

Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares de Aveia à Resistência as Doenças e Produtividade no Posicionamento em Cultivo de Base Agroecológica

Cibele L. Peter ¹; Odenis Alessi ²; Juliana A. da Rosa ³; Cristhian M. Babeski ⁴; Matheus G. L. Meotti ⁵; Willyan J. A. Bandeira ⁶; Ivan R. Carvalho ⁷; José A. G. da Silva ⁸
UNIJUÍ, Ijuí, RS

Resumo. O modelo de adaptabilidade e estabilidade pode auxiliar na identificação de cultivares mais ajustadas a sistemas de produção de base agroecológica, oportunizando redução de agrotóxicos com segurança alimentar. O objetivo deste estudo é o emprego do modelo de adaptabilidade e estabilidade de Eberhart e Russel na identificação de cultivares mais ajustadas a sistemas de produção agroecológica, pela expressão da produtividade e área foliar necrosada por doenças, em condições de ausência de fungicida. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições avaliando 22 cultivares brasileiras de aveia nos diferentes anos agrícolas. O modelo de Eberhart e Russel oportuniza envolver três indicadores de análise, com parâmetros de adaptabilidade e estabilidade que atribui um índice ambiental, junto a média geral de desempenho das cultivares. As cultivares Brava, Estampa, URS 21 e Farroupilha mostram maior aptidão de cultivo em sistemas sem utilização do agrotóxico, sendo alternativas que favorecem a conversão de sistemas convencionais para de base agroecológica no cultivo da aveia.

Palavras-chave. *Avena sativa* L., Eberhart e Russel, índice ambiental, doenças foliares, segurança alimentar

1 Introdução

A modelagem matemática e computacional é reconhecida como uma poderosa ferramenta para a compreensão e validação de novas tecnologias, possuindo grande aplicabilidade no estudo de sistemas agrários [3, 14]. Dentre as técnicas de modelagem, estão aquelas utilizadas para analisar as características de adaptabilidade e estabilidade de cultivares e manejos [2, 6]. O modelo proposto por Eberhart e Russel fundamenta-se na análise de regressão linear simples, em que os coeficientes de regressão são estimados a partir de um índice ambiental, oportunizando explicar e caracterizar processos mais eficientes pelos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade [13].

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal que vem ganhando destaque como uma opção de grãos em virtude de suas características nutricionais, podendo ser atribuída em vários produtos destinados a alimentação humana [4, 8]. Durante seu cultivo, a aveia é suscetível ao surgimento de doenças fúngicas, como a ferrugem da folha e a helmintosporiose [9]. Devido a severidade destas

¹cibele.peter@sou.unijui.edu.br

²odenis.alessi@sou.unijui.edu.br

³juliana.aozane@sou.unijui.edu.br

⁴cristhian.babeski@sou.unijui.edu.br

⁵matheus.meotti@sou.unijui.edu.br

⁶willyan.bandeira@sou.unijui.edu.br

⁷ivan.carvalho@unijui.edu.br

⁸jose.gonzales@unijui.edu.br

doenças, e conseqüentemente a redução da produtividade e qualidade dos grãos, o emprego de fungicida para controle, torna-se imprescindível [10]. Entretanto, o emprego do controle químico tem repercutido em problemas de contaminação ambiental, além de acarretar sérios problemas de saúde pública [12]. Esta condição tem despertado com que pesquisadores e agricultores alterem sistemas de cultivo convencionais para sistemas de produção de base agroecológica ou mesmo orgânicos [5]. A utilização de cultivares de aveia mais resistentes ou tolerantes a doenças foliares, possibilita ainda mais uma agricultura de base agroecológica e orgânica [9].

Diante destes fatos, o modelo de adaptabilidade e estabilidade pode auxiliar na identificação de cultivares mais ajustadas a sistemas de produção de base agroecológica, oportunizando redução de agrotóxicos com segurança alimentar. O objetivo deste estudo é o emprego do modelo de adaptabilidade e estabilidade de Eberhart e Russel na identificação de cultivares mais ajustadas a sistemas de produção agroecológica, pela expressão da produtividade e área foliar necrosada por doenças, em condições de ausência de fungicida.

2 Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido a campo, nos anos de 2015 a 2020, na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) em Augusto Pestana, RS, Brasil. O experimento foi conduzido em delineamento experimental unifatorial de blocos casualizados com três repetições avaliando 22 cultivares brasileiras de aveia nos diferentes anos agrícolas sem uso de fungicida. As 22 cultivares de aveia branca utilizadas foram: Barbarasul, Brisasul, FAEM 006, FAEM 007, FAEM 4 Carlasul, FAEM 5 Chiarasul, IPR Afrodite, UPFA Gaudéria, UPFA Ouro, UPFPS Farroupilha, URS 21, URS Altiva, URS Brava, URS Charrua, URS Corona, URS Estampa, URS Fapa Slava, URS Guará, URS Guria, URS Tarimba, URS Taura e URS Torena.

A parcela experimental foi constituída de 5 linhas de 5 metros (m) de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,2 m para compor uma área de 5 m², portanto, um experimento a campo com 66 parcelas. Em cada parcela foram coletadas três plantas de forma aleatória e de cada planta retirada as três folhas superiores. Este procedimento foi realizado aos 60, 75, 90, 105 e 120 dias após a emergência das plantas (DAE) para análise da área foliar necrosada, em todas as cultivares. Para esta determinação, as folhas foram trazidas para laboratório e digitalizadas, com as imagens analisadas pelo leitor de área foliar e o software WinDIAS (Copyright 2012, Delta-T Devices Limited) na determinação da necrose pela doença sobre a área foliar total. Na estimativa da produtividade de grãos foram consideradas as 3 linhas centrais de cada parcela, colhidas de forma mecanizada no momento em que os grãos apresentavam umidade ao redor de 15%. Os grãos foram levados para laboratório na correção da umidade para 13 %, onde foram trilhados e pesados para obtenção da produtividade em gramas e posteriormente o valor convertido para obtenção da produtividade em kg ha⁻¹.

As cultivares foram classificadas em superiores (*S*) e inferiores (*I*) considerando a média mais ou menos um desvio padrão na expressão da área foliar necrosada e da produtividade de grãos em cada cenário de ano agrícola. Para a área foliar necrosada foi considerada cultivar com desempenho superior (*S*) aquela com média menos um desvio padrão e inferior (*I*) com média mais um desvio padrão. Na produtividade de grãos a cultivar com desempenho superior (*S*) é aquela com média mais um desvio padrão e inferior (*I*) quando menor à média menos um desvio padrão.

Na identificação das cultivares de aveia branca com maior adaptabilidade e estabilidade frente as alterações de ano agrícola, os dados mensurados da área foliar necrosada e da produtividade de grãos foram submetidos ao modelo de adaptabilidade e estabilidade de Eberhart e Russell, dados pela seguinte equação:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i}I_j + \delta_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij} \quad (1)$$

sendo: Y_{ij} a média de genótipo i no ambiente j , b_{0i} a média geral do genótipo i , b_{1i} o coeficiente

de regressão linear que mede a resposta do i éximo genótipo à variação do ambiente, I_j o índice ambiental padronizado, δ_{ij} são os desvios da regressão linear e $\bar{\varepsilon}_{ij}$ o erro experimental médio.

Uma cultivar é considerada estável quando $\delta_{ij} = 0$ e instável quando $\delta_{ij} \neq 0$. Segundo essa metodologia, a adaptabilidade é a capacidade de genótipos em determinadas condições aproveitarem vantajosamente os estímulos ambientais. Uma cultivar tem adaptabilidade ampla quando $b_{1i} = 1$; adaptabilidade específica à ambientes favoráveis quando $b_{1i} > 1$; e adaptabilidade específica à ambientes desfavoráveis quando $b_{1i} < 1$. A hipótese de que os coeficientes de regressão não diferem de um foi avaliada pelo teste t, e a hipótese de que os desvios de regressão de cada cultivar não diferem de zero foi analisada pelo teste F. Também, foi realizado o agrupamento de médias pelo teste de Scott e Knott em nível de 5 % de probabilidade de erro na comparação entre as cultivares. Os momentos considerados para as análises foram de 90 DAE e 105 DAE. Estes momentos foram utilizados considerando os resultados obtidos por Alessi (2022) [1] que identificou que 90 e 105 DAE são os mais adequados para a análise da variabilidade genética de resistência aos fungos causadores das principais doenças foliares da aveia. As análises foram realizadas pelo software livre GENES [7].

3 Resultados e Discussões

A tabela 1 apresenta os valores de temperatura, umidade e precipitação nos meses de cultivo e médias de produtividade de grãos e área foliar necrosada em aveia na classificação de ano agrícola.

A partir dos dados meteorológicos, da produtividade média de grãos de aveia e do percentual médio de área foliar necrosada realizou-se a classificação dos anos agrícolas em relação ao cultivo da aveia e ao desenvolvimento de doenças foliares. O ano de 2015, 2017, 2018, 2019 e 2020 foram classificados como desfavoráveis ao cultivo da aveia (ADC) e favoráveis às doenças foliares (AFD). Já o ano de 2016 foi classificado como favorável ao cultivo da aveia (AFC) e desfavorável às das doenças foliares (ADD). Para estas classificações foi levado em consideração os valores percentuais médios obtidos de área foliar necrosada, além da expectativa de produtividade de grãos desejada de 3000 kg ha^{-1} .

Na Tabela 2 é apresentada a análise de adaptabilidade e estabilidade das cultivares frente a necrose foliar nos momentos de 90 DAE e 105 DAE, considerando como índice ambiental os diferentes anos agrícolas. Para a análise realizada com a área foliar necrosada aos 90 DAE, o melhor desempenho médio de reduzida necrose foliar com adaptabilidade ampla e estabilidade foi observado nas cultivares URS Brava, URS Torena, FAEM 007, FAEM 006, FAEM 4 Carlasul e UPFPS Farroupilha. Entretanto, de todas as cultivares analisadas aos 90 DAE, apenas as cultivares Brisasul, IPR Afrodite, UPFPS Farroupilha e UPFA Gaudéria apresentam médias reduzidas e que foram classificadas com desempenho superior em relação à média geral menos um desvio padrão. Dentre estas, destacam-se a cultivar Brisasul com reduzida média de área foliar necrosada com adaptabilidade específica para ambiente desfavorável com estabilidade. A cultivar UPFPS Farroupilha apresentou adaptabilidade ampla com estabilidade e a cultivar Afrodite apresentou adaptabilidade ampla, porém sem estabilidade da redução da expressão da necrose ao longo dos anos agrícolas.

Para a análise realizada com a área foliar necrosada aos 105 DAE, o melhor desempenho médio de redução da necrose com adaptabilidade ampla e estabilidade foi observado nas cultivares URS Altiva, URS Guria, URS 21 e UPFPS Farroupilha. Entretanto, as menores médias de área foliar necrosada com superioridade foram observadas nas cultivares URS Brava, URS Estampa, Brisasul, UPFPS Farroupilha, UPFA Ouro e UPFA Gaudéria. Dentre estas, as cultivares URS Brava, URS Estampa e UPFA Ouro apresentaram adaptabilidade ampla, porém sem a característica de estabilidade. Já as cultivares Brisasul e URS Gaudéria apresentam adaptabilidade para ambientes favoráveis, mas sem estabilidade. Logo, destaque é dado a cultivar UPFPS Farroupilha

Tabela 1: Valores de temperatura, umidade e precipitação nos meses de cultivo e médias de produtividade de grãos e área foliar necrosada em aveia na classificação de ano agrícola.

Mês	Temperatura Média °C			Umidade média %			PP (mm)		PG	AFN	Classe	
	Min	Max	Média	Min	Max	Média	30 anos*	Ocor.			P	D
2015												
Maio	13	23	18	68	96	82	161	181	1229	67	ADC	AFD
Junho	10	21	16	67	96	82	141	228				
Julho	11	21	16	67	95	81	131	211				
Agosto	13	25	19	58	93	76	111	86				
Setembro	13	21	17	57	94	76	149	127				
Outubro	15	25	20	47	92	70	227	161				
Total	-	-	-	-	-	-	920	994				
2016												
Maio	11	21	16	65	95	80	161	55	3206	11	AFC	ADD
Junho	5	19	12	54	94	74	141	10				
Julho	9	22	15	60	92	76	131	80				
Agosto	9	23	16	60	92	76	111	160				
Setembro	8	23	16	53	90	72	149	56				
Outubro	12	25	19	53	91	72	227	326				
Total	-	-	-	-	-	-	920	687				
2017												
Maio	14	22	18	72	92	82	161	434	1146	99	ADC	AFD
Junho	11	22	16	64	92	78	141	146				
Julho	8	24	16	43	89	66	131	10				
Agosto	11	24	18	54	91	73	111	117				
Setembro	15	27	21	60	91	76	149	161				
Outubro	14	27	20	56	92	74	227	304				
Total	-	-	-	-	-	-	920	1172				
2018												
Maio	13	26	20	59	93	76	161	63	923	100	ADC	AFD
Junho	7	19	13	67	95	81	141	104				
Julho	9	20	15	66	95	81	131	80				
Agosto	6	20	13	58	93	76	111	107				
Setembro	13	25	19	58	94	76	149	184				
Outubro	16	25	20	47	92	70	227	243				
Total	-	-	-	-	-	-	920	780				
2019												
Maio	14	22	18	68	96	82	161	202	736	94	ADC	AFD
Junho	12	24	18	50	92	71	141	55				
Julho	8	19	13	55	94	74	131	90				
Agosto	8	22	15	48	92	70	111	69				
Setembro	11	24	17	48	91	69	149	99				
Outubro	15	28	21	47	90	68	227	236				
Total	-	-	-	-	-	-	920	751				
2020												
Maio	9	22	15	57	95	76	161	173	982	97	ADC	AFD
Junho	11	21	16	72	94	83	141	291				
Julho	8	19	13	68	95	81	131	336				
Agosto	10	23	16	58	93	76	111	156				
Setembro	12	25	18	60	94	77	149	48				
Outubro	14	30	22	44	91	67	227	52				
Total	-	-	-	-	-	-	920	1056				

Mín: mínimo; Max: máximo; PP: precipitação pluviométrica; *: média de precipitação dos últimos 30 anos; Ocor.: precipitação pluviométrica ocorrida; PG: produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$); AFN: área foliar necrosada avaliada aos 105 DAE (%); P: planta; D: doença; AFC: ano favorável ao cultivo da aveia; AFD: ano favorável às doenças foliares; ADC: ano desfavorável ao cultivo da aveia; ADD: ano desfavorável às doenças foliares.

que apresentou adaptabilidade ampla com estabilidade nos dois momentos considerados na análise de adaptabilidade e estabilidade, com reduzida média de área foliar necrosada, dando indícios de maior resistência genética as doenças foliares.

Tabela 2: Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade sobre a área foliar necrosada em cultivares de aveia em função dos anos agrícolas, sem o uso de fungicida.

Cultivar	AFN _{90DAE} (%)					AFN _{105DAE} (%)				
	b ₀	b ₁	σ ²	R ²	QM	b ₀	b ₁	σ ²	R ²	QM
	(2015+2016+2017+2018+2019+2020)									
URS Altiva	33b	0,82*	65*	77	281*	78b	1,04	-5	99	7
URS Brava	32b	0,90	-3	93	74	74c ^S	1,05	27*	98	104*
URS Guará	41a ^I	1,14*	135*	78	491*	80b	1,04	14*	98	67*
URS Estampa	32b	0,99	47*	85	227*	74c ^S	1,04	225*	88	700*
URS Corona	31b	0,97	74*	81	308*	83a ^I	0,96	186*	88	583*
URS Torena	34b	1,07	-1	95	80	77b	1,06*	-1	99	17
URS Charrua	34b	0,82*	107*	69	407*	79b	0,93*	6	99	40
URS Guria	43a ^I	1,25*	-6	97	65	77b	1,03	-1	99	19
URS Tarimba	40a ^I	1,30*	39*	92	204*	77b	0,89*	21*	97	87*
URS Taura	40a ^I	1,30*	105*	85	400*	82a ^I	0,92*	83*	93	272*
URS 21	40a ^I	1,17*	252*	69	843*	79b	0,98	-1	99	17
FAEM 007	34b	0,90	37	85	196	82a ^I	0,92*	65*	94	217*
FAEM 006	37a	1,05	11	92	120	85a ^I	0,88*	133*	89	423*
FAEM 5 Chiarasul	38a	1,10	164*	74	578*	82a ^I	1,03	176*	90	552*
FAEM 4 Carlasul	32b	0,92	15	90	131	78b	1,06*	13*	98	64*
Brisasul	29b ^S	0,75*	35	80	189	71d ^S	1,08*	161*	91	506*
Barbarasul	42a ^I	1,15*	76*	85	315*	80a	1,03	79*	95	260*
URS Fapa Slava	39a	0,86	208*	59	710*	79b	0,79*	102*	90	330*
IPR Afrodite	28b ^S	0,88	200*	61	685*	81a ^I	1,00	166*	90	522*
UPFPS Farroupilha	30b ^S	0,87	-17	97	31	75c ^S	1,00	1	99	28
UPFA Ouro	35b	1,07	252*	65	842*	75d ^S	1,05	291*	85	896*
UPFA Gaudéria	26b ^S	0,62*	243*	40	841*	75d ^S	1,11*	316*	85	971*
Média	35					78				
DP	5					3				

Valores médios seguidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott e Knott. DAE: dias após a emergência; AFN_{90DAE} (%): área foliar necrosada avaliada aos 90 DAE; AFN_{105DAE} (%): área foliar necrosada avaliada aos 105 DAE; b₀: média geral da cultivar; b₁: coeficiente de regressão linear; σ²: desvio da regressão; R²: coeficiente de determinação (%); QM: quadrado médio da fonte de variação; *: significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t para o coeficiente de regressão e pelo teste F para os desvios da regressão e o quadrado médio. ^S: valor inferior à média menos um desvio padrão; ^I: valor superior à média mais um desvio padrão; DP: desvio padrão.

Na Tabela 3 é apresentada a análise de adaptabilidade e estabilidade frente a produtividade de grãos das cultivares de aveia, considerando como índice ambiental os diferentes anos agrícolas na condição sem uso do fungicida.

É observado que somente a cultivar URS Altiva obteve maior desempenho médio de produtividade de grãos, tendo como características a adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis, porém sem evidenciar estabilidade sobre a expressão da variável. Por outro lado, várias cultivares evidenciaram desempenho intermediário (letra de agrupamento de médias “b”), dentre estas, cabe destacar as cultivares URS Brava, URS Estampa, URS 21 e UPFPS Farroupilha, que além de apresentarem o segundo melhor desempenho em relação a produtividade de grãos, mostraram adaptabilidade ampla. Nenhuma das cultivares com melhor desempenho evidenciaram estabilidade frente aos anos agrícolas. Este fato também é confirmado pelos valores significativos de quadrado médios da análise de variância do modelo.

A análise de adaptabilidade e estabilidade é fundamental para identificação de cultivares mais adaptadas e responsivas às variações ambientais [13]. Alessi et al. (2018) [2] aplicaram modelos de adaptabilidade e estabilidade para identificação de cultivares de aveia branca com maior resistência genética a doenças foliares. Oda et al. (2019) [11] avaliaram a estabilidade e adaptabilidade do

Tabela 3: Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade sobre a produtividade de grãos em cultivares de aveia em função dos anos agrícolas na condição sem uso do fungicida.

Cultivar	Produtividade de Grãos (kg ha^{-1})				
	b_0	b_1	σ^2	R^2	QM
	(2015+2016+2017+2018+2019+2020)				
URS Altiva	1681a	0,69*	198515*	70	631443*
URS Brava	1483b	0,96	53011*	93	194930*
URS Guará	1493b	1,12*	46578*	95	175631*
URS Estampa	1428b	1,00	59774*	93	215219*
URS Corona	1406b	1,24*	69612*	95	244734*
URS Torena	1314c	0,85*	39644*	93	154829*
URS Charrua	1496b	1,13*	55430*	95	202186*
URS Guria	1279c	0,63*	198426*	66	631174*
URS Tarimba	1250c	1,15*	31146*	96	129335*
URS Taura	1108d	0,60*	15230	93	81588
URS 21	1402b	1,05	36175*	96	144420*
FAEM 007	1327c	1,29*	115748*	93	383140*
FAEM 006	1363b	1,11*	68268*	94	240699*
FAEM 5 Chiarasul	1208c	0,99	57153*	93	207356*
FAEM 4 Carlasul	1471b	1,29*	57029*	96	206983*
Brisasul	1289c	1,12*	-292	99	35017
Barbarasul	1218c	1,14*	41696*	96	160986*
URS Fapa Slava	1064d	0,57*	7718	94	59050
IPR Afrodite	1404b	1,41*	132767*	93	434199*
UPFPS Farroupilha	1480b	1,03	42574*	95	163617*
UPFA Ouro	1405b	0,72*	16224	95	84568
UPFA Gaudéria	1512b	0,81*	6337	97	54907*

Valores médios seguidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott e Knott; b_0 : média geral da cultivar; b_1 : coeficiente de regressão linear; σ^2 : desvio da regressão; R^2 : coeficiente de determinação (%); QM: quadrado médio da fonte de variação; *: significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t para o coeficiente de regressão e pelo teste F para os desvios da regressão e o quadrado médio.

rendimento de grãos de linhagens de soja, utilizando a metodologia de Eberhart e Russell, no qual proporcionam informações úteis para a recomendação das linhagens. Souza et al. (2021) [15] examinaram a adaptabilidade e a estabilidade energética da produção de biomassa de 73 genótipos de capim-elefante, utilizando a metodologia proposta por Eberhart e Russell e Cruz, concluindo que o método foi eficaz na identificação de genótipos de capim-elefante altamente adaptáveis e com alta estabilidade na produção de matéria seca ao longo das nove safras.

4 Considerações Finais

A cultivar UPFPS Farroupilha apresenta reduzida necrose foliar com adaptabilidade ampla e estabilidade na expressão da área foliar necrosada, independente do momento de avaliação. Portanto, possui maior resistência genética às doenças foliares entre as cultivares analisadas.

A cultivar URS Altiva apresenta maior expressão da produtividade de grãos sem a utilização de fungicida, com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e sem estabilidade.

As cultivares URS Brava, URS Estampa, URS 21 e UPFPS Farroupilha apresentam o segundo melhor desempenho de produtividade com adaptabilidade ampla e sem estabilidade. Estas cultivares mostram maior aptidão em sistemas sem utilização de fungicida, sendo alternativas à conversão de sistemas convencionais para cultivos de base agroecológica.

Agradecimentos

Ao CNPq, à CAPES, à FAPERGS e à UNIJUÍ pelos recursos financeiros, estrutura física e materiais necessários para a realização da pesquisa.

Referências

- [1] O. Alessi. “Modelagem do progresso de doenças foliares e produtividade em cultivares de aveia à redução no uso de fungicida”. Tese de doutorado. UNIJUÍ, 2022.
- [2] O. Alessi et al. “Aplicação de Modelos de Regressão e de Adaptabilidade e Estabilidade na Identificação de Cultivares de Aveia Branca com Maior Resistência Genética a Doenças Foliares”. Em: **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics** 6.2 (2018).
- [3] O. Alessi et al. “Modelo de Estabilidade de Ecovalência e Eberhart & Russell na definição da dose mais sustentável de fornecimento de nitrogênio em aveia”. Em: **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics** 8.1 (2021).
- [4] N. C. F. Basso et al. “A produção sem agrotóxicos no controle de doenças foliares da aveia: indutor de resistência por silício e potássio e zona de escape”. Em: **Research, Society and Development** 11.8 (2022). DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31191>.
- [5] I. Bender et al. “Organic carrot (*Daucus carota* L.) production has an advantage over conventional in quantity as well as in quality”. Em: **Agronomy** 10.9 (2020), p. 1420. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091420>.
- [6] E. I. Canales Islas et al. “Estabilidad del rendimiento de grano en híbridos trilineales androesteriles de maíz para Valles Altos de México”. Em: **Revista mexicana de ciencias agrícolas** 7.8 (2016), pp. 1815–1827.
- [7] C. D. Cruz. “Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics”. Em: **Acta Scientiarum. Agronomy** 35 (2013), pp. 271–276. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.
- [8] J. A. G. Da Silva et al. “Biostimulants in the indicators of yield and industrial and chemical quality of oat grains”. Em: **Journal of Agricultural Studies** 8.2 (2020), pp. 68–87. DOI: <https://doi.org/10.5296/jas.v8i2.15728>.
- [9] E. F. Dornelles et al. “Artificial Intelligence in the Simulation of Fungicide Management Scenarios for Satisfactory Yield and Food Safety in oat Crops”. Em: **Revista de Gestão Social e Ambiental-RGSA** 17.1 (2023).
- [10] D. N. Follmann et al. “Genetic progress in oat associated with fungicide use in Rio Grande do Sul, Brazil”. Em: **Genetics and Molecular Research** 15.4 (2016), pp. 797–806. DOI: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr15049390>.
- [11] M. do C. Oda et al. “Estabilidade e adaptabilidade de produção de grãos de soja por meio de metodologias tradicionais e redes neurais artificiais”. Em: ().
- [12] L. Rani et al. “An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment”. Em: **Journal of Cleaner Production** 283 (2021), p. 124657. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>.
- [13] J. A. G. da Silva et al. “Adaptability and stability of yield and industrial grain quality with and without fungicide in Brazilian oat cultivars”. Em: **American Journal of Plant Sciences** 6.09 (2015), p. 1560. DOI: 10.4236/ajps.2015.69155.

- [14] F. Soltani et al. “Mathematical characterization of growth of a local landrace of sorghum from Saudi Arabia”. Em: **International Journal Pure Applied Bioscience** 6.1 (2018), pp. 52–55. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6075>.
- [15] A. G. de Souza et al. “Estimating elephant-grass adaptability and stability for energy-biomass production by regression models.” Em: **Journal of Agricultural Science (Toronto)** 13.3 (2021), pp. 68–79. DOI: doi.org/10.5539/jas.v13n3p68.