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

A TECNOLOGIA DO HIDROGEL EM AVEIA NA EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO E A PROPOSTA DE SIMULAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS BASEADO EM LÓGICA FUZZY NO SISTEMA SOJA/AVEIA[1]

Osmar Bruneslau Scremin[2], Rubia Diana Mantai[3], Anderson Marolli[4], Ângela Teresinha Woschinski De Mamann[5], Ari Higino Scremin[6].

[1] Projeto de Pesquisa realizado no curso de Doutorado em Modelagem Matemática da Unijuí
[2] Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[3] Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[4] Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[5] 3 Mestre em Modelagem Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[6] Mestrando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

O cultivo da aveia branca (Avena sativa) tem aumentado gradativamente nos últimos (CONAB, 2016), tornando-se uma alternativa ao trigo para estação fria. Por ser um cereal nutritivo e saudável, é cada vez mais utilizada na indústria de alimentos e altamente indicada para alimentação infantil, atletas, adultos e idosos (KEHL, 2013; MANTAI et al., 2016). No entanto, por ser uma gramínea este aumento de produtividade é altamente dependente do uso de nitrogênio, que é um produto de fácil dissipação ao meio ambiente, em anos desfavoráveis (MANTAI et al., 2015). Estas perdas podem ser tanto por lixiviação (em anos chuvosos) ou volatização (em anos secos), elevando os custos e gerando poluição ambiental (KRÜGER et al., 2014).

Uma alternativa ao melhor aproveitamento do nutriente e a manutenção da umidade no solo é o uso dos hidrorretentores de água, que incham, armazenando água em seu interior e liberam-na gradativamente. Neste contexto, os polímeros podem ser interessantes, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção (DRANSKI et al., 2013; AZEVEDO, 2014).

Analisar via modelagem matemática os diversos aspectos ligados à produção agrícola incluindo as interações entre as culturas, meio ambiente e o manejo da cultura, permitem previsão e o comportamento das plantas quanto ao seu desempenho produtivo (BERNARDES, 2000). Desta maneira, usar modelos que permitem a manipulação de dados que muitas vezes são imprecisos pode representar uma tecnologia inovadora à tomada de decisões quanto ao manejo e ao desempenho das culturas (STEFANOSKI et al., 2013) . Neste sentido, a modelagem via lógica fuzzy propicia a

inserção destes valores imprecisos permitindo o entendimento e a explicação da interação entre as diferentes áreas e processos existentes (CASTRO, 2005).

O objetivo do estudo é validar a possibilidade de emprego de hidrorretentores de água no solo como forma de aumentar a eficiência de uso do nitrogênio na produtividade de grãos de aveia para o Brasil. Adequar o modelo de Lógica Fuzzy para simulação da produtividade grãos de aveia nas condições de uso de nitrogênio e hidrogel junto ação combinada da temperatura média do ar, considerando as condições reais de cultivo no sistema de cultivo soja/aveia.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram desenvolvidos a campo, nos anos agrícolas de 2014 e 2015, no município de Augusto Pestana, RS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um esquema fatorial 5 x 5 nas fontes de variação doses de hidrogel nos níveis 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha-1(aplicados junto ao sulco na semeadura), e doses de N-fertilizante (fonte uréia) nos níveis 0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha(aplicado em cobertura no estádio de quarta folha expandida), com o uso da cultivar de aveia branca URS-Corona, no sistema de cultivo soja/aveia. Na semeadura, foi utilizada semeadora-adubadora na composição da parcela com 5 linhas de 5 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,18 m, formando a unidade experimental de 4,5 m².A colheita para a estimativa da produtividade de grãos ocorreu de forma manual pelo corte das três linhas centrais de cada parcela, que após, foram trilhadas com colheitadeira estacionária e direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos a 13% e pesagem para estimativa da produtividade. Os dados climáticos foram obtidos através da estão meteorológica do IRDer, próxima aos experimentos.

Para o desenvolvimento da programação da Lógica Fuzzy na previsibilidade da produtividade grãos, foi utilizado o Toolbox "fuzzy", do software Matlab. A programação foi implementada para as entradas Nitrogênio e Temperatura Máxima, com o conectivo "e" para a avaliação das regras. A base de regras foi construída a partir dos dados reais da produtividade de grãos nas condições de uso de hidrogel e nitrogênio. O método de inferência utilizado nesta pesquisa é o método de Mamdani ou método MAX-MIN. Para a diferenciação dos anos de cultivo foi usada a variável temperatura máxima, e mostrou-se importante nas simulações devido à variação da mesma durante os anos de estudo.

As variáveis de entrada utilizadas pela lógica fuzzy formam: as doses de N-fertilizante (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha) e a temperatura média máxima de cada ano de cultivo. Para cada condição de uso do hidrogel, foi construído um simulador fuzzy. Para a variável de saída (Produtividade de grãos), o intervalo teve como limite inferior e superior a produtividade de grãos observada do efeito cumulativo dos anos. Portanto foram construídos 5 simuladores. Na sequência, foi feita a validação dos simuladores fuzzy, para o efeito cumulativo dos anos, sendo que as saídas ficaram dentro do intervalo de confiança, a 5% de probabilidade de erro.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a base de regras da lógica fuzzy, considerando as variáveis de entrada nitrogênio e temperatura máxima à simulação da produtividade de grãos. No nitrogênio, as variáveis linguísticas (VL) e seu correspondente valor quantitativo (VQ) foram definidos por

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

especialista, com base nas condições de uso das doses N-fertilizante, sendo muito baixo (MB, 0 kg/ha), baixo (B, 30 kg/ha), médio (M, 60 kg/ha), alto (A, 90 kg/ha) e muito alto (MA, 120 kg/ha). Na temperatura máxima (TMÁX), as variáveis linguísticas e seu correspondente valor quantitativo foram definidos como baixo (B, 21°C) e alto (25 °C). Destaca-se que as classificações estabelecidas foram por ano de cultivo, como mostra a Figura 1, permitindo mostrar as diferenças envolvidas pela temperatura máxima entre os anos e qualificar a simulação da produtividade de grãos via lógica nebulosa nas doses de nitrogênio e hidrogel.

Tabela 1. Base de regras Lógica Fuzzy para a simulação da produtividade de grãos da aveia no sistema de sucessão soja/aveia.

N		Ano	$T_{MÁX}$(°C)		Variáveis Linguísticas de Saída				
V_L	V_Q		V_L	V_Q	PG_{H0}	PG_{H30}	PG_{H60}	PG_{H90}	PG_{H120}
MB	0	2015	B	21	B	B	M	B	B
		2014	A	25	B	B	B	B	B
B	30	2015	B	21	A	A	A	A	M
		2014	A	25	M	M	M	M	B
M	60	2015	B	21	MA	MA	MA	MA	A
		2014	A	25	A	A	A	A	M
A	90	2015	B	21	MA	MA	MA	MA	MA
		2014	A	25	A	A	A	A	M
MA	120	2015	B	21	A	MA	A	A	A
		2014	A	25	M	A	M	M	M
Valor real (2014+2015)		Mínimo			1850	2021	1965	1905	1836
		Máximo			4025	4286	4124	4036	4005

N= nitrogênio (kg/ha); TMÁX= temperatura média máxima; VL= variáveis linguísticas; VQ= variáveis quantitativas; PG= produtividade de grãos; MB= muito baixa; B= baixa; M= média; A= alta; MA= muito alta; H= hidrogel (kg/ha);

Na Tabela 1, para as regras das variáveis linguísticas de saída à produtividade de grãos, foram estabelecidos quatro intervalos, que são baixa (B), média (M), alta (A) e muito alta (MA). Para a simulação da produtividade de grãos via fuzzy (Tabela 2), foram empregados os valores reais de mínimo e máximo do efeito cumulativo dos anos testados, independente de N-fertilizante, para inferências do comportamento real e simulado do incremento de doses de hidrogel. Segundo PONCIANO et al. (2012), para expressar conceitos é muito comum o uso de elementos qualitativos ao invés de valores quantitativos. Estes elementos típicos incluem "mais ou menos", "alto", "não muitos", "médio", etc. Estas ideias são capturadas pela definição de variável linguística. Uma variável linguística tem por característica assumir valores dentro de um conjunto de termos linguísticos, ou seja, palavras ou frases. Assim, ao invés de assumir instâncias numéricas, uma variável linguística assume instâncias linguísticas. Por exemplo, uma variável linguística "Temperatura" poderá assumir como valor um dos membros do conjunto {baixa, média, alta}(BILOBROVEC et al., 2004). Para se atribuir um significado aos termos linguísticos, associa-

se cada um destes a um conjunto fuzzy definido sobre um universo de discurso comum (SANTOS & NÄÄS, 2006).

Na tabela 2, está apresentada a média e os limites inferior e superior do intervalo de confiança dos valores reais e simulados por lógica fuzzy à produtividade de grãos no uso do hidrogel e nitrogênio no sistema soja/aveia. Nas doses de hidrogel, de modo geral, o incremento de N-fertilizante proporcionou aumento na produtividade de grãos até o ponto de 90 kg/ha. Este fato indica que há uma estabilidade de aproveitamento do nutriente, independente da dose de hidrogel testado.

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

Tabela 2. Lógica Fuzzy na simulação da produtividade de grãos da aveia por nitrogênio e temperatura no uso do hidrogel no sistema de sucessão soja/aveia..

H (kg ha^{-1})	N (kg ha^{-1})	PG (kg ha^{-1})			PG (kg ha^{-1})
		L_i	??	L_s	
Análise conjunta (2014 + 2015)					
0	0	1987	2220 c	2420	2130
	30	2750	3035 b	3278	2940
	60	2872	3342 a	3745	3390
	90	2934	3449 a	3891	3390
	120	2643	3192 b	3663	2940
Média H_0		2637	3047	3399	2958
30	0	2150	2327 d	2478	2310
	30	2892	3106 c	3290	3150
	60	2964	3483 b	3929	3630
	90	3170	3634 a	4031	3630
	120	3061	3466 b	3814	3630
Média H_{30}		2847	3203	3508	3270
60	0	2035	2442 c	2790	2240
	30	2783	3138 b	3442	3040
	60	2954	3502 a	3973	3500
	90	2985	3505 a	3952	3500
	120	2618	3146 b	3599	3040
Média H_{60}		2675	3146	3551	3064
90	0	2041	2225 c	2381	2180
	30	2631	3036 b	3384	2970
	60	2864	3335 a	3740	3420
	90	2963	3462 a	3891	3420
	120	2792	3222 a	3591	2970
Média H_{90}		2658	3056	3397	2992
120	0	1957	2070 c	2168	2110
	30	2488	2969 b	3381	2920
	60	2787	3215 a	3583	3370
	90	2897	3398 a	3828	3370
	120	2808	3199 b	3534	2950
Média H_{120}		2587	2970	3298	2944

H= hidrogel; N= nitrogênio; Li e Ls= limite inferior e superior do intervalo de confiança a 5% de probabilidade de erro; X ̅= média; PG= produtividade de grãos; PB= produtividade de biomassa; Médias seguidas pela mesma letra

dentro de cada condição de uso do hidrogel constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo modelo Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na simulação da produtividade de grãos pela lógica fuzzy foi observado que os resultados obtidos foram próximos da média observada, porém, quando mais distante, representou valor dentro do intervalo de confiança estabelecido, independente das condições de uso de nitrogênio e hidrogel. Contudo, os resultados da simulação via lógica fuzzy, também sugerem um comportamento quadrático de expressão da produtividade de grãos e linear sobre a produtividade biológica, como ocorrida nos valores reais testados no sistema soja/aveia. Uma proposta importante e que pode trazer grandes subsídios à agricultura está no emprego de interpretação de dados linguísticos com o uso de programas computacionais (REZENDE et al., 2015).

Os resultados obtidos da simulação (Tabela 2) representam pontos dentro do intervalo de confiança da média, confirmando a adequada base de regras estabelecida e a possibilidade de uso da lógica nebulosa na previsibilidade da produtividade de grãos de aveia no uso de nitrogênio e hidrogel. ALDO et al. (2014), fez uso da neuro fuzzy na estimativa da produtividade de grãos de trigo em função da adubação nitrogenada, mostrando que o modelo gerado por lógica fuzzy possibilitou estimar os valores de produtividade em função das doses de nitrogênio com os valores do erro menores que o erro médio quadrático (RMSE) da regressão quadrática. ANTUNES & ZULLO JÚNIOR (2007), desenvolveram por lógica fuzzy a partir de índices de vegetação de imagens a estimativa de área de plantio de soja, mostrando-se altamente correlacionadas com as estimativas oficiais.

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

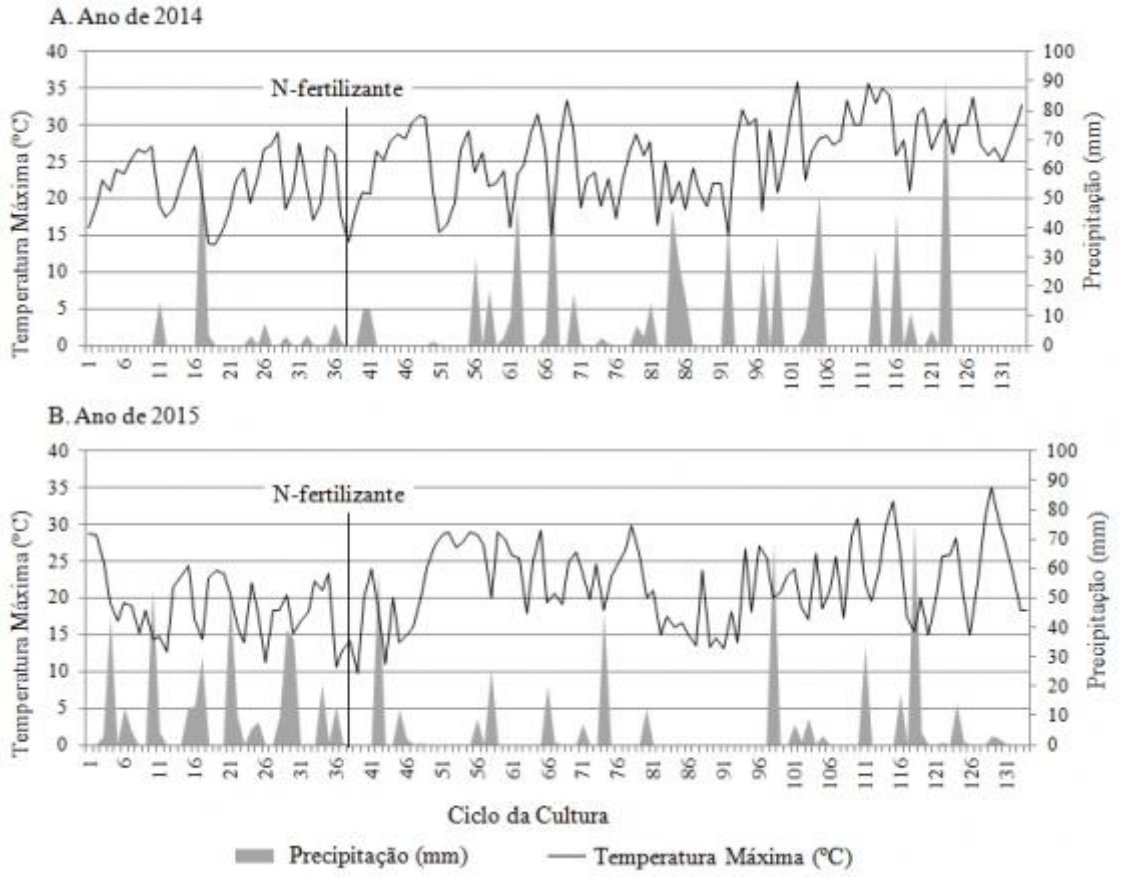

Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura máxima no ciclo da aveia.

CONCLUSÃO

A dose 30 kg/ha de hidrogel mostrou maior eficiência no aproveitamento do nitrogênio para a elaboração da produtividade de grãos de aveia, independente do ano de cultivo. A modelagem matemática via Lógica Fuzzy revela-se uma importante ferramenta na simulação da produtividade de grãos de aveia pelas condições de uso de nitrogênio e hidrogel junto na ação combinada da temperatura média do ar. Os valores gerados pelas simulações mostraram-se muito próximos aos valores observados, mostrando uma alta confiabilidade das regras propostas.

PALAVRAS-CHAVE

Novas tecnologias, hidrorretentor, clima, variáveis linguísticas, temperatura do ar.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPERGS e à UNIJUI pelo aporte dos recursos destinados ao desenvolvimento deste estudo e pelas bolsas de Iniciação Científica e de Apoio Técnico, de Pós-graduação e de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALDO A. V. DA SILVA et al.. Estimativa da produtividade de trigo em função da adubação nitrogenada utilizando modelagem neuro fuzzy. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. V.18, n.2, p.180–187, 2014.

ANTUNES, J.F.G.; ZULLO JUNIOR, J. Aplicação de lógica fuzzy para estimativa de área plantada da cultura de soja utilizando imagens AVHRR-NOAA. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13., Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE; SELPER, 2007.

AZEVEDO, GLAUCE TAÍS DE OLIVEIRA SOUSA. Produção de mudas clonais de Eucalyptus spp. com polímero hidroretentor incorporado ao substrato. 2014. xiv, 60 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

BERNARDES, M. S. Modelagem matemática aplicada à agricultura. FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Agrianual, 2000. Anuário de agricultura brasileira. São Paulo, 2000. p.80-81.

BILOBROVEC, Marcelo; MARÇAL, Rui Francisco Martins; KOVALESKI, João Luis. Implementação de um sistema de controle inteligente utilizando a lógica fuzzy. XI SIMPEP, Bauru/Brasil, 2004.

CASTRO, Evaristo Mauro de et al. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. Horticultura Brasileira, v. 23, n. 3, p. 846-850, 2005.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Brasil Grãos. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/detalhe.php?c=5031>. Acesso em: 27/06/2016.

DRANSKI, João AL et al. Sobrevivência e crescimento do pinhão-manso em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p. 537-542, 2013.

KEHL, K., Aveia Branca: Uma alternativa para o cultivo no inverno. <http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/noticia/aveia-branca--uma-alternativa-para-o-cultivo-no-inverno_176011.html>, acessado em 15/02/2015.

KRÜGER, C.A.M.B.; SILVA, J.A.G.; MEDEIROS, S.L.P.; DALMAGO, G.A.; SILVA, A.J.; ARENHARDT, E.G.; GEWEHR, E. Relações de variáveis ambientais e subperíodos na produtividade e teor de óleo em canola. Ciência Rural, v.44, n 9, p.1664-1670, 2014.

MANTAI, R.D.; SILVA, J.A.G.; ARENHARDT, E.G., SAUSEN, A.T.Z.R., BINELLO, M.O., BIANCHI, V.; SILVA, D.R.; BANDEIRA, L.M. The Dynamics of Relation Oat Panicle with Grain Yield by Nitrogen. American Journal of Plant Sciences, v. 7, n. 01, p. 17, 2016.

MANTAI, R.D.; SILVA, J.A.G.; SAUSEN, A.T.Z.R.; 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. v. 19, n. 4, p. 343-349, 2015.

PONCIANO, Patrícia F. et al. Fuzzy system to predict productive performance of broiler chicks from 1 to 21 days old. Engenharia Agrícola, v. 32, n. 3, p. 446-458, 2012.

REZENDE, Oscar Luiz Teixeira; LORENZONI, Luciano Lessa; KULITZ, Hans Rolf. USO DO SISTEMA LÓGICO FUZZY NO CONTROLE DA POTÊNCIA APLICADA AO MOTOR DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO DE UM GASEIFICADOR/COMBUSTOR PARA PRODUÇÃO DE CALOR. Revista Ifes Ciência-ISSN 2359-4799, v. 1, n. 1, 2015.

SANTOS, R.C.; NÄÄS, I.A. Utilização da lógica fuzzy para a simulação do estro de bovino leiteiro exposto a diferentes valores de temperatura e UR. In: SIMPÓSIO DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIENTES PROTEGIDOS, 2006, Campinas, SP. Anais. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 2006. 1 CD.

STEFANOSKI, Diane C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

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