultados apropriados a uma estimativa do teor de fibra total dos grãos de aveia a partir de elementos meteorológicos e doses de adubação nitrogenada em sistema soja/aveia.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

Figura 1. Comportamento da fibra total dos grãos de aveia a partir de dados observados e estimados pela lógica *fuzzy*.



FTo = equação da fibra total de grãos a partir dos dados observados; FTE = equação da fibra total de grãos a partir dos dados estimados pela lógica *fuzzy*; R² = coeficiente de determinação; b₁ = probabilidade do parâmetro de inclinação; * = significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t; ns = não significativo.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa
ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

Cada vez mais aplicada e em diversos contextos, a grande vantagem de utilizar a lógica *fuzzy* se deve a sua capacidade de lidar com incertezas e raciocínio aproximado. Cavichioli et al. (2016) desenvolveram um método computacional baseado em regras *fuzzy* capaz de interpretar as condições adequadas para o manejo de uma espécie de orquídea. Medeiros et al. (2016), utilizaram com êxito a lógica *fuzzy* para definir o planejamento de sistemas de energia, fornecendo informações necessárias para que os especialistas do setor elétrico possam alocar os recursos disponíveis. Araujo et al. (2019) evidenciaram em um estudo que a lógica *fuzzy* é um método que pode ser utilizado para o auxílio no diagnóstico de diabetes, além de possibilitar identificar a gravidade dos sintomas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lógica *fuzzy* mostra-se eficaz na simulação da fibra total dos grãos de aveia em função das variáveis não controladas aliadas a doses de nitrogênio e se ajusta aos processos de biosistemas, representando inovação com potencialidade de uso na perspectiva de simulação, essencialmente em situações onde é necessário lidar com a incerteza e subjetividade.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. D. A., MOREIRA, L. Y. M., ARAÚJO, A. V. C. de, BRITO, R. X. de. A Lógica Fuzzy como recurso auxiliar na predição da diabetes do Tipo 2. In Anais da VII Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí (pp. 17-24). SBC. 2019
- CAVICHIOLE, A., GABRIEL, C. P. C., GABRIEL FILHO, L. R. A., PUTTI, F. F., BORDIN, D. Software baseado em regras fuzzy para avaliação de vitalidade da orquídea *Catasetum Fimbriatum*. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, 1(2), 13- 24. 2016
- FROLICH, W., NYMAN, M. Minerals, phytate and dietary fibre in different fractions of oat-unique grain. **Journal of Cereal Science**, v. 7, n. 1, p. 73-82, 1988.
- GODOY, F. O. de, GODINHO, E. Z., DALTIM, R. S., LIMA, C. F. de. Utilização da lógica fuzzy aplicada à energia solar. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, 2020.
- GUTKOSKI, L. C., BONAMIGO, J. M. D. A., TEIXEIRA, D. M. D. F., PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Food Science and Technology**, 27(2), 355-363, 2007.
- HAWERROTH, M. C., BARBIERI, R. L., SILVA, J.A.G. da, CARVALHO, F.I.F. de, OLIVEIRA, A.C. de. Importância e dinâmica de caracteres na aveia produtora de grãos. Documentos 376. 1ª ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.
- KHATCHATOURIAN, O., TRETER, J. Aplicação da lógica fuzzy para avaliação econômico-financeira de cooperativas de produção. **JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management**, 7(1), 141-162. 2010
- KOLCHINSKI EM, SCHUCH LOB. Relações entre a adubação nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. **Ciência Rural**, 34(2):379-383, 2004
- MAMANN, A. T. W., TRAUTMANN, A. P. B., SCREMIN, A. H., REGINATTO, D. C., HENRICHSEN, L., DORNELLES, E. F., SCREMIN, O. B., SILVA, J. A. G. da . Lógica fuzzy na simulação da produtividade de trigo por nitrogênio e hidrogel. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 6, p. 1-7, 2018.
- MANTAI, R. D., SILVA, J. A. G. da, SAUSEN, A. T., COSTA, J. S., FERNANDES, S. B., UBESSI, C. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 343-349, 2015.

Evento: XXV Jornada de Pesquisa

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

MEDEIROS, R. Á. O., WINKELER, B. G. N., VILLANUEVA, J. M. M., RODRIGUEZ, Y. P. M., MACEDO, E. C. T., MACEDO, H. D. Previsão de demanda a médio prazo aplicada em dados reais do sistema de distribuição: uma comparação entre RNA e Lógica Fuzzy. **Revista Principia**, n.31, 2016

OLIVEIRA, M. D. de; REZENDE, O. L. T. de; OLIVEIRA, S. M. A. C., LIBANIO, M. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol.19, n.4, pp.361-372. 2014

PEDÓ, I.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química de cultivares de aveia (*Avena sativa* L). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 17, n. 2, p. 78-83, 1997.

TRAUTMANN, A. P. B., SILVA, J. A. G. da, BINELO, M. O., VALDIERO, A. C., HENRICHSEN, L., BASSO, N. C. F. Simulação da produção de trigo por nitrogênio e não linearidade das condições ambientais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 24 (1), 44-51. 2020

WOOD, P., WEISZ, J., FEDEC, P. Potencial for β -D-glucan enrichment in brans derived from oat (*Avena Sativa* L.) cultivars of different (1-3), (1-4)- β -D-glucan concentrations. **Cereal Chemistry**, v. 68, n. 1, p. 48-51, 1991.

Parecer CEUA: 640.285