

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL POR REDES NEURAIS NA SIMULAÇÃO DA  
PRODUTIVIDADE DA AVEIA PELA ÁREA FOLIAR NECROSADA E  
CONDIÇÕES AMBIENTAIS LIGADAS AO PROGRESSO DA DOENÇA NAS  
CONDIÇÕES DE USO DE FUNGICIDA<sup>1</sup>  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE BY NEURAL NETWORKS IN THE  
SIMULATION OF OAT YIELD BY NECROTIC LEAF AREA AND  
ENVIRONMENTAL CONDITIONS LINKED TO DISEASE PROGRESSION  
UNDER CONDITIONS OF FUNGICIDE USE**

**Ângela Teresinha Woschinski De Mamann<sup>2</sup>, Adriana Roselia Kraisig<sup>3</sup>,  
Vanessa Pansera<sup>4</sup>, Odenis Alessi<sup>5</sup>, Eldair Fabricio Dornelles<sup>6</sup>, José Antonio  
Gonzalez Da Silva<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários-DEAg/UNIJUI

<sup>2</sup> Doutoranda em Modelagem Matemática, UNIJUI e Docente do IFRS/Ibirubá. E-mail: angela.mamann@ibiruba.ifrs.edu.br

<sup>3</sup> Doutoranda em Modelagem Matemática, UNIJUI, e-mail: maryshelei@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Doutoranda em Modelagem Matemática, UNIJUI, e-mail: vpansera@hotmail.com

<sup>5</sup> Doutorando em Modelagem Matemática, UNIJUI, e-mail: odenisalessi@hotmail.com

<sup>6</sup> Mestre em Modelagem Matemática, UNIJUI, e-mail: eldair.dornelles@gmail.com

<sup>7</sup> Professor Orientador, DEAg/UNIJUI, e-mail: jagsfaem@yahoo.com.br

## **INTRODUÇÃO**

O uso de técnicas computacionais via redes neurais artificiais (RNAs) vem sendo utilizada como uma alternativa aos modelos existentes (DORNELLES et al., 2018). As RNAs constituem um campo da ciência da computação ligado à inteligência artificial e busca implementar modelos matemáticos que se assemelhem às estruturas neurais biológicas (SIQUEIRA-BATISTA et al., 2014). Com isto, pode-se aumentar a precisão, entender e otimizar as tecnologias de cultivo, simulando com precisão variáveis importantes em sistemas complexos que envolvem a produção vegetal (SOARES et al., 2015). Na cultura da aveia, as doenças foliares, quando não controladas podem comprometer até 100% a produção de grãos (OLIVEIRA et al., 2014). As técnicas computacionais que visem compreender a dinâmica de desenvolvimento da doença e com possibilidade de simulações pode representar avanços na busca de manejos mais sustentáveis no controle de doenças. O objetivo do estudo é simular a produtividade de grãos de cultivares de aveia via rede neural artificial, durante os estádios de desenvolvimento, envolvendo o momento e número de aplicações de fungicida, área foliar e condições meteorológicas durante o cultivo.

## **METODOLOGIA**

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

O trabalho foi desenvolvido em 2015, 2016 e 2017, no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR/UNIJUI), Augusto Pestana/RS. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições, em fatorial 22 x 4 para 22 cultivares de aveia (Tabela 2) e 4 condições de aplicações de fungicida, sem aplicação de fungicida, uma aplicação aos 60 dias após a emergência (DAE), duas aplicações (60 e 75 DAE) e três aplicações (60, 75 e 90 DAE) no sistema soja/aveia. A avaliação da área foliar foi realizada aos 60, 75, 90 e 105 DAE, sendo coletadas três plantas de cada parcela, utilizando as três folhas superiores de cada planta coletada. As folhas foram digitalizadas utilizando o leitor de área foliar e o software WinDIAS e identificação da área foliar necrosadas, utilizando o software ImageJ. Para estimativa da produtividade de grãos foram utilizadas as 3 linhas centrais de cada parcela. No desenvolvimento da RNA à estimativa da produtividade de grãos de aveia, foi utilizado a *toolbox neural network* do Matlab, com arquitetura de Perceptron de múltiplas camadas, com função de ativação tan-sigmóide, algoritmo de treinamento *backpropagation* e método de otimização Levenberg-Marquardt. Para o treinamento da RNA foram utilizadas as variáveis de entrada: número de aplicações de fungicida (NAP), dias após a emergência (DAE), área foliar necrosada (AFN%), precipitação (Prec), temperatura mínima, máxima e média ( $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\text{méd}}$ ), respectivamente e soma térmica (ST). Para a camada de saída foi definido a variável produtividade de grãos (PG).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 de estatística descritiva, tanto a produtividade quanto a área foliar necrosada foram obtidas considerando diferentes condições de uso de fungicida. Destaca-se a evolução mais significativa de área foliar necrosada aos 90 e 105 DAE, com redução das médias ao longo do número de aplicações. Estes resultados vêm ao encontro dos obtidos pela produtividade de grãos, pois, o maior controle da necrose foliar pelas doenças é obtido com o aumento do número de aplicações, embora as condições com duas e três aplicações mostram tendência de aproximação dos valores, indícios de que o uso de fungicida aos 90 dias pode representar eficiência de controle, e mantendo longo intervalo de tempo entre a colheita e a última aplicação.

Tabela 1. Análise descritiva dos valores de produtividade de grãos e área foliar necrosada das cultivares de aveia e das variáveis meteorológicas.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

DAE	Estatística Descritiva	Fungicida/AFN(%)				Prec (mm)	T <sub>min</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	T <sub>med</sub> (°C)	ST (°C)
		SF	CF <sub>1</sub>	CF <sub>2</sub>	CF <sub>3</sub>					
		(2015+2016+2017+Cultivares)					(2015+2016+2017)			
60	Mínima	0	-	-	-	128	8,2	20,7	14,8	647
	Média	0,8	-	-	-	232	9,5	22,2	15,8	711
	Máxima	5,2	-	-	-	440	10,6	24,2	17,1	789
75	Mínima	0	0	-	-	139	8,5	21,7	15,1	829
	Média	5	2,3	-	-	279	10,4	23	16,7	952
	Máxima	38,8	16,1	-	-	454	11,9	24,9	18	1052
90	Mínima	0,8	0,3	0	-	208	8,7	21,7	15,2	1007
	Média	29,6	18,5	9,7	-	342	10,7	23,1	16,9	1161
	Máxima	83,3	65	45,8	-	527	11,9	25,2	18,4	1300
105	Mínima	2	1,2	0,6	0,1	306	8,5	21,7	15,3	1192
	Média	58,7	36,9	25,7	22,7	457	10,7	23,1	16,9	1355
	Máxima	100	100	79,5	72,5	561	12	25,2	18,6	1535
	Estatística Descritiva	Condição de Fungicida/PG (kg ha <sup>-1</sup> )								
		SF	CF <sub>1(60DAE)</sub>		CF <sub>2(60/75DAE)</sub>	CF <sub>3(60/75/90DAE)</sub>				
		(2015+2016+2017+Cultivares)								
	Mínima	458	1067		1293	1510				
	Média	1860	2590		3081	3349				
	Máxima	4427	5173		3081	5635				

DAE= dias após a emergência; AFN= área foliar necrosada; Prec= precipitação pluviométrica acumulada; T<sub>min</sub>= temperatura mínima; T<sub>max</sub>= temperatura máxima; T<sub>med</sub>= temperatura média; ST= soma térmica; SF= sem fungicida; CF<sub>1</sub>= com uma aplicação de fungicida; CF<sub>2</sub>= com duas aplicações de fungicida; CF<sub>3</sub>= com 3 aplicações de fungicida; PG= produtividade de grãos.

Na Tabela 2, independente de cultivar e condição de fungicida, a RNA treinada se mostra eficiente, pois valores estimados e observados estão muito próximos. Portanto, a construção de uma proposta de inovação tecnológica na redução de uso de fungicida pode ser implementada a partir de uma estrutura de rede neural.

Tabela 2. Comparação dos valores estimados por RNAs e as médias da produtividade de grãos observadas em cultivares de aveia nas condições de uso de fungicidas.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

Cultivar	SF			CF1 (60DAE)			CF2 (60/70DAE)			CF3 (60/70/90DAE)		
	PG <sub>O</sub>	PG <sub>E</sub>	ER <sub>SF</sub>	PG <sub>O</sub>	PG <sub>E</sub>	ER <sub>CF1</sub>	PG <sub>O</sub>	PG <sub>E</sub>	ER <sub>CF2</sub>	PG <sub>O</sub>	PG <sub>E</sub>	ER <sub>CF3</sub>
URS Altiva	2105	2109	4	2655	2649	6	3273	3229	44	3604	3597	7
URS Brava	1850	1831	19	2643	2605	38	3084	3093	9	3399	3376	23
URS Guará	2059	2070	11	2629	2706	77	3135	3144	9	3430	3445	15
URS Estampa	1870	1868	2	2477	2468	9	2684	2688	4	2924	2920	4
URS Corona	1888	1887	1	2978	2960	18	3410	3475	65	3622	3606	16
URS Torena	1689	1706	17	2483	2437	46	2962	2931	31	3172	3135	37
URS Charrua	2061	2047	14	2770	2758	12	3097	3101	4	3102	3131	29
URS Guria	1803	1793	10	2564	2536	28	2991	3046	55	3282	3273	9
URS Tarimba	1871	1864	7	2295	2305	10	2821	2866	45	3313	3330	17
URS Taura	1387	1351	36	2347	2280	67	2757	2811	54	3296	3298	2
URS 21	1963	1968	5	2561	2545	16	2894	2882	12	3005	3025	20
FAEM007	1889	1876	13	2609	2666	57	3410	3343	67	3449	3466	17
FAEM006	1850	1910	60	2696	2721	25	3248	3248	0	3596	3601	5
FAEM5	1714	1713	1	2332	2359	27	3103	3105	2	3433	3442	9
FAEM4	2258	2301	43	2920	2942	22	3467	3458	9	3617	3629	12
Brisasul	1819	1801	18	2583	2591	8	3248	3276	28	3593	3579	14
Barbarasul	1753	1749	4	2586	2571	15	3278	3288	10	3504	3504	0
Fapa Slava	1408	1406	2	2328	2336	8	2891	2913	22	3065	3075	10
Afrodite	1954	1910	44	2671	2678	7	3298	3295	3	3710	3714	4
Farroupilha	2045	2063	18	2892	2862	30	3254	3232	22	3474	3453	21
UPFA Ouro	1786	1759	27	2440	2444	4	2772	2827	55	3127	3136	9
Gaudéria	1887	1902	15	2522	2509	13	2707	2675	32	2970	2958	12
Geral	1860	1870	10	2589	2588	1	3081	3081	0	3349	3361	12

SF= sem fungicida; CF<sub>1</sub>= uma aplicação de fungicida; CF<sub>2</sub>= duas aplicações de fungicida; CF<sub>3</sub>= três aplicações de fungicida; 60DAE= dia da aplicação do fungicida após a emergência; 60/75DAE= dia da primeira e segunda aplicação de fungicida, respectivamente; 60/75/90DAE= dia da primeira, segunda e terceira aplicação de fungicida, respectivamente; PG<sub>O</sub>= média de produtividade de grãos observada; PG<sub>E</sub>= produtividade de grãos estimada pela rede neural artificial; ER= erro relativo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As RNAs se apresentam como uma ferramenta de grande contribuição ao desenvolvimento de modelos de simulação voltados a estimativa de grãos possibilitando a consideração de maior número de variáveis explicativas, além disso, apresentando elevado nível de similaridade entre a produtividade simulada e observada. Uma condição que pode fornecer simulações buscando manejos mais eficientes e sustentáveis na busca de redução de agrotóxicos e maior segurança alimentar.

**Palavras-chave:** *Avena sativa*; otimização; doenças foliares; modelagem

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** VIII Seminário de Inovação e Tecnologia

**Keywords:** *Avena sativa*; optimization; foliar diseases; modeling

## REFERÊNCIAS

DORNELLES, E.F.; KRAISIG, A.R.; SILVA, J.A.; SAWICKI, S.; ROOS-FRANTZ, F.; CARBONERA, R. Artificial intelligence in seeding density optimization and yield simulation for oat. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(3), 183-188, 2018.

OLIVEIRA, E.A.D.P.; ZUCARELI, C.; FONSECA, I.C.D.B.; OLIVEIRA, J.C.D.; BARROS, A.S.D.R. Foliar fungicide and environments on the physiological quality of oat seeds. *Journal of Seed Science*, 36(1), 15-24, 2014.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; VITORINO, R.R.; GOMES, A.P.; OLIVEIRA, A.D.P.; FERREIRA, R.D.S.; ESPERIDIÃO-ANTONIO, V.; CERQUEIRA, F.R. Artificial neural networks and medical education. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 38(4), 548-556, 2014.

SOARES, F. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; RUSSI, J. L. Predição da produtividade da cultura do milho utilizando rede neural artificial. *Ciência Rural*, 45(11), 1987-1993, 2015.