

EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA FERTIRRIGAÇÃO NO MILHO COM VINHAÇA E CLORETO DE POTÁSSIO

Fernando Rodrigues Cabral Filho¹, Frederico Antonio Loureiro Soares², Daniely Karen Matias Alves³, Fernando Nobre Cunha⁴, Gustavo da Silva Vieira⁵, Marconi Batista Teixeira⁶

RESUMO: Somente o maior fornecimento de um nutriente não garante uma maior produtividade, mas a eficiência na sua utilização pela planta também é muito importante. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência técnica e econômica do cloreto de potássio e da vinhaça concentrada utilizados na fertirrigação do milho. O experimento foi conduzido na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de potássio (vinhaça concentrada e cloreto de potássio) e quatro doses de potássio referentes a 0, 50, 100 e 200% da recomendação para a cultura do milho. Foram avaliados o índice de eficiência agrônômica e econômica da vinhaça e do cloreto de potássio. A máxima eficiência técnica e econômica para o cloreto de potássio é obtida nas doses de 120 e 116% e, para a vinhaça concentrada, na dose de 139%.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., adubação potássica, vinhaça

TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF FERTIRRIGATION IN CORN WITH VINES AND POTASSIUM CHLORIDE

ABSTRACT: Only the greater supply of a nutrient does not guarantee greater productivity, but the efficiency in its use by the plant is also very important. The objective of this work was to evaluate the technical and economic efficiency of potassium chloride and concentrated vinasse used in corn fertigation. The experiment was carried out at the experimental station of the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. The experimental design used was in

¹ Estudante de Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia, IF Goiano – Campus Rio Verde, CEP 75901-970, Rio Verde, GO. Fone (64) 36205600. e-mail: fernandorcfilho@hotmail.com.

² Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IF Goiano, Rio Verde, GO.

³ Estudante de Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia, IF Goiano, Rio Verde, GO.

⁴ Pesquisador (Pós-doutorado) em Ciências Agrárias – Agronomia, IF Goiano, IF Goiano, Rio Verde, GO.

⁵ Estudante de Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia, IF Goiano, Rio Verde, GO.

⁶ Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IF Goiano, Rio Verde, GO.

randomized blocks, analyzed in a 2 x 4 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of two potassium sources (concentrated vinasse and potassium chloride) and four potassium doses referring to 0, 50, 100 and 200% of the recommendation for the cultivation of corn. The index of agronomic and economic efficiency of vinasse and potassium chloride were evaluated. The maximum technical and economic efficiency for potassium chloride is obtained in doses of 120 and 116% and, for concentrated vinasse, in the dose of 139%.

KEYWORDS: *Zea mays* L., potassium fertilization, vinasse

INTRODUÇÃO

A região do Cerrado, com 205 milhões de hectares (VILELA et al., 2001), transformou-se na principal área de produção de carne e grãos do Brasil. Com o desenvolvimento de tecnologias de melhorias na fertilidade dos solos da região do Cerrado, a produção em larga escala de milho como de outros grãos tornou-se rentável (MATOS & PESSÔA, 2014).

Estudos com associação de adubos orgânicos com mineral, aumentaram os rendimentos de milho e a disponibilidade de K e P (HENTZ et al., 2016). Assim, o aproveitamento de resíduos agroindustriais e orgânicos, como fertilizantes compreende alternativa para a adubação de pastagens e culturas agrícolas, com a vantagem de promover a reciclagem de nutrientes e dar uma destinação correta e sustentável para os resíduos agroindustriais.

Dessa forma, devem-se mensurar as dosagens de acordo com as características intrínsecas de cada solo, uma vez que este possui quantidades desbalanceadas de elementos minerais e orgânicos, podendo ocorrer lixiviação de vários desses íons, principalmente do íon nitrato e íon potássio (SILVA et. al., 2007).

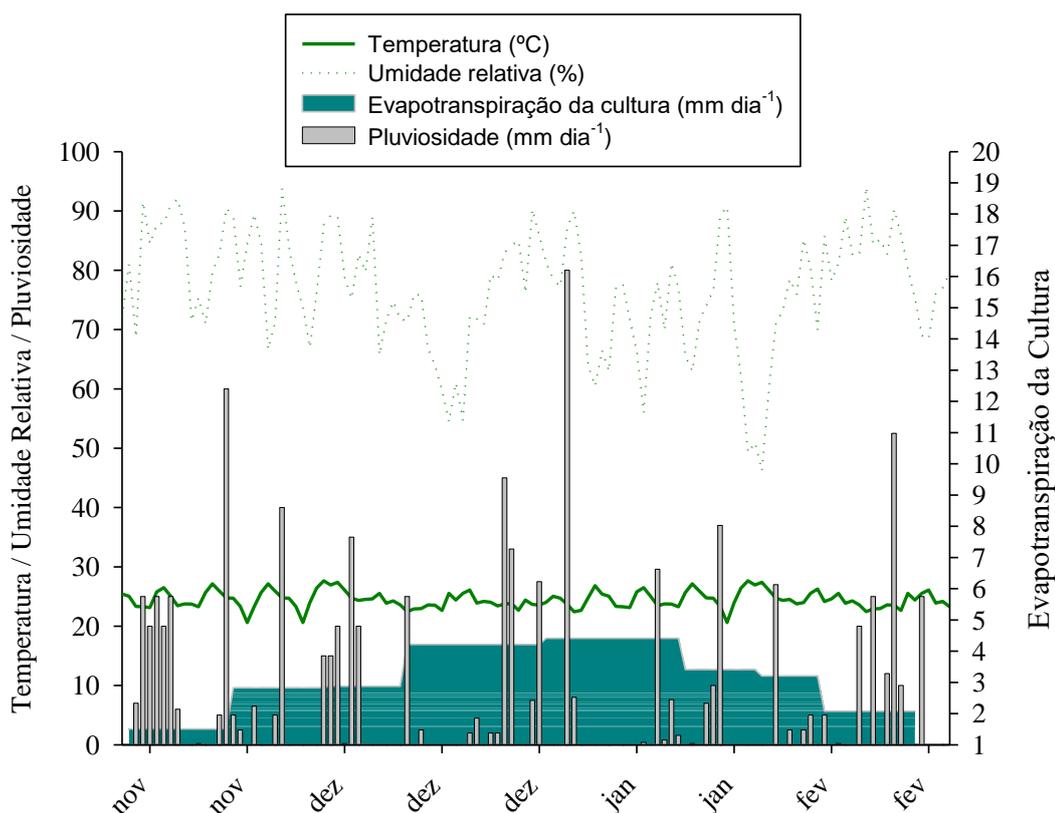
Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência técnica e econômica do cloreto de potássio e da vinhaça concentrada utilizados na fertirrigação do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos plásticos, dispostos a céu aberto, no período de novembro de 2018 a fevereiro de 2019 (Milho safra), na estação experimental do Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde – GO. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O

clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35°C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

A precipitação pluvial observada durante os meses de cultivo do milho na safra 2018/19: novembro (267,30 mm); dezembro (241,20 mm); janeiro (182,30 mm); fevereiro (186,70 mm), conforme Figura 1.



Fonte: Estação Normal INMET – Rio Verde - GO. Pluviômetro instalado na área de cultivo.

Figura 1. Dados meteorológicos do município de Rio Verde e a evapotranspiração da cultura no período decorrente do experimento (Milho safra 2018/19).

Os vasos foram preenchidos com um solo coletado numa camada de 0,0-0,30 m de profundidade em uma área de Cerrado nativo pertencente ao IF Goiano – Campus Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018), cujas características físico-químicas desse solo se encontram na Tabela 1, analisadas conforme metodologias descritas por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico utilizado para o preenchimento dos vasos, na camada de 0,00–0,30 m de profundidade.

Prof. (m)	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl ₂
	cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³				pH
0,0-0,3	4,3	1,2	5,5	0,00	2,5	0,17	67	9,9	55,3	5,6
Prof. (m)	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC ^a	SB ^b	V% ^c	m% ^d
	Micronutrientes (mg dm ⁻³)					cmol _c dm ⁻³			Sat. Bases	Sat. Al

0,0-0,3	0,0	19,9	9,3	2,95	1,65	0,06	8,2	5,7	69,1	0,00
Prof. (m)	Textura (g kg ⁻¹)			M.O. ^e	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	g dm ⁻³	Relação entre bases					
0,0-0,3	502	49	449	27,6	3,6	25,3	7,1	0,5	0,2	0,02

P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol.L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente.

^aCapacidade de troca catiônica; ^bsoma de bases; ^csaturação de bases; ^dsaturação de alumínio; ^eMatéria orgânica.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de potássio (vinhaça concentrada e cloreto de potássio) e quatro doses de potássio referentes a 0, 50, 100 e 200% da recomendação para a cultura do milho (expectativa de rendimento de 12 t ha⁻¹) na região de Cerrado (SOUSA & LOBATO, 2004), totalizando 24 parcelas experimentais, sendo que, cada parcela foi constituída por cinco vasos com duas plantas, totalizando 120 unidades experimentais. O critério para o cálculo da dose por vaso foi o de número de plantas, em que, considerou-se a população de 75.000 plantas por hectare.

Foi obtida a máxima eficiência técnica e a máxima eficiência econômica do cloreto de potássio e vinhaça, com relação a produtividade de grãos: Foi considerado para a aplicação da vinhaça um custo de R\$ 8,00 por metro cúbico, englobando tratamento, armazenamento, transporte e aplicação e, para o cloreto de potássio, R\$ 1.500,00 a tonelada, sendo, a compra, frete e aplicação. O valor do produto estava cotado a R\$ 30,00 a saca de 60 kg. Para a fonte vinhaça foi calculado o seu índice de eficiência agrônômica (GAVA et al., 1997) e, a produtividade de grãos relativa em função da dose de potássio e produtividade obtida pelo cloreto de potássio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fonte cloreto de potássio (KCl) apresentou máxima eficiência técnica (MET) e máxima eficiência econômica (MEE) nas doses estimadas de 120,27% e 116,76%, equivalentes a 108,24 e 105,08 kg ha⁻¹ de potássio, respectivamente. Quando utilizada a fonte vinhaça concentrada (VC), a MET e MEE foram estimadas nas doses de 139,18% e 139,17%, equivalentes a 125,26 e 125,25 kg ha⁻¹ de potássio, respectivamente. Contudo, as produtividades de grãos (PROD) obtidas pela fonte KCl nestas doses foram superiores as obtidas com uso de VC, na ordem de 28% (Figura 2A). Segundo Sousa (2018), para anos com boa e baixa média pluviométrica, doses entre 35 e 44 kg ha⁻¹ e, superiores a 70 kg de potássio devem ser aplicadas para se obter os melhores resultados econômicos.

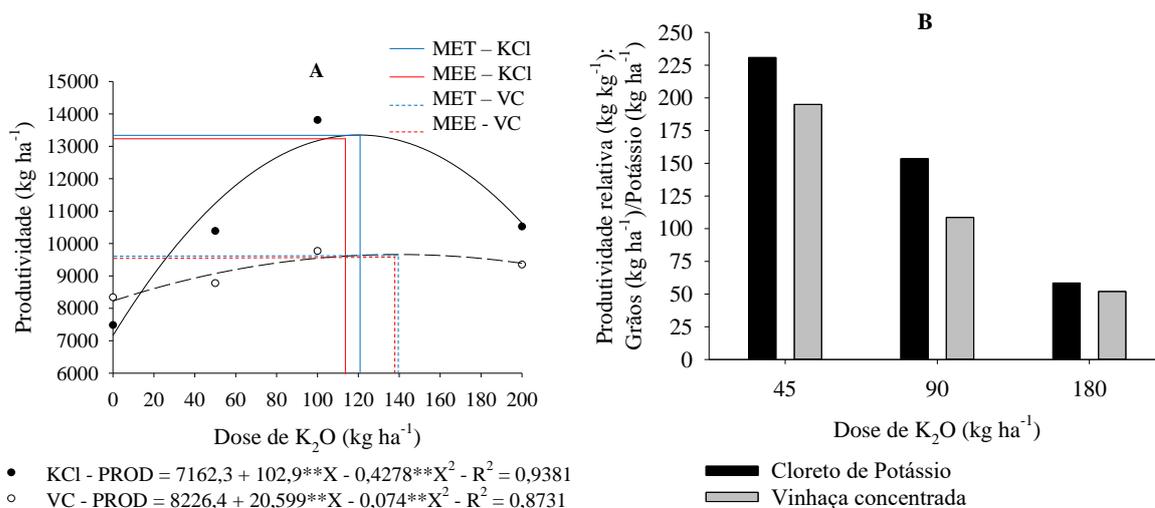


Figura 2. Máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE) das fontes de potássio (vinhaça concentrada – VC e cloreto de potássio – KCl) em função das doses de potássio aplicadas (A) e, produção relativa das fontes de potássio em relação a quantidade de potássio aplicada (B).

Os valores encontrados entre a MET e MEE neste estudo tiveram pouca variação entre si, confirmando que a dose de MEE garante boa produtividade de grãos e menores gastos com a adubação (SILVEIRA et al., 2012), neste caso, para o nutriente potássio. Contrastando com os resultados encontrados neste estudo para as fontes CL e V, a MET encontrada por Parente et al. (2016) em estudo de adubação potássica em cobertura no milho, foi na dose de 89 kg ha⁻¹ com produtividade de 6.0007 kg ha⁻¹, contudo, o comportamento dos resultados foi semelhante se adequando a equação quadrática, em que, a doses acima da MET acarretaram na redução da PROD, o que, segundo o autor, pode ser atribuído ao desbalanço no complexo sortivo entre os cátions K⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺.

Petter et al. (2016) também observaram esses mesmos comportamentos conforme o aumento das doses de potássio, com adubação mineral, em que, a produtividade em função da eficiência agrônômica no uso do potássio foi igual a 6.607,5 kg ha⁻¹, numa dose média de 53 kg ha⁻¹ de K₂O.

Paralelamente a estes resultados, conforme a Figura 2B, a produção relativa de grãos obtida pelas fontes em comparação com a quantidade de potássio aplicada reduz gradualmente, conforme se aumenta a dose aplicada. Em que, produziu-se na fonte KCl 230,83, 153,47 e 58,47 kg de grãos e, na fonte VC 195, 108,54 e 51,94 kg de grãos para cada kg de potássio aplicado, nas doses de 50, 100 e 200%, respectivamente. Estes valores representam reduções na produção relativa entre as doses 50-100% e 100-200% na ordem de 33,51 e 61,9% para a fonte KCl e, 44,34 e 52,14% para a VC.

A vinhaça concentrada como fonte alternativa de adubação orgânica potássica, apresentou a produção de grãos relativa em função da produção obtida pela fonte KCL igual a

0,84, 0,71 e 0,89 kg de grãos para cada kg produzido pela fonte KCl, nas doses de 50, 100 e 200%, respectivamente (Figura 3A).

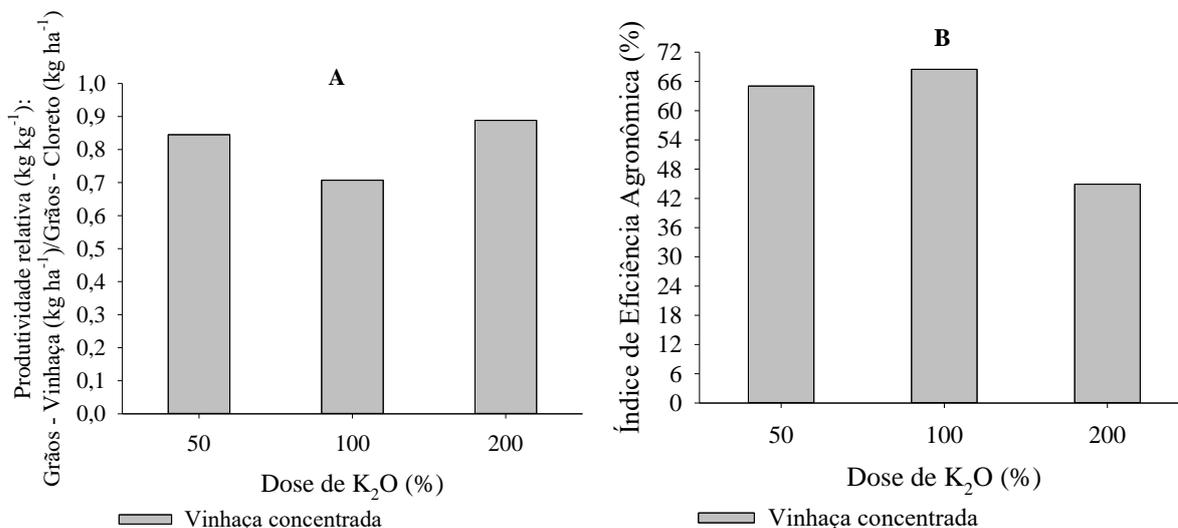


Figura 3. Produção relativa da vinhaça concentrada em relação a produtividade de grãos obtida pelo cloreto de Potássio (A) e, índice de eficiência agrônômica da vinhaça concentrada (B).

Ainda neste contexto, o índice de eficiência agrônômica (IEA) da vinhaça concentrada, que representa a eficiência agrônômica do adubo em comparação com a dose 0% e o adubo padrão, que no caso foi o cloreto de potássio, foi maior na dose de 100% igual a 68,5%, seguido pela dose 50 e 200%, com valores iguais a 65,07 e 44,92% (Figura 3B).

Corroborando com os resultados da Figura 2B e 3B, Deparis et al. (2007) e Petter et al. (2016) observaram que a eficiência agrônômica no uso do potássio reduziu exponencialmente com o acréscimo nas doses aplicadas, ou seja, a dose aplicada que proporcionou a maior produtividade de grãos não foi a mesma que proporcionou a maior eficiência no uso do potássio. Contudo, a dose de 30 kg ha⁻¹ de potássio foi a de maior eficiência para estes autores, sendo, menor em relação as observadas neste estudo, com relação a produção relativa para as fontes KCl e VC e, o IEA para a vinhaça.

Segundo Gianchini & Ferraz (2009), Andrade (2012) e conforme os resultados apresentados neste estudo, do ponto de vista da produção de matéria seca e produção de grãos, a vinhaça tem potencial e pode substituir a adubação mineral, devido sua carga de nutrientes e matéria orgânica, além, da melhor viabilidade financeira (SILVA, 2009) contudo, cuidados devem ser tomados conforme sua aplicação em subsequentes safras, com o intuito de não desbalancear os nutrientes no solo e/ou causar algum tipo de contaminação no solo ou cursos d'água.

CONCLUSÕES

A máxima eficiência técnica e econômica para o cloreto de potássio é obtida nas doses de 120 e 116% e, para a vinhaça concentrada, na dose de 139%. O cloreto de potássio proporciona maior quantidade de grãos de milho produzidos por quilograma de potássio aplicado em comparação com a vinhaça concentrada. A dose que apresenta o maior índice de eficiência agrônômica para a vinhaça é a de 100% da recomendação de potássio por hectare para a cultura do milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. P. **Uso da vinhaça na fertirrigação: revisão da literatura sobre a técnica e seus benefícios**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Escola de Engenharia de Lorena. Universidade Federal de São Paulo, Lorena, 57 p., 2012.

DEPARIS, G. A.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, p. 517-525, 2007.

GAVA, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; SHIBATA, F. Y.; CORRADINI, L. Eficiência relativa de fertilizantes fosfatados no crescimento inicial de eucalipto cultivado em solos do cerrado. **R. bras. Ci. Solo**, v. 21, p. 497-504, 1997.

GIANCHINI, C. F.; FERRAZ, M. V. Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar – Revisão da literatura. **Revista Científica eletrônica de agronomia**, n. 15, 2009.

HENTZ, P.; CORRÊA, J. C.; FONTANELI, R. S.; REBELATTO, A.; NICOLOSO, R. S.; SEMMELMANN, C. Poultry Litter and Pig slurry Applications in an Integrated Crop-Livestock System. **Revista Brasileira Ciências Solo**, v. 40, 2016.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. A apropriação do cerrado pelo agronegócio e os novos usos do território. **Revista de geografia agrária**, v. 9, n. 17, p. 6-26, 2014.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, D.; CAIONI, S.; SOUZA, G. L. M.; PIVETTA, R. S.; BOSSOLANI, J. W. Potássio em cobertura no milho e efeito residual na soja em sucessão. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 3, p. 193-200, 2016.

PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; ZUFFO, A. M.; MONTEIRO, M. M. S.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Doses e épocas de aplicação de potássio no desempenho agrônômico do milho no cerrado piauiense. **Com. Sci.**, v. 7, n. 3, p. 372-382, 2016.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE P. K. T; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

SILVA, V. L. **Estudo econômico das diferentes formas de transporte em fertirrigação na cana-de-açúcar**. Tese de mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp. Jaboticabal, SP, 2009.

SILVEIRA, E. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; PIAZZETTA. H. V. L.; LANG, C. R.; CARVALHO, P. C. de F. Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada na massa seca de aveia e produtividade do milho na integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1323-1332, 2012.

SOUSA, R. R. **Viabilidade econômica e agrônômica de adubação nitrogenada e potássica em milho**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 46 p., 2018.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa, 2001. 20p.