

## PESTICIDAS NA SOJA: A ÓPTICA DE EQUIVALENTES EM ENERGIA EM UMA ANÁLISE MULTIVARIADA

SALATHIEL ANTUNES TEIXEIRA<sup>1</sup>, CARLOS TADEU DOS SANTOS DIAS<sup>2</sup>, EDSON GIOVANNI KOCHINSKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestrado em Agronomia, UEPG (Av. General Carlos Cavalcanti, n. 4748, Campus Uvaranas, Secretaria da Pós-Graduação em Agronomia, Bloco F, Sala F38, Ponta Grossa, Paraná, CEP 84030-900), salathielat@hotmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UEPG (Av. General Carlos Cavalcanti, n. 4748, Campus Uvaranas, Secretaria da Pós-Graduação, Bloco F, Sala F38, Ponta Grossa, Paraná, CEP 84030-900), ctsdias@ufc.br

<sup>3</sup> Mestrado em Agronomia, UEPG (Av. General Carlos Cavalcanti, n. 4748, Campus Uvaranas, Secretaria da Pós-Graduação em Agronomia, Bloco F, Sala F38, Ponta Grossa, Paraná, CEP 84030-900), giovanni.kochinski@gmail.com

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar classes de pesticidas em equivalentes em energia ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ), utilizados por produtores de soja em três safras. O levantamento de informações foi realizado em Boa Esperança (PR). O inventário de utilização de pesticidas, área cultivada e de produtividade da cultura da soja para cada produtor se refere às safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Os valores foram convertidos em equivalentes em energia ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ). Baseado na participação dos diferentes mecanismos de ação, foi estabelecido um fator de conversão para a classe herbicida. Essa atenção com a classe justifica-se pelo percentual de 76,36 % do total de ingredientes ativos aplicados na soja nas três safras em todos os produtores ser herbicidas. Para atender critérios de normalidade de resíduos, os dados foram transformados em arco seno hiperbólico. O consumo médio das três safras foi de  $57,37 \text{ MJ ha}^{-1}$  para adjuvantes,  $53,57 \text{ MJ ha}^{-1}$  para fungicidas,  $1186,10 \text{ MJ ha}^{-1}$  para herbicidas e  $83,45 \text{ MJ ha}^{-1}$  para inseticidas. A média do total de químicos nas três safras foi  $1380,49 \text{ MJ ha}^{-1}$ . Foi realizada a análise de variância multivariada com teste de Wilks e, em seguida, análise de discriminantes. O resultado da análise da variância multivariada foi significativo. Verificou-se pela análise de discriminantes que a classe herbicida se destaca em relação às classes adjuvantes, fungicidas e inseticidas.

**Palavras-chave:** energia em pesticidas, energia em herbicidas, produção de soja.

## PESTICIDES IN SOYBEANS: THE POINT OF VIEW OF ENERGY EQUIVALENTS IN A MULTIVARIATE ANALYSIS

**ABSTRACT:** The aim of this paper was to evaluate classes of pesticides in energy equivalents ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ) used by soybean producers in three harvests. The information collection was carried out in Boa Esperança - PR. The pesticide use inventory, cultivated area and yield of soybean crop for each farmer refer to the harvests: 2014/2015, 2015/2016 and 2016/2017. The values were converted into energy equivalents ( $\text{MJ ha}^{-1}$ ). Based on the participation of the different mechanisms of action, a conversion factor was established for the herbicide class. This attention with the class is justified by the percentage of 76.36 % of the total active ingredients applied in the soybean in the three harvests in all the producers being herbicides. In order to meet normality criteria, the data were transformed into a hyperbolic arc sine. The average consumption of the three harvests was  $57.37 \text{ MJ ha}^{-1}$  for adjuvants,  $53.57 \text{ MJ ha}^{-1}$  for fungicides,  $1,186.10 \text{ MJ ha}^{-1}$  for herbicides and  $83.45 \text{ MJ ha}^{-1}$  for insecticides. The total chemical average of the three harvests was  $1380.49 \text{ MJ ha}^{-1}$ . Multivariate analysis of variance was performed with the Wilks test. Then discriminant analysis. The results of multivariate analysis were significant. It was verified by the discriminant analysis that the herbicide class stands out in relation to the adjuvant, fungicide and insecticide classes.

**Keywords:** pesticides energy, herbicides energy, soybean production.

Recebido em 11/03/2019 e aprovado para publicação em 18/05/2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2020v35n2p246-256>

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda pela sustentabilidade em qualquer setor de produção é cada vez maior. No setor agropecuário não é diferente. Contudo, a complexidade da cadeia agrícola dificulta avaliações amplas. Assim, estudos específicos podem contribuir para o entendimento de como pontos na cadeia impactam nos ideais de sustentabilidade: economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo.

O Brasil tem destacada importância no mercado global de *commodities* (MEADE et al., 2016). A cultura da soja possui grande importância para os estados produtores de culturas temporárias. Esse aspecto fica evidente ao realizar uma análise (IBGE, 2018) a respeito da área de cultivo de culturas temporárias discriminando a área da cultura soja e total de lavouras temporárias (Figura 1).

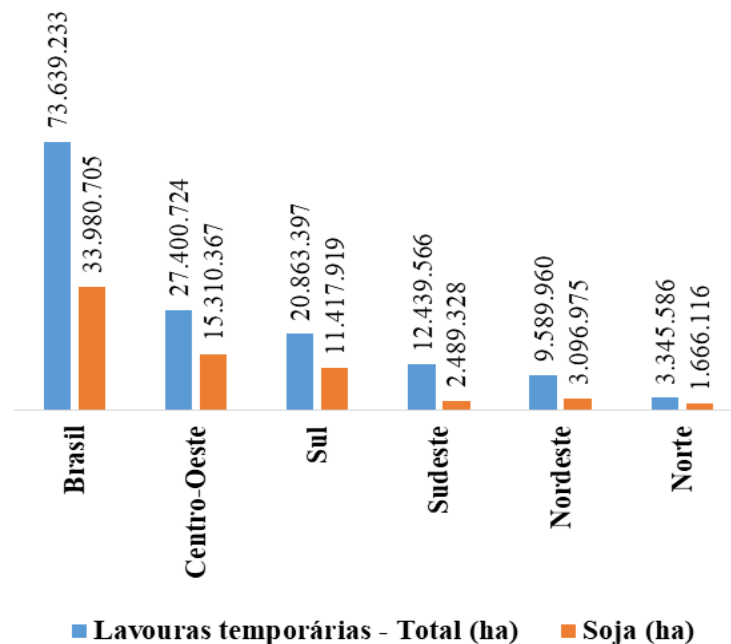
Considerando todo o Brasil, a área de soja representou no ano de 2017 mais de 45 % da área cultivada com culturas

temporárias. Quando se analisam as grandes regiões do país, o destaque vai para as regiões centro-oeste e sul. Nestas, as áreas de soja representam aproximadamente 55 % da área de cultivo com lavouras temporárias (IBGE, 2018).

Um exemplo de resultados economicamente positivos proporcionados pela cadeia da soja é a sua participação de pouco mais de 40 % do PIB do estado do Mato Grosso (NASCIMENTO; FIGUEIREDO; MIRANDA, 2018).

Com relação aos requisitos ambientais, uma análise a respeito do uso de insumos que impactam o agro ecossistema em diferentes regiões ou diferentes sistemas de produção agrícola torna-se valiosa. O consumo no ano de 2017 de ingredientes ativos pesticidas apontam que a região centro-oeste consome 32 % do total de ingredientes ativos pesticidas comercializados no país. A região sul é a segunda maior consumidora, com 29 %. Em terceiro, com 21 %, está a região sudeste (IBAMA, 2018).

**Figura 1.** Área total lavouras temporárias e da cultura da soja no Brasil e grandes regiões no ano de 2017.



Fonte: IBGE (2018).

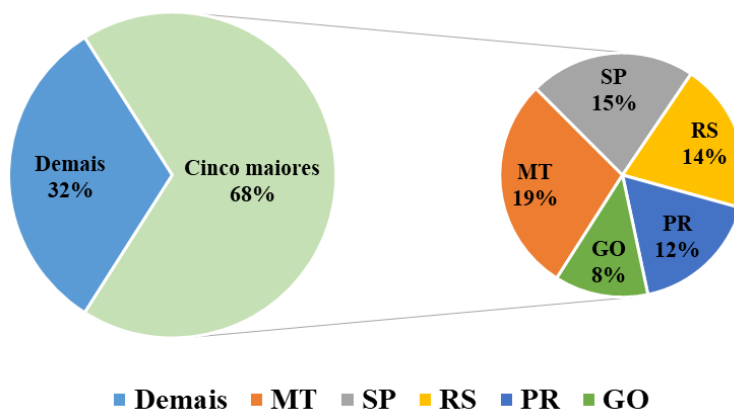
Ao avaliar o consumo por estado da federação se identificam as cinco maiores participações no comércio de ingredientes ativos

de pesticidas (Figura 2): Mato Grosso (19 %), São Paulo (15 %), Rio Grande do Sul (14 %), Paraná (12 %) e Goiás (8 %). As regiões centro-

oeste e sul tiveram no ano 2017 as maiores áreas de lavouras temporárias, as maiores áreas dedicadas a soja (dentre as lavouras temporárias) e as maiores participações no total de ingredientes ativos comercializados. Tal informação aponta a

tendência da importância da soja no consumo de pesticidas. O Paraná figura entre os cinco maiores consumidores de ingredientes ativos pesticidas, justificando estudos com esses insumos na soja no estado.

**Figura 2.** Percentual do total de ingredientes ativos agrotóxicos comercializados em 2017 pelos cinco maiores estados consumidores de agrotóxicos.



Fonte: IBAMA (2018).

A avaliação de sistemas de produção das culturas e seus itinerários técnicos em equivalentes em energia é possível e realizada nos estudos da comunidade científica (ROMANELLI; NARDI; SAAD, 2012; SAMANI et al., 2018; SHARIFI, 2018).

A possibilidade de avaliar um sistema pela quantidade de energia empregada é explorada em detalhes, como pode ser avaliada na literatura (ORTEGA et al., 2005; MOUSAVI-AVVAL et al., 2011, 2013). Tais estudos dão margem a estudos específicos envolvendo categorias de insumos, bem como diferentes classes, como adjuvantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas.

Registros de entradas de energia na produção de soja no início do milênio (FELICI et al., 2006) apontam valores de 196,65 MJ ha<sup>-1</sup> para herbicidas e 849,35 MJ ha<sup>-1</sup> para inseticidas. Em outro trabalho, os valores de equivalentes em energia por unidade de área indicam 106,7 MJ ha<sup>-1</sup> para classe fungicida, 2498,1 MJ ha<sup>-1</sup> para classe herbicida e 406,3 MJ ha<sup>-1</sup> para inseticidas (ROMANELLI; NARDI; SAAD, 2012). Outros químicos apresentaram valores de 129,3 MJ ha<sup>-1</sup>.

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar diferentes classes de pesticidas convertidos em equivalentes em energia

consumidos por um grupo de produtores de soja em três safras.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em Boa Esperança, município localizado na microrregião de Goioerê, mesorregião centro ocidental do estado do Paraná. A distância até Curitiba, capital do estado, é de 521 km. Até Goioerê e Campo Mourão, as principais cidades da microrregião e da mesorregião, as distâncias são de 55 km e 62 km, respectivamente.

Foram solicitados, para produtores de soja, a área cultivada, a quantidade e quais produtos, utilizados na cultura, que continham algum ingrediente ativo das classes fungicida, inseticida e herbicida e os respectivos adjuvantes. Essa solicitação foi realizada diretamente ao grupo de produtores estudados através do acompanhamento da assistência técnica durante as três safras utilizadas neste estudo.

O inventário de utilização de pesticidas, área cultivada e de produtividade da cultura da soja para cada produtor foi determinado para as seguintes safras: 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017.

Herbicidas, fungicidas e inseticidas foram considerados em kg de ingredientes ativos segundo as descrições em bula dos fabricantes. Adjuvantes foram considerados em kg de produto comercial, arbitrando a densidade de 1 kg L<sup>-1</sup> de produto comercial.

Um grupo de 27 produtores de soja foi utilizado na elaboração das análises apresentadas adiante. Os dados obtidos com os produtores foram convertidos em equivalentes em energia por unidade de área, utilizando os fatores de conversão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Fatores de transformação utilizados para encontrar os equivalente em energia para os 27 produtores analisados.

<b>Pesticida</b>	<b>MJ kg<sup>-1</sup></b>
Adjuvantes	38,7 <sup>a</sup>
Fungicidas	111,0 <sup>b</sup>
Herbicidas	369,5 <sup>c</sup>
Inseticidas	203,8 <sup>d</sup>

**Fontes:** <sup>a</sup>Reineke, Stockfisch e Märländer (2013). <sup>b,d</sup>Média de vários autores (STOUT, 1989; PIMENTEL, 1992; FISCHER, 1999; ORTIZ-CAÑAVATE; HERNANZ, 1999; MOUSAVI-AVVAL et al., 2011). <sup>c</sup>Determinado de acordo com a participação dos mecanismos de ação herbicidas empregados pelos produtores (Tabela 2).

A hipótese nula avaliada foi: sob a óptica de equivalentes em energia, não existem diferenças significativas entre os vetores de médias das diferentes classes de pesticidas utilizadas no itinerário técnico da cultura da soja nas três safras avaliadas.

Foram utilizadas como variáveis, as safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. Foi realizada a análise de variância multivariada com teste de Wilks, considerando os pressupostos necessários para aplicação da técnica (MANLY; ALBERTO, 2017). Os resultados foram observados inicialmente ao nível de 1 % de significância.

Em função da necessidade de adequação da normalidade de resíduos, os dados foram convertidos em arco seno hiperbólico, como sugere a literatura (PINO, 2014).

Uma nova análise foi realizada com os dados transformados e foram verificadas as normalidades dos resíduos multivariados

pelo teste de Mardia “Kurtose” e “Skewness” (KORKMAZ; GOKSULUK; ZARARSIZ, 2014). A normalidade dos resíduos univariados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk.

Diante do resultado significativo da análise de variância multivariada, foi realizada a análise discriminante para realizar a projeção das classes de pesticidas de acordo com as discriminantes lineares mais representativas (RIPLEY et al., 2018). Todas as análises estatísticas foram realizadas no R software (R CORE TEAM, 2017).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No caso específico dos herbicidas, foi realizada uma consideração de acordo com a participação dos principais mecanismos de ação herbicida utilizados no manejo de plantas daninhas pelo grupo de produtores (Tabela 2).

**Tabela 2.** Determinação do fator de conversão em equivalente em energia para classe herbicida.

Mecanismo de ação	Médias <sup>a</sup>	Participação <sup>b</sup>	Determinado <sup>c</sup>
Inibidores da EPSPs	518,0	59,34 %	261,0
Mimetizador de auxina	196,4	25,14 %	49,4
Inibidor do FS I	426,8	9,15 %	39,1
FS I+ FS II	261,9	4,66 %	15,3
Outros	275,8	1,71 %	4,7
Total		100,00 %	369,5

**Notas:** FS I – Fotossistema I; FS II – Fotossistema II.

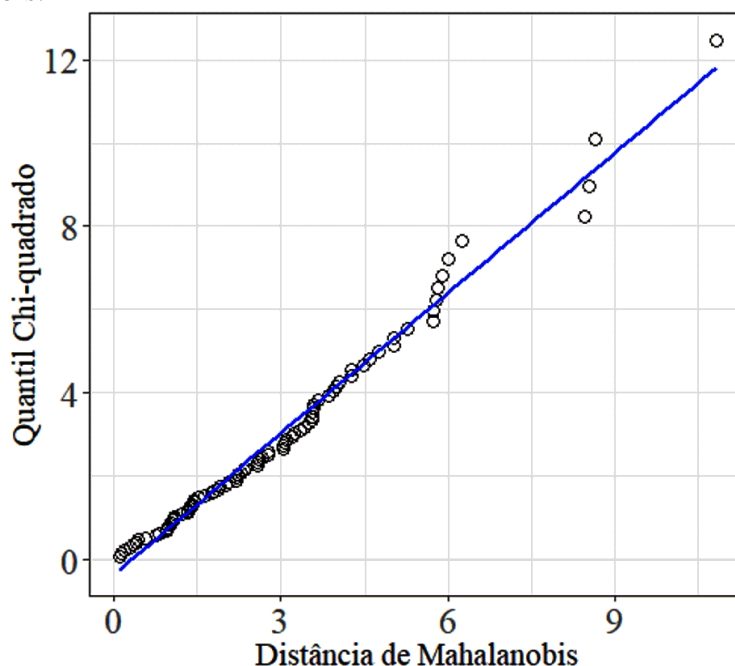
**Fontes:** <sup>a</sup>Médias (MJ kg<sup>-1</sup>) baseadas em diferentes ingredientes ativos herbicidas (PIMENTEL, 1992; HELSEL, 2018) agrupados por mecanismo de ação. <sup>b</sup>Participação por mecanismo de ação herbicida nos 27 produtores avaliados durante as safras de 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. <sup>c</sup>Valores em MJ kg<sup>-1</sup>.

Essa análise (Tabela 2) é relevante para realizar a verificação da quantidade de energia empregada com precisão, pois, utilizar os valores genéricos pode superestimar ou subestimar a quantidade de energia por unidade de área. Também para esse grupo de produtores, 76,36 % do total de ingredientes ativos aplicados na soja eram da classe herbicida motivando, assim, o cuidado com essa classe pesticida.

A adequação aos pressupostos necessários à realização da análise de

variância multivariada exigiu que os dados fossem transformados para normalização dos resíduos.

Os dados foram divididos por uma constante e transformados em arco seno hiperbólico. A utilização do arco seno hiperbólico para adequação da normalidade de dados é definida na literatura (PINO, 2014). Detalhe sobre os resíduos multivariados obtidos após a transformação podem ser vistos na Figura 3.

**Figura 3.** Resíduos multivariados de acordo com os quantis de Chi-quadrado versus a distância de Mahalanobis.

Para a normalidade dos resíduos multivariados, os testes de Mardia “Kurtose” e “Skewness” (BURDENSKI, 2000) apresentaram respectivamente os

valores-p igual a 0,151 e 0,157. Portanto, a distribuição dos resíduos pode ser considerada normal (Figura 3).

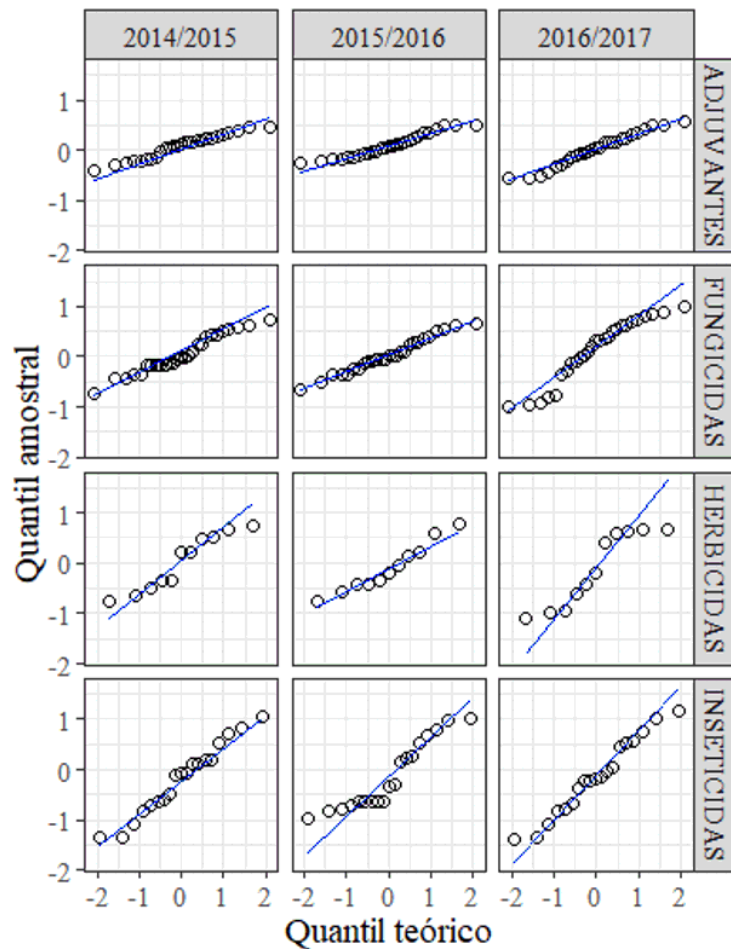
Contudo, o número de observações das classes de pesticidas utilizadas nesta análise foi diferente. A saber, foram 33 observações para herbicidas, 57 de inseticidas e 81 para as classes fungicida e adjuvantes no total das três safras estudadas. A representação gráfica dos 252 resíduos pode ser observada na Figura 4.

Os resultados do teste de Shapiro-Wilk para verificação da distribuição dos

resíduos nas variáveis (safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017) não foram significativos. Assim, a distribuição dos resíduos pode ser considerada normal.

Na Tabela 3, é apresentado o resumo e o valor  $\Lambda$  de Wilks da análise de variância multivariada. A partir do  $\Lambda$  de Wilks é possível determinar o coeficiente de regressão multivariada ( $R^2$ ) por meio da relação:  $R^2 = 1 - \Lambda$ ; neste caso,  $R^2 = 0,887$ .

**Figura 4.** Resíduos por safra e grupo analisado com os quantis de Chi-quadrado observado e teórico.



Pela Tabela 3, verifica-se diferença significativa entre ao menos dois vetores de médias dos grupos analisados. Dessa forma, aceita-se a hipótese alternativa em

detrimento da hipótese de nulidade. Existe diferença significativa entre ao menos dois dos grupos de pesticidas avaliados.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância multivariada.

Fonte de variação	g.l.	$\Lambda$ Wilks	F	Pr(>F)
Grupos Pesticidas	3	0,1130	30,5 9	1,42E-18***
Resíduos	80			

**Notas:** g.l. – graus de liberdade;  $\Lambda$  Wilks – lambda de Wilks; F – valor calculado (com g.l do numerador 9 e g.l. denominador 189,98). \*\*\* Significativo: Pr < 0,001.

Para evidenciar essa diferença, foi realizada a análise discriminante. Na análise, se determinou as três funções discriminantes. Os coeficientes das funções discriminantes lineares (LD – *Linear Discriminant*) podem ser verificados na Tabela 4. O valor SVD (*Singular Value Decomposition* – Decomposição de Valores

Singulares), algebricamente nos fornece “quanto” cada uma das discriminantes lineares representa os dados. Neste caso, LD1 corresponde a 97,91 % (SVD = 13,397), LD2 corresponde a 2,02 % (SVD = 1,923) e LD3 corresponde a 0,07 % (SVD = 0,363).

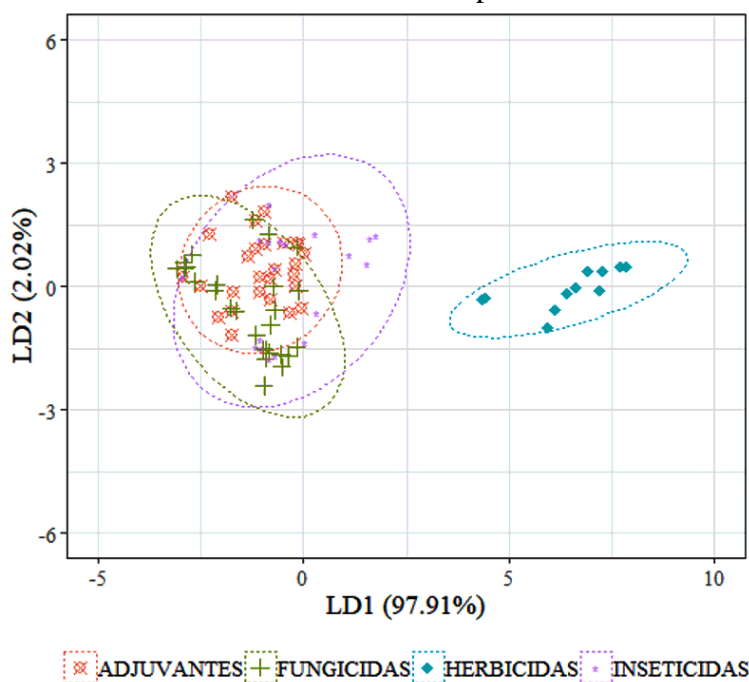
**Tabela 4.** Coeficientes das funções lineares discriminantes.

Variável	LD1	LD2	LD3
2014/2015	0,7182	-1,0650	2,7258
2015/2016	1,1268	2,3874	-1,9514
2016/2017	0,8047	-1,3107	-0,7213

**Nota:** LD – discriminante linear.

Como as discriminantes lineares são utilizadas para demonstrar visualmente a máxima separação dos grupos com o menor valor de variância possível nos grupos, as LD1 e LD2 totalizam 99,93 % da

representatividade. Tal valor é suficiente para demonstrar a diferença entre os grupos de pesticidas em um gráfico (Figura 5), sendo descartada a LD3 da representação geométrica.

**Figura 5.** Gráfico discriminante destacando as classes de pesticidas avaliadas.

A representação geométrica apresentada na Figura 5 permite perceber que a diferença apontada pela análise de variância multivariada (Tabela 3) é influenciada fortemente pela classe de herbicidas que se destaca em relação às demais classes (adjuvantes, fungicidas e inseticidas).

De fato, o tratamento de dados apresentado e discutido em torno da Figura 3 e da Figura 4 foi necessário em função dos *outliers* que, em sua esmagadora maioria, eram da classe herbicida. Tal ponto, aliado ao resultado da Figura 5, evidencia que o consumo de energia da classe herbicida por unidade de área é

significativamente maior que as demais classes.

A Tabela 5 apresenta os resultados médios de consumo em equivalentes em energia para as quatro classes pesticidas nas três safras avaliadas. As médias de três safras para herbicidas e inseticidas neste trabalho foram respectivamente 1186,10 MJ ha<sup>-1</sup> e 83,45 MJ ha<sup>-1</sup>. Os valores para herbicidas e inseticidas encontrados são respectivamente maior e menor dos que os apresentados por Felici et al. (2006). Os resultados também diferem dos observados por Romanelli et al. (2012) em que os valores eram superiores aos encontrados neste trabalho para as duas classes pesticidas.

**Tabela 5.** Valores médios para adjuvantes, fungicidas, herbicidas e inseticidas em equivalentes em energia (MJ ha<sup>-1</sup>) empregados nas três safras avaliadas.

	2014/2015	2015/2016	2016/2017	Média
Adjuvantes	44,23	56,16	71,70	57,37
Fungicidas	33,93	34,30	92,50	53,57
Herbicidas	877,11	985,91	1695,28	1186,10
Inseticidas	68,15	74,44	107,75	83,45
Total	1023,43	1150,81	1967,24	
Média totais	1380,49			

**Notas:** Adjuvantes – média de 27 valores por safra; Fungicidas – média de 27 valores por safra; Herbicidas – média de 11 valores por safra; Inseticidas – média de 19 valores por safra.

Nos últimos anos, a utilização e o avanço de biotecnologias direcionadas ao controle de lepidópteros na soja se intensificou proporcionando redução no consumo de inseticidas.

No caso dos herbicidas, a biotecnologia proporcionou o desenvolvimento de cultivares de soja com mecanismo de resistência a um herbicida específico. A utilização intensa do ingrediente ativo herbicida sem alternância de mecanismo de ação proporcionou a seleção de populações de plantas daninhas resistentes (LAMEGO; VIDAL, 2008; ADEGAS et al., 2010). Assim, ingredientes ativos alternativos (novos ou que estavam em desuso) têm sido incorporados ao itinerário técnico da cultura da soja para manejo de plantas daninhas (MOROTA et al., 2018; SOUZA; SOUZA; MAURÍCIO FILHO, 2018).

## 4 CONCLUSÕES

Existe diferença significativa entre os vetores de médias associados às diferentes classes de pesticidas ao nível de 1 % de significância.

Pela análise discriminante, a classe herbicida se destaca em relação às classes adjuvantes, fungicidas e inseticidas.

Os consumos médios de equivalentes em energia nas três safras foram: 57,37 MJ ha<sup>-1</sup> para adjuvantes; 53,57 MJ ha<sup>-1</sup> para fungicidas; 1186,10 MJ ha<sup>-1</sup> para herbicidas; 83,45 MJ ha<sup>-1</sup> para inseticidas.

## 5 AGRADECIMENTOS

À UEPG, à CAPES e ao CNPq - Produtividade pelo suporte financeiro na



forma de bolsa de estudos, proporcionando a possibilidade de realizar este trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS

ADEGAS, F.; GAZZIERO, D.; VOLL, E.; OSIPE, R. Diagnóstico da existência de *Digitaria insularis* resistente ao herbicida glyphosate no sul do Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS*, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 761-765. CD-ROM.

BURDENSKI, T. Evaluating Univariate, Bivariate, and Multivariate Normality Using Graphical and Statistical Procedures. **Multiple Linear Regression Viewpoints**, Birmingham, v. 26, n. 2, p. 15-28, 2000.

FELICI, P. H. N.; CORONATO, R.; GAZZONI, D.; RALISCH, R. Balanço energético das culturas de girassol e soja para produção de biocombustível. *In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA*, 2., 2006, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 25-32.

FISCHER, J. **Energy inputs in Swiss agriculture**. Tänikon: CAPRI, 1999. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.707.6655&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 14 set. 2018.

HELSEL, Z. R. **Energy Use and Efficiency in Pest Control, Including Pesticide Production, Use, and Management Options**. Disponível em: <<https://farm-energy.extension.org/energy-use-and-efficiency-in-pest-control-including-pesticide-production-use-and-management-options/>>. Acesso em: 5 set. 2018.

IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Brasília: IBAMA, 2018. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Tabela 1612**: Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. Brasília: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

KORKMAZ, S.; GOKSULUK, D.; ZARARSIZ, G. MVN: An R package for assessing multivariate normality. **The R Journal**, v. 6, n. 2, p. 151-162, 2014.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistance to glyphosate in *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis* biotypes in Rio Grande do Sul, Brazil. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 467-471, 2008.

MANLY, B. F. J.; ALBERTO, J. A. N. **Multivariate statistical methods: a primer**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

MEADE, B.; PURICELLI, E.; MCBRIDE, W.; VALDES, C.; HOFFMAN, L.; FOREMAN, L.; DOHLMAN, E. **Corn and Soybean Production Costs and Export Competitiveness in Argentina, Brazil, and the United States**. Washington: United States Department of Agriculture 2016. Disponível em: <[https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/44087/59672\\_eib-154\\_errata.pdf?v=42559](https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/44087/59672_eib-154_errata.pdf?v=42559)>. Acesso em: 7 ago. 2018.

MOROTA, F. K.; MATTE, W. D.; DE OLIVEIRA JR, R. S.; BIFFE, D. F.; FRANCHINI, L. H. M.; CONSTANTIN, J. Sistemas de manejo de plantas daninhas utilizando o novo herbicida pyroxasulfone

visando ao controle químico de gramíneas em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 584-1, 2018.

MOUSAVI-AVVAL, S. H.; RAFIEE, S.; JAFARI, A.; MOHAMMADI, A. Optimization of Energy Consumption for Soybean Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Approach. **Applied Energy**, v. 88, n. 11, p. 3765-3772, nov. 2011.

MOUSAVI-AVVAL, S. H.; RAFIEE, S.; JAFARI, A.; MOHAMMADI, A. Energy saving of field operations in soybean production using data envelopment analysis approach. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 8, n. 46, p. 5776-5784, 2013.

NASCIMENTO, A. P. P.; FIGUEIREDO, A. M. R.; MIRANDA, P. R. Dimensão do PIB do agronegócio na economia de Mato Grosso. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 38, n. 4, p. 903-930, 2018.

ORTEGA, E.; CAVALETT, O.; BONIFÁCIO, R.; WATANABE, M. Brazilian Soybean Production: Energy Analysis With an Expanded Scope. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 4, p. 323-334, ago. 2005.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J. Energy analysis and saving. *In*: KITANI, O. (ed.). **CIGR Handbook of agricultural engineering**. [S. l.: s. n.], 1999. v. 5. p. 13-42.

PIMENTEL, D. Energy Inputs in Production Agriculture. *In*: FLUCK, R. C. (ed.). **Energy in Farm Production: Energy in World Agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 1992. Chap. 2, p. 13-29.

PINO, F. A. A questão da não normalidade: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, 2014.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 1 mar. 2017.

REINEKE, H.; STOCKFISCH, N.; MÄRLÄNDER, B. Analysing the Energy Balances of Sugar Beet Cultivation in Commercial Farms in Germany. **European Journal of Agronomy**, v. 45, p. 27-38, fev. 2013.

RIPLEY, B.; VENABLES, B.; BATES, D. M. **MASS: Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS**. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=MASS>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

ROMANELLI, T. L.; NARDI, H. S.; SAAD, F. A. Material embodiment and energy flows as efficiency indicators of soybean (*Glycine max*) production in Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 261-270, abr. 2012.

SAMANI, B. H.; CHOOBIN, S.; GHASEMI-VARNAMKHAJASTI, M.; ABEDI, A. Analysis of Energy Consumption and End-Use Application of Rapeseed in an Agricultural Production System in Izeh-Khuzestan. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 11, n. 3, p. 101-108, jul. 2018.

SHARIFI, M. Energy Inputs - Yield Relationship and Cost Analysis of Melon Production in Khorasan Razavi Province of Iran. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 11, n. 3, p. 109-113, jul. 2018.

SOUZA, P. A. M.; SOUZA, J. E. B.; MAURÍCIO FILHO, J. Associação do Herbicida Clethodim em Pós-emergente ao Glyphosate no Controle de Plantas Daninhas em Soja RR. **Anais da Semana Agrônômica da Faculdade Evangélica de Goianésia**, Goianésia, v. 8, n. 2018, 2018.

STOUT, B. A. Energy Use. *In*: STOUT, B. A. (ed.). **Handbook of Energy for World Agriculture**. Amsterdam: Pergamon, 1989. Chap. 2, p. 50-94.