

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA SOB O USO DE ADUBAÇÃO MINERAL E BIOFERTILIZANTE OBTIDO DA MANIPUEIRA

Gabriele Aline Anderle¹

Taís Viviane Hanauer²

Eliane Hermes³

RESUMO: Objetivou-se, neste estudo, avaliar o efeito da aplicação de adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante obtido da digestão anaeróbia da manipueira no desenvolvimento de plantas de soja. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina, no período de outubro de 2015 a março de 2016. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos compostos das seguintes doses e aplicados em cinco repetições: adubação mineral 02-20-20 (NPK) e 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O. Os seguintes parâmetros foram avaliados: altura, Índice de Clorofila Falker (ICF), diâmetro de caule, número de ramificações, massa seca da parte aérea e radicular, número e massa dos grãos e teor de óleo. A adubação mineral sobressaiu em relação à adubação orgânica para os parâmetros de ICF e diâmetro de caule e, ao final do ciclo, detectou-se diferença apenas no número de grãos, com maior valor na dose de 160 kg ha⁻¹ de K₂O. O teor de óleo nos grãos de soja foi inferior na adubação mineral e menores doses de K₂O, sugerindo que maiores doses proporcionaram um efeito positivo. O biofertilizante da digestão anaeróbia da manipueira pode ser um aliado à adubação mineral, visando a redução de custos, bem como o aproveitamento e destinação correta deste resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Digestão anaeróbia; Fertilização; Nutrientes; Teor de óleo.

¹ Mestranda em Biotecnologia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Palotina (PR), Brasil.

² Graduada em Química pela UNIOESTE, Toledo (PR), Brasil.

³ Doutora em Engenharia Agrícola pela UNIOESTE. Docente no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia na Universidade Federal do Paraná - UFPR, Palotina (PR), Brasil. E-mail: elianehermes@yahoo.com.br

DEVELOPMENT OF SOYBEAN PLANTS WITH MINERAL FERTILIZATION AND CASSAVA WASTEWATER BIOFERTILIZER

ABSTRACT: The effect of application of mineral fertilization and increasing doses of biofertilizers obtained from the anaerobic digestion of cassava wastewater in the development of soybean plants is evaluated. Assay was conducted in a protected environment at the Universidade Federal do Paraná (UFPR), campus Palotina, between October 2015 and March 2016. Totally randomized design comprised six treatments composed of the following doses and applied in five replications: mineral fertilization 02-20-20 (NPK) and 0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of K₂O. The following parameters were evaluated: height, Falker Chlorophyll Index (FCI), stalk diameter, number of ramifications, dry mass of aerial and root sections, number and mass of grains and oil rate. Mineral fertilization was greater than organic fertilization of FCI and stalk diameter. At the end of the cycle, difference existed only in the number of grains, with higher rate in dose 160 kg ha⁻¹ of K₂O. Oil rate in grains was lower in mineral fertilization and lower doses of K₂O, suggesting that higher doses provided a positive effect. Biofertilizer of anaerobic digestion of cassava wastewater may be coupled to mineral fertilization for costs reduction and the correct use of the waste.

KEY WORDS: Anaerobic digestion; Fertilization; Nutrients; Oil rate.

INTRODUÇÃO

A digestão anaeróbia é um processo amplamente utilizado no tratamento de efluentes agroindustriais pois apresenta inúmeras vantagens como o seu baixo custo de implantação, operação e manutenção, geração de biogás para cogeração de energia e produção de biofertilizante (OLIVEIRA; DUDA; FERNANDES, 2014; STRASSBURG; OLIVEIRA; ROCHA JUNIOR, 2016).

O biofertilizante obtido apresenta grande concentração de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, favorecendo o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas, além de melhorar as características do solo (BEZERRA *et al.*, 2017). No entanto, para maximizar seu aproveitamento deve-se levar em consideração sua composição e as exigências nutricionais das plantas, visando à redução de impactos ambientais (NEVES *et al.*, 2017).

A manipueira é um líquido leitoso, amarelo claro, potencialmente poluidor quando descartado incorretamente, pois apresenta elevada carga orgânica e glicosídeos cianogênicos tóxicos. Porém sua riqueza nutricional torna-o viável como fertilizante agrícola (MAGALHÃES *et al.*, 2014; DANTAS *et al.*, 2015; NÁPOLES *et al.*, 2017; HERMES *et al.*, 2018).

Sua aplicação no cultivo de algumas culturas tem demonstrado resultados promissores. Pessuti *et al.* (2015) concluíram que o uso de manipueira tratada em biodigestor proporcionou ganhos de crescimento e produtividade na cultura da soja. Barreto *et al.* (2014) observaram que a utilização de doses crescentes de manipueira em plantas de milho provocaram aumento linear positivo da matéria seca.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] devido à sua importância na alimentação vem sendo muito cultivada a nível mundial (DUARTE *et al.*, 2016). Aproximadamente 25% do custo total de sua produção provêm dos fertilizantes e, em virtude disso, alternativas que visem a redução de gastos como o aproveitamento de resíduos na adubação tornam-se interessantes, desde que estes sejam corretamente manejados (FIGUEIREDO; TANAMATI, 2010).

Em virtude disso, tornam-se fundamentais pesquisas que aliem o desenvolvimento desta cultura ao aproveitamento de efluentes. Desse modo, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação mineral e de doses crescentes de biofertilizante obtido da digestão anaeróbia da manipueira no desenvolvimento de plantas de soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2015 a março de 2016 em uma casa de vegetação climatizada, com temperatura de 25 ± 5 °C e umidade controlada com variação de 70 a 100%, pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina, cujas coordenadas geográficas são: 24°17'02" de latitude Sul e 53°50'24" de longitude Oeste.

O solo utilizado foi coletado em uma propriedade rural no município de Palotina (PR), retirado de um perfil de solo classificado como Solo Tipo 3 e

caracterizado como sendo de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35% (EMBRAPA, 2013). A caracterização do solo foi realizada antes da incorporação do biofertilizante obtido da digestão anaeróbia da manipueira (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas do Latossolo vermelho eutrófico antes da aplicação do biofertilizante

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|------------------|------------------------------------|-------|
| Areia | % | 18,75 |
| Silte | % | 16,25 |
| Argila | % | 65,00 |
| pH em água | - | 5,50 |
| Cálcio | cmol _c dm ⁻³ | 5,63 |
| Magnésio | cmol _c dm ⁻³ | 1,53 |
| Potássio | cmol _c dm ⁻³ | 0,30 |
| Alumínio | cmol _c dm ⁻³ | 0,00 |
| H + Alumínio | cmol _c dm ⁻³ | 3,42 |
| CTC | cmol _c dm ⁻³ | 10,88 |
| Carbono | g dm ⁻³ | 9,13 |
| Matéria orgânica | g dm ⁻³ | 15,70 |
| Fósforo | mg dm ⁻³ | 18,90 |

O biofertilizante foi proveniente de um biodigestor anaeróbio, de processo contínuo, modelo tubular, com volume aproximado de 19.000 m³, utilizado como parte do tratamento do efluente gerado por uma agroindústria localizada na região Oeste do Paraná. Este foi coletado e conduzido ao Laboratório de Química Analítica e Análises Ambientais da UFPR - Setor Palotina para sua caracterização de acordo com *Standard Methods* (APHA, 2005) (Tabela 2).

Tabela 2. Características físicas e químicas do biofertilizante obtido da digestão anaeróbia da manipueira

| Parâmetro | Unidade | Valor |
|-----------------------------------|--------------------|--------|
| pH | - | 7,19 |
| Demanda química de oxigênio (DQO) | mg L ⁻¹ | 1.152 |
| Nitrogênio | mg L ⁻¹ | 522 |
| Fósforo | mg L ⁻¹ | 62,40 |
| Potássio | mg L ⁻¹ | 237,50 |
| Sódio | mg L ⁻¹ | 250 |
| Cálcio | mg L ⁻¹ | 24,80 |
| Magnésio | mg L ⁻¹ | 27,70 |

Um experimento inteiramente casualizado foi aplicado neste estudo e os tratamentos foram constituídos de cinco doses: 0; 40; 80; 120; e 160 kg ha⁻¹ de K₂O, equivalentes a respectivamente 0; 559; 1118; 1677; e 2236 ml de biofertilizante por vaso. Para fins de comparação um tratamento com a aplicação de adubação mineral 02-20-20 (NPK) foi testado, sendo que cada tratamento foi constituído por cinco repetições, resultando em um total de 30 vasos de 8 L.

As sementes de soja “Monsoy 6210 IPRO” foram semeadas em outubro de 2015, onde foram colocadas 6 sementes por vaso, com profundidade de 2 cm. Após 15 dias da semeadura houve o desbaste, permanecendo 3 plantas por vaso.

Para avaliar o desenvolvimento das plantas durante o cultivo, os parâmetros de altura, índice de clorofila, diâmetro de caule e número de ramificações foram monitorados aos 30, 50, 70 e 90 dias após a semeadura (DAS).

O crescimento das plantas de soja foi medido semanalmente com régua graduada na medida do nível do solo até a inserção da última folha. O conteúdo de clorofila foi determinado utilizando-se um clorofilômetro da marca *Falker*, modelo *Clorofilog*, em 30 folhas em cada tratamento e expresso pelo índice de clorofila *Falker* (ICF) (CHAVARRIA *et al.*, 2015). O diâmetro de caule foi avaliado utilizando-se um paquímetro digital (*Digimess 100, 174 BL PLUS*).

Ao final do ciclo da cultura determinou-se massa seca da parte aérea e radicular, número e massa dos grãos. Na avaliação da produção de massa seca, as plantas foram ceifadas cuidadosamente, separadas em parte aérea e radicular, lavadas e acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C por 24h (NAKAGAWA, 1999). Os mesmos procedimentos foram adotados para

a secagem dos grãos e o rendimento foi determinado pesando-se cada tratamento e sua quantificação em todas as plantas, sendo previamente realizada a contagem do número de grãos. Além disso, determinou-se o teor de óleo nos grãos utilizando-se o método AOCS BC. 3.11 (AOCS, 1998).

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, exceto o teor de óleo, com nível de significância de 0,05 com auxílio do *software Sisvar* versão 5.3 (FERREIRA, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios referentes aos parâmetros determinados aos 30, 50, 70 e 90 DAS podem ser visualizados na Figura 1. De acordo com a análise de variância (ANOVA) (Tabela 3) o uso da adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante obtido a partir da digestão anaeróbia da manipueira apresentaram diferença estatística significativa apenas para o ICF aos 70 e 90 DAS e diâmetro de caule aos 50, 70 e 90 DAS.

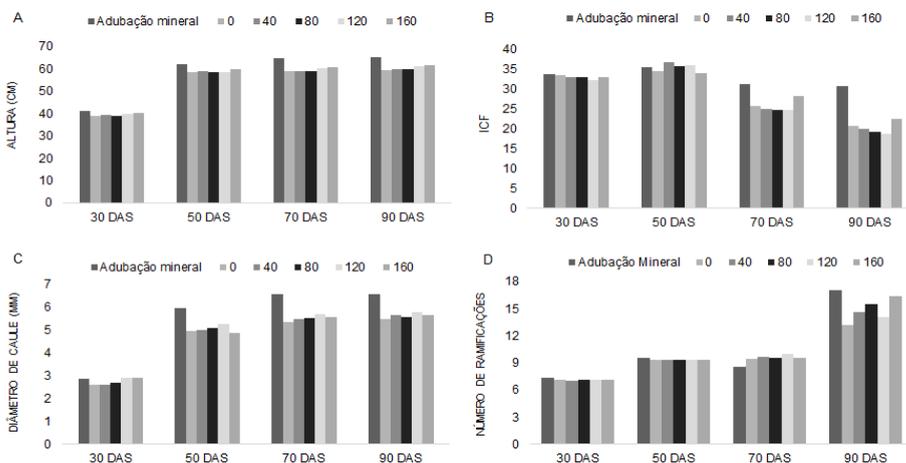


Figura 1. Valores médios de altura (A), ICF (B), diâmetro de caule (C), número de ramificações (D) aos 30, 50, 70 e 90 DAS em função da adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura, ICF, diâmetro de caule e número de ramificações aos 30, 50, 70 e 90 DAS

| Fator | GL | Quadrado Médio | | | |
|---------|----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | Altura (cm) 30 DAS | Altura (cm) 50 DAS | Altura (cm) 70 DAS | Altura (cm) 90 DAS |
| Dose | 5 | 4,15 ^{ns} | 9,23 ^{ns} | 24,66 ^{ns} | 21,92 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 3,72 | 14,80 | 10,38 | 11,69 |
| Total | 29 | | | | |
| Média | | 39,94 | 59,44 | 60,58 | 61,34 |
| CV (%) | | 4,88 | 6,26 | 5,92 | 5,98 |
| | | ICF 30 DAS | ICF 50 DAS | ICF 70 DAS | ICF 90 DAS |
| Dose | 5 | 1,11 ^{ns} | 5,03 ^{ns} | 34,38* | 99,66* |
| Resíduo | 24 | 4,31 | 3,20 | 5,64 | 13,86 |
| Total | 29 | | | | |
| Média | | 33,12 | 35,40 | 26,58 | 21,98 |
| CV (%) | | 5,85 | 5,30 | 12,25 | 24,35 |
| | | Diâmetro caule (mm) 30 DAS | Diâmetro caule (mm) 50 DAS | Diâmetro caule (mm) 70 DAS | Diâmetro caule (mm) 90 DAS |
| Dose | 5 | 0,12 ^{ns} | 0,79* | 0,99* | 0,77* |
| Resíduo | 24 | 0,06 | 0,10 | 0,18 | 0,14 |
| Total | 29 | | | | |
| Média | | 2,76 | 5,17 | 5,67 | 5,77 |
| CV (%) | | 9,48 | 9,12 | 9,96 | 8,66 |
| | | Nº ramificações 30 DAS | Nº ramificações 50 DAS | Nº ramificações 70 DAS | Nº ramificações 90 DAS |
| Dose | 5 | 0,07 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 1,17 ^{ns} | 10,61 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 0,09 | 0,15 | 1,11 | 5,43 |
| Total | 29 | | | | |
| Média | | 7,13 | 9,41 | 9,48 | 15,13 |
| CV (%) | | 4,16 | 3,92 | 11,18 | 16,62 |

CV - Coeficiente de variação; ^{ns}Não significativo; *Significativo a 0,05 de probabilidade ($p < 0,05$).

Em relação à altura das plantas nota-se um crescimento significativo aos 50 DAS em relação aos valores obtidos aos 30 DAS (Figura 1A). No entanto este crescimento praticamente estagnou e permaneceu similar até o final do experimento (90 DAS). Não foi constatada diferença significativa entre os tratamentos nas avaliações ao longo do tempo, indicando que a adubação mineral proporcionou o mesmo crescimento em relação ao uso das diferentes doses de biofertilizante. Corroborando com isso, Neves *et al.* (2017) não detectaram diferença estatística na altura com a aplicação de doses crescentes de biofertilizante obtido da manipueira no desenvolvimento de plantas de crambe. Frigo *et al.* (2014) avaliaram o crescimento de plantas de soja utilizando diferentes doses de efluente suíno e não encontraram diferença estatística significativa entre os tratamentos nos períodos avaliados (15, 30 e 45 DAS).

O ICF é um valor referente ao conteúdo de clorofila, baseado em correlações de absorvância e reflectância (CHAVARRIA *et al.*, 2015). Os resultados para este parâmetro atingiram valores mais elevados aos 50 DAS, variando entre 34,08 e 36,79. Nota-se que na avaliação aos 70 DAS os resultados foram inferiores em relação às medições anteriores e estes foram decaindo até o final do cultivo. Segundo Makino (2011) o teor de clorofila relaciona-se diretamente com a concentração de nitrogênio presente nas folhas, uma vez que o nitrogênio é constituinte de sua molécula. Para Singh *et al.* (2010) e Schlichting *et al.* (2015) o uso de um dispositivo portátil, como o aplicado neste estudo, apresenta baixo custo e permite medições instantâneas que são efetuadas em campo, o que possibilita a correção de deficiência de nitrogênio no mesmo ano de safra.

A partir da ANOVA (Tabela 3) constatou-se que houve diferença estatística entre os tratamentos nas avaliações aos 70 e 90 DAS. Na primeira, a adubação mineral (31,13) foi estatisticamente igual à dose de 160 kg ha⁻¹ K₂O (28,33), enquanto que nos demais tratamentos os valores foram estatisticamente menores. Na avaliação aos 90 DAS o maior valor foi obtido na adubação mineral (30,67), sendo este estatisticamente diferente dos demais tratamentos. Chavarria *et al.* (2015) e Pereira *et al.* (2016) detectaram índices superiores aos apresentados no presente estudo para a cultura da soja. O primeiro alcançou valores de ICF de 44,78 a 47,43

estudando a variação de disponibilidade hídrica, e o segundo, resultados de 36,62 a 41,95 aplicando diferentes doses do inoculante *Bradyrhizobium japonicum*.

Para o diâmetro do caule, constatou-se diferença estatística em todas as avaliações, exceto aos 30 DAS. O tratamento com adubação mineral alcançou os maiores valores aos 50, 70 e 90 DAS (5,95 mm; 6,55 mm; e 6,55 mm, respectivamente), sendo estes estatisticamente diferentes em relação à adubação orgânica. Magalhães *et al.* (2014) constataram aumento no diâmetro de caule na cultura do milho utilizando doses menores de manipueira e atribuíram estes resultados possivelmente a um efeito tóxico do potássio, presente em grande concentração no efluente. Discordando destes resultados, Neves *et al.* (2017) avaliaram o uso de doses crescentes de biofertilizante obtido da digestão anaeróbia de manipueira e constataram aumento no diâmetro de caule com o incremento das doses aplicadas.

Em relação ao número de ramificações, nota-se que aos 50 e 70 DAS os valores permaneceram próximos, alcançando resultados mais elevados aos 90 DAS. A partir da ANOVA (Tabela 3) constatou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados para nenhuma das avaliações realizadas no decorrer do cultivo da soja. Por outro lado, Neves *et al.* (2017) detectaram diferença estatística significativa neste parâmetro entre os tratamentos aplicados aos 50 DAS utilizando doses crescentes de biofertilizante obtido da digestão anaeróbia da manipueira (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O) na cultura do crambe.

O uso da adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante não proporcionaram diferença estatística na massa seca da parte aérea e radicular e massa dos grãos, havendo diferença apenas no número de grãos (Figura 2 e Tabela 4).

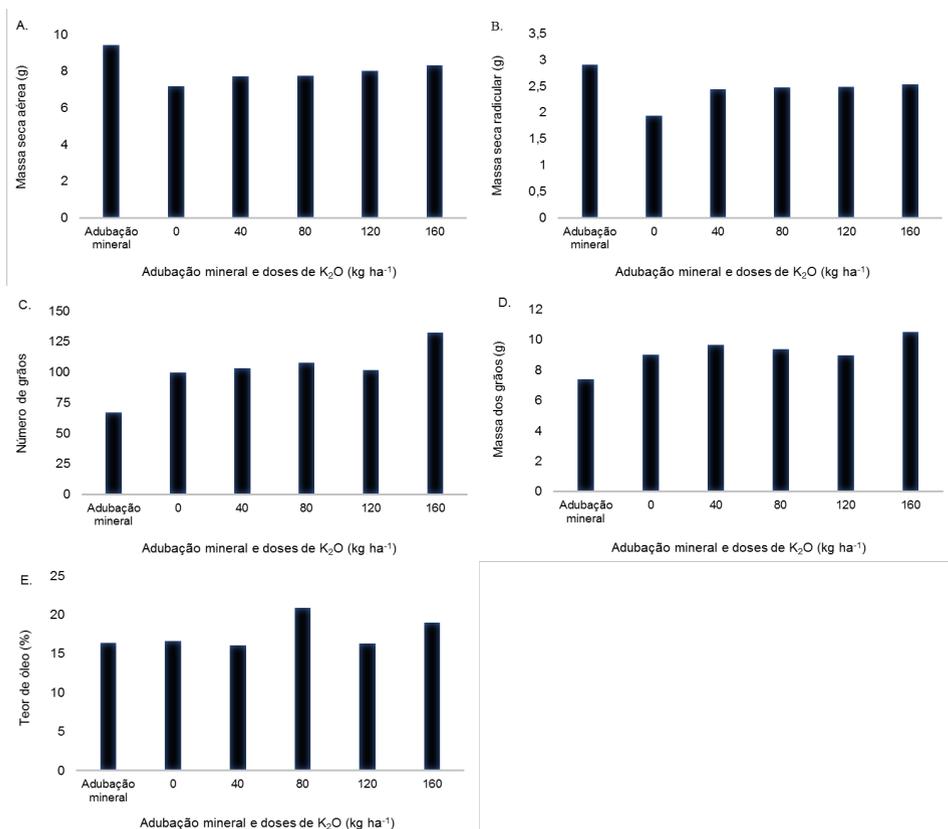


Figura 2. Valores médios de massa seca da parte aérea (A), massa seca da parte radicular (B), número de grãos (C), massa dos grãos (D) e teor de óleo (E) em função da adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para a massa seca da parte aérea e radicular, número e massa dos grãos

| Fator | GL | Quadrado Médio | | | |
|---------|----|----------------------|--------------------------|-------------|---------------------|
| | | Massa seca aérea (g) | Massa seca radicular (g) | Nº de grãos | Massa dos grãos (g) |
| Dose | 5 | 2,90 ^{ns} | 0,51 ^{ns} | 2214,50* | 5,24 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 1,80 | 0,28 | 732 | 6,06 |
| Total | 29 | | | | |
| Média | | 8,07 | 2,41 | 101,97 | 9,16 |
| CV (%) | | 17,49 | 23,56 | 30,82 | 26,57 |

CV - Coeficiente de variação; ^{ns}Não significativo; *Significativo a 0,05 de probabilidade ($p < 0,05$).

Os dados referentes à massa seca da parte aérea e radicular corroboram com Frigo *et al.* (2014) e Santos *et al.* (2012), que também não observaram diferença significativa utilizando efluente suíno no cultivo de soja e doses crescentes de K_2O no desenvolvimento do crambe, respectivamente. Neves *et al.* (2017) analisando dados de massa seca da parte aérea e radicular e massa dos grãos não detectaram diferença estatística apenas para a segunda variável, estudando o efeito de doses crescentes de biofertilizante da manipueira no cultivo do crambe. Discordando do presente estudo, Dantas *et al.* (2015), avaliando o crescimento de girassol com resíduo líquido do processamento de mandioca, determinaram valores distintos para a massa seca do caule na menor ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e maior dose de efluente ($136 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), com valores de 18,35 e 56,80 g planta⁻¹, respectivamente.

Com relação ao número e massa de grãos, as maiores médias foram obtidas utilizando-se a dose de 160 kg ha^{-1} de K_2O , enquanto que as menores foram determinadas no tratamento com adubação mineral. Para o número de grãos houve diferença estatística com a maior dose de biofertilizante diferindo apenas da adubação mineral. Pessuti *et al.* (2015) observaram incremento na massa dos grãos de soja com o aumento da dose de biofertilizante obtido da manipueira, com valores de 2,86 e 9,96 g planta⁻¹, para a menor ($0 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$) e maior dose ($120 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$), respectivamente. É importante ressaltar que o efluente utilizado no presente estudo passou por um tratamento anaeróbico, o que implicou a redução de nutrientes como potássio, magnésio, ferro, dentre outros, que quando em excesso tornam-se prejudiciais para as plantas (BARANA; CEREDA, 2000).

Os melhores resultados para o teor de óleo nos grãos foram obtidos nas doses de 80 e 160 kg ha^{-1} de K_2O , sendo estes 20,90 e 19,00%, respectivamente, valores estes dentro da faixa de 15 a 25% citada por Souza (2009) para a maioria das cultivares de soja. O teor de óleo com a adubação mineral atingiu 16,37% e as menores doses de K_2O alcançaram médias inferiores, sugerindo que no presente estudo o uso do biofertilizante apresentou um efeito positivo sobre esta variável. Estes resultados corroboram com Veiga *et al.* (2010) que constataram aumento no teor de óleo com o incremento das doses de K_2O na cultura da soja. No entanto, Neves *et al.* (2017) detectaram maior teor de óleo no tratamento testemunha (34,77%) para a cultura do crambe utilizando biofertilizante da manipueira. Cabe ressaltar que o potássio

tem grande importância no incremento de óleo nos grãos, pois este tem a função de carregar os fotoassimilados, sendo fundamental na síntese de óleo e seu transporte para os grãos. O fornecimento adequado de potássio também promove aumento da nodulação, número de vagens e tamanho das sementes (MALAVOLTA, 1980).

Considerando-se as condições aplicadas, o uso da adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante obtido da digestão anaeróbia da manipueira proporcionaram resultados similares para a maioria das variáveis analisadas na cultura da soja. Estes podem ser aplicados conjuntamente de forma a reduzir custos, incrementar a produtividade e principalmente objetivando uma destinação final ambientalmente adequada para o efluente gerado a partir do processamento da mandioca.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do cultivo da soja (30, 50, 70 e 90 DAS), observou-se que a adubação mineral sobressaiu em relação à adubação orgânica para as variáveis ICF e diâmetro de caule. Ao final do ciclo, detectou-se diferença apenas no número de grãos, sendo o maior valor obtido na dose de 160 kg ha⁻¹ de K₂O.

O teor de óleo nos grãos de soja foi inferior na adubação mineral e menores doses de biofertilizante, sugerindo que doses maiores proporcionaram um efeito positivo.

O biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia da manipueira pode ser um aliado à adubação mineral, visando a redução de custos bem como o aproveitamento e destinação final correta para este resíduo.

REFERÊNCIAS

AOCS - American Oil Chemists Society. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**. 5th ed. Champaign: AOCS, 1998.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21nd ed. Washington, 2005.

BARANA, A. C.; CEREDA, M. P. Cassava wastewater treatment using a two-phase anaerobic biodigester. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 183-186, 2000.

BARRETO, M. T. L.; MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; DUARTE, A. de S.; TAVARES, U. E. Desenvolvimento e acúmulo de macronutrientes em plantas de milho biofertilizadas com manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 487-494, 2014.

BEZERRA, M. G. S.; da SILVA, G. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; OLIVEIRA, L. E. C. Cassava wastewater as organic fertilizer in "Marandu" grass pasture. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 404-409, 2017.

CHAVARRIA, G.; DURIGON, M. R.; KLEIN, V.; KLEBER, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1387-1393, 2015.

DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. de S.; REDROSA, E. M. R.; TABOSA, J. N.; DANTAS, D. da C. Crescimento do girassol adubado com resíduo líquido do processamento de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 350-357, 2015.

DUARTE, T. C.; CRUZ, S. C. S.; SOARES, G. F.; SENA JÚNIOR, D. G.; MACHADO, C. G. Spatial arrangements and fertilizer doses on soybean yield and its components. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 960-964, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde**, v. 5, n. 3, p. 1-4, 2010.

FRIGO, E. P.; SAMPAIO, S. C.; da SILVA, A. A. F.; de ANDRADE, M. G.; BASTOS, R. K.; SANTOS, R. F. Cultivation of soybean with swine wastewater. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 423-429, 2014.

HERMES, E.; VILAS BOAS, M. A.; GONÇALVES, M. P.; GRIS, D. J.; LINS, M. A.; BERGER, J. S. Uniformidade de distribuição na irrigação por gotejamento com água residuária de processamento de mandioca. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 545-559, 2018.

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; BEZERRA NETO, E.; TABOSA, J. N.; PEDROSA, E. M. R. Desenvolvimento inicial do milho submetido a adubação com manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 675-681, 2014.

MAKINO, A. Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat. **Plant Physiology**, v. 155, p. 125-129, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1980.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZY-ZANOSWKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 2.1- 2.24, 1999.

NÁPOLES, F. A. M.; SOUZA, J. T. A.; OLIVEIRA, S. J. C.; MONTENEGRO, F. T.; AZEVEDO, C. A. V. Utilização de manipueira e urina de vaca como fonte de adubação para a cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 83-102, 2017.

NEVES, A. C.; BERGAMINI, C. N.; LEONARDO, R. O.; GONÇALVES, M. P.; ZENATTI, D. C.; HERMES, E. Effect of biofertilizer obtained by anaerobic digestion of cassava effluent on the development of crambe plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 10, p. 681-685, 2017.

OLIVEIRA, R. A.; DUDA, R. M.; FERNANDES, G. F. R. Reator anaeróbico compar-timentado para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 383-391, 2014.

PEREIRA, C. S.; MONTEIRO, E. B.; BOTIN, A. A.; MANHAGUANHA, T. J.; BRAULINO, D. Diferentes vias, formas e doses de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja. **Global Science and Technology**, v. 9, n. 1, p. 56-67, 2016.

PESSUTI, C. A. A.; HERMES, E.; NEVES, A. C.; da SILVA, R. P.; GONÇALVES, M. P.; ZENATTI, D. C. Diferentes doses de biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de efluente de processamento de mandioca no cultivo de soja. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. esp., p. 556-564, 2015.

SANTOS, J. I. dos; ROGÉRIO, F.; MIGLIAVACCA, R. A.; GOUVEIA, B.; SILVA, T. B. da; BARBOSA, M. C. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 346-350, 2012.

SCHLICHTING, A. F.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, M. C.; PIETRO-SOUZA, W.; da SILVA, T. J. A.; FARIAS, L. N. Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1148-1151, 2015.

SINGH, V.; SINGH, B.; SINGH, Y.; THIND, H. S.; GUPTA, R. K. Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, v. 88, n. 3, p. 361-380, 2010.

SOUZA, L. C. F.; ZANON, G. D.; PEDROSO, F. F.; ANDRADE, L. H. L. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1586-1593, 2009.

STRASSBURG, U.; OLIVEIRA, N. M.; ROCHA JUNIOR, W. F. O potencial de geração de biogás proveniente da criação de suínos no Oeste do Paraná: Um estudo exploratório. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 4, p. 803-818, 2016.

VEIGA, A. D.; PINHO, E. V. de R. V.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. de A. R.; OLIVEIRA, K. C. de; PINHO, R. C. V. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.

Recebido em: 03/08/2018

Aceito em: 18/06/2019