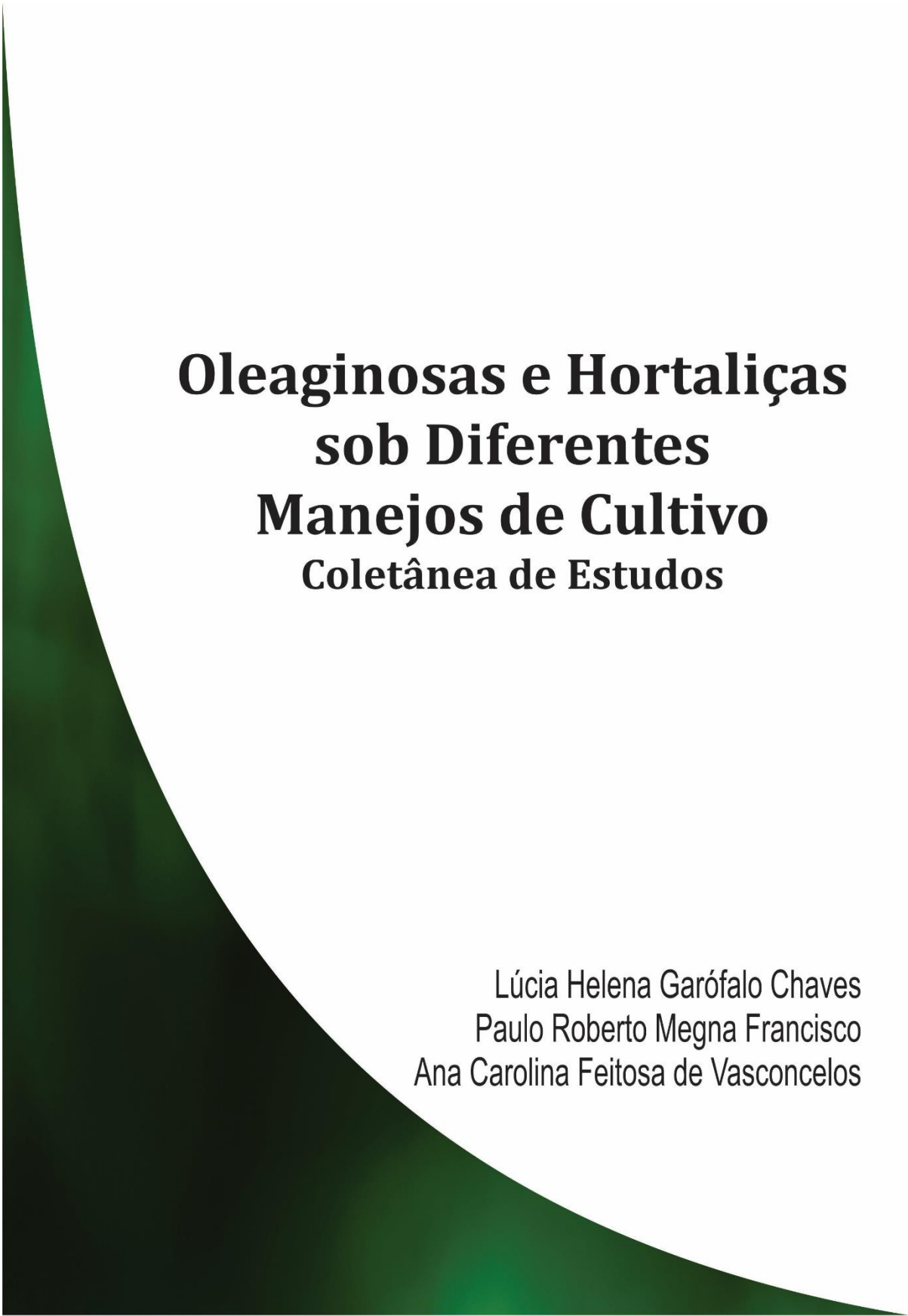


**Oleaginosas e Hortaliças
sob Diferentes
Manejos de Cultivo
Coletânea de Estudos**

Lúcia Helena Garófalo Chaves
Paulo Roberto Megna Francisco
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos



Oleaginosas e Hortaliças sob Diferentes Manejos de Cultivo Coletânea de Estudos

Lúcia Helena Garófalo Chaves
Paulo Roberto Megna Francisco
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos

0451 Oleaginosas e hortaliças sob diferentes manejos de cultivo:
coletânea de estudos/Organizadores: Chaves et al.

— Campina Grande: EPGRAF, 2019.
163 f.: il. color.

ISBN: 978-85-60307-53-1

1. Olericultura. 2. Oleaginosa. 3. Ambiente protegido.
I. Chaves, Lúcia Helena Garófalo. II. Francisco,
Paulo Roberto Megna. III. Vasconcelos, Ana
Carolina Feitosa de. IV. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.

Créditos de Imagens da Capa

Freepick.com

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UFPB)
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFMG)
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFMG)
Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFMG)
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFMG)
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFMG)
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFMG)
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFMG)
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFMG)
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFMG)
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFMG)
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFMG)
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFMG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves
Paulo Roberto Megna Francisco
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos
(Organizadores)

Oleaginosas e hortaliças sob diferentes manejos de cultivo: coletânea de estudos



1.a Edição
Campina Grande-PB
2019

Realização



Apoio



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
CAPÍTULO 1	8
ASPECTOS AGRONÔMICOS SOBRE OLEAGINOSAS	8
CAPÍTULO 2	13
ADUBAÇÃO COM NPK NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA LINHAGEM DE MAMONA 'UFRB 222'	13
CAPÍTULO 3	22
RENDIMENTO E QUALIDADE DO ÓLEO DE MAMONA EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL	22
CAPÍTULO 4	32
PRODUÇÃO VEGETAL E TEOR DE ÓLEO DE GRÃOS DE CRAMBE (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst.) CULTIVADO COM DOSES CRESCENTES DE N E SOB ESTRESSE HÍDRICO	32
CAPÍTULO 5	37
ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESPAÇAMENTOS NOS COMPONENTES DE CRESCIMENTO DE CRAMBE NO SEMIÁRIDO PARAIBANO	37
CAPÍTULO 6	48
PRODUÇÃO VEGETAL E TEOR DE ÓLEO DE GRÃOS DE CRAMBE (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst.) CULTIVADO COM DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO E ENXOFRE	48
CAPÍTULO 7	57
RENDIMENTO E QUALIDADE DO ÓLEO DE PINHÃO MANSO EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL	57
CAPÍTULO 8	67
ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO NOS COMPONENTES DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA CHIA (<i>Salvia hispanica</i> L.)	67
CAPÍTULO 9	78
MEHORAMENTO GENÉTICO DE OLEAGINOSAS	78
CAPÍTULO 10	86
PERFIL FENOTÍPICO DE NOVAS LINHAGENS DE <i>Ricinus communis</i> L. DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA UFRB, BAHIA	86
CAPÍTULO 11	103
ASPECTOS AGRONÔMICOS SOBRE HORTALIÇAS	103
CAPÍTULO 12	109
APLICAÇÃO DO BIOESTIMULANTE COMO ATENUANTE DO ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DA BERINJELA	109
CAPÍTULO 13	123
CULTIVO DE BERINJELA SOB DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO	123
CAPÍTULO 14	133
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E PARÂMETROS BIOMÉTRICOS DE PIMENTÃO EM FUNÇÃO DE VERMICOMPOSTO	133
CAPÍTULO 15	142
CARBONATO E SULFATO DE CÁLCIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DE SOLO E NA PRODUÇÃO DO PIMENTÃO	142
CAPÍTULO 16	150
PARÂMETROS BIOMÉTRICOS DE CENOURA "REDONDA DE NICE" EM FUNÇÃO DE VERMICOMPOSTO	150
Curriculum dos Autores e Organizadores	158

APRESENTAÇÃO

O livro “Oleaginosas e hortaliças sob diferentes manejos de cultivo: coletânea de estudos”, uma iniciativa dos organizadores, tem como objetivo apresentar vários estudos sobre o desenvolvimento e/ou produção vegetal de oleaginosas e hortaliças, cultivadas em ambiente protegido e/ou no campo, com adubação mineral e fontes alternativas de nutrientes, o melhoramento genético, bem como com o uso de melhoradores de solo e mitigador de acidez e salinidade dos solos.

Este livro apresenta em duas seções, uma descrição dos resultados das pesquisas das oleaginosas, tais como mamona, pinhão manso, crambe e chia, e as hortaliças pimentão, cenoura e berinjela, culturas que despontam no cenário brasileiro como importantes tanto para alimentação como para a produção de biodiesel.

As pesquisas apresentadas neste livro são frutos de um dos grupos de pesquisa da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande, localizada em Campina Grande, PB, formado por professores, alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e pesquisadores do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Além disso, em colaboração, participam pesquisadores do Instituto Nacional do Semiárido - INSA e da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Na primeira seção, além do Capítulo 1, que introduz os aspectos gerais das culturas oleaginosas, apresentamos outros 8 capítulos descritos a seguir.

O Capítulo 2 apresenta um estudo sobre a influência da adubação mineral com nitrogênio, fósforo e potássio nos componentes de produção da mamona linhagem “UFRB 222”.

O Capítulo 3 aborda um estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de mamona em função de adubação orgânica e mineral.

Em seguida, o Capítulo 4 enfoca a produção vegetal e o teor de óleo de grãos da cultura do crambe cultivado com doses crescentes de nitrogênio sob estresse hídrico.

Dando seguimento, o Capítulo 5 corresponde a um estudo sobre adubação nitrogenada e espaçamentos nos componentes de crescimento de crambe.

O Capítulo 6 trata do tema cultivo de plantas de crambe submetido a doses crescentes de nitrogênio e enxofre.

O Capítulo 7 apresenta um estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de pinhão manso em função de adubação orgânica e mineral.

A cultura da chia é abordada no Capítulo 8, onde um estudo sobre os efeitos da aplicação de potássio no crescimento e produção da chia é apresentado.

O Capítulo 9 aborda o melhoramento de oleaginosas, mamona e pinhão manso.

O Capítulo 10 diz respeito ao perfil fenotípico de linhagens de mamoneira por meio da descrição destas linhagens, da avaliação de descritores qualitativos e de caracteres quantitativos.

Da mesma forma, na segunda seção, o Capítulo 11 introduz os aspectos agrônômicos das hortaliças apresentando outros 5 capítulos descritos a seguir.

O Capítulo 12 apresenta a influência de bioestimulante junto com adubação mineral no crescimento de berinjela irrigada.

O Capítulo 13 aborda a influência somente da adubação mineral no crescimento de berinjela.

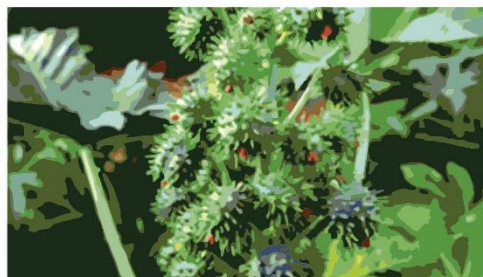
No Capítulo 14 são apresentados os resultados de vermicomposto enriquecido com pó de rocha nas características químicas do solo e na cultura do pimentão.

O Capítulo 15 enfoca as diferenças entre sulfato e carbonato de cálcio na correção da acidez do solo.

E, por fim, o Capítulo 16 apresenta a importância de vermicompostagem no desenvolvimento de cenoura.

Seção 1

Oleaginosas



CAPÍTULO 1

ASPECTOS AGRONÔMICOS SOBRE OLEAGINOSAS

Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos
Lúcia Helena Garófalo Chaves

Introdução

As oleaginosas são plantas que contêm um alto teor de óleo, tanto a partir de suas sementes (soja, colza/canola, girassol, mamona, pinhão manso, crambe, chia) como a partir de seus frutos (palma, babaçu, coco), podendo ser utilizadas para a produção de óleo vegetal. Outra característica importante de algumas dessas plantas, é o fato de que, após a extração do óleo, os subprodutos podem ser utilizados para diferentes aplicações (SLUSZZ & MACHADO, 2012).

Em 2002, o Ministério da Ciência e Tecnologia, lançou o Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico de Biodiesel (PROBIODIESEL) que previa o desenvolvimento de uma tecnologia de produção e uso do biodiesel. Em 2005, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), lançou o Plano Nacional de Agroenergia, com uma proposta de pesquisa, desenvolvimento, inovação e transferência tecnológica. Assim, a EMBRAPA levantou o potencial de cultivo de algumas oleaginosas, mencionando a soja para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, a mamona para o Nordeste e a palma para a região Amazônica (SLUSZZ & MACHADO, 2012).

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) (Euphorbiaceae) é uma planta rústica e resistente à seca, sendo cultivada comercialmente entre os paralelos 40°N e 40°S. No Brasil, seu cultivo ocorre praticamente em todos os estados nordestinos. Nos últimos anos, o cultivo da mamoneira sofreu grande expansão, devido principalmente à sua capacidade de adaptação a diferentes condições de solo e clima e ao uso múltiplo do óleo extraído de suas sementes, que possui inúmeras aplicações, tais como fabricação de cosméticos, próteses para ossos humanos, lubrificantes e aditivos de combustíveis, dentre outras (SEVERINO et al., 2006).

A mamona foi uma das culturas eleitas pelo Programa Federal de Biodiesel para fornecer matéria-prima para a sua produção, um biocombustível apontado como renovável e menos poluente que o seu concorrente fóssil, o diesel. Assim, o governo brasileiro incentivou o seu plantio, principalmente nas regiões carentes do Brasil, sinalizando que essa deveria ser a principal oleaginosa, no ainda tímido, processo de substituição do diesel brasileiro. O uso de óleo de mamona para produção de biodiesel é uma das alternativas brasileiras para redução da importação de petróleo e da emissão de poluentes e gases de “efeito estufa” na atmosfera (CÂMARA et al., 2008).

Muitas são as cultivares de mamona disponíveis, variando em porte, deiscência, tipos de cachos e outras características, as principais, no entanto, recomendadas pela Embrapa Semiárido (ANJOS et al., 2006) são as de porte médio e frutos semi-indeiscentes, como a BRS 149 Nordestina e a BRS 188 Paraguaçu. Seu manejo é fácil, com atenção especial apenas na hora da colheita, pois, precisa ocorrer em ambiente seco e quando $\frac{2}{3}$ dos frutos dos cachos estiverem maduros e com coloração marrom. A colheita é realizada manualmente, na maioria dos locais, gerando empregos e rendas para as populações do Semiárido Nordeste (ANJOS et al., 2006).

A mamoneira é uma planta exigente em nutrientes, especialmente nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio. Para uma produtividade de 1000 kg/ha de sementes são retirados do

solo 64 a 123 kg de nitrogênio (N), de 14 a 44 kg de fósforo (P_2O_5) e de 52 a 160 kg de potássio (K_2O). Por isso, seu cultivo deve ser feito em solos com boa fertilidade natural ou com suprimento de fertilizantes orgânicos ou minerais para produzir bem. Uma lavoura da cultivar Campinas, que produziu 2.859 kg/ha em São Paulo, extraiu 255 kg/ha de nitrogênio, 34 kg/ha de fósforo (P_2O_5), 211 kg/ha de potássio (K_2O), 39 kg/ha de cálcio (CaO) e 45 kg/ha de magnésio (MgO). Nesse exemplo, a quantidade de nutrientes extraída é muito elevada, razão pela qual a produtividade pode ser muito reduzida se os nutrientes exportados não forem repostos por adubação adequada na safra seguinte (SEVERINO et al., 2006).

Neste mesmo sentido, o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) foi avaliado por muitos anos como cultura para cobertura do solo, mas, tem boas possibilidades de ser uma cultura voltada à produção de biodiesel, devido aos elevados teores de óleo, com baixo custo de produção, à semelhança do nabo forrageiro e aveia preta (PITOL, 2008).

O crambe é uma oleaginosa pertencente à família Brassicaceae, de origem da zona do Mediterrâneo, sendo normalmente utilizada para produção de óleo para produtos industriais. O óleo extraído das sementes de crambe é usado como um lubrificante industrial, um inibidor de corrosão, e como um ingrediente na fabricação de borracha sintética (CARLSON et al., 1996).

O crambe tem despertado interesse dos produtores de soja porque todo seu cultivo é mecanizado, aproveitando os mesmos equipamentos utilizados para outras culturas de inverno e, por ser uma cultura de inverno, semeada após a colheita da soja em março a maio, apresenta baixo custo de produção tendo a produtividade de 1.000 a 1.500 quilos por hectare (PITOL, 2008).

O alto teor de ácido erúico (50-60%), classificado como ácido graxo de cadeia longa, é utilizado como lubrificante industrial, na fabricação de tintas, de plásticos, nylon, colas, entre outros. O farelo pode ser utilizado como suplemento proteico para bovinos, contendo entre 46 e 58% de proteína nas sementes. Porém, não é recomendado para alimentação de animais não ruminantes, devido existirem glucosinatos, os quais podem ser desdobrados no trato digestivo formando compostos que podem causar danos no fígado e nos rins dos animais (PITOL, 2008).

No Brasil, as pesquisas com a cultura do crambe tiveram início nos meados da década de 90, mais precisamente no ano de 1995 no município de Maracaju, estado do Mato Grosso do Sul, pela Fundação MS, avaliando, inicialmente, o comportamento como cobertura de solo. Posteriormente, os agricultores desta região, começaram a utilizar o crambe como forrageira alternativa na rotação de culturas e cobertura de solos para o plantio direto no período de inverno (BAEZ, 2007; PITOL, 2008).

Alguns estudos sobre o crambe foram desenvolvidos por pesquisadores no estado da Paraíba para avaliar a viabilidade agrônômica da produção de crambe nas condições edafoclimáticas dessa região (VASCONCELOS et al., 2017a; VASCONCELOS et al., 2017b; SOUZA & CHAVES, 2017; SOUZA et al., 2016; CHAVES & SOUZA, 2016; TITO et al., 2016; VASCONCELOS et al., 2015; VASCONCELOS et al., 2014; TITO et al., 2014). Apesar desses reconhecidos estudos, há ainda lacunas a respeito do cultivo do crambe que ainda precisam serem investigadas, tais como o seu desenvolvimento sob condições de estresse hídrico, o efeito da interação de macronutrientes na produção vegetal, espaçamento mais adequado para o desenvolvimento das plantas de crambe, dentre outros.

Outra opção agrícola para esta região é o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte resistência à seca. Atualmente, essa espécie não está sendo explorada comercialmente no Brasil, mas segundo Rocha (2011), é uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel, pois produz, no mínimo, 2 toneladas de óleo por hectare, levando de 3 a 4 anos para atingir a idade produtiva, que pode se estender por 40 anos.

O pinhão manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em óleo diesel. Além de perene e de fácil cultivo, apresenta boa conservação da semente colhida, podendo se tornar grande produtora de matéria-prima como fonte opcional de combustível. É uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como acontece com a cultura da mamona na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da Região Nordeste. Além disso, como é uma cultura perene, pode ser utilizada na conservação do solo, pois o pinhão manso pode cobrir com uma camada de

matéria seca, reduzindo, dessa forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta (ARRUDA et al., 2004).

Até antes da segunda Guerra Mundial, em 1939, o principal emprego do óleo de pinhão manso era na saboaria e na fabricação de estearina, mas devido, às necessidades militares, outras possíveis utilizações começaram a ser estudadas. Não pode, contudo, ser utilizado como lubrificante devido a sua baixa viscosidade e grande porcentagem de ácidos graxos impróprios, que podem provocar rápida resinificação. No entanto, pesquisas levaram a conclusão de que, esse óleo pode também ser utilizado como combustível nos motores Diesel, o qual se comporta bem, sem qualquer tratamento prévio especial e com quase igual potência às conseguidas com o gasoil (ARRUDA et al., 2004).

A produtividade do pinhão manso varia muito, em função da região de plantio, método de cultivo e tratos culturais, idade da cultura, bem como da quantidade de chuva e da fertilidade do solo. Apesar de pouco exigente em condições climáticas e solo fértil, adaptando-se facilmente a variadas condições, o pinhão manso deve preferencialmente ser cultivado em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados para que o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo, satisfazendo a necessidade da planta em nutrientes. Devem serem evitados os solos muito argilosos, rasos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem (ROCHA, 2011).

Além das culturas citadas anteriormente, outra cultura oleaginosa que tem despertado interesse agrônomo é a chia (*Salvia hispanica* L.), que ao contrário da mamona e do crambe, tem um grande potencial para a nutrição humana, dada a sua riqueza em ácidos graxos de excelente qualidade. Além disso, as sementes de chia são uma fonte promissora de antioxidantes devido ao seu conteúdo de ômega-3 e à presença de polifenóis, ácido clorogênico, ácidos cafeicos, miricetina, quercetina e kaempferol, que são antioxidantes com efeitos benéficos na dieta humana, reduzindo o risco de doenças crônicas, especialmente o câncer (CHEN & CHEN, 2013) e doenças cardiovasculares (COELHO & SALLAS-MELLADO, 2014).

Os relatórios sobre o manejo agrônomo de chia estão apenas começando a aparecer na literatura científica; sendo a maioria deles baseado em experimentos e observações realizadas nas áreas de origem da América do Sul e Central. Estes experimentos concentram-se principalmente na resposta de diferentes genótipos aos ambientes em crescimento em termos de fenologia, produção e qualidade de sementes (BOCHICCHIO et al., 2015).

A chia prefere solos arenosos e bem drenados, com salinidade moderada e com pH variando de 6 a 8,5, apresentando baixa tolerância à salinidade, podendo reduzir significativamente o rendimento do óleo de semente (YEBOAH et al., 2014). No entanto, as plantas de chia se adaptam bem a solos que tenham uma boa drenagem e não sejam muito úmidos, além de serem semi tolerantes a solos ácidos e à seca (HEUER et al., 2002). Algumas observações de campo vêm demonstrando potencial para o cultivo da chia em solos com ampla variedade de níveis de nutriente; entretanto, o baixo conteúdo de nitrogênio e outros elementos essenciais pode ser fator limitante para se obter bons rendimentos de grãos (COATES, 2011).

Até o momento, não existem dados publicados de experimentos de campo específicos sobre a adubação para a chia; por esse motivo, as informações sobre esse aspecto são poucas, fragmentárias e imprecisas. A chia cresce bem em solos com uma boa quantidade de nutrientes, enquanto que um baixo teor de nitrogênio no solo parece reduzir fortemente o seu rendimento (BOCHICCHIO et al., 2015).

Assim, considerando os fatos mencionados acima, esta seção apresenta os estudos sobre a produção vegetal das culturas de mamona, crambe, pinhão manso e chia a fim de tentar atender as lacunas observadas para melhor desenvolvimento e produtividade dessas plantas.

Referências

ANJOS, J. B.; DRUMOND, M. A.; MILANI, M.; COUTINHO, J. L. B.; MORGADO, L. B.; SANTOS FILHO, M. B. Avaliação de cultivares e linhagens de mamoneira na Zona da Mata do Estado de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 3, 2006, Varginha, MG. Biodiesel: evolução tecnológica e qualidade. Anais...Lavras: UFLA, 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/semiario/busca-de-publicacoes/>>

- /publicacao/157453/avaliacao-de-cultivares-e-linhagens-de-mamoneira-na-zona-da-mata-do-estado-de-pernambuco>. Acesso em: 14 de outubro de 2019.
- ARRUDA, F. P. A.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVREINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- BAEZ, O. Crambe a grande aposta das pesquisas em Mato Grosso do Sul. Pantanal News, 2007. Disponível em: <<http://www.biodiselbr.com/noticias/em-foco/crambe-grande-aposta-pesquisas-mato-grosso-sul.htm>>. Acesso em: 08 de junho de 2019.
- BOCHICCHIO, R.; PHILIPS, T. D.; LOVELLI, S.; LABELLA, R.; GALGANO, F.; Di MARISCO, A.; PERNIOLA, M.; AMATO, M. Innovative crop productions for healthy food: the case of chia (*Salvia hispanica* L.). In: VASTOLA, A. The sustainability of agro-food and natural resource systems in the Mediterranean basin. Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2015. p.29-45.
- CÂMARA G. M. S.; HEIFFIG L. S.; CARAMORI P. H. Oleaginosas para biodiesel requerem estudos agroclimáticos. Visão Agrícola, n.8, p.73-77, 2008.
- CARLSON, K. D.; GARDNER, J. C.; ANDERSON, V. L.; HANZEL, J. J. Crambe: new crop success. In: JANICK, J. (Ed.). Progress in new crops. Alexandria: ASHS Press, 1996, p.306-322. Disponível em: <www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-306>. Acesso em: 16 de agosto 2019.
- CHAVES, L. H. G.; SOUZA, R. S. Doses de fósforo e potássio no desenvolvimento da cultura de *Crambe abyssinica*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 1, n.2, p.71-74, 2016.
- CHEN, A. Y.; CHEN, Y. C. A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention. Food Chemistry, v.138, n.4, p.2099-2107, 2013.
- COATES, W. Whole and ground chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, chia oil- Effects on plasma lipids and fatty acids. In: PREEDY, V. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. (Ed). Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention. San Diego: Academic Press, 2011, p.309-314.
- COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L) em alimentos. Brazilian Journal of Food Technology, v.17, n.4, p.259-268, 2014.
- HEUER, B.; YANIV, Z.; RAVINA, I. Effect of late salinization of chia (*Salvia hispanica*), stock (*Matthiola tricuspidata*) and evening primrose (*Oenothera biennis*) on their oil content and quality. Industrial Crops and Products, v.15, n.2, p.163-167, 2002.
- PITOL, C. Crambe: uma nova opção para produção de biodiesel. Maracajú, Fundação MS, 2008. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2019.
- ROCHA, M. A. M. Instruções técnicas para a cultura do pinhão manso. Vitória, ES: Incaper. 2011. 28p. (Incaper. Documentos, 196).
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.4, p.563-568, 2006.
- SLUSZZ, T.; MACHADO, J. A. D. Culturas matérias-primas para biodiesel e o potencial de adoção pela agricultura familiar nas diferentes regiões brasileiras. In: PADILHA, A. C. M.; GOLLO, S. S.; SILVA, M. N. (Org.). Estudos na Cadeia Produtiva do Biodiesel. 1.ed. Jaguarão: Unipampa, 2012, v.1, p.163-184.
- SOUZA, R. S.; CHAVES, L. H. G. Crescimento e produção do crambe submetido a doses de nitrogênio e fósforo. Revista Espacios, v.38, n.8, p.1-14, 2017.
- SOUZA, R. S.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; VASCONCELOS, A. C. F. Growth and production of crambe submitted to doses of nitrogen and potassium. American Journal of Plant Sciences, v.7, n.1, p.8-16, 2016.
- TITO, G. A.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; MONTEIRO, D. R.; VASCONCELOS, A. C. F. Effect of copper, zinc, cadmium and chromium in the growth of crambe. Agricultural Sciences, v.5, n.11, p.975-983, 2014.
- TITO, G. A.; CHAVES, L. H. G.; VASCONCELOS, A. C. F. Acúmulo e translocação de cobre e zinco em plantas de *Crambe abyssinica*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, n.4, p.12-16, 2016.

- VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; TITO, G. A. Crambe (*Crambe abyssinica*) cultivation under different levels of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium. American Journal of Plant Sciences, v.8, n.9, p.2031-2039, 2017a.
- VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, J. D.; TITO, G. A. Crambe growth in a soil amended with biochar and under saline irrigation. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.48, n.11, p.1291-1300, 2017b.
- VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G.; SOUZA, F. G.; GHEYI, H. R. Germination and formation of crambe seedlings irrigated with saline waters. Revista de Ciências Agrárias, v.37, n.3 p.306-311, 2014.
- VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G.; SOUZA, F. G.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, J. D. Salinity effects on development and productivity of crambe (*Crambe abyssinica*) under greenhouse conditions. American Journal of Plant Sciences, v.6, n.7, p.839-847, 2015.
- YEBOAH, S.; DANQUAH, E. O.; LAMPTEY, J. N. L.; MOCHIAH, M. B.; LAMPTEY, S.; OTENG-DARKO, P.; ADAMA, I.; APPIAH-KUBI, Z.; AGYEMAN, K. Influence of planting methods and density on performance of chia (*Salvia hispanica*) and its suitability as an oilseed plant. Agricultural Sciences, v.2, n.4, p.14-26, 2014.

CAPÍTULO 2

ADUBAÇÃO COM NPK NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA LINHAGEM DE MAMONA 'UFRB 222'

Antônio Ramos Cavalcante
Lucia Helena Garófalo Chaves
Washington Benevenuto de Lima
Felipe Guedes de Souza
Simone Alves Silva
Ciro Ribeiro Filadelfo
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos

Introdução

Pesquisas sobre combustíveis alternativos, incluindo óleos vegetais, para reduzir a dependência do Brasil de petróleo estrangeiro foram estimuladas na década de 1970. Desde então, a produção de óleos vegetais, não apenas no Brasil, mas também no mundo, cresceu exorbitantemente. Com o desenvolvimento tecnológico, o biodiesel, obtido a partir desses óleos, é potencialmente capaz de operar um motor de ignição por compressão. Entre as dez plantas de processamento de biodiesel, a mamona foi selecionada pelo Programa Federal de Biodiesel para fornecer matéria-prima para sua produção, um biocombustível considerado renovável e menos poluente do que o seu concorrente de combustíveis fósseis, o diesel (ARIOSTO, 2004).

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa pertencente à família Euphorbiaceae, de morfologia e fisiologia complexas, de crescimento e metabolismo fotossintético C3, com alta taxa de fotorrespiração. Essa planta foi destacada devido à sua alta adaptabilidade às condições climáticas adversas, às condições do solo e de manejo e à multiplicidade de aplicações industriais de seu óleo (MARINHO et al., 2010).

Com o incentivo do Programa Brasileiro de Biocombustíveis para o plantio de mamona, houve uma recuperação da produção nacional em relação às safras anteriores. Entretanto, devido a vários fatores, como uso inadequado de insumos agrícolas, falta de água, problemas de manejo de culturas e deficiências minerais, uma vez que, a mamona foi cultivada em baixo a médio nível tecnológico, com pouco ou nenhum uso de fertilizantes (AZEVEDO & LIMA, 2001), a produtividade diminuiu. Isso causou o abandono do cultivo da mamona em vários estados brasileiros, enquanto outros ainda estão produzindo.

No caso da mamona, existe uma variabilidade muito grande, especificamente no que diz respeito às características botânicas e agronômicas (AZEVEDO et al., 1997). Por isso, a avaliação dessas características é de grande importância para conhecer o comportamento das plantas até a fase de colheita. Da mesma forma, o aprimoramento genético das plantas também é essencial para contribuir para o aumento da produção agrícola (RODRIGUES et al., 2010). Portanto, em busca de novas linhagens e/ou cultivares, pesquisas em banco de germoplasma foram realizadas na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e a linhagem UFRB 222 foi lançada.

A fertilização de culturas para aumentar sua produtividade é uma das principais tecnologias agronômicas, e os elementos nitrogênio, fósforo e potássio são essenciais para isso (CHAVES et al., 2011). O nitrogênio é mais reconhecido nas plantas por sua presença na estrutura da molécula de proteína, e desempenha um papel importante na síntese de constituintes vegetais através da ação de diferentes enzimas. O fósforo, um macronutriente essencial, faz parte da estrutura das

plantas e influencia a fisiologia e o metabolismo das mesmas, como transferência de energia, síntese de ácidos nucléicos, regulação da atividade enzimática, respiração e fotossíntese (HARGER et al., 2007). O potássio, embora não seja constituinte de nenhuma parte das plantas, atua como catalisador para muitos dos processos enzimáticos necessários para o crescimento das mesmas. Também regula a abertura e o fechamento de estômatos, que afetam a captação de dióxido de carbono para a fotossíntese. Níveis insatisfatórios de N, P e K levam a um crescimento reduzido e baixa estatura das plantas, retardam seu crescimento inicial e causam uma produtividade reduzida (SEVERINO et al., 2006).

A aplicação de diferentes fertilizantes e/ou doses diferentes influencia determinadas características das cultivares de mamona, como número de ramos e racemos, número e peso de sementes e, conseqüentemente, conteúdo de óleo nas sementes, entre outras (PIVETTA et al., 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é avaliar a influência da adubação mineral nos componentes de produção da mamona linhagem "UFRB 222".

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de julho a outubro de 2017, em vasos, em casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN / UFCG), localizado no município de Campina Grande-PB, Brasil, nas coordenadas geográficas locais 7° 15' 18" 'S, 35° 52' 28" W e altitude média de 550 m.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 repetições e 14 tratamentos, distribuídos em matriz baconiana. O esquema da matriz baconiana é uma simplificação do esquema fatorial, no qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis enquanto os outros são mantidos em um nível de referência. No presente estudo, os níveis de referência foram de 50, 300 e 150 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, como observa-se na Tabela 1. A fertilização foliar também foi realizada para fornecer os micronutrientes, divididos em 2 aplicações de porcentagem equivalente, a 1 kg de (5%) magnésio, (11%) enxofre, (3,5%) boro, (0,10%) cálcio, (20%) ferro, (1%) manganês, (0,10%) molibdênio e (5%) Zinco.

Tabela 1. Distribuição das doses de N, P e K na matriz baconiana

Tratamentos	N (kg ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹)
1	0	0	0
2	0	300	150
3	50	300	150
4	100	300	150
5	150	300	150
6	200	300	150
7	50	0	150
8	50	300	0
9	50	300	75
10	50	300	225
11	50	300	300
12	50	150	150
13	50	450	150
14	50	600	150

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 90 kg, preenchidos com uma camada de 2 kg de pedra britada (nº zero), seguida de 80 kg de material do solo (devidamente triturado para quebrar os torrões e homogeneizado).

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de um Argissolo, no município de Lagoa Seca, PB, e suas características físico-químicas foram obtidas de acordo com as metodologias descritas por EMBRAPA (2011) com os seguintes resultados: argila = 158,5 g kg⁻¹, silte = 120,7 g kg⁻¹ e areia = 720,8 g kg⁻¹; pH = 5,75; CE = 0,16 dS m⁻¹; Ca = 1,56 cmol_c kg⁻¹; Mg =

1,18 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,06 cmol_c kg⁻¹; K = 0,26 cmol_c kg⁻¹; Al = 0,0 cmol_c kg⁻¹; H = 1,27 cmol_c kg⁻¹; P = 4,9 mg kg⁻¹; OM = 14,8 g kg⁻¹.

Foram plantadas 6 sementes da linhagem de mamona "UFRB 222" em cada vaso, com 2 cm de profundidade e distribuídas equidistantemente. Aos 20, 30 e 40 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o desbaste para deixar apenas 1 planta por vaso. Após a semeadura, o solo foi mantido em capacidade de campo com irrigação diária, e o volume a ser aplicado foi determinado de acordo com a metodologia de Lima et al. (2014).

A adubação nitrogenada, utilizando ureia, foi realizada 2 vezes, 50% aos 21 DAS e 50% aos 30 DAS. As adubações com potássio e fósforo foram aplicadas antes do plantio, usando superfosfato simples e cloreto de potássio como fonte de nutrientes.

A colheita foi realizada entre 80 e 120 dias após a semeadura e, ao final do ciclo, foi realizada manualmente. Os racemos foram colhidos quando aproximadamente $\frac{3}{4}$ dos frutos estavam secos, e depois secos em estufa a 60°C para determinar os pesos secos dos racemos primários e secundários.

As variáveis analisadas foram número de ramos (NR) e racemos (NRC), número de frutos e sementes nos racemos primários e secundários (NFRp, NFRs, NSrp, NSrs), pesos de sementes e cascas nos racemos primário e secundário (PSrp, PSrs, PCrp, PCrs), produção de óleo nos racemos primário e secundário (PORp, PORs).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com nível de probabilidade de 0,05 e, quando significativos, a análise de regressão polinomial linear e quadrática foi realizada pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultado e Discussão

Em média, a adubação fosfatada resulta no menor número de ramos nas plantas de mamona. O número de ramos nas demais plantas, em função da adubação nitrogenada e potássica, é semelhante (Tabela 2). Entretanto, o número de racemos é o mesmo em todas as plantas, e o número de frutos e sementes e o peso das sementes e das cascas por racemo, são maiores em todos os racemos primários em comparação com os racemos secundários, confirmando os resultados relatados por Machado et al. (2009), que observaram 45,15 e 42,99 frutos em racemos primário e secundário, e 55,08 e 51,03 g, respectivamente. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), isso se deve ao fato de o racemo primário ser produzido com um maior acúmulo de reservas para formar as sementes, do que nos próximos racemos.

Tabela 2. Número médio de ramos e racemos por planta, número de frutos e sementes, peso de sementes e cascas e produção de óleo em diferentes racemos de mamona (UFRB 222)

Posição dos racemos	Número				Peso		Produção de óleo	
	Ramos*	Racemos*	Frutos	Sementes	Sementes	Cascas	g	%
Nitrogênio								
Primário			35,74	103,90	80,15	54,74	39,87	49,49
Secundário	2,73	3,23	32,93	93,55	52,65	32,65	25,34	47,73
Fósforo								
Primário			33,58	97,44	78,82	50,01	40,86	51,03
Secundário	2,49	3,23	26,70	75,42	38,99	27,19	20,16	51,52
Potássio								
Primário			36,51	108,17	89,37	57,12	39,87	50,56
Secundário	2,77	3,23	22,38	63,92	37,48	23,67	19,58	51,64

*Número total de ramos e de racemos.

As porcentagens de óleo nas sementes de racemos primários em função do nitrogênio, fósforo e potássio correspondem a 49,49, 51,03 e 50,56%, respectivamente, muito próximas ao teor de óleo de 48% encontrado por Diniz Neto et al. (2009a) nas cultivares 'BRS Nordestina' e 'Mirante 10'. Nos racemos secundários, os respectivos valores são 47,73, 51,52 e 51,64%, ou seja, a porcentagem de óleo nos racemos primários em função do nitrogênio apresenta-se maior que nos racemos secundários, discordando dos resultados encontrados por Souza et al. (2007), que

observaram sementes mais pesadas e com maior teor de óleo nos racemos secundários e terciários. As porcentagens de óleo nos racemos secundários apresentam-se maiores que nos racemos primários em função do fósforo e do potássio (Tabela 2).

O nitrogênio e o potássio apresentam efeito significativo no número de ramos nas plantas de mamona (Tabela 3), que aumentaram quadrática e linearmente, respectivamente, de acordo com as doses crescentes desses elementos (Figura 1a, b). Os maiores números de ramos correspondem a 3,2 com 128,9 kg ha⁻¹ de N e 3,4 com 300 kg ha⁻¹ de K (Figura 1a, b).

Tabela 3. Resumo da análise de variância analisados entre 80 e 120 DAS, em função de diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio no cultivo de mamona UFRB 222

Fonte de variação	GL	Quadrado médio											
		NR	NRc	NFr p	NFr s	NSrp	NSrs	PSrp	PSrs	PCr p	PCrs	POr p	POr s
Tratamentos	13	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
N	4	*	*	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**
Linear	1	**	**	ns	**	ns	**	ns	**	*	**	ns	**
Quadrático	1	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*
Desvio	2	0,3 6	0,4 9	41,2	51,6	343, 9	266, 6	238, 2	271, 9	50,9	107, 7	77,7	89,5
P	4	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	*	**	*
Linear	1	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Quadrático	1	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	**	ns	*	*
Desvio	2	0,3 6	0,4 9	41,2	51,6	343, 9	266, 6	238, 2	271, 9	50,9	107, 7	77,7	89,5
K	4	*	ns	ns	**	ns	**	ns	**	*	ns	ns	ns
Linear	1	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrático	1	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Desvio	2	0,3 6	0,4 9	41,2	51,6	343, 9	266, 6	238, 2	271, 9	50,9	107, 7	77,7	89,5
Resíduo	28	0,3 3	0,4 2	39,2	66,0	338, 2	338, 2	247, 2	386, 3	57,2	103, 5	78,5	81,1
CV (%)	%	22, 4	26, 4	18,9	32,2	18,9	27,6	20,3	27,7	14,9	40,0	22,6	45,6

Legenda: número de ramos (NG); racemos (NRc); número de frutos e sementes nos racemos primários e secundários (NFr_p, NFr_s); pesos de sementes e cascas dos racemos primário e secundário (PSrp, PSrs, PCrp, PCrs); produção de óleo nos racemos primário e secundário (POrp, POrs).

O número de racemos foi influenciado significativamente apenas pelo aumento das doses de nitrogênio, sendo igual a 4,1 racemos com 200 kg ha⁻¹ de N (Figura 1a), como também encontrado por Nobre et al. (2012) que observaram 7,4 racemos por planta na cv, 'BRS Energia' fertilizado com 150% da dose de N recomendada para vasos (100 mg kg⁻¹). Segundo Nóbrega et al. (2001), a produção de racemos no presente estudo (4,1) é considerada média, uma vez que, os números de racemos por planta abaixo de 3, entre 3 e 7, e acima de 7, são classificados como baixo, médio e alto, respectivamente. Moreira et al. (2012), trabalhando com a cultivar 'IAC Guarani', não encontraram efeito significativo no número de racemos em resposta à fertilização com fosfato, observando 4,7 unidades por planta. No entanto, esses autores, assim como Silva et al. (2013), trabalhando com a cultivar 'Al Guarany 2002', observaram 3,95 e 2,5 racemos por planta para as doses de 150 kg ha⁻¹ N e 50 kg ha⁻¹ K₂O.

Diniz Neto et al. (2009b) observaram que, o número de racemos por planta aumentou à medida que os níveis de fertilização com NPK aumentaram, com um efeito linear significativo sobre a cv, 'Mirante 10', com média de 6,9 racemos por planta. Severino et al. (2006) e Ferro et al. (2008), trabalhando com a cultivar 'BRS Nordestina', encontraram um efeito significativo no número de racemos em resposta à fertilização com fósforo com as doses de 70 kg ha⁻¹ e 42 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, Silva et al. (2007), avaliando o híbrido 'Sara' com níveis de fertilização nitrogenada de 0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹, não detectou um aumento no número de racemos em função das doses.

Segundo Rodrigues et al. (2010), que avaliaram as características agrônômicas de 15 variedades de mamona, o número de racemos por planta variou de 1,73 a 5,80. Isso prova que, a

variação no número de racemos por planta é influenciada pela genética da planta e também pelo maior tempo de umidade no solo, ou seja, pela maior quantidade de água disponível.

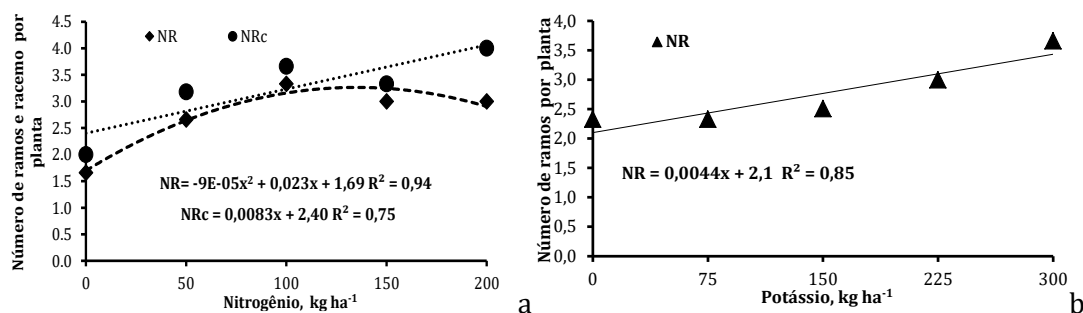


Figura 1. Número de ramos em função do aumento das doses de nitrogênio (a) e potássio (b) e número de racemos em função do aumento das doses de nitrogênio (a).

Embora o número de frutos e sementes nos racemos primários em função do nitrogênio e potássio apresenta-se maior do que nos racemos secundários, doses crescentes desses elementos influenciam apenas os dados dos racemos secundários (Tabela 3). Nesses racemos, ocorre 54,92 frutos e 153,17 sementes com 200 kg ha⁻¹ de N (Figura 2a) e 28,25 frutos e 80,46 sementes com 181 e 173,93 kg ha⁻¹ de K, respectivamente (Figura 2b). Resposta significativa ao aumento das doses de N no número de frutos também foi observada por Silva et al. (2007) e Chaves e Araújo (2011) trabalhando com os híbridos de mamona 'Sara' e 'BRS Nordestina', respectivamente. Entretanto, doses crescentes de fósforo influenciam o número de frutos e sementes nos racemos primário e secundário, levando a 47,4 e 38,0 frutos (Figura 2c) e 135,3 e 108,8 sementes (Figura 2d), respectivamente, com 600 kg ha⁻¹ de P.

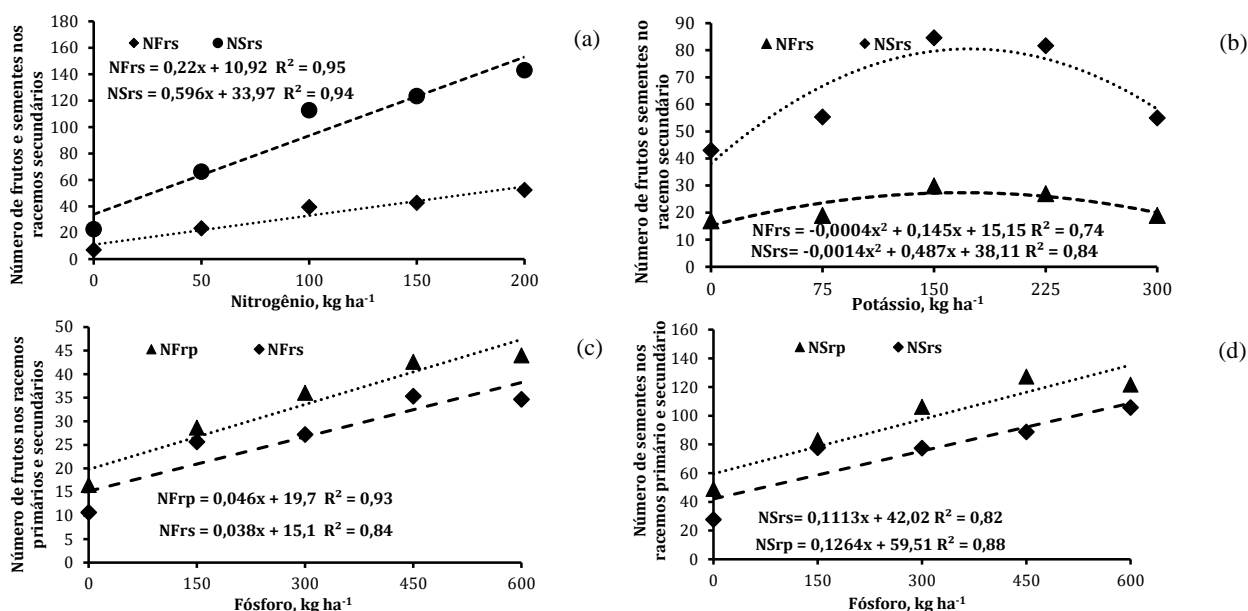


Figura 2. Número de frutos e sementes nos racemos secundários em função do aumento das doses de nitrogênio (a) e potássio (b) e fósforo nos racemos primários e secundários (c, d).

De acordo com Oplinger et al. (1997), o número de frutos por racemo varia de 15 a 80, com o teor de óleo nas sementes variando de 35 a 55%, dependendo da cultivar e das condições ambientais. Segundo Souza et al. (2007), Diniz Neto et al. (2009b) e Chaves e Araújo (2011), a fertilização com NPK causou um aumento linear no número de frutos na cv. 'BRS Nordestina', que produziu em média 27, 33,97 e 41 frutos por racemo nas doses mais altas de N:P:K, ou seja, 60:30:10 kg ha⁻¹, 120: 75: 45 kg ha⁻¹ e 200: 90: 60 kg ha⁻¹, respectivamente. Diferentemente desses autores, Silva et al. (2013) observaram que, a fertilização mineral com NPK na cultivar 'Al Guarany

2002' não promoveu aumento no número de frutos por planta e no peso médio das sementes. Na cultivar 'BRS Paraguaçu', o número médio de frutos foi de 28,4 por racemo em função do fosfato natural e reativo (SILVEIRA et al., 2015). Embora os níveis de fósforo e boro não tenham influenciado o número de frutos por racemo na cultivar 'IAC Guarani', um número médio de 27,9 unidades (MOREIRA et al., 2012) foi obtido neste estudo. Silva et al. (2007) afirmam que, o aumento no número de frutos é mais influenciado pela genética da planta.

De acordo com a Figura 3a, a adubação nitrogenada apresenta efeito linear no peso das sementes e no peso da casca do racemo secundário, que iguais a 85,81 e 59,31 g, respectivamente, com 200 kg ha⁻¹ de N, corroborando os resultados de Chaves e Araújo (2011), que observaram um efeito significativo do nitrogênio no peso das sementes de 'BRS Nordestina'. O contrário foi observado por Ferreira et al. (2006), ou seja, o nitrogênio não influenciou essas variáveis no híbrido 'Savana'. No entanto, Diniz Neto et al. (2009a) comentam que, a dose mais alta de NPK (120-75-45) aplicada na cv, 'BRS Nordestina' causou a melhores resultados de peso de sementes. O fósforo influencia o peso das sementes nos racemos primário e secundário; foi observado um valor de 93 g nos racemos primários com 451,3 kg ha⁻¹ de P e um valor de 57,11 g nos racemos secundários com 600 kg ha⁻¹ de P (Figura 3b). Ribeiro et al. (2009), utilizando 120 kg ha⁻¹ de fósforo na cultivar 'BRS-188 Paraguaçu', observaram maior rendimento de sementes, 43,07 g, mas o aumento dessa produção comparado à menor dose de P de 30 kg ha⁻¹, 21,90 g, foi de 96,67%.

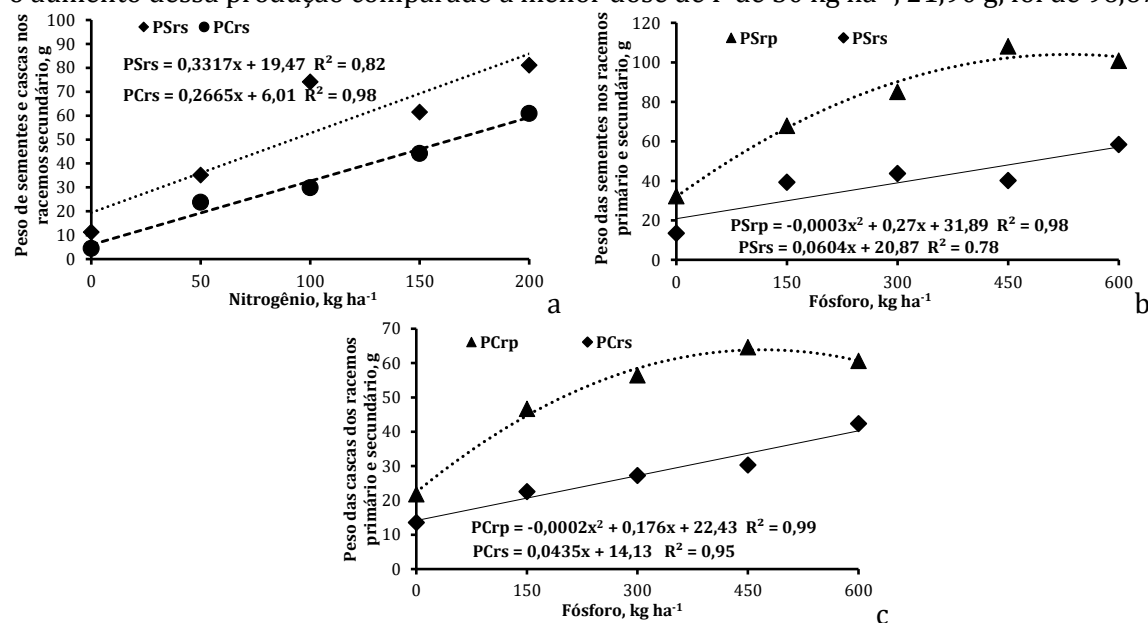


Figura 3. Pesos de sementes e cascas em racemos secundários em função do aumento das doses de nitrogênio (a); peso de sementes (b) e cascas (c) nos racemos primários e secundários em função do aumento das doses de fósforo.

O peso das cascas de mamona apresenta comportamento semelhante ao das sementes após a adição dos tratamentos com fósforo, e os maiores rendimentos são de 61,4 e 38,9 g, na presença de 441,2 kg ha⁻¹ e 600 kg ha⁻¹, nos racemos primários e secundários, respectivamente (Figura 3c). A influência do fósforo na produção de sementes e cascas também foi observada quadraticamente na cultivar híbrida 'Savana' (FERREIRA et al., 2006). Segundo Silveira et al. (2015), a fertilização natural e solúvel em fosfato influenciou significativamente o peso da casca na mamona 'BRS Paraguaçu'.

As porcentagens de óleo nos racemos secundários apresentam-se maiores que nos racemos primários em função do fósforo e do potássio. Entretanto, ocorre apenas efeitos significativos de nitrogênio nas quantidades de óleo nas sementes dos racemos secundários, e de fósforo nas quantidades de óleo nas sementes dos racemos primários e secundários (Tabela 3). O maior teor de óleo (35,9 g) foi obtido com 161 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Figura 4 a). A dose de fósforo de 600 kg ha⁻¹ levou a 61,28 e 31,06 g de óleo nos racemos primário e secundário, respectivamente (Figura 4 b).

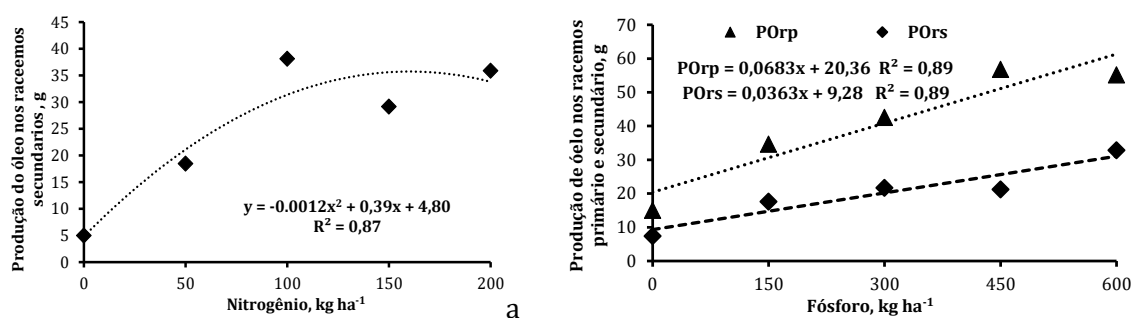


Figura 4. Produção de óleo nos racemos secundários em função das doses crescentes de nitrogênio (a) e nos racemos primários e secundários em função das doses crescentes de fósforo (b).

É interessante observar que, embora as porcentagens de óleo nas sementes dos racemos primários e secundários tenham sido semelhantes, em função do fósforo, o teor de óleo nos racemos primários (40,86 g) foi, em média, duas vezes mais alto do que nos racemos secundários (20,16 g). Isso ocorre porque o número e o peso das sementes dos racemos primários (97,44; 78,82 g) maiores que os dos racemos secundários (75,42; 38,99 g). Segundo Beltrão et al. (2001), o P participa de importantes reações químicas da fisiologia vegetal, com ênfase nos processos relacionados ao fluxo de energia, compondo a molécula ATP e outras moléculas de grande importância. Segundo Diniz Neto et al. (2009a), o componente que mais influencia o rendimento do óleo de mamona é a produtividade das sementes. Por esse motivo, a colheita deve ser gerida de forma a obter a máxima produtividade das sementes, o que levará a um aumento na produção de óleo.

Conclusão

Os componentes de produção da nova linhagem de mamona não responderam às doses de potássio utilizadas neste experimento. Somente nitrogênio e fósforo influenciaram esses componentes.

O número de frutos e sementes, o peso das sementes e das cascas por racemo e a quantidade de óleo foram maiores em todos os racemos primários em comparação com os secundários.

A menor porcentagem de óleo foi produzida em função do nitrogênio.

A porcentagem de óleo no racemo primário foi maior que no racemo secundário em função do nitrogênio, em oposição ao fósforo e ao potássio.

Referências

- ARIOSTO, H. Biodiesel e inclusão social. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. 200p. (Série Cadernos de Altos Estudos, n.1).
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S. Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil. Campina Grande: MAARA/Embrapa-CNPA, 1997. 52p. (Circular Técnica, 25).
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350p.
- BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.37-61.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 590p.
- CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v.8, p.126-133, 2011.
- CHAVES, L. H. G.; ARAÚJO, D. L. Fitomassa e produção da mamoneira BRS Nordestina adubada com NPK. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v.8, n.1, p.222-231, 2011.

- DINIZ NETO, M. A.; TÁVORA, F. J. A. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; DINIZ, B. L. M. T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. I - Componentes da produção e produtividade. Revista Ciência Agronômica, v.40, n.4, p.578-587, 2009a.
- DINIZ NETO, M. A.; TÁVORA, F. J. A. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; DINIZ, B. L. M. T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. II - Componentes das fases vegetativas e reprodutivas. Revista Ciência Agronômica, v.40, n.3, p.417-426, 2009b.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ. 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, G. B.; VASCONCELOS, O. L.; PEDROSA, M. B.; ALENCAR, A. R.; FERREIRA, A. F.; FERNANDES, A. L. P. Resposta da mamoneira híbrida savana a doses de nitrogênio e fósforo, em Cambissolo do sudoeste da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 2, 2006, Aracaju, Anais...Aracaju: Embrapa, 2006. CD-ROM.
- FERRO, J. H. A.; SILVA, D. F.; OLIVEIRA, M. W.; TRINDADE, R. C. P.; COSTA, J. P. V.; CALHEIROS, A. S. Avaliação do crescimento e da produtividade de duas variedades de mamona (*Ricinus communis* L.) em função da adubação fosfatada no município de Rio Largo - AL. In: Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Ricinoquímica, 3, 2008, Salvador. Anais.... Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008. CD-ROM.
- HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. Semina: Ciências Agrárias, v.28, p.39-44, 2007.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Respostas morfofisiológicas da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada. Irriga, v.19, p.130-136, 2014.
- MACHADO, C. G.; MARTINS, C. C.; SILVA, L. B.; CRUZ, S. C. S. Produção e características físicas de sementes de mamoneira em função da posição do racemo e do fruto. Acta Scientiarum, Agronomy, v.31, n.2, p.293-299, 2009.
- MARINHO, A. B.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B.M. Influência da fertirrigação da nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4, p.31-42, 2010.
- MOREIRA, M. A.; ALVES, J. M.; OLIVEIRA, A. B.; MEDEIROS, F. A. Crescimento e produção da mamoneira em função de fósforo e boro. Global Science and Technology, v.5, p.98-108, 2012.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. G.; MEDEIROS, E. P.; SOARES, L. A. A.; ALVES, A. N. Teor de óleo e produtividade da mamoneira de acordo com a adubação nitrogenada e irrigação com água salina. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.47, n.7, p.991-999, 2012.
- NÓBREGA, M. B. M.; ANDRADE, F. P.; SANTOS, J. W.; LEITE, E. J. Germoplasma. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.257-280.
- OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; KAMINSKI, A. R.; COMBS, S. M.; DOLI, J. D.; SCHULER, R. T. Castor beans, Alternative, Field Crops Manual. 1997. Castor Bean Production, 1960, U.S.D.A. Farmers Bulletin No. 2041.
- PIVETTA, L. G.; ZANOTTO, M. D.; TOMAZ, C. A.; PIVETTA, L. A.; FIOREZE, A. C. L.; ZOZ, T. Avaliação de genótipos de mamona em diferentes níveis de adubação. Revista de Agricultura Neotropical, v.2, n.2, p.9-18, 2015.
- RIBEIRO, S.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, O. C.; GHEYIS, H. R.; LACERDA, R. D. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. Revista Ciência Agronômica, v.40, p.465-473, 2009.
- RODRIGUES, H. C. A.; CARVALHO, S. P.; CARVALHO, A. A.; SANTOS, C. E. M.; CARVALHO FILHO, J. L. C. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre caracteres de mamoneira. Ciência e Agrotecnologia, v.34, n.6, p.1390-1395, 2010.
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.563-568, 2006.

- SILVA, S. D.; RODRIGUES, D. R.; LEANDRO, W. M. Análise de componentes da produção da mamoneira em função da adubação NPK no cerrado goiano. *Enciclopédia Biosfera*, v.9, n.17, p.115-127, 2013.
- SILVA, T. R. B.; LEITE, V. E.; SILVA, A. R. B.; VIANA, L. H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1357-1359, 2007.
- SILVEIRA, T. C.; PEGORARO, R. F.; PORTUGAL, A. F.; RESENDE, A. V. Produção da mamoneira submetida a combinações com fontes de fósforo e calagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.1, p.52-57, 2015.
- SOUZA, A. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – Componentes de produção. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.4, p.414-421, 2007.

CAPÍTULO 3

RENDIMENTO E QUALIDADE DO ÓLEO DE MAMONA EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL

*Josely Dantas Fernandes
Lúcia Helena Garófalo Chaves*

Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de relevante importância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais (RODRIGUES et al., 2009). É uma euforbiácea rústica com características xerófilas e heliófilas, com fácil propagação e adaptação a diferentes condições climáticas, edáficas e de manejo (CAVALCANTI et al., 2005). Essa espécie é passiva de exploração no semiárido brasileiro, o que possibilita ocupação e renda para agricultores familiares da região.

A cultura da mamona foi introduzida no Brasil pelos portugueses, sendo inserida em praticamente em todo o território nacional e, aos poucos, tornou-se uma cultura importante para os pequenos e médios produtores do país. Na década de 1970, a produção brasileira atingiu maior importância e a área cultivada chegou a 600 mil hectares, sendo o Brasil considerado o maior produtor mundial, seguido da Índia e da China (BARROS, 2005). A decadência da produção iniciou a partir de 1978, sendo que na década de 1990 o país passou a ocupar a terceira posição, ficando atrás da Índia e da China. A partir de 2003, quando o governo federal retomou as discussões sobre o biodiesel e, em 2004, com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, programa que aponta a mamona como importante insumo para a fabricação do biodiesel, a produção brasileira mostrou sinais de recuperação em relação à década de 1990. No entanto, o país não recuperou sua posição de principal produtor, e a Índia e a China são ainda os principais produtores da mamona (SOUTO & SICSÚ, 2011).

Óleo de mamona, também chamada de óleo de rícino, cujo termo vem do nome científico da mamoneira *Ricinus communis*, é o produto mais importante da cadeia produtiva da mamona. Este produto tem grande importância industrial uma vez que, este óleo possui rendimento de 50% nas sementes e de propriedades químicas e físicas distintos de outros óleos vegetais encontrados na natureza. Dos seus triglicerídeos, o ácido graxo ricinoléico é o que apresenta maior composição, com cerca de 90% para as cultivares utilizadas (BELTRÃO & OLIVEIRA, 2008). O óleo de mamona é utilizado como matéria-prima para a fabricação de plásticos, fibras sintéticas, esmaltes, resinas, lubrificantes e outros produtos da indústria farmacêutica e de cosméticos. Da mesma forma, o óleo de mamona pode ser utilizado na produção de biocombustíveis (biodiesel), mas, para isso é preciso submetê-lo a um processo eficiente de refino para eliminar impurezas e melhorar a qualidade do combustível (AZEVEDO & LIMA, 2001).

O biodiesel, definido como sendo um mono-álquil éster de ácidos graxos derivados de óleos vegetais e gorduras animais (fontes renováveis) e obtido através de um processo de transesterificação, no qual ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ácidos graxos, é considerado um combustível biodegradável. Esse combustível, feito a partir de óleo de mamona expressa algumas características desse óleo, como alta viscosidade e lubricidade e ponto de congelamento bem abaixo de zero. O uso de biodiesel como combustível tem se mostrado promissor principalmente porque, quando comparado aos combustíveis fósseis, sua

utilização diminui a emissão de CO₂, SO_x e de hidrocarbonetos lançados ao ambiente e, conseqüentemente, ocorre a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental (FERRARI et al., 2005). Entretanto, segundo Marinho et al. (2010), a produção de biocombustível ainda demandará a busca por melhores tecnologias de cultivo, irrigação, adubação, entre outras, de modo a possibilitar a plena utilização de seu potencial.

A cultura da mamona mostra-se responsiva à adubação, uma vez que é exigente em fertilidade, requerendo quantidades significativas de nutrientes para a produção de grãos e para a síntese do óleo e das proteínas presentes nestes (FERNANDES et al., 2009). Quando o cultivo é estabelecido em solos com restrição de fertilidade, ou se pretende explorar integralmente o potencial de produtividade das cultivares comerciais, faz-se necessária a complementação com nutrientes, por meio da aplicação de fertilizantes de origem orgânica e/ou mineral (SCIVITTARO & PILLON, 2006).

A adubação orgânica é uma prática agrícola muito utilizada para a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo, atuando no fornecimento de nutrientes às culturas (SEVERINO et al., 2006), promovendo um maior crescimento e desenvolvimento das culturas, inclusive da mamoneira, como foi observado por Oliveira et al. (2009).

Apesar destes benefícios, vale salientar que, o sucesso do uso dos materiais orgânicos em uma cultura dependerá, entre outros fatores, da qualidade e da quantidade do material que está sendo usado, visto que, a composição química dos esterco animais, por exemplo, pode variar com o tipo de animal e com o seu alimento (FERNANDES et al., 2009). De acordo com Solto et al. (2005), em experimento avaliando a decomposição de diferentes tipos de esterco, aqueles de origem bovina e caprina foram os que apresentaram melhores resultados. Já a composição dos compostos orgânicos irá depender do material orgânico que deu origem aos mesmos, por exemplo, diferentes tipos de lixo, restos de culturas, esterco, entre outros.

O esterco bovino (SEVERINO et al., 2006; VALE et al., 2005), a casca e a torta de mamona têm sido citadas na literatura como fontes de nutrientes e condicionadores do solo para compor substratos e adubação da mamoneira (LIMA et al., 2006). Conforme estes autores, estudando combinações de casca: torta (% v/v) de 0:10, 2,5:7,5, 5,5:7,5, 7,5:2,5 e 10:0, respectivamente, observaram que 5% de casca de mamona combinado com 5% de torta de mamona ou a relação composta por 7,5% de casca de mamona e 2,5% de torta de mamona (v/v) possibilitou o melhor crescimento de plantas de mamoneira cultivadas em vasos.

Da mesma forma, Fernandes et al. (2009), avaliando a adubação mineral completa, com três fontes orgânicas de esterco de curral curtido e dois compostos de lixo, mais a testemunha absoluta no plantio de mamona, observaram que esta cultura respondeu melhor aos adubos orgânicos e dentre estes aos compostos de lixo.

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a influência da adubação mineral e orgânica na mamona visando o rendimento e a qualidade do seu óleo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de campo e de sequeiro na propriedade rural Jacaré, município de Remígio-PB, (latitude 6°53'00" Sul; longitude 36°02'00" W, com altitude de 470 m), no período de maio de 2007 a novembro de 2009. O clima é classificado, conforme Köppen, em As', quente e úmido com chuvas de outono-inverno, com pluviosidade média anual de 700mm e déficit acentuado durante quatro a cinco meses.

Antes da instalação do experimento, amostras de Neossolo Regolítico eutrófico foram coletadas, secas ao ar, passadas em peneira com malha de 2mm de abertura e caracterizadas química e fisicamente segundo os métodos adotados por Teixeira et al. (2017), tendo apresentado os seguintes resultados: areia = 935,1 g kg⁻¹; silte = 30,1 g kg⁻¹; argila = 34,8 g kg⁻¹; pH (H₂O) = 6,17; Ca = 1,12 cmol_c kg⁻¹; Mg = 0,85 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,06 cmol_c kg⁻¹; K = 0,11 cmol_c kg⁻¹; Al = 0,16 cmol_c kg⁻¹; MO = 11 g kg⁻¹; P = 7,7 mg kg⁻¹.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consistiram nas seguintes fontes de adubação: F1- Testemunha absoluta (solo na sua condição natural de fertilidade); F2- Composto Orgânico I (12 kg/cova de composto orgânico formado por decomposição de vegetais); F3- Composto Orgânico II (12

kg/cova de composto orgânico formado por decomposição de vegetais enriquecidos com pó de rocha potássica, fosfática, pó de telha, e cinza); F4- Adubação mineral (em fundação: 40 g de N; 177,77 g de P_2O_5 ; 26,66 g de K_2O ; 22,86 g de Zn; 82,05 g de Mg; 22,60 g de B; 16 g de Cu; 14,28 g de Mn, por cova; 45 dias após o plantio, realizou-se adubação nitrogenada aplicando 40 g de N/cova); F5- Adubação orgânica com esterco de curral curtido (12 kg/cova).

Como fonte de nutrientes utilizou-se o sulfato de amônia $(NH_4)_2SO_4$, superfosfato simples (SSP), cloreto de potássio (KCl) e sulfato de magnésio $(MgSO_4 \cdot 7H_2O)$. O boro foi aplicado na forma de tetraborato de boro (bórax) e os demais micronutrientes na forma de sulfato $(CuSO_4 \cdot 5H_2O; ZnSO_4 \cdot H_2O$ e $MnSO_4 \cdot 3H_2O)$.

O composto orgânico foi preparado em canteiros de alvenaria utilizando produtos orgânicos (hortaliças, frutas, bagaço de coco e vísceras de animais) provenientes da central de abastecimento (CEASA) do município de Campina Grande (PB). O esterco de curral e os compostos de lixo foram caracterizados quimicamente cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas dos compostos de lixo e do esterco bovino utilizados no experimento

Adubos orgânicos	Características químicas											
	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Fe	Mn	Cu
	g kg ⁻¹								mg kg ⁻¹			
Composto de lixo I	9,12	4,82	7,05	0,89	17,61	2,67	0,45	5,6	73,23	8467	246	18,19
Esterco	8,23	2,7	11,95	0,74	10,56	3,86	0,45	5,49	44,93	3872	167	10,82
Composto de lixo II	8,92	7,37	7,05	1,01	21,13	3,37	0,42	3,83	75,05	10590	265	18,19

Na semeadura foram colocadas 3 sementes/cova da cultivar BRS Nordestina, realizando-se desbastes para uma planta por cova aos 15 dias após a emergência. O espaçamento entre plantas foi de 2,0m x 2,0m em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40m, em área de 1280 m², sendo as parcelas constituídas por 16 plantas. Entretanto, foram utilizadas para as avaliações de crescimento e de produção apenas 4 plantas das duas fileiras centrais numa área útil de 16m².

Após a colheita nos 2 anos de cultivo, retirou-se de cada tratamento uma alíquota de aproximadamente de 3kg de grãos extraíndo-se o óleo dos mesmos através do método de prensagem a frio.

O cálculo do rendimento foi obtido pela relação entre a quantidade de sementes que entraram na prensa, em grama, pela quantidade de óleo obtido por prensagem.

Após a extração do óleo bruto, o mesmo foi centrifugado para separação das impurezas como gomas (fosfatídeos hidratáveis), ceras e substâncias coloidais. Em seguida, iniciou-se o processo de análise do óleo de acordo com as normas da *American Oil Chemists Society* - AOCS (AOCS, 1985) caracterizando-o quanto ao índice de acidez, índice de saponificação, índice de iodo, viscosidade cinemática, densidade, teor de umidade e rendimento.

Índice de acidez

Em Erlenmeyer de 125mL foram colocados 2g de óleo e 25mL de solução neutra de éter etílico + álcool etílico (2:1), agitando-se até a completa diluição do óleo; duas gotas do indicador ácido/base fenolftaleína foram acrescentadas e em seguida procedeu-se a titulação com solução de NaOH 0,1N até o surgimento da coloração rósea. Com o valor do volume de NaOH gasto na titulação, foi calculado o índice de acidez pela Equação 1.

$$Ac = \frac{V \times f \times 5,61}{P} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: Ac = índice de acidez (mg de KOH/g de óleo); V = volume de NaOH gasto na titulação (ml); f = fator de correção da solução; 5,61 = equivalente-grama do KOH; P = peso da amostra (g).

Índice de saponificação

Em um Erlenmeyer foram pesados 2g da amostra, acrescentando após a pesagem 20mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4%. Em seguida, o Erlenmeyer foi acoplado a um condensador de refluxo onde a solução foi aquecida até ebulição branda, durante 30 minutos. Logo após, 2 gotas de indicador fenolftaleína foram adicionadas, a titulação foi realizada com a solução ainda quente com ácido clorídrico 0,5N até o desaparecimento da cor rosa. O cálculo para determinação do índice de saponificação é baseado na Equação 2.

$$IS = \frac{V \times f \times 28}{P} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde: IS = é índice de saponificação; V = é a diferença entre o volume (mL) do ácido clorídrico 0,5N gastos na titulação; f = é o fator de ácido clorídrico 0,5N; P = é a massa (g) da amostra.

Índice de iodo

Para a determinação do índice de iodo aplicou-se a metodologia preconizada pela AOCS (1985). O índice de iodo (gramas de iodo/100g de óleo) foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$I = \frac{(B-A) \times f \times 1,27}{m} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde: I = é o índice de iodo; B = n.º. de mL de solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L gasto na titulação do branco; A = n.º. de mL de solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L gasto na titulação da amostra; f = fator da solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L; m = massa da amostra em gramas; 1,27 = centiequivalente do Iodo.

Viscosidade

A viscosidade cinemática das amostras foi medida em viscosímetro tipo Cannon-Fenske de número 150 na temperatura de $100,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ para a mamona, mantida constante por um banho termostatzado, conforme a norma ASTM D 445.

Densidade

A densidade relativa ($20^\circ\text{C}/4^\circ\text{C}$) das amostras foi determinada segundo as normas ASTM D 1298, D - 4052 ou NBR 7148, utilizando-se um densímetro digital DA - 110M fabricado pela Mettler Toledo. Após a calibração do equipamento com água destilada, mediu-se 50mL de amostra e preencheu-se a célula do densímetro para fazer-se a leitura realizada diretamente no visor do equipamento a 20°C em g/cm^3 .

Teor de umidade

O teor de umidade se baseou no método de estufa a 105°C com o material sendo desidratado por 1 hora.

Rendimento de óleo

O rendimento de óleo em kg planta^{-1} foi estimado a partir dos valores da produtividade de grãos e do percentual de óleo das sementes de cada repetição de acordo com a Equação 4.

$$RO = \frac{PTG \times PO}{100} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde: RO = Rendimento de óleo (kg planta^{-1}); PTG = Produtividade total de grãos (kg planta^{-1}); PO = Percentual de óleo das sementes.

Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância e a comparação entre médias pelo teste de Tukey (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Conforme a análise de variância das características físico-químicas do óleo de mamona apresenta (ocorre) efeito significativo das fontes de adubação no rendimento do óleo, acidez, índice de saponificação e umidade (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância das características rendimento (REND), acidez (ACI), índice de iodo (ID), índice de peróxido (IP), índice de saponificação (IS), umidade (U), viscosidade (VIS) e densidade (DEN) do óleo de mamona

FV	Quadrado médio							
	REND	ACI	ID	IP	IS	U	VIS	DEN
Fonte de adubação	48,56**	0,183*	7,34 ^{ns}	0,068 ^{ns}	52,41*	0,00405*	0,36 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Erro	0,56	0,016	21,99	0,068	8,12	0,00041	0,09	0,00
CV (%)	1,85	15,05	5,27	316,23	1,59	3,78	1,56	0,00
Média geral	40,61	0,86	89,06	0,083	179,52	0,54	19,43	0,96

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo.

Os maiores rendimentos de óleo são os obtidos nos grãos de mamona adubada com composto orgânico II (F3) (44,37%) e composto I (F2) (42,50%), não diferindo suas médias estatisticamente entre si, nem em relação aos tratamentos adubo mineral (F4) (41,76%) e esterco curral (F5) (42,4%). O pior resultado verificado ocorre na ausência de adubação (31,9%) com redução de 28% em relação à fonte F3 (Figura 1A). É importante salientar que, o valor médio obtido de 44,37% de óleo nos grãos da BRS 149 Nordestina (F3), é inferior aos da maior parte das cultivares plantadas comercialmente no Brasil, que possui teor de óleo variando entre 45 a 50% (VENTURA et al., 2010). Este teor de 44,37% é inferior aos 49%, e superior aos 30% relatados por Carvalho (2005) e Costa (2006), respectivamente, para esta mesma cultivar.

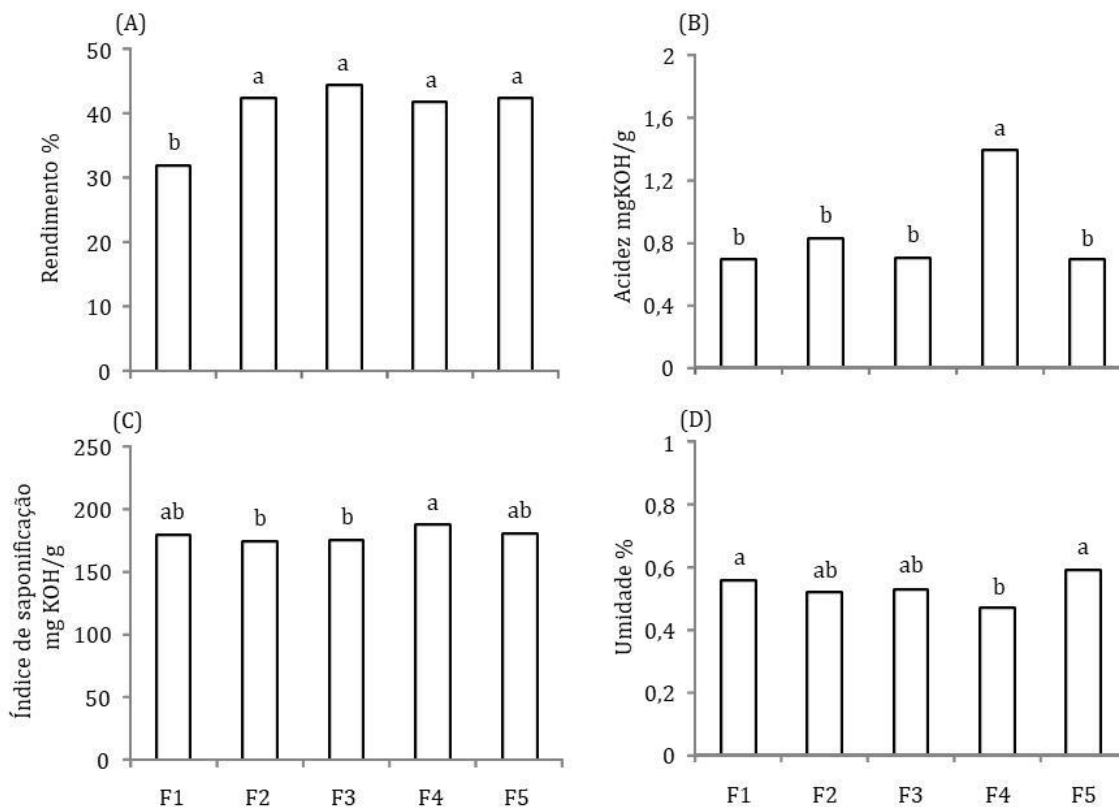


Figura 1. Rendimento (A), Índice de acidez (B), Índice de saponificação (C) e Umidade do óleo de mamona (D) em função das fontes de adubação, ausência de adubo (F1), composto orgânico I (F2); composto orgânico II (F3); adubo mineral (F4) e esterco bovino (F5).

A extração do óleo da mamona foi realizada via mecânica (prensagem), utilizando grãos inteiros. Esta informação é relevante uma vez que, o rendimento do óleo dependerá da parte considerada, ou seja, das sementes e do albúmen. De acordo com Pinto (1963), o teor de óleo no albúmen da mamona varia de 55 a 70%. Neste trabalho, os grãos de mamona selecionados para a extração, possuem, em média, 21,65% de casca e 78,35% de albúmen.

Na mamoneira, o maior valor de acidez verificado apresenta-se nos grãos colhidos das plantas adubadas com fertilizante mineral (F4), 1,39 mgKOH/g, diferindo estatisticamente dos demais (Figura 1B). Porém, em todos os tratamentos, os valores estão abaixo do limite máximo permitido (≤ 4 mg KOH/g), demonstrando que as sementes eram de boa qualidade. Conforme Santos et al. (2001), o óleo com acidez inferior a 1% é classificado comercialmente como óleo industrial do tipo 1, e quando o óleo apresentar no máximo 3% de acidez livre é reconhecido como do tipo 3. Os índices reduzidos de acidez também evidenciam a potencialidade do óleo na indústria de cosméticos.

Em todos os tratamentos, os valores do índice de acidez do óleo de mamona, 0,69; 0,83; 0,69; 1,39 e 0,69 mg KOH g⁻¹ correspondentes a F1, F2, F3, F4 e F5, respectivamente, apresentam-se superiores a 0,36 mg KOH g⁻¹ encontrado por Sousa Junior et al. (2010), porém, são inferiores a 1,66 mg KOH g⁻¹ (COSTA et al., 2008) indicando que este óleo pode obter um biodiesel de alta qualidade. O índice de acidez elevado influencia na hidrólise do biodiesel e na oxidação, e pode catalisar reações intermoleculares dos triacilglicerídeos.

No óleo de mamona, os menores valores de índice de saponificação são observados com a utilização das fontes composto de lixo I (F2) (174,47 mg KOH/g) e lixo II (F3) (175,50 mg KOH/g) ambos, diferentes a 5% de probabilidade do verificado com o uso do adubo mineral (F4) (187,32 mg KOH/g) (Figura 1C). No entanto, todos os valores acima citados, além daqueles correspondentes a F1 (179,28 mg KOH/g) e F5 (181,03 mg KOH/g), estão dentro da faixa do índice de saponificação (176 a 187 mg KOH/g) e próximos aos encontrados na literatura. Conforme Costa et al. (2004) e Costa et al. (2008), no óleo de mamona encontraram em média uma variação de 176 – 184 mg KOH/g e um valor de 168,57 mg KOH/g, respectivamente. De acordo com Pereira (2007), o índice de saponificação dos triacilgliceróis varia com a natureza dos ácidos graxos constituintes do óleo, sendo inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos dos glicerídeos presentes, ou seja, quanto menor for o peso molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação do óleo.

Segundo Vale et al. (sd), o aumento das doses de fósforo na adubação da mamoneira diminuiu o índice de saponificação do óleo. Provavelmente, isto está coerente com os dados do presente experimento, uma vez que, os menores valores deste índice correspondem com as fontes orgânicas F2 e F3 os quais apresentam maiores teores de fósforo nas suas composições.

Observa-se que a adubação mineral (F4) promove o menor teor de umidade no óleo da mamona, 0,47%, corroborando com Costa et al. (2008) que encontrou o teor de umidade de 0,44% para a cultivar BRS Nordestina. A fonte F4 não difere estatisticamente das fontes F2 (0,52%) e F3 (0,53%) e estas fontes por sua vez, não diferem das fontes F1 (0,56%) e F5 (0,58%) (Figura 1D). Conforme Santos et al. (2001), o óleo de mamona obtido com a fonte F4 pode ser classificado comercialmente como industrial do tipo 1, por estar abaixo do limite máximo permitido de 0,5% de umidade.

O índice de iodo revela o número de insaturações das gorduras extraídas com éter de uma determinada amostra, ou ainda, o grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na gordura. Quanto maior o índice de iodo, mais susceptível é o óleo à oxidação (RAMOS et al., 2003; KNOTHE, 2002; KYRIAKIDIS & KATSILOULIS, 2000).

Neste trabalho, os valores de índice de iodo, 86,84 (F1), 91,69 (F2), 89,38 (F3), 89,79 (F4) e 87,58 (F5) g I₂/100g, não diferem significativamente entre as fontes de adubação, demonstrando semelhança entre os óleos, no tocante aos níveis de insaturação dos ácidos graxos, tais como, o ácido oléico e o ácido linoleico (Figura 2A). No óleo da mamona, os valores do índice de iodo estão dentro das especificações internacionais exigidas, 81-91 gI/100g para mamona. Entretanto, os óleos a serem utilizados como combustível devem ter um valor de iodo abaixo de 115 g I₂ por 100 g da amostra. Este valor qualifica o óleo da mamona obtido em todas as fontes de adubação como propícios para a produção de biodiesel.

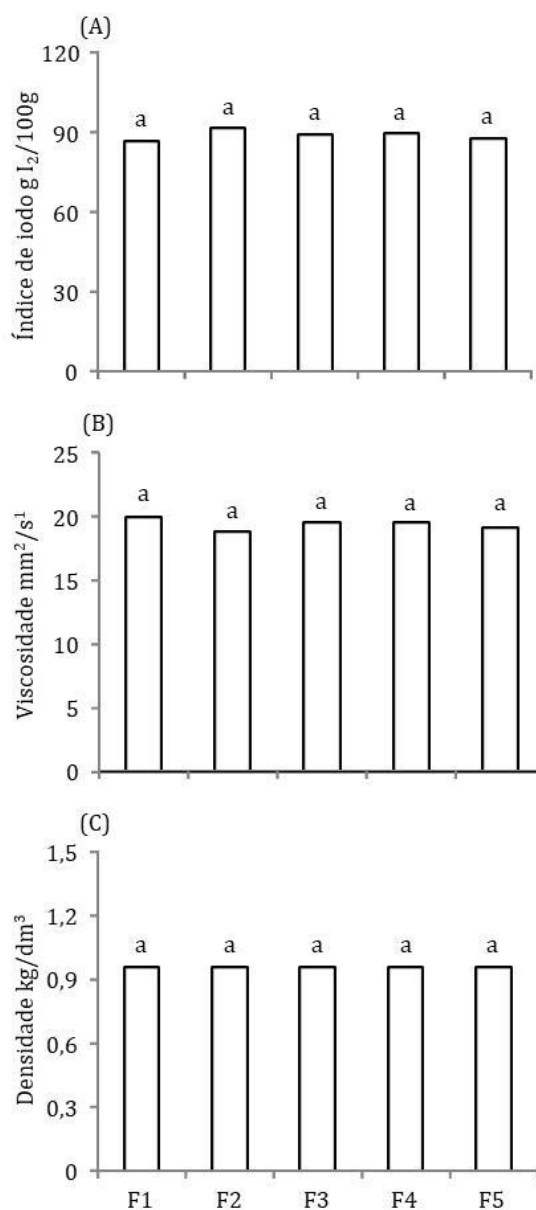


Figura 2. Índice de iodo (A), viscosidade (B) e densidade do óleo de mamona (C) em função das fontes de adubação, ausência de adubo (F1), composto orgânico I (F2); composto orgânico II (F3); adubo mineral (F4) e esterco bovino (F5).

A viscosidade cinemática é uma propriedade fluidodinâmica que expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade; valores adequados de viscosidade proporcionam um funcionamento adequado do sistema de injeção e bomba de combustível (ASTM D445, 2001).

O maior valor de viscosidade a 100°C do óleo de mamona é observado para as plantas não adubadas (F1) ($19,99 \text{ mm}^2/\text{s}^1$) e não difere para as fontes F3 ($19,55 \text{ mm}^2/\text{s}^1$), F4 ($19,53 \text{ mm}^2/\text{s}^1$) e F5 ($19,19 \text{ mm}^2/\text{s}^1$) (Figura 2B) sendo todos os valores semelhantes com os resultados de Soares et al. (2006) e Costa et al. (2008), que foram encontrados a 100 e 80 graus centígrados de temperatura de $18,23 \text{ mm}^2/\text{s}^1$ e $25,6 \text{ mm}^2/\text{s}^1$, respectivamente. Todos esses valores foram encontrados a faixa padrão de viscosidade, ou seja, de 37,00 a 54,80 cSt (ACHTEN et al., 2008). Valores altos de viscosidade se constituem em uma vantagem na fabricação de lubrificantes, mas, por outro lado, se constitui em um problema a ser contornado na produção do biodiesel, pois a viscosidade deste combustível tem que se enquadrar no limite especificado pela ANP (2003). De acordo com Sousa Junior et al. (2010), os valores de viscosidade dos óleos extraídos da mamona

em diferentes municípios do Rio Grande do Norte, variaram de 303,6 a 423,3 mm² s⁻¹, em função da altitude dos locais.

O óleo da mamona não pode ser utilizado *in natura* como combustível por promover problemas operacionais nos motores, tais como depósito de carbono, entupimento dos bicos injetores, entre outros. Diferentes métodos tais como: pré-aquecimento; misturas com outros óleos e transesterificação tem sido usados para reduzir a viscosidade e torná-los aptos para serem usados como biocombustíveis (PRAMANIK, 2003; BANAPURMATH et al., 2008).

A densidade é a razão entre a massa e o volume de uma substância à temperatura e pressão especificadas. Os valores de densidade não apresentam diferenças significativas entre os tratamentos estudados, apresentando com todos eles, valor de 0,96 kg/dm³, corroborando com Andrade (2016) (Figura 2 C). O fato de não haver grandes modificações nos valores de densidade do óleo, em função de diferentes tratamentos, é por que este óleo apresenta densidades semelhantes à de seus ésteres metílicos (PORTELA, 2011). Os valores de densidade do óleo de mamona estão dentro da faixa do padrão DIN 51605 (SCHOLZ & SILVA, 2007) e foram semelhantes a 0,9215 g/cm³ observado por Oliveira et al. (2009).

Conclusão

As fontes de adubação não influenciaram significativamente o rendimento do óleo da mamona, no entanto, o maior rendimento foi observado com o composto de lixo II, correspondente a 44,37%.

Quanto aos parâmetros físico-químicos analisados, o óleo da mamona mostrou-se de boa qualidade conforme especificações da *American Oil Chemists Society*.

Referências

- ACHTEN, W. M. J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y. J.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha bio-diesel production and use*. Biomass and Bioenergy, v.32, n.12, p.1063-1084, 2008.
- ANDRADE, I. P. S. Influência da irrigação e da adubação nitrogenada na produção e qualidade do óleo das sementes de pinhão-mansão. 158f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2016.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. Portaria no 255/2003. Brasília, DF. 2003. Disponível: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/portarias-anp/tecnicas/2003/setembro&item=panp-255--2003&export=pdf>.
- AOCS. American Oil Chemists Society. Official and Tentative Methods. 3ª ed. Chicago, v.1, 1985.
- ASTM D 445. Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity). Annual Book of ASTM Standards, v.5, n.1, p.185-193, 2001.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (ed.). O Agronegócio da Mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. 350p.
- BANAPURMATH, N. R.; TEWARI P. G.; HOSMATH, R. S. Performance and emission characteristics of a DI compression ignition engine operated on Honge, Jatropha and sesame oil methyl esters. Renewable Energy, v.33, n.9, p.1982-1988, 2008.
- BARROS, A. R. Estudo da mamona: relatório setorial. PERNAMBUCO. Secretaria de Planejamento. Economia de Pernambuco: uma contribuição para o futuro. Recife, 2005.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Oleaginosas e seus óleos: vantagens e desvantagens para produção de biodiesel. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Documentos 201. Campina Grande - PB. 2008. 28p.
- CARVALHO, B. C. L. Manual do cultivo da mamona. Salvador: EBDA, 2005. 65p.
- CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. C. Índices ecofisiológicos da mamoneira sob estresse salino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (suplemento), p.66-70, 2005.
- COSTA, H. M.; RAMOS, V. D.; ABRANTES, T. A. S.; CASTRO, D. F.; VISCONTE, L. Y.; NUNES, R. C. R.; FURTADO, C. R. G. Efeito do Óleo de mamona em composições de borracha natural contendo sílica. Polímeros, v.14, n.1, p.46-50, 2004.

- COSTA, T. L. Características físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares de mamona. 113f. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2006.
- COSTA, T. L.; MARTINS, M. E. D.; BELTRÃO, N. E. M.; MARQUES, L. F.; PAIXÃO, F. J. R. Características do óleo de mamona da cultivar BRS-188 Paraguaçu. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.1, n.1, p.93-99, 2008.
- FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; SILVA, J. R. P. Adubação orgânica e mineral no desenvolvimento da mamoneira. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v.6, n.2, p.358-368, 2009.
- FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. *Química Nova*, v.28, n.1, p.19-23, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- KNOTHE, G. Structure indices in FA chemistry. How relevant is the iodine value? *Journal of the American Chemical Society*, v.79, n.9, p.847-853, 2002.
- KYRIAKIDIS, N. B.; KATSILOULIS, T. Calculation of iodine value from measurements of fatty acid methyl esters of some oils: comparison with the relevant American Oil Chemists Society method. *Journal of the American Chemists' Society*, v.77, n.12, p.1235-1238, 2000.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. L.; JERÔNIMO, J. F.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.3, p.474-479, 2006.
- MARINHO, A. B.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B. M. Influência da fertirrigação da nitrogenada na produtividade da cultura da mamoeira. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.4, n.1, p.31-42, 2010.
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; LINHARES, P. C. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. *Revista Caatinga*, v.22, n.1, p.206-211, 2009.
- PEREIRA, F. E. A. Biodiesel produzido a partir do óleo de sementes de *Mabea fistulifera* Mart. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.
- PINTO, G. P. Características físico-químicas e outras informações sobre as principais oleaginosas do Brasil. Recife: IPENE, 1963. 65p. (IPENE. Boletim Técnico, 18).
- PORTELA, F. M. Efeito da catálise ácida e alcalina na produção e propriedades físicoquímicas do biodiesel metílico de pinhão manso. 61f. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2011.
- PRAMANIK, K. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy*, v.28, n.2, p.239-248, 2003.
- RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUČEK, K. T.; WILHELM, H. M. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e socioambiental para o Brasil. *Biotechnology: Ciência e Desenvolvimento*, v.31, p.28-37, 2003.
- RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; GHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, (suplemento), p.825-835, 2009.
- SANTOS, R. F.; BARROS, A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise Econômica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Ed.). *O agronegócio da mamona no Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001, 350p.
- SCHOLZ, V.; SILVA, J. N. Óleo de mamona como combustível: fatos, perspectivas e riscos. *Engenharia na Agricultura*, v.15, n.2, 168-172, 2007.
- SCIVITTARO, W. B.; PILLON, C. N. Calagem e adubação para a cultura da mamona no Sul do Brasil. Comunicado Técnico 150. EMBRAPA, Pelotas, RS. 2006. 8p.
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. de M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.5, p.879-882, 2006.

- SOARES, B. F.; TAHAN, C. M. V.; PELEGRINI, M. A.; POLIZEL, L. H.; VANDELLI, M. V. M.; TAKENO, H. K. Proposição de uso de óleo vegetal in natura e biodiesel de mamona em termelétricas. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 6, 2006, Campinas. Anais... Campinas, 2006.
- SOLTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAUJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semiárido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.1, p.125-130, 2005.
- SOUSA JUNIOR, F. S.; SOUZA, L. D.; DIAS, A. G.; EVNGELISTA, J. C.; DIAS, N. S. Qualidade do óleo da mamona cultivada em diferentes altitudes no Rio Grande do Norte-Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.5, (Edição Especial), p.12-17, 2010.
- SOUTO, K. C.; SICSÚ, A. B. A cadeia produtiva da mamona no estado da Paraíba: uma análise Pós-Programa do Biodiesel. *Documentos Técnico-Científicos*, v.42, n.1, p.183-210, 2011.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- VALE, H. C.; BEZERRA, V. S.; LUIZ DÍ SOUZA, L.; SANTOS, A. G. D.; SILVA, A. R. C.; HENRIQU, F.; OLIVEIRA, T.; COSTA, L. R. A influência da adubação na quantidade e qualidade do óleo de mamona visando a produção do biodiesel. In: Encontro Regional De Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade, 1, s/d. UERN, Faculdade das Ciências Exatas e Naturais, Departamento de Química. p.1-10.
- VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, F. B.; VIEIRA, H. S. E.; MIRANDA, M. F. A.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C. J. Adubação orgânica na mamoneira com esterco bovino e efeitos no seu crescimento inicial. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2, Lavras. Anais... Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005. p.8-11. CD-ROM.
- VENTURA, D. A. M. F.; ALVES, K. B.; SANTOS, M. K. V. A. Análise comparativa entre o biodiesel de girassol e o biodiesel de mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4, Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Anais.... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.7-12.

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO VEGETAL E TEOR DE ÓLEO DE GRÃOS DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst.) CULTIVADO COM DOSES CRESCENTES DE N E SOB ESTRESSE HÍDRICO

Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos
Lúcia Helena Garófalo Chaves
Felipe Guedes de Souza
Antônio Ramos Cavalcante
Luan Dantas de Oliveira

Introdução

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) é uma oleaginosa pertencente à família Brassicaceae, de origem da zona do Mediterrâneo e que é normalmente utilizada para a produção de óleo para produtos industriais, tais como lubrificante industrial, inibidor de corrosão e como um ingrediente na fabricação de borracha sintética. Além disto, esta cultura apresenta alta produtividade, boa tolerância às doenças, boa adaptabilidade a diferentes condições de clima e cultivo (PITOL et al., 2010).

O crambe tem grande potencial para constituir-se em matéria-prima para biodiesel, dentre as 40 espécies oleaginosas com este potencial, além de atuar na rotação de cultura (FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL, 2009). Diversos estudos com o crambe têm avaliado aspectos referentes à nutrição (ROGÉRIO et al., 2012; SANTOS et al., 2012) e tolerância à salinidade (VASCONCELOS et al., 2015); entretanto, pouco se tem investigado acerca do desenvolvimento do crambe sob condições de estresse hídrico.

O estresse hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas, muitos desses efeitos refletem mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente, tais como decréscimo da produção da área foliar, aceleração da senescência e da abscisão das folhas (TAIZ & ZEGGER, 2004). O déficit hídrico aumenta a senescência das folhas porque o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura, e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio dos pontos de crescimento (WOLFE et al., 1988).

Quando os requisitos completos da cultura não são atendidos, o déficit hídrico na planta pode se desenvolver até um ponto em que o crescimento e o rendimento da cultura são afetados. O estresse hídrico durante os estágios vegetativos tem o maior impacto na altura e na biomassa da planta. Além disso, o estresse hídrico limita severamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, afetando diferentes processos metabólicos, como a assimilação de CO₂ e a síntese de óleos e proteínas (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2015).

Assim, este estudo tem como objetivo avaliar o desenvolvimento de plantas de crambe cultivadas sob condições de diferentes umidades do solo e com doses crescentes de nitrogênio.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a abril de 2019 em casa de vegetação, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'11 " S; 35°53'31 " W), sob o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, com 4 repetições.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar e peneirado com malha de 2,0mm com as seguintes características químicas conforme Teixeira et al. (2017): pH (H₂O) = 6,5; Ca = 1,52 cmol_c kg⁻¹; Mg = 2,03 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,47 cmol_c kg⁻¹; K = 0,17 cmol_c kg⁻¹; H + Al = 0,05 cmol_c kg⁻¹; matéria orgânica = 1,8 g kg⁻¹; P = 32,6 mg kg⁻¹; CTC = 4,24 cmol_c kg⁻¹.

Os tratamentos consistiram em 4 doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e 2 níveis (50 e 100% da umidade correspondente à capacidade de campo do solo) do teor de umidade do solo, resultando em 8 tratamentos e 32 unidades experimentais. A adubação nitrogenada, utilizando ureia, foi realizada aos 30 dias após a semeadura, conforme os respectivos tratamentos.

Cada unidade experimental constou de um vaso plástico com 5 kg de solo, previamente seco e peneirado; em cada vaso foram semeadas 5 sementes de crambe e após 20 dias foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso. A umidade do solo foi mantida pela reposição de água de abastecimento público, por meio de pesagens diárias dos vasos. A diferença de peso (em gramas) obtida em cada pesagem correspondia à quantidade de água a ser repostada (em mL) em cada vaso.

Aos 75 dias após a semeadura, na parte mediana das plantas, foi determinado o teor relativo de clorofila das folhas (TC) mediante leitura com clorofilômetro, modelo Minolta SPAD-502.

A altura de plantas foi avaliada ao final do experimento, aos 85 dias após a germinação, ocasião em que as plantas foram coletadas e os grãos separados das plantas para posterior pesagem. Em seguida todo o material foi levado à estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 60°C por 72 horas, sendo com isso, definidas as variáveis de produção de biomassa seca da parte aérea de plantas (BSPA) e biomassa seca de grãos (BSG) através de pesagem em balança de precisão.

Os grãos foram submetidos à análise de teor de óleo (TO) pelo método de Soxhlet (AOAC, 1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

A biomassa seca da parte aérea (BSPA) e a biomassa seca de grãos (BSG) são influenciadas significativamente (p<0,01) pelo estresse hídrico ao qual as plantas de crambe foram submetidas, assim como o teor de óleo (p<0,05), conforme verifica-se na análise de variância (Tabela 1). Entretanto, observa-se que o estresse hídrico não afeta a altura nem o teor de clorofila das plantas.

Apesar de o nitrogênio ser um elemento importante no desenvolvimento de plantas oleaginosas, e de que o crambe absorve grandes quantidades de nitrogênio devido ao seu elevado teor de proteína nos grãos (SOUZA et al., 2009), não é observado efeito significativo referente às doses de nitrogênio aplicadas neste estudo para as variáveis analisadas (Tabela1).

Tabela 1. Análise de variância dos parâmetros avaliados nas plantas de crambe (altura de plantas - AP, biomassa seca da parte aérea - BSPA, biomassa seca de grãos - BSG e teor de clorofila - TC, teor de óleo - TO) submetidas a doses de nitrogênio e estresse hídrico

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		AP (cm)	BSPA (g)	BSG (g)	TC (µg cm ⁻²)	TO (%)
Estresse hídrico (E)	1	57,7812 ^{ns}	19,3286 ^{**}	5,9944 ^{**}	0,0153 ^{ns}	9,25 [*]
Doses de Nitrogênio (N)	3	31,8645 ^{ns}	1,5089 ^{ns}	0,5277 ^{ns}	221,5944 ^{ns}	36,65 ^{ns}
E x N	3	52,3645 ^{ns}	0,9523 ^{ns}	0,8245 ^{ns}	652,2103 ^{ns}	4,35 [*]
CV (%)		8,73	29,89	34,81	33,30	23,12

** e *: significativo a p ≤ 0,01 e p ≤ 0,05 de probabilidade do erro, ns: não significativo; CV= coeficiente de variação.

Além disso, mesmo com a importância do nitrogênio no teor de clorofila das plantas, uma vez que, ele é constituinte da molécula de clorofila, as doses de nitrogênio usadas neste estudo também não favorecem o efeito significativo sobre o teor de clorofila nas plantas de crambe. Também se verifica que, apesar do estresse hídrico aplicado nas plantas (teor de umidade do solo correspondente a 50% da capacidade de campo), este também não apresenta efeito significativo no teor de clorofila nas plantas de crambe (Tabela 1).

A avaliação do teor de clorofila das plantas é importante porque, quando elas apresentam redução do teor de clorofila, isso se deve ao fato de que, a deficiência hídrica beneficia a síntese de espécies reativas de oxigênio (EROs), que prejudicam o metabolismo vegetal, dentre outras razões, por induzirem a oxidação dos pigmentos fotossintéticos. Em plantas sob estresse hídrico, têm sido verificados decréscimos nos teores de clorofila, o que pode ser enquadrado como um típico indício de estresse oxidativo, sendo, provavelmente, resultado de foto-oxidação dos pigmentos, associados à própria degradação das moléculas de clorofila (DA SILVA et al., 2016). Além disso, decréscimos no teor de clorofila provocam redução nas taxas fotossintéticas, com consequências no desenvolvimento e produtividade das culturas (SORATTO et al., 2004).

As biomassas secas da parte aérea e de grãos das plantas de crambe, apresentam maiores valores para o tratamento referente à umidade do solo correspondente a 100% da capacidade de campo (Figura 1). Para a biomassa seca da parte aérea das plantas (BSPA), a redução é de aproximadamente 53%; enquanto que, para a massa seca de grãos (BSG), a redução é de 56%.

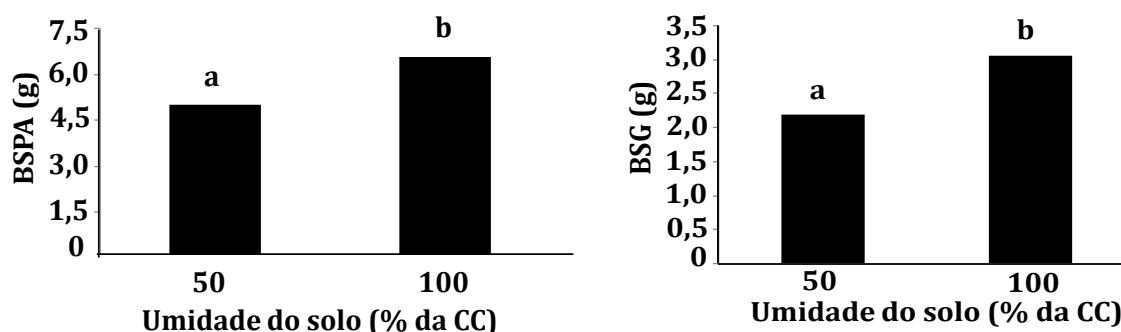


Figura 1. Biomassa seca de parte aérea e biomassa seca de grãos de plantas de crambe cultivadas sob dois teores de umidade do solo.

Os valores de teor de óleo de crambe nas plantas cultivadas com umidade do solo correspondente a aproximadamente 50% da capacidade de campo apresentam menores valores do que aquelas cultivadas com umidade do solo correspondente a aproximadamente 100% da capacidade de campo (Figura 2).

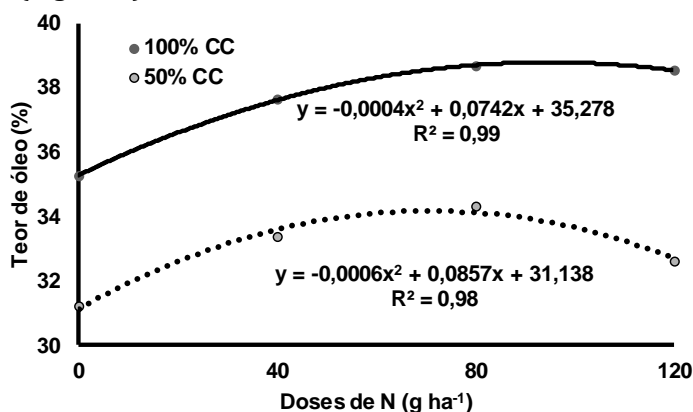


Figura 2. Teor de óleo de grãos de crambe cultivadas sob doses de nitrogênio (N) e dois teores de umidade do solo.

Os maiores teores de óleo são obtidos na dose 92,75 g ha⁻¹ de N para as plantas cultivadas sem estresse (38,7%); enquanto que, para as plantas cultivadas com estresse hídrico, a dose de N

que apresenta o maior teor de óleo de 71,46 g ha⁻¹ de N (37,2%). O estresse hídrico no estágio de enchimento de grãos de plantas oleaginosas causa diminuição no teor de óleo (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2015). De acordo com Pitol et al. (2010), o teor de óleo da semente de crambe varia de 36 a 38%; assim, os resultados aqui obtidos mostram que, as doses de nitrogênio usadas neste estudo são suficientes para propiciar grãos com adequado teor de óleo, apesar do efeito significativo do estresse hídrico nesse parâmetro de avaliação, que pode ter sido minimizado pelo suprimento de nitrogênio. Sob condições de terra seca, a umidade do solo geralmente limita a produção, mas o aumento do suprimento de umidade aumenta o potencial de rendimento da colheita e aumenta a quantidade de nitrogênio necessária para um ótimo rendimento (JACKSON, 2000).

A relação entre o rendimento total das plantas e o nitrogênio reflete a tendência de plantas oleaginosas para expor um hábito de crescimento indeterminado, quando a disponibilidade dos nutrientes e de água forem essencialmente ilimitadas (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2015). Por outro lado, Jackson (2000) observou rendimento ótimo de óleo em canola mesmo com uma relação negativa entre o teor de óleo e o aumento dos níveis de nitrogênio.

Apesar de sensível ao déficit hídrico, o crambe é tolerante à períodos de estiagem devido seu sistema radicular alcançar profundidades superiores a 15 cm (CARLSSON et al., 2007). Oplinger et al. (1991) relatam que, sob condições de estresse, as plantas de crambe chegam a desenvolver longas raízes, que mais tarde, se tornam cônicas. Em todos os estádios de desenvolvimento, o crambe é mais tolerante à seca do que outras oleaginosas, como o milho, canola, mostarda ou a soja (GLASER, 1996). Embora a rusticidade seja uma característica favorável do crambe, em regiões de clima seco há necessidade da utilização da irrigação e, por isso, este estudo traz informações relevantes sobre o comportamento do crambe em condição de estresse hídrico. Apesar da redução da produção das plantas sob condições de estresse hídrico, os teores de óleo dos grãos permanecem dentro do intervalo considerado adequado na literatura, mesmo sob condição de estresse hídrico.

Conclusão

O desenvolvimento de plantas de crambe sob estresse hídrico mostrou-se inferior ao observado em plantas com suprimento adequado de água nas condições consideradas neste estudo. As doses crescentes de nitrogênio não apresentaram efeito significativo de forma isolada sobre as variáveis analisadas. Apesar de ter sido observado o efeito do estresse hídrico na diminuição do teor de óleo dos grãos, os valores encontrados neste estudo permaneceram dentro do intervalo ideal encontrado na literatura.

Referências

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16 ed. Washington: AOAC, 1995. v.2.
- CARLSSON, A. S.; CLAYTON, D.; SALENTIJN, E.; TOONEN, M. Oil crop platforms for industrial uses. Outputs from the 251 EPOBIO project. Cplpress. 2007.
- DA SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. *Revista Agro@mbiente*, v.10, n.4, p.317-325, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FUNDAÇÃO MATO GROSSO DO SUL. Crambe FMS Brilhante. Maracajú, 2009. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/page.php?34>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.
- GHASSEMI-GOLEZANI, K.; RAEI, N.; RAEI, Y. Effects of water deficit and nitrogen levels on grain yield and oil and protein contents of maize. *Azarian Journal of Agriculture*, v.2, n.2, p.46-50, 2015.
- GLASER, L. K. Crambe: an economic assessment of the feasibility of providing multipleperil crop insurance. Economic Research Service for the Risk Management Agency. Federal Crop Insurance Corporation, 1996. Disponível em: <https://legacy.rma.usda.gov/pilots/feasible/PDF/crambe.pdf> Acesso em: 20 mai. 2015.

- JACKSON, G. D. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal*, v.92, n.4, p.644-649, 2000.
- OPLINGER, E. S.; OELKE, E. A.; KAMINSKI, A. R.; PUTNAM, D. H.; TEYNOR, T. M.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. Crambe: In: *Alternative Field Crops Manual*. University of Wisconsin-Extension. Cooperative Extension and University of Minnesota Extension Service, 1991.
- PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe 2010. Maracajú: Fundação MS, 2010. 60p.
- ROGÉRIO, F.; SANTOS, J. I.; SILVA, T. R. B.; MIGLIAVACCA, R. A.; GOUVEIA, B.; BARBOSA, M. C. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crambe. *Bioscience Journal*, v.28, supl. 1, p.251-255, 2012.
- SANTOS, J. I.; ROGÉRIO, F.; MIGLIAVACCA, R. A.; GOUVEIA, B.; SILVA, T. B.; BARBOSA, M. C. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. *Bioscience Journal*, v.28, n.3, p.346-350, 2012.
- SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.9, p.895-901, 2004.
- SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G.; SOUZA, F. G.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, J. D. Salinity effects on development and productivity of crambe (*Crambe abyssinica*) under greenhouse conditions. *American Journal of Plant Sciences*, v.6, n.7, p.839-847, 2015.
- WOLFE, D. W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T. C. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. *Agronomy Journal*, v.80, n.6, p.859-864, 1988.

CAPÍTULO 5

ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESPAÇAMENTOS NOS COMPONENTES DE CRESCIMENTO DE CRAMBE NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Luan Dantas de Oliveira
Lúcia Helena Garófalo Chaves
Antônio Ramos Cavalcante
Felipe Guedes de Souza
Jucilene Silva Araújo
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos

Introdução

No Brasil há uma diversidade de culturas oleaginosas que potencializa a produção e inclusão de diversas matérias primas na cadeia produtiva de biodiesel. Entretanto, a produção do biodiesel enfrenta uma competição com o mercado alimentício, visto que, as culturas mais empregadas em sua produção também são utilizadas na alimentação, tais como girassol, soja, canola, dentre outros (FREITAS, 2010). Assim, é importante estudar a implantação de novas culturas oleaginosas como fonte de matéria prima para o biodiesel, como também, a sua inserção em áreas consideradas não, ou pouco, produtivas.

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.), pertencente à família das Brassicaceae, apresenta-se entre as oleaginosas mais qualificadas para o biodiesel, devido sua alta concentração no teor de óleo (26 a 38%) nas suas sementes, como também, produtividade elevada, tolerância à seca, curto ciclo de cultivo, custos relativamente baixos de produção além da elevada estabilidade à oxidação devido ao ácido erúico (aproximadamente 55%) presente na composição do grão (BISPO et al., 2010; PITOL et al., 2010; ONOREVOLI, 2012). Entretanto, a ausência de conhecimento sobre a adaptabilidade da cultura à diferentes condições edafoclimáticas, adubação e espaçamento, estão impossibilitando sua disseminação de forma comercial pelo país.

Para a cultura do crambe, ainda são pouco conhecidas as respostas em relação ao uso de fertilizantes; todavia, sabe-se que esta planta absorve altas quantidades de nitrogênio (N) em decorrência do elevado teor de proteínas presentes nos grãos (SOUZA et al., 2009). Segundo Chaves e Ledur (2014) a aplicação de adubo nitrogenado no sulco de semeadura de crambe aumentou a produção de biomassa, o rendimento de grãos e o teor de N e K nas suas folhas. Entretanto, os teores de óleo, nitrogênio e proteína no grão não foram significativamente afetados em função da aplicação de nitrogênio na semeadura corroborando com Freitas (2010). Esse autor observou que à medida em que se aumentaram as doses de nitrogênio houve decréscimos na massa específica dos grãos de crambe e nos teores de óleo nas suas sementes. A aplicação de nitrogênio influencia positivamente na fisiologia do crescimento e desenvolvimento das plantas de crambe conforme os resultados de Vechiatto e Fernandes (2011) e Souza e Chaves (2017), entretanto, Freitas (2010) avaliando doses de nitrogênio (0 a 180 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura no plantio de crambe, não encontrou influência significativa na altura das plantas. Em relação a

massa seca de plantas, Vechiatto e Fernandes (2011), observaram que o maior acúmulo de massa seca ocorreu nas plantas que receberam maior quantidade de nitrogênio.

Apesar do nitrogênio ser considerado um elemento essencial atuando na composição de importantes moléculas, tornando-se precursor para a efetivação de alguns processos fisiológicos dos vegetais, como na absorção iônica, fotossíntese, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006), o efeito do mesmo no desenvolvimento e produção de crambe ainda é discutível, variando de acordo com a quantidade, período vegetativo de aplicação do nitrogênio na cultura, condições do solo e com o clima da região. Assim, o suprimento inadequado deste nutriente pode resultar, direta ou indiretamente, numa baixa produtividade além de gastos excessivos para o produtor com a aquisição do fertilizante.

De acordo com Cordeiro et al. (1999), a canola, pertencente à família das Brassicaceae, assim como o crambe, é uma planta que necessita elevada quantidade de nutrientes, requerendo, de maneira geral, mais nitrogênio que grande parte das culturas. Estudos apontam que a deficiência de nitrogênio reduz bruscamente a produtividade da canola, em contrapartida, o uso excessivo acarreta no prolongamento da fase vegetativa, podendo, desta forma, aumentar a susceptibilidade a patógenos, como também promover a queima de folhas e a diminuição no teor de óleo presente nas siliquas.

Além do fator nutricional, o arranjo espacial com espaçamento adequado entre as linhas de semeadura é uma prática cultural importante no incremento da produtividade satisfatória (VON PINHO et al., 2008), pois o estande afeta a arquitetura das plantas, altera o crescimento e o desenvolvimento, e influencia na produção e partição de fotoassimilados (SANGOI & ALMEIDA, 1996). Desta forma, a alteração no espaçamento entre plantas interfere no espaço ocupado pelo vegetal no solo, como também, na parte aérea podendo resultar em um estresse devido a competição entre plantas. Assim, para que a cultura expresse seu máximo potencial no desenvolvimento e conseqüentemente em índices produtivos satisfatórios, faz-se necessário a inexistência de estresses por competição e a máxima interceptação de radiação fotossintética ativa (KRÜGER et al., 2011). Segundo Freitas (2010) a maior produtividade da cultura do crambe se obteve no espaçamento de 34 e 51 cm; a densidade de plantas não interferiu na produtividade da cultura do crambe e recomendou o espaçamento de 0,34 m entre linhas e população entre 20 e 40 plantas/m².

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da adubação nitrogenada fracionada ao longo do cultivo e os diferentes espaçamentos entre linhas no desenvolvimento dos parâmetros biométricos da cultura do crambe.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido de março a julho de 2018, na Fazenda Experimental do Instituto Nacional do Semiárido-INSA, localizada na zona sudoeste do município de Campina Grande-PB (07°16'38"S; 35°58'05"W e 550 m de altitude).

O clima da região é BSh, de acordo com Köppen, definido como semiárido quente com temperatura média de 22,9°C.

Amostras de solo coletadas na camada superficial (0–0,20 m de profundidade) da área experimental foram secas ao ar, passadas em peneira de 2,0mm de abertura de malha e analisadas físico-quimicamente de acordo com a metodologia proposta pela Teixeira et al. (2017), tendo como atributos físicos: 661; 185; e 154 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente (amostra franco argilosa), e atributos químicos: pH (H₂O) = 5,3; matéria orgânica = 18,1 g dm⁻³; P= 6,0 mg dm⁻³; K= 0,32 cmol_c dm⁻³; Ca= 1,95 cmol_c dm⁻³; Mg= 1,34 cmol_c dm⁻³; Na= 0,11 cmol_c dm⁻³; H = 2,80 cmol_c dm⁻³; Al= 0,20 cmol_c dm⁻³.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2, sendo constituído de quatro doses de nitrogênio (30; 60; 90; 120 kg ha⁻¹) e 2 espaçamentos entre linhas de plantio (0,20 e 0,40 metros) com 3 repetições, totalizando 24 parcelas. O experimento foi distribuído numa área retangular de 12 m de largura e 26 m de comprimento, totalizando em 312 m². As parcelas, com 2m² de área (2m x 1m), foram formadas por 10 e 5 linhas, espaçadas com 0,2 e 0,4 m, respectivamente, com 10 plantas por metro linear, sendo avaliadas 5 plantas nas 8 e 3 linhas centrais, consideradas úteis, respectivamente.

As doses de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, foram fracionadas em três vezes aplicando, em cobertura, aos 15, 30 e 45 DAS, 9,52 g, 19,04 g, 28,56 g e 38,08 g por parcela correspondendo a 30; 60; 90; 120 kg N ha⁻¹, respectivamente.

As adubações de fundação para o fósforo e potássio, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, foram aplicados 66,7 e 20,7 gramas por parcela, correspondentes a 60 kg ha⁻¹ de cada adubo.

O crambe, cultivar FMS Brilhante, fornecido pela Fundação Mato Grosso do Sul-FMS, foi semeado em 23 de abril de 2018, usando, em média, 12 kg ha⁻¹ de sementes, alternando entre os espaçamentos de 0,20 e 0,40 m. A emergência finalizou aos 7 DAS e o desbaste ocorreu aos 10 DAS, resultando em um total de 10 plantas por metro linear.

Aos 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE), as características biométricas foram avaliadas em cinco plantas por parcela com o auxílio de régua milimetrada e paquímetro digital, respectivamente: altura de planta e diâmetro de colmo. Estas datas correspondem às fases de crescimento vegetativo, florescimento, gramação e maturação, respectivamente. Segundo Benicasa (2003), a taxa de crescimento absoluto em relação à altura e diâmetro do caule em função do tempo foi calculada de acordo com as Equações 1 e 2.

$$TCAAp = \frac{(Ap2 - Ap1)}{(T2 - T1)} \text{ (Eq.1)}$$

$$TCADc = \frac{(Dc2 - Dc1)}{(T2 - T1)} \text{ (Eq.2)}$$

Onde: TCAAp e TCADc = taxa de crescimento absoluto da altura de planta e do diâmetro caulinar, respectivamente; Ap = altura de plantas em dois tempos; Dc = diâmetro caulinar em dois tempos; T=tempo de cada período estudado.

Os dados foram submetidos à análise de variância, na qual as doses de nitrogênio (fator quantitativo) foram comparadas por análise de regressão. Os diferentes espaçamentos foram comparados por meio do Teste-t no nível de probabilidade de 0,05, utilizando o software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA, 2011).

Resultado e Discussão

Durante o período experimental, as temperaturas mínima e máxima, foram de 16,6 e 28,6°C, respectivamente; o índice pluviométrico médio foi de 49,78mm, sendo que no início do ciclo da cultura, compreendido pelos 15 dias após a semeadura (DAS), foi o período mais chuvoso, chegando a 91 mm; em contrapartida, no final do ciclo, no período de maturação, fase que antecede a colheita, foi observado uma precipitação de 0,6mm. Os valores diários desses parâmetros durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

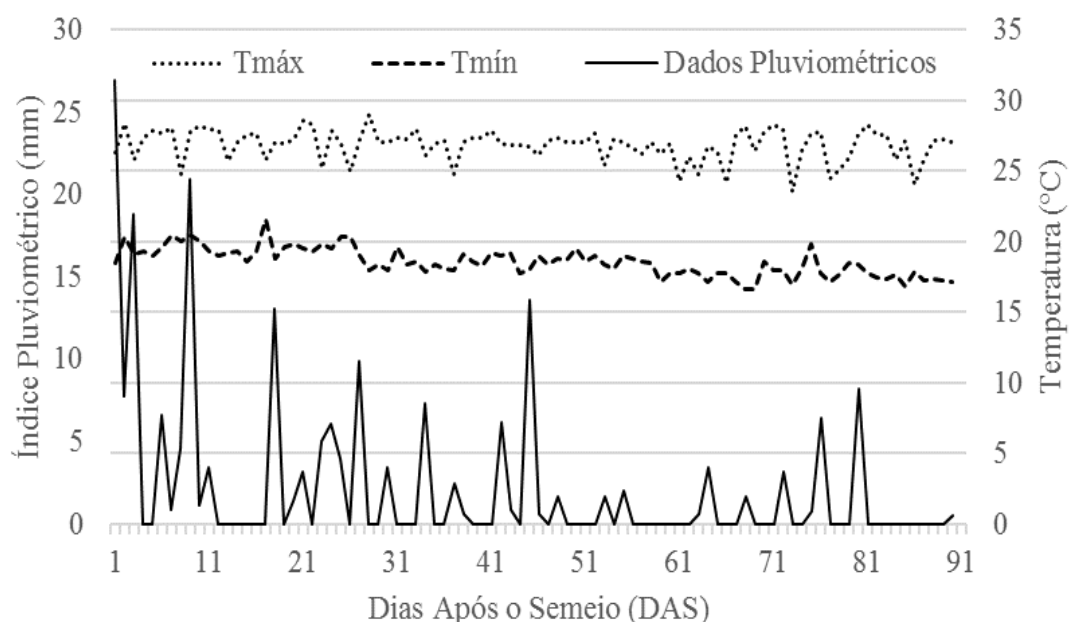


Figura 1. Características do clima no período de abril a julho de 2018.

Fonte: Estação Meteorológica do INSA (2018).

Todas as variáveis analisadas, exceto a altura das plantas aos 30 DAE (Ap_{30}), são influenciadas significativamente pelas doses de nitrogênio. Segundo Mauad et al. (2013), o crambe apresenta uma elevada demanda por N, tanto na parte aérea quanto na produção de grãos, sendo assim, o nutriente mais extraído do solo e exportado pela cultura. O espaçamento entre as linhas influencia apenas na altura das plantas aos 45, 60 e 75 DAE (Ap_{45} ; Ap_{60} ; Ap_{75}). No entanto, a interação entre nitrogênio e espaçamento influencia, de forma significativa, somente na TCAAp 60-75 (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo do Teste F em condições de campo

Fontes de Variação	Teste F						
	Ap 30	Ap 45	Ap 60	Ap 75	TCAAp 30-45	TCAAp 45-60	TCAAp 60-75
Nitrogênio (N)	ns	**	*	**	**	*	**
Eq. Linear	ns	*	ns	**	**	**	**
Eq. Quadrática	ns	**	**	*	**	**	ns
Espaçamento (E)	ns	*	**	**	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Eq. Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Eq. Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	155,88	194,36	168,83	186,28	1,07	0,16	0,63
CV (%)	36,86	18,24	15,84	13,23	19,81	69,37	34,07

Legenda: altura de planta (Ap) aos 30, 45, 60 e 70 DAE; taxa de crescimento absoluto (TCAAp) para altura de plantas (TCAAp) nos períodos de 30 a 45; 45 a 60 e 60 a 75 DAE, da cultura do crambe utilizando diferentes doses de nitrogênio (N) e espaçamentos (E).

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente, e ns não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

O comportamento da altura de plantas em função das doses de nitrogênio (30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹), aos 45, 60 e 75 DAE, apresenta-se polinomial (Figura 2A), mostrando, conforme as equações, que aos 45 e 60 DAE, o aumento nas doses de N até 120 kg ha⁻¹ não implica aumento na altura de plantas, sendo, portanto, as alturas máximas de 86,6 e 89,3 m, respectivamente, na menor dose aplicada, ou seja, 30 kg ha⁻¹. No entanto, a altura de plantas aos 75 DAS apresenta

comportamento crescente com o aumento da dose de N, atingindo uma altura máxima de 115,3 m na dose de 120 kg ha⁻¹. Corroborando Viana (2013) que trabalhando com crambe submetido a doses de fertilizantes (0, 10, 20, 30 kg ha⁻¹ de N), afirmou que o crescimento das plantas em seu período inicial não é notório, sendo lento e estável, acentuando apenas cerca de 45 a 70 DAS, período durante o qual a planta procura alcançar a sua estabilidade para a floração, e assim atingir o seu crescimento máximo no final deste período. Para Mello et al. (1983), a fertilidade do solo consiste em aplicações nutritivas balanceadas e em quantidades satisfatórias. Desta forma, torna-se notório que além da quantidade deve-se haver um parcelamento adequado para que haja suprimento nutricional para a cultura em todo o seu desenvolvimento.

Ledur et al. (2016), ao avaliarem a adubação nitrogenada (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e seus efeitos no desenvolvimento da cultura do crambe, constataram que a aplicação deste macronutriente não influenciou na altura das plantas da cultura. Contudo, as altas doses propiciaram o aumento no número de siliquis, resultando, desta forma, numa elevação da produtividade. Os autores, por sua vez, parcelaram a aplicação do nutriente em duas etapas, sendo a primeira antes do plantio e a outra metade restante das doses do elemento, aos 30 DAE. Freitas (2010) ao estudar a aplicação de N sob as doses de 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ aplicado em sua totalidade aos 15 DAE averiguou não haver resultados significativos na variável altura de plantas em função das doses de N.

As plantas submetidas ao maior espaçamento entre linhas de plantio, 0,40 m, aos 45, 60 e 75 DAE, atingem maiores alturas em relação aquelas submetidas ao menor espaçamento 0,20m (Figura 2B) sendo que, aos 75 DAE, apresenta uma diferença em torno de 14,80% das alturas das plantas entre os dois espaçamentos corroborando com Tømm (2007). Este autor recomendou espaçamento de até 0,45 m e densidade de no mínimo 40 plantas/m² para a cultura da canola, pertencente à mesma família do crambe, as Brassicaceae. De acordo com Krüger et al. (2011), a estruturação do arranjo espacial de plantas de canola por meio de densidades e espaçamentos adequados, pode favorecer o desenvolvimento e, conseqüentemente, os maiores rendimentos na produção.

O arranjo adequado entre plantas favorece a menor competitividade resultando em um maior suprimento nutricional, como também, numa maior interceptação da luz, e, desta maneira, em um melhor índice produtivo. Para Bandeira (2013) na canola, a produtividade satisfatória está correlata com o incremento da altura de planta, área foliar e por outras propriedades morfológicas. Assim, segundo Canola Council of Canada, em citação de Chavarri et al. (2011), quanto maior a área foliar exposta ao sol, mais matéria seca da cultura pode ser produzida por dia, e, desta forma, maior será a taxa de crescimento da cultura.

As doses crescentes de N influenciam de forma significativa a taxa de crescimento absoluta para a altura de plantas nos períodos de 30 a 45, 45 a 60 e 60 a 75 DAE apresentando comportamento quadrático nos dois primeiros períodos analisados, e linear no período de 60 a 75 DAE conforme o acréscimo nas doses de N (Figura 2C). A TCAAp₍₃₀₋₄₅₎ apresenta melhor resultado na dose de 30 kg ha⁻¹ de N (3,77 cm dia⁻¹), havendo um decréscimo de 30,5% quando comparado com a dose de 120 kg ha⁻¹. Entretanto, a TCAAp₍₄₅₋₆₀₎ e a TCAAp₍₆₀₋₇₅₎ variam a uma taxa de crescimento (cm dia⁻¹) de 165,6 e 238,9%, respectivamente, quando comparado os valores da menor dosagem de N (30 kg ha⁻¹) com o de maior dose (120 kg ha⁻¹). Para Lima et al. (2007), a análise de crescimento é, ainda, o meio mais preciso e acessível para avaliar crescimento e, desta forma, inferir a contribuição dos diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento de uma cultura. Assim, taxas de crescimento, como a TCAAp, podem evidenciar o efeito da adubação nitrogenada sobre o comportamento vegetal do crambe.

De acordo com Viana et al. (2012), não houve interação entre doses de fertilizante NPK e o período de crescimento da cultura do crambe entre o período da 1ª à 3ª semana após a emergência. No entanto, a partir da 4ª semana doses contendo 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ diferiram da testemunha, dose zero de fertilizante. Entre as semanas 5 e 7, as doses 200 e 300 kg ha⁻¹ de fertilizantes diferiram das demais, apresentando maiores alturas de plantas.

Desta forma, conforme Feigenbaum et al. (1987), a aplicação de fertilizantes infere de forma direta na produção e qualidade das plantas. Assim, a quantidade aplicada, como também, o período de aplicação, são relevantes para um uso eficiente do adubo, de forma que maximize seu

aproveitamento pela cultura, assim como, minimize suas perdas, implicando em um uso mais consciente, retraindo, conseqüentemente, gastos excessivos com adubos pelo produtor. Logo, a aplicação periódica dos fertilizantes consiste em suprir a demanda nutricional pelas plantas de forma que reponha as reservas do solo e garanta o crescimento vegetativo.

Entretanto, a TCAAp₍₆₀₋₇₅₎ é influenciada pela interação entre nitrogênio e espaçamento, se comporta de forma linear aumentando em função das doses de N (Figura 2D). Em relação ao espaçamento, pode ser observado que, as taxas de crescimento das plantas cultivadas no espaçamento 0,20 m apresentam-se menores daquelas observadas das plantas cultivadas com 0,40 m de espaçamento até em torno de 90 kg ha⁻¹ de N. Todavia, a partir desta dose, a TCAAp₍₆₀₋₇₅₎ no espaçamento de 0,20 m mostra superioridade no crescimento, atingindo, na maior dose de N, um aumento de 17,9% em relação ao maior espaçamento.

Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam uma alta taxa de crescimento quando são aplicadas doses elevadas de N, principalmente no período correspondente às fases de floração e formação de grãos, de 60 a 75 DAS corroborando com Di Loreto et al. (2016). Esses autores afirmaram que o crambe tem um alto potencial de resposta à adubação nitrogenada, especialmente quando se utilizam altas doses. Segundo Vechiatto e Fernandes (2011), trabalhando com doses de 0; 100 e 120 kg ha⁻¹ de N, observaram influência positiva na altura e desenvolvimento das plantas de crambe. Plantas de crambe submetidas à falta de N na solução nutritiva foram capazes de produzir apenas 5,18% de biomassa em relação ao controle (solução nutritiva completa de Hoagland) (COLODETTI et al., 2013) corroborando Colodetti et al. (2012), que mostraram uma diminuição linear na produção de matéria seca das plantas de crambe com a redução das doses de N aplicadas ao solo. Assim, as deficiências de N resultam em altas limitações no crescimento e desenvolvimento dessa cultura.

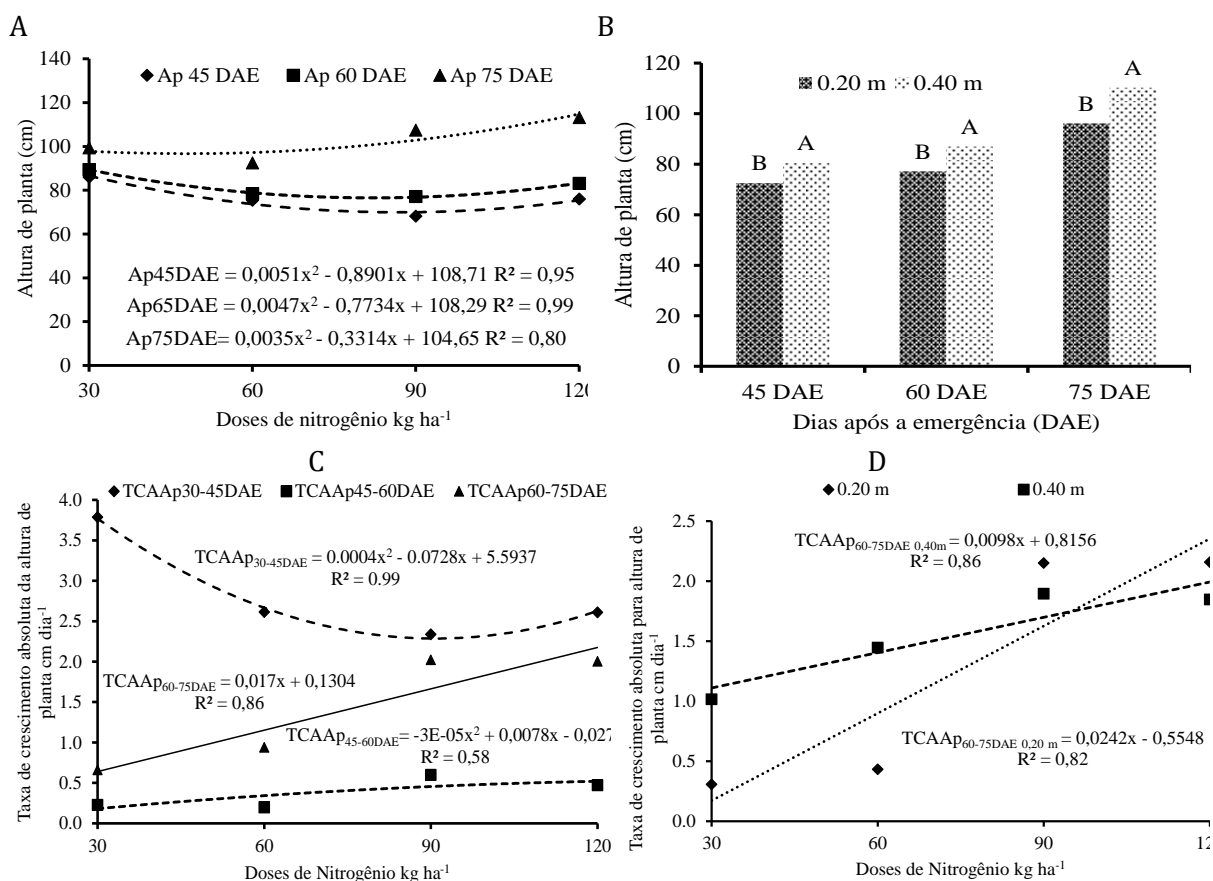


Figura 2. Altura de planta em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e de diferentes espaçamentos (B); Taxa de Crescimento Absoluto de altura de plantas em diferentes doses de nitrogênio (C); da cultura do crambe utilizando diferentes doses de nitrogênio e espaçamentos em condições de campo.

A aplicação de nitrogênio influencia significativamente o diâmetro caulinar das plantas de crambe aos 45, 60 e 75 DAE ($DC_{45}, DC_{60}, DC_{75}$) e a taxa de crescimento absoluto de 60 a 75 DAE ($TCADC_{(60-75)}$). No entanto, os diferentes espaçamentos entre linhas desta cultura (0,20 e 0,40 m) e a interação entre os fatores nitrogênio e espaçamento, não influenciam significativamente o diâmetro caulinar (Tabela 2). Segundo Mauad et al. (2013), o acúmulo máximo do macronutriente, N, na parte aérea das plantas de crambe, ramos e caules, ocorre apenas aos 75 DAE, havendo, assim, um ganho mais tardio de matéria nessas estruturas. Isto atesta, desta forma, a significância nas análises em função do N nos períodos finais no ciclo da cultura.

Na canola, a maior concentração de N nos caules ocorre no final do florescimento, diferentemente do período do início do florescimento, em que, a maior incidência de N está concentrada nas folhas (ROSSATO et al., 2001).

Fato semelhante pôde ser observado por Hocking et al. (1997), que ao estudarem os efeitos quanto aplicação de N fracionada e a sua mobilização na canola de sequeiro, notaram que os máximos teores de matéria seca e acúmulo de N nas folhas ocorreram no período correspondente ao início da floração, enquanto que, para o caule o ápice acumulativo de N e ganho de matéria seca ocorreu no final da floração. Os autores constataram que, cerca de 60 a 65% do N presentes nas sementes foram mobilizados após a floração a partir do caule e folhas. Sabe-se que, esse estágio da cultura é marcado pela abscisão foliar, então, assim como a canola, pode-se supor que na cultura do crambe, haja um elevado índice de mobilização do macronutriente nitrogênio, percorrendo das folhas para o caule e deste último para a formação de sementes, ressaltando a relevante aplicação da adubação nitrogenada nesta cultura.

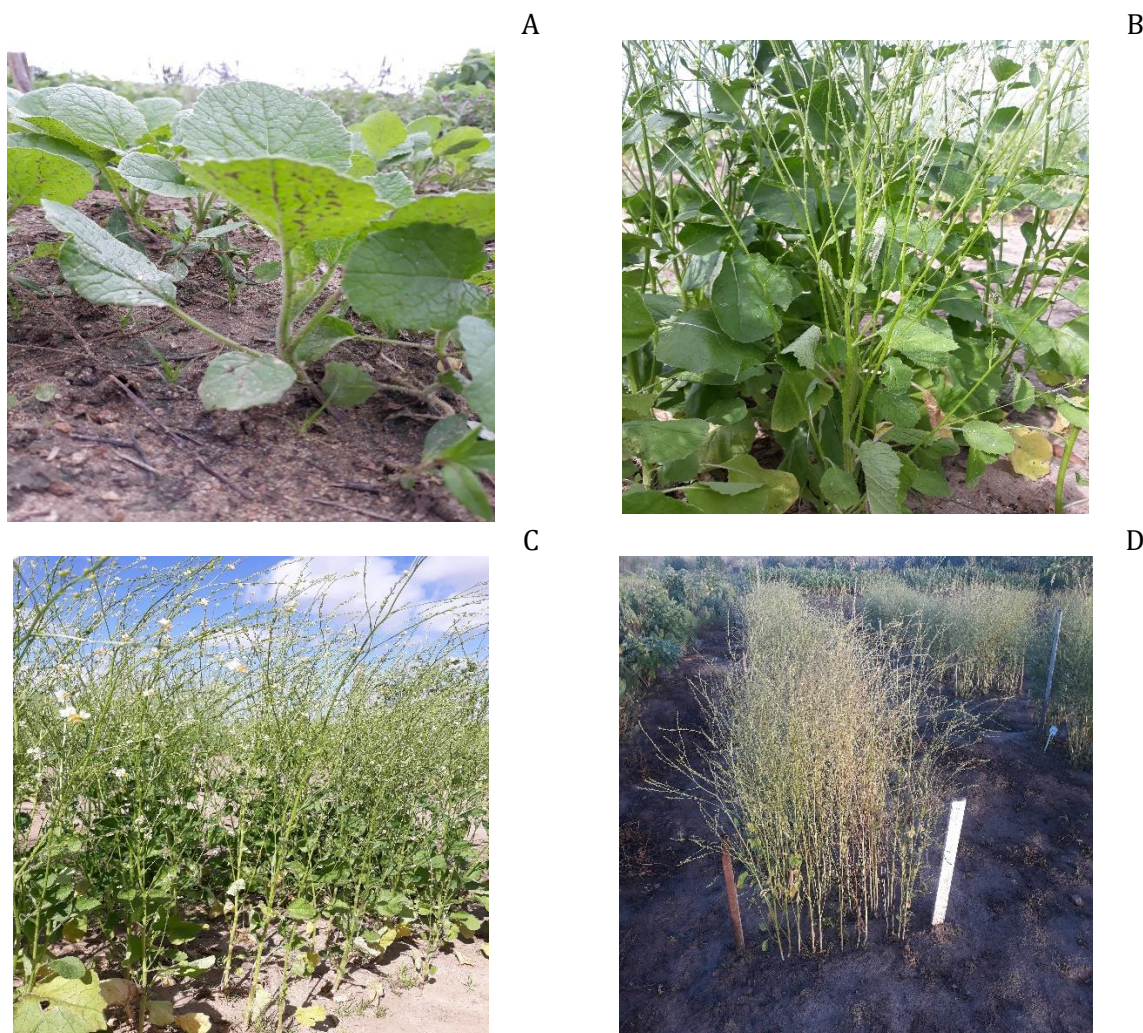


Imagem: Registros fotográfico da cultura do crambe aos 30 (A), 45 (B), 60 (C) e 75 (D) dias após a emergência (DAE).

Tabela 2. Resumo do Teste F

Fontes de Variação	Teste F						
	DC 30	DC 45	DC 60	DC 75	TCADC 30-45	TCADC 45-60	TCADC 60-75
Nitrogênio (N)	ns	*	*	**	ns	ns	*
Eq. Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Eq. Quadrática	ns	**	**	**	ns	ns	*
Espaçamento (E)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Eq. Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Eq. Quadrática	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Erro	5,73	6,342	5,32	5,50	0,005	0,014	0,011
CV(%)	31,66	28,90	23,10	21,18	93,10	46,96	43,10

Legenda: diâmetro caulinar (DC) aos 30, 45, 60 e 70 DAE e a taxa de crescimento absoluto (TCA) para diâmetro caulinar (TCADC) nos períodos de 30 a 45; 45 a 60 e 60 a 75 DAE, da cultura do crambe utilizando diferentes doses de nitrogênio (N) e espaçamentos (E) em condições de campo.

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente; ns não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

O incremento nas variáveis diâmetro caulinar aos 45, 60 e 75 DAE (DC₄₅, DC₆₀, DC₇₅) e a taxa de crescimento absoluto do diâmetro no período dos 60 aos 75 DAE (TCADC₍₆₀₋₇₅₎) foi inversamente proporcional ao aumento da quantidade de nitrogênio aplicada, de forma polinomial. Tais variáveis expressaram os melhores resultados na menor dose de N aplicada (30 kg ha⁻¹) correspondendo a 10,10; 11,42 e 12,74mm do diâmetro caulinar aos 45, 60 e 75 DAE e uma taxa de 0,11 mm/dia no período dos 60 aos 75 DAE (Figura 3A e 3B). Desta forma, houve uma diminuição no diâmetro caulinar, comparando a menor dose com a maior de N, em torno de 16,04, 12,28 e 23,81% nos DC₄₅, DC₆₀ e DC₇₅, respectivamente (Figura 3A), enquanto, na variável TCADC₍₆₀₋₇₅₎, houve um decréscimo de 42,06% (Figura 3B). Esses resultados divergem com os obtidos por Pereira et al. (2015), que apresentaram um crescimento no diâmetro caulinar com o acréscimo nas doses de N; todavia, o valor máximo do diâmetro caulinar encontrado na dose de 90 kg ha⁻¹ de N por esses autores (10,63mm) aos 90 DAE foi, por sua vez, menor que os valores encontrados nesta pesquisa na dose mínima de 30 kg ha⁻¹ aos 60 e 75 DAE.

Fato semelhante foi observado por Souza e Chaves (2017), que ao submeter o crambe as mesmas doses aplicadas nesse experimento, resultaram em valores médios entre 9,88 e 10,93mm do diâmetro caulinar, demonstrando, assim, seu ápice na dose de 90 kg ha⁻¹. Assim, nas condições desta pesquisa, a alta dose de N não inferiu no crescimento caulinar do crambe, sendo que, as variáveis analisadas apresentaram decréscimo no crescimento conforme o aumento na aplicação de N. Estes resultados, por sua vez, diferem dos encontrados por Souza e Chaves (2017), que ao submeterem o crambe nas mesmas doses aplicadas neste experimento resultaram em um incremento no crescimento do diâmetro caulinar conforme o aumento da quantidade de N aplicada.

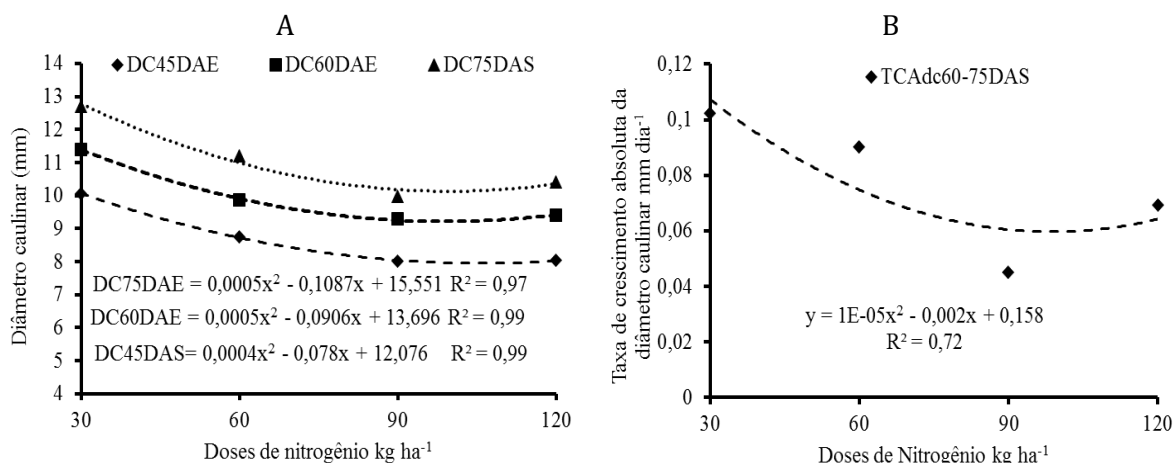


Figura 3. Diâmetro caulinar de planta em função de diferentes doses de nitrogênio (A); Taxa de Crescimento Absoluto do diâmetro caulinar de plantas em diferentes doses de nitrogênio (B); da cultura do crambe, utilizando diferentes doses de nitrogênio e espaçamentos em condições de campo.

Conclusão

Nas condições em que esse experimento foi conduzido, a adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹, sob espaçamento de 0,40 m entre as linhas de plantio, proporcionou os melhores resultados referentes à altura de plantas.

A taxa de crescimento absoluta dos 60 aos 75 DAE, no espaçamento de 0,20 m sobressaiu-se ao de 0,40 m, a partir da dose de 90 kg ha⁻¹.

Os melhores resultados biométricos referentes ao diâmetro caulinar ocorreram sob a dose de 30 kg ha⁻¹, não havendo, por sua vez, interferência dos espaçamentos estudados nestas variáveis.

Referências

- BANDEIRA, T. P. Ecofisiologia da canola Hyola 61 sob variações no arranjo de plantas. 90f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2013.
- BENICASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2003. 41p.
- BISPO, A. S.; DELFINO, L. D.; COSTA, B. J.; SUCHER, E. M.; ADÃO, D. C.; FONSECA, F. C.; ZAGONEL, G. F.; ADAD, L. B.; MAIA, M.; SILVA, P. R.; VECHIATTO, W. W. D. Caracterização de óleos vegetais extraídos mecanicamente sob condições variadas, visando a produção de biodiesel. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 4, Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 7, 2010, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, MG: TECPAR, 2010.
- CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O.; MULLER, A.; MENDONÇA, H. F.; MELLO, N.; BETTO, M. S. Índice de área foliar em canola cultivada sob variações de espaçamento e de densidade de semeadura. Ciência Rural, v.41, n.12, p.2084-2089, 2011.
- CHAVES, L. H. G.; LEDUR, E. O. Effect of nitrogen and phosphorus in the development of crambe culture. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Transactions, v.1, p.1-10, 2014.
- CORDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. A cultura da canola. Viçosa: UFV, 1999. 50p. (Cadernos Didáticos, 60).
- COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Eficiência nutricional de plantas de Crambe. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 2012, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos, 2012.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; CRISTO, L. F.; MARTINS, L.; TOMAZ, M. A. Perda de biomassa causada pela deficiência de macronutrientes em *Crambe Abyssinica*. Enciclopédia Biosfera, v.9, n.17, p.2027-2038, 2013.
- DI LORETO y SAMPAIO, M.; BARZAN, R.R.; FREGONEZI, G.A.F. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe em casa de vegetação. Revista de Agricultura, v.91, n.2, p.165-173, 2016.

- FEIGENBAUM, S.; BIELORAI, H.; ERNER, Y.; DASBERG, S. The fate of ^{15}N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. *Plant and Soil*, v.97, n.2, p.179-187, 1987.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FREITAS, M. E. Desempenho agrônômico do crambe (*Crambe abyssinica* Hoechst) em função da adubação e da densidade de semeadura. 43f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Produção Vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2010.
- HOCKING, P. J.; RANDALL, P. J.; DEMARCO, D. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: Partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. *Field Crops Research*, v.54, n.2-3, p.201-220, 1997.
- KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G. da; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Revista Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1448-1453, 2011.
- LEDUR, E. O.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D. Nitrogen and phosphorus on crambe development after off-season corn cultivation. *Científica*, v.44, n.2, p.263-270, 2016.
- LIMA, J. F. DE; PEIXOTO, C. F.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica Papaya* L.) em casa de vegetação. *Ciências e Agrotecnologia*, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- MAUAD, M.; GARCIA, R. R. A.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, R. M. M. F.; GARBIATE, M. V.; COELHO, L. C. F. Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de Crambe. *Ciência Rural*, v.43, n.5, p.771-778, 2013.
- MELLO, F. A. F.; BRASIL, M. O. C. S.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA, A. N.; KIEHL, J. C. Fertilidade do solo. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.
- ONOREVOLI, B. Estudo do *Crambe abyssinica* como fonte de matérias primas oleaginosas: óleo vegetal, ésteres metílicos e bio-óleo. 132f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- PEREIRA, J. C. A.; SILVA, S. S.; CHAVES, L. H. G.; NEGREIROS, E. D. Resposta do crambe à fertilização mineral submetido a diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2015.
- PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Tecnologia e produção: crambe 2010. Maracajú: Fundação MS, 2010. 60p.
- ROSSATO, L.; LAINÉ, P.; OURRY, A. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during de growth cycle: nitrogen fluxes within the plant and changes and soluble proteins patterns. *Journal of Experimental Botany*, v.52, n.361, p.1655-1663, 2001.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.2, n.2, p.179-183, 1996.
- SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- SOUZA, R. S.; CHAVES, L. H. G. Crescimento e produção do crambe submetido a doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Espacios*, v.38, n.8, p.24-39, 2017.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p.
- VECHIATTO, C.; FERNANDES, F. Aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe. *Cultivando o Saber*, v.4, n.2, p.18-24, 2011.
- VIANA, O. H. Cultivo de crambe na Região Oeste do Paraná. 60f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2013.
- VIANA, O. H.; SANTOS, R. F.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; CATTANÊO, A. J. Efeito de diferentes doses de adubação de base no desenvolvimento e produtividade de grãos e óleo na cultura de crambe. *Acta Iguazu*, v.1, n.1, p.33-41, 2012.

VON PINHO, R. G.; GROSS, M. R.; STEOLA, A. G.; MENDES, M. C. Adubação nitrogenada, densidade espaçamento de híbridos de milho em sistema de plantio direto na região sudeste do Tocantins. *Bragantia*, v.67, n.3, p.733-739, 2008.

CAPÍTULO 6

PRODUÇÃO VEGETAL E TEOR DE ÓLEO DE GRÃOS DE CRAMBE (Crambe abyssinica Hochst.) CULTIVADO COM DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO E ENXOFRE

**Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos
Lúcia Helena Garófalo Chaves
Josely Dantas Fernandes
Felipe Guedes de Souza
Antônio Ramos Cavalcante
Luan Dantas de Oliveira**

Introdução

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) é uma espécie vegetal que tem despertado interesse dos produtores brasileiros devido a sua boa adaptação, rusticidade, precocidade, cultivo mecanizado e o alto teor de óleo. Além disso, o crambe pode compor sistemas de rotação de culturas, bem como ser utilizado como cobertura vegetal do solo no período de inverno, produção de farelo aproveitável na alimentação de bovinos, e apresentando grande potencial para complementar a matriz de óleo para biocombustível (PITOL et al., 2010).

No Estado da Paraíba ainda não há o cultivo do crambe, porém, há perspectivas de se expandir o cultivo nas regiões do Estado em que, as condições edafoclimáticas sejam mais favoráveis, ou seja, clima quente e seco. Contudo, informações sobre os aspectos agrônômicos que envolvem seu cultivo nestas regiões ainda são escassas, principalmente no que diz respeito à prática da adubação associada com nitrogênio (N) e enxofre (S).

Segundo Souza et al. (2009), o crambe absorve grandes quantidades de N, o que pode ser justificado por seu elevado teor de proteína nos grãos. No entanto, as informações sobre a absorção do S são limitadas, mas, sabe-se que o seu desbalanceamento pode comprometer a absorção e a dinâmica dos demais elementos.

O nitrogênio é o grande responsável pela melhoria nas características nutricionais das plantas e o seu efeito tem mostrado ser dependente do S (MATTOS & MONTEIRO, 2003). O S, assim como o N, é de extrema importância para a nutrição da planta forrageira, por ser componente dos aminoácidos cisteína, cistina e metionina. Além disso, faz parte da ferredoxina, molécula transferidora de elétrons e envolvida na fotossíntese (MENGEL & KIRKBY, 2001).

O enxofre é parte de cada célula viva e é constituinte de dois dos 21 aminoácidos que formam as proteínas. O S também ajuda a desenvolver enzimas e vitaminas; promove a nodulação para fixação de nitrogênio pelas leguminosas; ajuda a produção de sementes; é necessário para formação de clorofila, apesar de não ser um constituinte dela; está presente em vários compostos orgânicos que dão os odores característicos de determinadas culturas, como o alho e a cebola (INSTITUTO DA POTASSA E FOSFATO, 1998).

Devido à participação do S em um grande número de compostos e reações, a sua falta provoca uma série muito grande de distúrbios metabólicos, tais como a diminuição na fotossíntese e na atividade metabólica; queda na síntese de proteínas com o aparecimento de altas relações de

N solúvel/N proteico; redução do teor de gorduras; acúmulo de carboidratos solúveis com elevação da relação C solúvel/C amido e diminuição da fixação, caso a planta seja fixadora, livre e simbiótica do gás nitrogênio (MALAVOLTA et al., 1997).

As interações entre o N e o S podem causar um efeito sinérgico ou antagônico. A falta de S diminui a síntese de aminoácidos sulfurados e proteínas e, conseqüentemente, ocorre a diminuição da eficiência da utilização do N. Por outro lado, o excesso de S causa a diminuição da colheita, devido à toxidez apresentada por alguns genótipos; efeito menor em cultivares com alto teor de glicosinatos (MALAVOLTA et al., 1997).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é avaliar o desenvolvimento de plantas de crambe sob adubação mineral, relativa aos elementos nitrogênio e enxofre, visando potencializar esta cultura como matriz bioenergética, para as regiões semiáridas e subúmidas do Nordeste brasileiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de fevereiro a abril de 2019 em casa de vegetação, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'11" S; 35°53'31" W), sob o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, com 4 repetições.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar e peneirado com malha de 2,0mm com as seguintes características químicas conforme Teixeira et al. (2017): pH (H₂O) = 6,5; Ca = 1,52 cmol_c kg⁻¹; Mg = 2,03 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,47 cmol_c kg⁻¹; K = 0,17 cmol_c kg⁻¹; H + Al = 0,05 cmol_c kg⁻¹; matéria orgânica = 1,8 g kg⁻¹; P = 32,6 mg kg⁻¹; CTC = 4,24 cmol_c kg⁻¹.

Os tratamentos consistiram em quatro doses de nitrogênio (N1 = 0, N2 = 40 kg ha⁻¹, N3 = 80 kg ha⁻¹, e N4 = 120 kg ha⁻¹) e quatro doses de enxofre (S1 = 0, S2 = 30 kg ha⁻¹; S3 = 60 kg ha⁻¹; S4 = 90 kg ha⁻¹), com quatro repetições, resultando em 64 unidades experimentais. A adubação nitrogenada, utilizando ureia, e a adubação com enxofre, utilizando o sulfato de potássio (K₂SO₄), foi realizada aos 30 dias após a semeadura, conforme os respectivos tratamentos.

Cada unidade experimental constou de um vaso plástico com 15 kg de solo, previamente seco e peneirado; em cada vaso foram semeadas 5 sementes de crambe e após 20 dias foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso. A umidade do solo foi mantida pela reposição diária de água de abastecimento público.

A altura de plantas foi avaliada ao final do experimento, aos 85 dias após a germinação, ocasião em que as plantas foram coletadas e os grãos separados das plantas para posterior pesagem. Em seguida todo o material foi levado à estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 60°C por 72 horas, sendo com isso, definidas as seguintes variáveis de produção: altura de plantas, biomassa seca da parte aérea de plantas e biomassa seca de grãos através de pesagem em balança de precisão. A biomassa seca da parte aérea foi analisada quanto aos teores dos seguintes elementos: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Os grãos foram submetidos à análise de teor de óleo pelo método de Soxhlet (AOAC, 1995).

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade (Cochran & Bartlett), e ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Os valores de nitrogênio e magnésio de tecido foliar, e os valores de peso de grãos e teor de óleo de grãos, foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Para efeito de normalidade, os dados do teor de magnésio foliar e do teor de óleo de grãos foram transformados em $\frac{x^{2,5}-1}{2,5}$ e $\frac{1}{x}$, respectivamente. Os dados de potássio, fósforo, cálcio e enxofre do tecido foliar e os dados de altura e de peso de plantas não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA; portanto, as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis. O software estatístico utilizado neste trabalho foi o SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Os resultados de nitrogênio e magnésio do tecido foliar são influenciados significativamente (p<0,01) pelos tratamentos. O peso de grãos apresenta resposta significativa (p<0,01) para as

doses de nitrogênio e para a interação de nitrogênio e enxofre ($p < 0,05$). Para os resultados de teor de óleo, apenas as doses de nitrogênio apresentam efeito significativo ($p < 0,05$), conforme verifica-se na análise de variância (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância dos parâmetros avaliados nas plantas de crambe (nitrogênio e magnésio de tecido foliar, peso e teor de óleo dos grãos) submetidas a doses de nitrogênio (N) e enxofre (S)

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio			
		N (g/kg)	Mg ⁽¹⁾ (g/kg)	Peso de grãos (g)	Teor de óleo ⁽²⁾ (%)
N	3	266,2**	0,004**	0,93**	349919,2*
S	3	19,4**	0,001**	0,74 ^{ns}	56918,9 ^{ns}
N x S	9	168,1**	0,003**	0,37*	166630,5 ^{ns}
Erro	48	0,32	0,00005	0,18	12546,8
CV (%)		1,58	3,38	4,93	20,1
Média		35,9	0,21	8,56	1754,1

*Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ns: Não significativo; CV = coeficiente de variação; ¹ e ²

Dados transformados em $\frac{x^{2,5}-1}{2,5}$ e $\frac{1}{x}$, respectivamente.

O nitrogênio é um elemento importante no desenvolvimento de plantas oleaginosas e o crambe absorve grandes quantidades de nitrogênio devido ao seu elevado teor de proteína nos grãos (SOUZA et al., 2009). Assim, o efeito significativo referente às doses de nitrogênio aplicadas neste estudo para as variáveis peso de grãos ($p < 0,01$) e teor de óleo ($p < 0,05$) (Tabela 1), reforçam a importância da adubação nitrogenada para a cultura do crambe (VASCONCELOS et al., 2017; SOUZA et al., 2017; SOUZA et al., 2016; SAMPAIO et al., 2016).

O enxofre, assim como outros nutrientes, apresenta importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente por participar da constituição proteica. A deficiência de S apresenta sintomas visuais apenas quando severa, e se caracteriza por uma clorose de cor verde menos intensa de forma uniforme nas folhas novas, sendo semelhante à deficiência de nitrogênio (N), que ocorre nas folhas velhas e ambas incluem redução no crescimento da planta (FIORINI et al., 2017).

Nos resultados obtidos neste estudo, observa-se que as doses de enxofre apresentam efeito significativo ($p < 0,01$) para os teores de nitrogênio e magnésio do tecido foliar, mas não é significativo para o peso de grãos e nem para teor de óleo (Tabela 1). Assim, pode-se inferir que, o enxofre não tem efeito direto sobre a produção de grãos, refletindo também na produção de óleo.

Na Figura 1 pode-se observar o comportamento dos teores de nitrogênio em função das doses de nitrogênio (N) e enxofre (S). Observa-se que a maior dose (120 kg/ha) de nitrogênio favorece o aumento dos teores de nitrogênio de tecido foliar das plantas de crambe para as menores doses de enxofre (0 e 15 kg/ha; Figura 1A). Para a maior dose de enxofre (60 kg/ha), verifica-se que os maiores teores de nitrogênio foliar das plantas de crambe ocorrem nos maiores valores de doses de nitrogênio (80 e 120 kg/ha) (Figura 1 B).

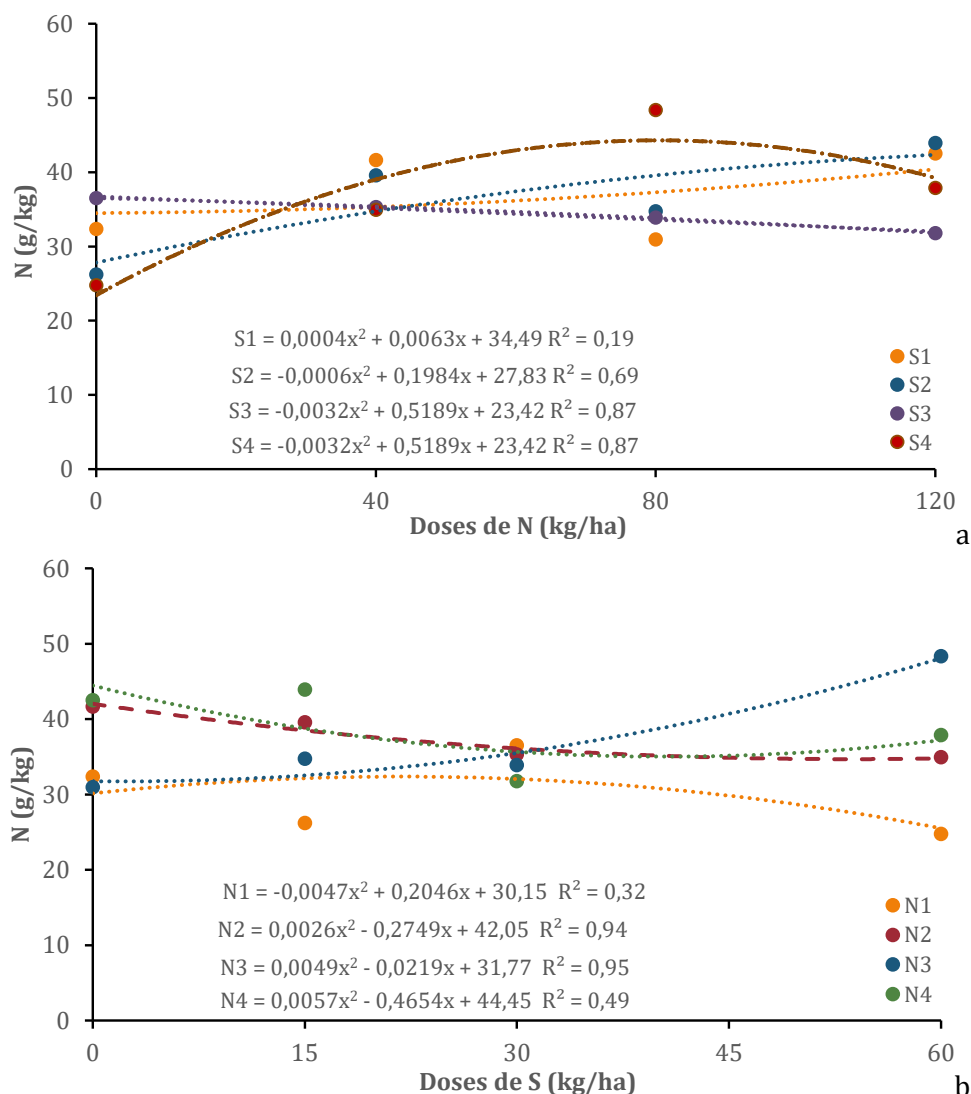


Figura 1. Interação das doses de nitrogênio (A) e de enxofre (B) nos teores de nitrogênio de tecido foliar das plantas de crambe.

A Figura 2 demonstra o comportamento dos teores de magnésio em função das doses de nitrogênio (N) e enxofre (S). Observa-se que a maior dose (120 kg/ha) de nitrogênio favorece o aumento de magnésio de tecido foliar das plantas de crambe para as maiores doses de enxofre (30 e 60 kg/ha; Figura 2A). A maior dose de enxofre (60 kg/ha) proporciona o maior teor de magnésio de tecido foliar das plantas de crambe somente para a maior dose de nitrogênio (120 kg/ha) (Figura 2B).

Tais comportamentos indicam que a interação de nitrogênio e enxofre no teor de nutrientes no tecido foliar das plantas de crambe não está ainda muito clara, necessitando de mais investigação, embora haja relatos de numerosos experimentos, mencionados por Farahbakhsh et al. (2006), usando uma variedade de culturas oleaginosas, que demonstraram uma interação de nitrogênio e enxofre no que diz respeito à maior produtividade, absorção de nutrientes e qualidade das culturas. O crambe é uma planta rústica e adaptável às diversas condições de fertilidade do solo (PITOL, 2010); sendo assim, possivelmente a interação de nitrogênio e de enxofre, nesta cultura, não seja tão evidente, especialmente em estudos realizados em casa de vegetação.

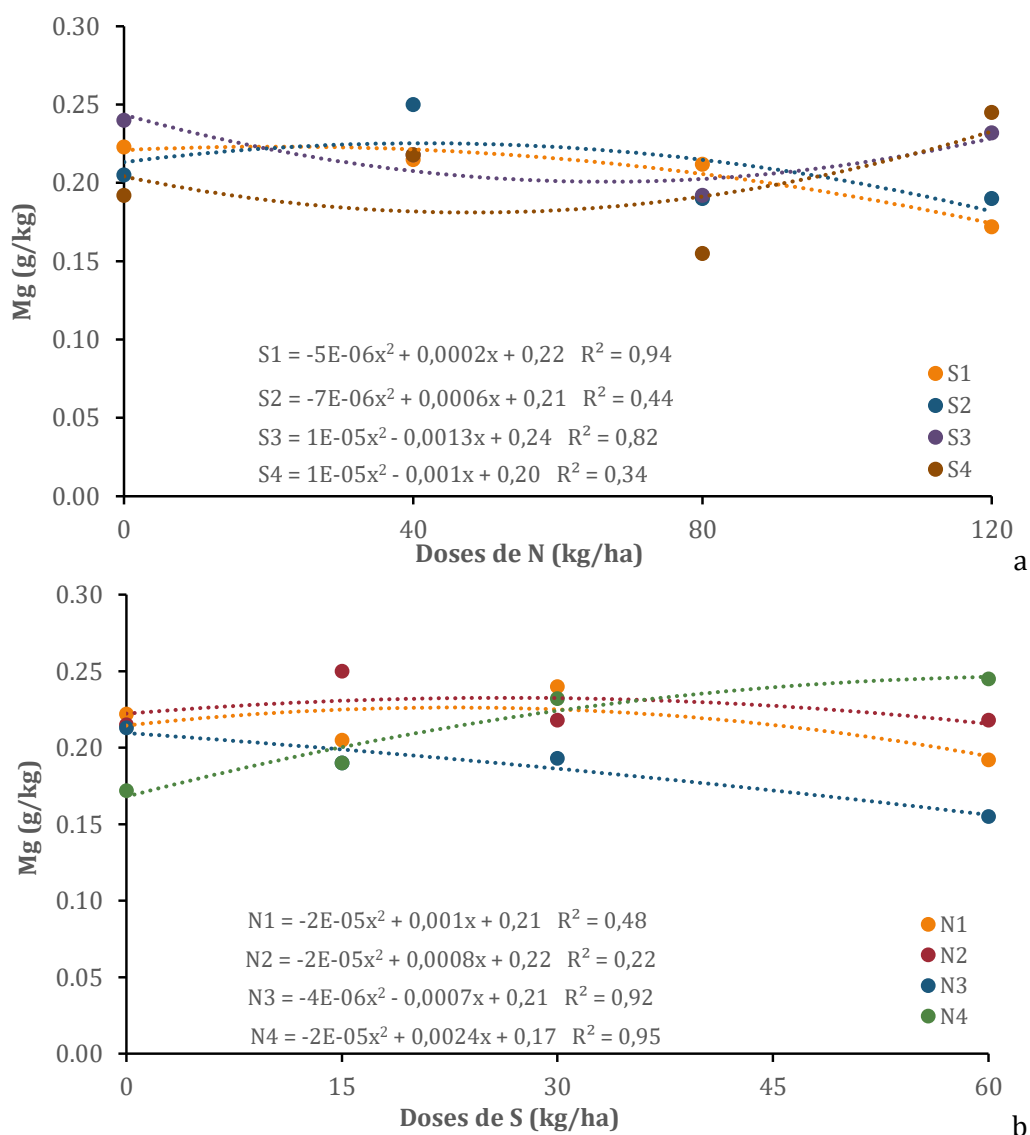


Figura 2. Interação das doses de nitrogênio (A) e de enxofre (B) nos teores de magnésio de tecido foliar das plantas de crambe.

O teor de óleo e o peso de grãos de crambe em função das doses de nitrogênio (N) e de enxofre (S) estão apresentados na Figura 3. O teor de óleo diminui em função das doses de nitrogênio para todas as interações com as doses de enxofre, onde os menores valores de teor de óleo são obtidos para as maiores doses de nitrogênio (Figura 3A). Da mesma forma, para as doses crescentes de enxofre, os maiores valores de teor de óleo foram obtidos nas menores doses de nitrogênio (0 e 40 kg/ha) (Figura 3B).

Este fato é observado por outros autores para crambe (VASCONCELOS et al., 2017) e também para outras culturas oleaginosas (JAMAL et al., 2010; FARAHBAKHS et al., 2006; KHAN et al., 2002; SONUNE et al., 2001). Provavelmente, a explicação disto é que, altas quantidades de nitrogênio em plantas oleaginosas favorecem uma alta produção de proteína, consequentemente, reduzindo o teor de óleo dos grãos (KHAN et al., 2002).

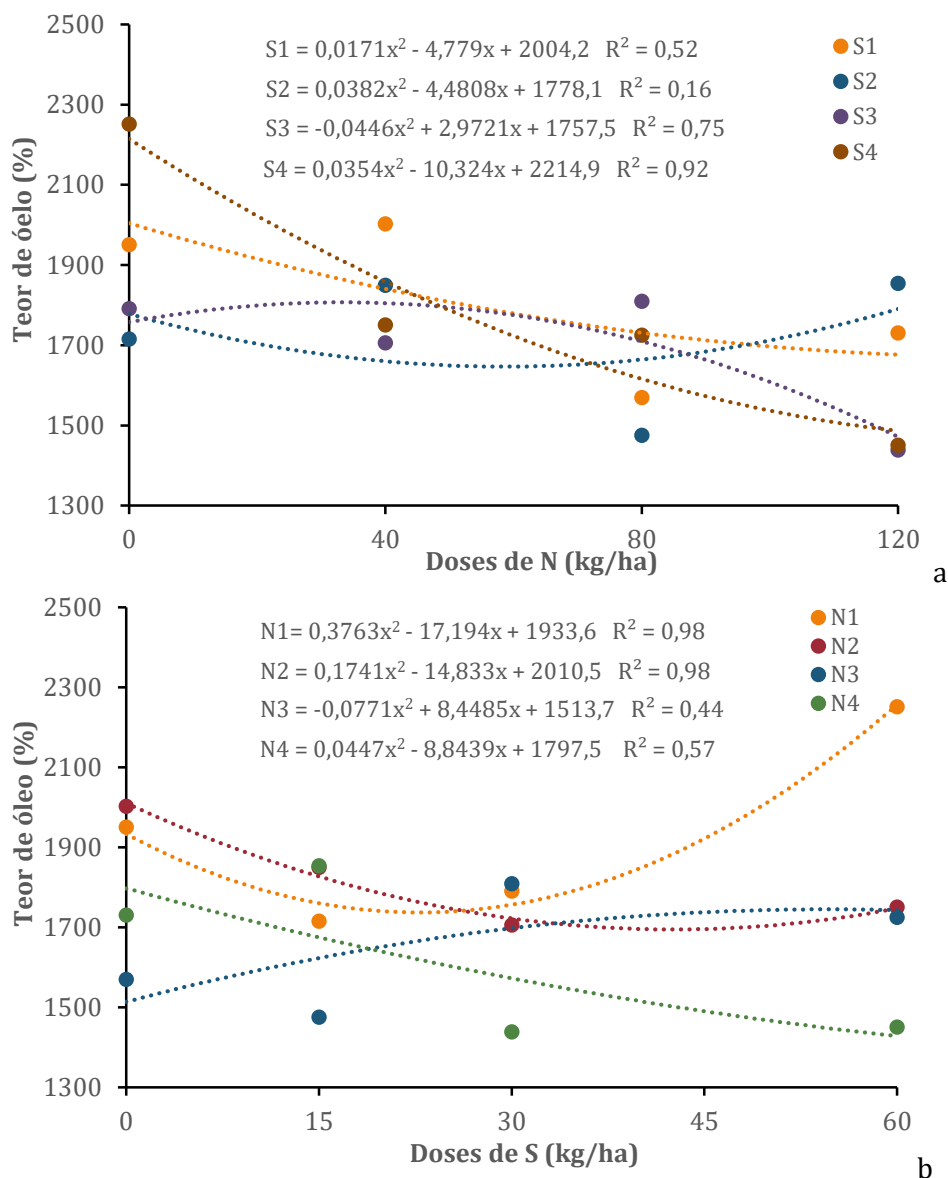


Figura 3. Interação das doses de nitrogênio (A) e de enxofre (B) nos teores de óleo de grãos de crambe.

A interação de nitrogênio e enxofre no peso de grãos está apresentada nas Figuras 4A e 4B. O comportamento crescente de peso de grãos em função das doses crescentes de nitrogênio é observado para todas as curvas de enxofre, com exceção da dose S2 (15 kg/ha) (Figura 4A). O mesmo comportamento crescente pode ser observado na Figura 4B, onde o peso de grãos é maior nas maiores doses de enxofre para todas as doses de nitrogênio, exceto para a dose N2 (40 kg/ha), que apresenta um decréscimo com o aumento das doses de enxofre.

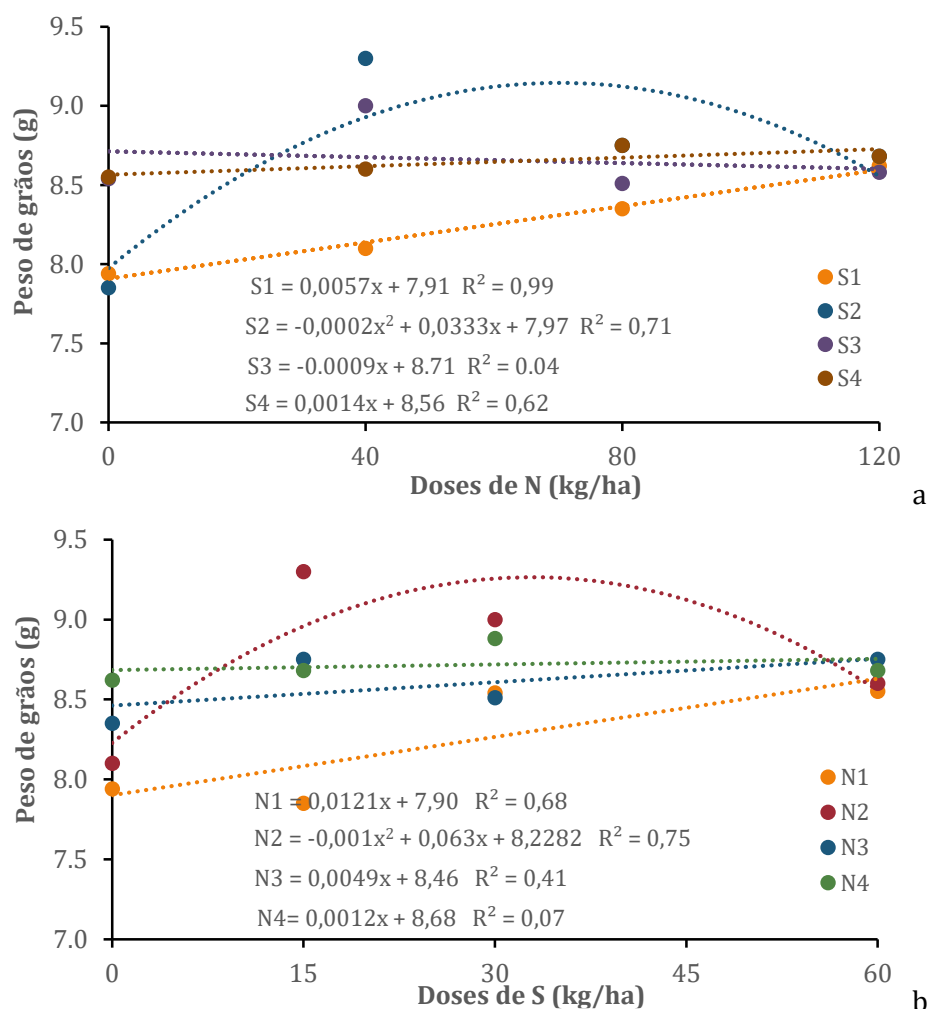


Figura 4. Interação das doses de nitrogênio (A) e de enxofre (B) no peso de grãos por planta de crambe.

As médias dos dados de potássio, fósforo, cálcio e enxofre do tecido foliar, e os dados de altura e do peso da matéria seca das plantas são comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis. Assim, os tratamentos (nitrogênio – N e enxofre – S) que apresentam maiores valores de médias para estas variáveis são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios para as variáveis analisadas

Tratamentos		Elementos no tecido foliar				Altura das plantas	Peso de matéria seca das plantas
Nitrogênio	Enxofre	K	P	Ca	S		
-----kg /ha-----		-----g/kg-----				-----cm-----	-----g-----
40	30	61,8					
120	15		61,9				
80	60			62,5			
120	0				54,4		
40	15					51,8	
80	60						51,5

Jamal et al. (2010), relataram vários estudos relacionados à interação de nitrogênio e enxofre. Por exemplo, os autores mencionam um estudo que mostrou que o rendimento máximo de grãos em mostarda foi obtido com 30 kg/ha de enxofre, fornecidos como gesso, e 120 kg/ha de nitrogênio, como ureia. Outro estudo relatado por estes autores apresentou os resultados de três

anos de experimentos de campo em mostarda, nos quais foram obtidos rendimentos máximos de óleo quando as taxas de nitrogênio (75 kg/ha) e enxofre (60 kg/ha) eram altas, indicando uma interação significativa de nitrogênio e enxofre. Além disso, a aplicação combinada de nitrogênio e enxofre teve o maior efeito sobre a concentração e absorção de nitrogênio e enxofre, sobre o teor de proteínas e óleos dos grãos, além do rendimento da cultura da mostarda.

Os resultados obtidos neste estudo apontam a necessidade de maiores investigações sobre o efeito da interação de nitrogênio e enxofre na cultura do crambe. Por se tratar de uma planta rústica, ou seja, uma cultura onde os limites para uma boa produtividade (fertilidade do solo, irrigação, temperatura) são menos rigorosos (PITOL, 2010), infere-se que estudos em casa de vegetação não são suficientes para obter-se resultados precisos sobre os efeitos da interação de doses crescentes de nitrogênio e enxofre nos parâmetros de nutrição e produtividade do crambe. Desta forma, surge a necessidade de estudos em campo para melhor avaliar tal aspecto. Apesar disso, os resultados observados neste estudo sinalizam um comportamento do crambe que podem subsidiar a elaboração de estudos futuros sobre o tema aqui abordado.

Conclusão

As doses crescentes de nitrogênio e enxofre, bem como suas interações, aplicadas ao solo não apresentaram um comportamento bem definido nos parâmetros avaliados das plantas de crambe cultivadas sob condições de casa de vegetação.

As maiores doses de nitrogênio provocaram os menores teores de óleo nos grãos de crambe. Para os parâmetros altura e peso de plantas, as doses 40 kg/ha de N e 15 kg/ha de S e 80 kg/ha de N e 60 kg/ha de S foram as que apresentaram maiores valores, respectivamente.

Referências

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16. ed. 2v. Washington: AOAC, 1995.
- FARAHBAKHSH, H.; PAKGOHAR, N.; KARIMI, A. Effects of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, yield components and oil content of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences, v.5, p.112-115, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FIORINI, I. V. A.; PIHO, R. G.; PEREIRA, H. D.; PIRES, L. P. M.; FIORINI, F. V. A.; RESENDE, E. L. Acúmulo de matéria seca, clorofila e enxofre foliar em milho adubado com diferentes fontes de enxofre. Journal of Bioenergy and Food Science, v.4, n.1, p.1-11, 2017.
- INSTITUTO DA POTASSA E FOSFATO. Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: Potafos, 1998. 177p.
- JAMAL, A.; MOON, Y. S.; ABDIN, M. Z. Sulphur -a general overview and interaction with nitrogen. Australian Journal of Crop Science, v.4, n.7, p.523-529, 2010.
- KHAN, N.; JAN, A.; KHAN, I. A.; KHAN, N. Response of canola to nitrogen and sulphur nutrition. Asian Journal of Plant Sciences, v.1, n.5, p.516-518, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição de capim braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. Boletim de Indústria Animal, v.60, n.1, p.1-10, 2003.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe 2010. Maracajú: Fundação MS, 2010. 60p.
- SAMPAIO, M. L.; BARZAN, R. R.; FREGONEZI, G. A. F. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do crambe em casa de vegetação. Revista de Agricultura, v.91, n.2, p. 165-173, 2016.
- SONUNE, B. A.; NAPHADE, P. S.; KANKAL, D. S. Effect of zinc and sulphur on protein and oil content of soybean. Agricultural Science Digest, v.21, n.4, p.259-260, 2001.

- SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ÍTAVO, L. C. V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- SOUZA, R. S.; CHAVES, L. H. G. Crescimento e produção do crambe submetido a doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Espacios*, v.38, n.8, p.1-14, 2017.
- SOUZA, R. S.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; VASCONCELOS, A. C. F. Growth and production of crambe submitted to doses of nitrogen and potassium. *American Journal of Plant Sciences*, v.7, n.1, p.8-16, 2016.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; TITO, G. A. Crambe (*Crambe abyssinica*) cultivation under different levels of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium. *American Journal of Plant Sciences*, v.8, n.9, p.2031-2039, 2017.

CAPÍTULO 7

RENDIMENTO E QUALIDADE DO ÓLEO DE PINHÃO MANSO EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL

Josely Dantas Fernandes
Lúcia Helena Garófalo Chaves

Introdução

O esgotamento gradual das reservas mundiais de petróleo, além desse combustível fóssil ser considerado como poluidor afetando o meio ambiente, necessita urgentemente de encontrar fontes alternativas de energia como biocombustíveis adequados para uso em motores diesel. Em vista disso, o óleo vegetal obtido a partir de soja, mamona, girassol, algodão, milho, palma, pinhão manso e outros é uma alternativa promissora, uma vez que é renovável, menos poluente, com características físico-químicas semelhantes ao seu concorrente fóssil, e as culturas oleaginosas são facilmente produzidas em áreas rurais. Da mesma forma é importante salientar que, o uso do biodiesel apresenta benefícios associados à redução dos gases de efeito estufa e de outros poluentes atmosféricos, tais como enxofre, além de promover redução do consumo de combustíveis fósseis. Em relação ao biodiesel do pinhão manso, pode-se obter uma redução de 55% na emissão de fuligem e 35% na liberação de hidrocarboneto (CARNIELLI, 2003).

O Brasil, por volta de 2004, iniciou um programa de óleo vegetal, para introduzir o biodiesel no mercado interno. A política deste programa foi baseada na produção regional de biodiesel, utilizando a tecnologia mais adequada e matéria-prima para cada região. Por exemplo, para os estados nordestinos da região semiárida, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) parecia ser uma alternativa de escolha, uma vez que, essa cultura é adaptável para as terras desta região e adequada para promover uma agricultura sustentável.

O pinhão manso é uma planta arbustiva pertencente à família Euphorbiaceae, a mesma da mandioca, mamona e seringueira, e que compreende aproximadamente 8000 espécies, com cerca de 320 gêneros. As plantas do gênero *Jatropha* contêm 160 espécies e apresentam valor medicinal, ornamental e algumas são produtoras de óleo, como é o caso da espécie *Jatropha curcas* L. (SUJATHA & DHINGRA, 1993).

Essa cultura, disseminada por diversas regiões do globo é adaptável a diferentes condições de clima e solo (FREIRE et al., 2009), é rústica, de fácil cultivo, fácil adaptação a áreas degradadas e tolerantes, no entanto, exigente em boa nutrição, em quase todas as etapas do seu ciclo de vida (SEVERINO et al., 2006). Segundo Openshaw (2000), a espécie está distribuída, principalmente, nas Américas, na África e em parte da Ásia, sendo largamente cultivada no México, Nicarágua, Tailândia e em partes da Índia; no Brasil é encontrada desde o Nordeste, Sudeste e até no Estado do Paraná (ARRUDA et al., 2004). O pinhão manso é encontrado desde o nível do mar até altitudes de aproximadamente 1000 m, porém se desenvolve melhor entre 200 e 800 m (SATURNINO et al., 2005); tolera temperaturas médias anuais entre 18 a 28,5°C; se desenvolve sob diferentes irradiações e baixa pluviosidade. Segundo Liang et al. (2007), a taxa fotossintética máxima obtida situa-se entre 9,8 e 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e sobrevive com apenas 200mm de chuva (KHEIRA & ATTA, 2009); entretanto, responde a um maior índice pluviométrico, até 1200mm por ano.

A principal matéria-prima do pinhão manso é o óleo bruto dos grãos podendo chegar a 1,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, do qual é produzido o biocombustível. Segundo Andrade (2016), por prensagem

mecânica das amêndoas, pode gerar em média 40% de óleo, rendendo de 50 a 52% de óleo quando extraído a base de solventes. Porém, estes teores podem variar de acordo com as características genéticas, tecnologia de produção e de extrações adotadas.

Um dos parâmetros importantes para a produção de biodiesel dentro das especificações estabelecidos pelos órgãos reguladores, é a escolha da matéria-prima, uma vez que, algumas dessas não apresentam propriedades adequadas para tal produção (RAMOS et al., 2003). Por isso, para garantir o sucesso da incorporação da matéria-prima na matriz energética, é necessário que esta matéria esteja dentro dos padrões de identidade, estabelecidos pela Instrução Normativa n. 49 (Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Óleos Vegetais Refinados- DOU de 26/12/2016, Seção I, Págin 140), que caracterizam os óleos vegetais, quais são: índice de acidez, índice de peróxido, índice de refração, índice de iodo, densidade relativa, cor e estabilidade oxidativa a 110°C.

A cultura constitui grande importância para a economia da região semiárida nordestina por ser geradora de ocupação e renda através da utilização do seu óleo na fabricação de biodiesel, evitando a evasão de divisas, fixando o homem no campo. Mas, para que isso ocorra, é necessário realizar pesquisas visando avaliar a melhor forma de adubação (mineral ou orgânica), a fim de garantir ganhos de produtividade e óleos com características físico-químicas adequadas para o mercado de produção de biodiesel.

A incorporação de materiais orgânicos ao solo, como por exemplo, lixo orgânico já decomposto e esterco bovino, afetam a dinâmica dos microrganismos, o que favorecem a disponibilidade de nutrientes às plantas (SEVERINO et al., 2005; SEVERINO et al., 2008). Esta incorporação promove mudanças nas características físicas, químicas e biológicas dos solos, aumentando, provavelmente, a produção das culturas. Para o cultivo de pinhão manso, Arruda et al. (2004) indicaram solos com altos teores de matéria orgânica, sendo recomendado o uso de adubação verde com leguminosas, pois estas fornecem rendimentos por unidade de área plantada, fixando o nitrogênio atmosférico e transferindo aos solos os nutrientes essenciais como fósforo, cálcio, enxofre e nitrogênio.

Objetiva-se, na presente pesquisa, avaliar a influência da adubação mineral e orgânica no pinhão manso visando o rendimento e a qualidade do seu óleo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de campo e de sequeiro na propriedade rural Jacaré, município de Remígio-PB, (latitude 6°53'00" Sul; longitude 36°02'00" W, com altitude de 470 m), no período de maio de 2007 a novembro de 2009. O clima é classificado, conforme Köppen, em As', quente e úmido com chuvas de outono-inverno, com pluviosidade média anual de 700mm e déficit acentuado durante quatro a cinco meses.

Antes da instalação do experimento, amostras de Neossolo Regolítico eutrófico foram coletadas, secas ao ar, passadas em peneira com malha de 2mm de abertura e caracterizadas química e fisicamente segundo os métodos adotados por Texeira et al. (2017), tendo apresentado os seguintes resultados: areia = 935,1 g kg⁻¹; silte = 30,1 g kg⁻¹; argila = 34,8 g kg⁻¹; pH (H₂O) = 6,17; Ca = 1,12 cmol_c kg⁻¹; Mg = 0,85 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,06 cmol_c kg⁻¹; K = 0,11 cmol_c kg⁻¹; Al = 0,16 cmol_c kg⁻¹; MO = 11 g kg⁻¹; P = 7,7 mg kg⁻¹.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consistiram nas seguintes fontes de adubação: F1- Testemunha absoluta (solo na sua condição natural de fertilidade); F2- Composto Orgânico I (12 kg/cova de composto orgânico formado por decomposição de vegetais); F3- Composto Orgânico II (12 kg/cova de composto orgânico formado por decomposição de vegetais enriquecidos com pó de rocha potássica, fosfática, pó de telha, e cinza); F4- Adubação mineral (em fundação: 40 g de N; 177,77 g de P₂O₅; 26,66 g de K₂O; 22,86 g de Zn; 82,05 g de Mg; 22,60 g de B; 16 g de Cu; 14,28 g de Mn, por cova; 45 dias após o plantio, realizou-se adubação nitrogenada aplicando 40 g de N/cova); F5- Adubação orgânica com esterco de curral curtido (12 kg/cova).

Como fonte de nutrientes utilizou-se o sulfato de amônia (NH₄)₂SO₄, superfosfato simples (SSP), cloreto de potássio (KCl) e sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O). O boro foi aplicado na forma

de tetraborato de boro (bórax) e os demais micronutrientes na forma de sulfato ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

O composto orgânico foi preparado em canteiros de alvenaria utilizando produtos orgânicos (hortaliças, frutas, bagaço de coco e vísceras de animais) provenientes da central de abastecimento (CEASA) do município de Campina Grande (PB). O esterco de curral e os compostos de lixo foram caracterizados quimicamente cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas dos compostos de lixo e do esterco bovino utilizados no experimento

Adubos orgânicos	Características químicas											
	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Fe	Mn	Cu
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
Composto de lixo I	9,12	4,82	7,05	0,89	17,61	2,67	0,45	5,6	73,23	8467	246	18,19
Esterco	8,23	2,7	11,95	0,74	10,56	3,86	0,45	5,49	44,93	3872	167	10,82
Composto de lixo II	8,92	7,37	7,05	1,01	21,13	3,37	0,42	3,83	75,05	10590	265	18,19

O plantio do pinhão manso foi realizado em 15/05/2007 com mudas de 5 meses de idade. O espaçamento entre plantas foi de 2,0 x 2,0 m em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m, correspondendo a 2.500 plantas/ha. A área total do experimento foi de 1.280 m². As parcelas experimentais foram constituídas por 16 plantas, contudo, apenas 4 plantas das 2 fileiras centrais numa área útil de 16 m² foram utilizadas para as avaliações fenológicas e de produção; durante a condução do experimento, as plantas daninhas foram controladas com capinas manuais.

Após a colheita nos 2 anos de cultivo, retirou-se de cada tratamento uma alíquota aproximadamente de 3 kg de grãos extraído-se o óleo dos mesmos através do método de prensagem a frio. O cálculo do rendimento foi obtido pela relação entre a quantidade de sementes que entraram na prensa, em grama, pela quantidade de óleo obtido por prensagem. Após a extração do óleo bruto o mesmo foi centrifugado para separação das impurezas como gomas (fosfatídeos hidratáveis), ceras e substâncias coloidais. Em seguida, iniciou-se o processo de análise do óleo de acordo com as normas da *American Oil Chemists Society* – AOCS (AOCS, 1985) caracterizando-o quanto ao índice de acidez, índice de saponificação, índice de iodo, viscosidade cinemática, densidade, teor de umidade e rendimento.

Índice de acidez

Em Erlenmeyer de 125mL foram colocados 2g de óleo e 25mL de solução neutra de éter etílico + álcool etílico (2:1), agitando-se até a completa diluição do óleo; duas gotas do indicador ácido/base fenolftaleína foram acrescentadas e em seguida procedeu-se a titulação com solução de NaOH 0,1N até o surgimento da coloração rósea. Com o valor do volume de NaOH gasto na titulação, foi calculado o índice de acidez pela Equação 1.

$$Ac = \frac{V \times f \times 5,61}{P} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: Ac = índice de acidez (mg de KOH/g de óleo); V = volume de NaOH gasto na titulação (ml); f = fator de correção da solução; 5,61 = equivalente-grama do KOH; P = peso da amostra (g).

Índice de saponificação

Em um Erlenmeyer foram pesados 2g da amostra, acrescentando após a pesagem 20mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4%. Em seguida, o Erlenmeyer foi acoplado a um condensador de refluxo onde a solução foi aquecida até ebulição branda, durante 30 minutos. Logo após, 2 gotas de indicador fenolftaleína foram adicionadas, a titulação foi realizada com a solução ainda quente com ácido clorídrico 0,5N até o desaparecimento da cor rosa. O cálculo para determinação do índice de saponificação é baseado na Equação 2.

$$IS = \frac{V \times f \times 28}{P} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde: IS = é índice de saponificação; V = é a diferença entre o volume (mL) do ácido clorídrico 0,5N gastos na titulação; f = é o fator de ácido clorídrico 0,5N; P = é a massa (g) da amostra.

Índice de iodo

Para a determinação do índice de iodo aplicou-se a metodologia preconizada pela AOCS (1985). O índice de iodo (gramas de iodo/100g de óleo) foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$I = \frac{(B-A) \times f \times 1,27}{m} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde: I = é o índice de iodo; B = n.º. de mL de solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L gasto na titulação do branco; A = n.º. de mL de solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L gasto na titulação da amostra; f = fator da solução de tiosulfato de sódio 0,1 mol/L; m = massa da amostra em gramas; 1,27 = centiequivalente do Iodo.

Viscosidade

A viscosidade cinemática das amostras foi medida em viscosímetro tipo Cannon-Fenske de número 150 na temperatura de $100,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ para a mamona, mantida constante por um banho termostatzado, conforme a norma ASTM D 445.

Densidade

A densidade relativa ($20^\circ\text{C}/4^\circ\text{C}$) das amostras foi determinada segundo as normas ASTM D 1298, D - 4052 ou NBR 7148, utilizando-se um densímetro digital DA - 110M fabricado pela Mettler Toledo. Após a calibração do equipamento com água destilada, mediu-se 50mL de amostra e preencheu-se a célula do densímetro para fazer-se a leitura realizada diretamente no visor do equipamento a 20°C em g/cm^3 .

Teor de umidade

O teor de umidade se baseou no método de estufa a 105°C com o material sendo desidratado por 1 hora.

Rendimento de óleo

O rendimento de óleo em kg planta^{-1} foi estimado a partir dos valores da produtividade de grãos e do percentual de óleo das sementes de cada repetição de acordo com a Equação 4.

$$RO = \frac{PTG \times PO}{100} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde: RO = Rendimento de óleo (kg planta^{-1}); PTG = Produtividade total de grãos (kg planta^{-1}); PO = Percentual de óleo das sementes.

Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância e a comparação entre médias pelo teste de Tukey (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

As fontes de adubação utilizados neste experimento apresenta efeito significativo no rendimento do óleo, índice de acidez, umidade e viscosidade de óleo (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância das características rendimento (REND), acidez (ACI), índice de iodo (ID), índice de peróxido (IP), índice de saponificação (IS), umidade (U), viscosidade (VIS) e densidade (DEN) do óleo de pinhão manso

FV	Quadrado médio							
	REND	ACI	ID	IP	IS	U	VIS	DEN
Fonte de adubação	6,636**	0,486**	12,95 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,0089**	0,432*	0,00 ^{ns}
Erro	0,091	0,002	25,57	0,00	4,67	0,0006	0,057	0,00
CV (%)	1,20	3,95	5,25	0,00	1,10	17,55	0,68	0,00
Média geral	25,26	1,13	96,27	0,00	197,01	0,1430	35,45	0,92

* Significativo ($p < 0,05$); ** Significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo.

O maior rendimento de óleo é obtido nos grãos do pinhão manso adubado com composto de lixo II (F3), em média de 27,58%, seguindo das fontes de adubação composto de lixo I (F2) (24,76%), mineral (F4) (25,63%) e esterco bovino (F5) (25,75%); o pior rendimento de óleo é observado na testemunha (22,57%), ou seja, nos grãos das plantas não adubadas (F1) (Figura 1A). Estes resultados estão dentro do esperado, uma vez que, Teixeira (1987) encontrou rendimentos variando entre 26,22% a 35,69% e Oliveira et al. (2009) utilizando o solvente *n*-hexano em um extrator Soxhlet, obtiveram um rendimento de 31,6%.

É importante ressaltar que, a extração do óleo foi realizada via mecânica (prensagem), utilizando grãos inteiros. Esta informação é relevante uma vez que, o rendimento do óleo dependerá da parte considerada, ou seja, para o pinhão manso, o teor de óleo é de aproximadamente 38,1% nas sementes e 60,8% no albúmen (FCTMG, 1983). Assim, a relação albúmen/casca deverá ser levada em consideração. Neste trabalho, os grãos de pinhão manso selecionados para a extração, possuem, em média, 61,86% de albúmen e 38,14% de casca.

Os índices de acidez do óleo do pinhão manso, em relação aos tratamentos F1, F2, F3, F4 e F5, apresentam os valores 0,35; 1,67; 1,12; 1,12 e 1,40 mg KOH g⁻¹, respectivamente, tendo diferença significativa entre estes valores (Figura 1B). Com exceção da fonte F1 (ausência de adubação), estes valores são superiores ao mensurado pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC (1998), 0,96 mg KOH g⁻¹, no entanto, menores que 4,49 mg KOH g⁻¹, 4,16 mg KOH g⁻¹ e 20,4 mg KOH g⁻¹ para o óleo degomado, encontrados por Alves e Serra (2010), Marques et al. (2010) e Oliveira et al. (2010), respectivamente. O tipo da extração de óleo influencia no índice de acidez, por exemplo, segundo Pereira et al. (2011), onde encontraram para óleo de pinhão manso valores médios de 1,8 e 15,1 mg KOH g⁻¹ extraídos por prensa e com hexano, respectivamente.

O óleo do pinhão manso, do presente trabalho, produz um biodiesel de alta qualidade, uma vez que, para isso ocorrer, recomenda-se o uso de óleos com índice de acidez abaixo de 2 (ZAGONEL, 2005). O índice de acidez elevado influencia na hidrólise do biodiesel e na oxidação, e pode catalisar reações intermoleculares dos triacilglicerídeos (SOUZA et al., 2009).

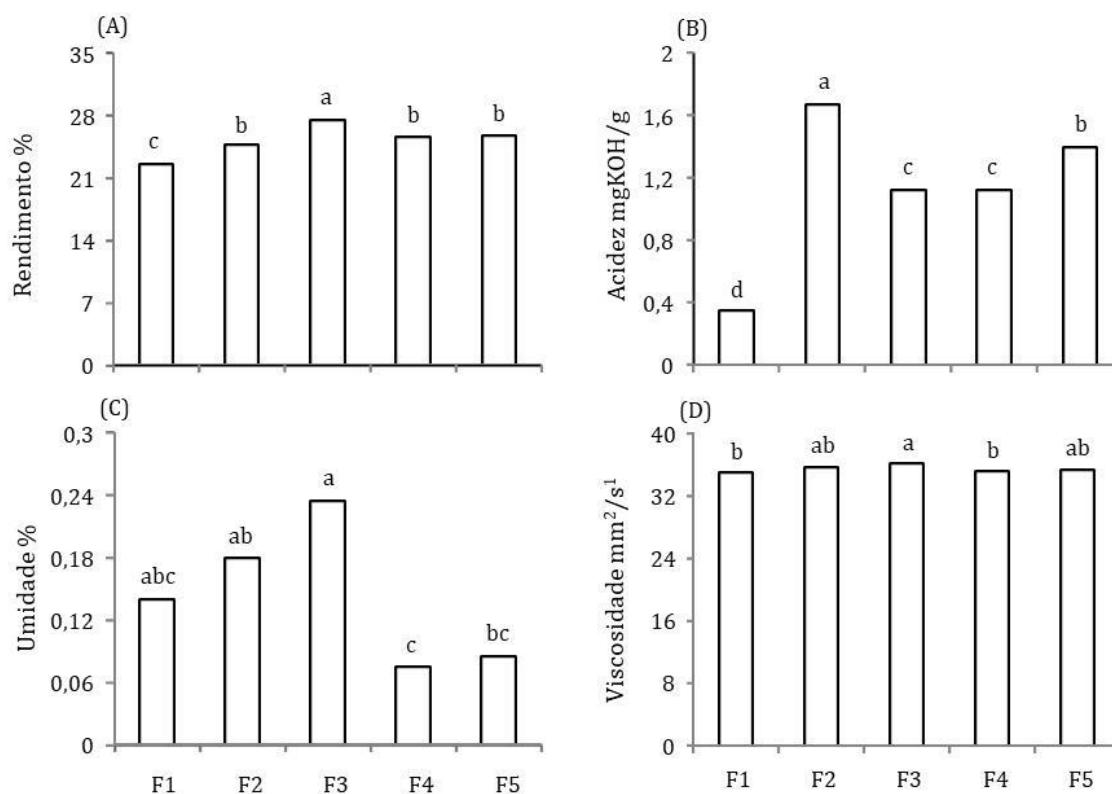


Figura 1. Rendimento (A), Índice de acidez (B), Umidade (C) e Viscosidade do óleo de pinhão manso (D) em função das fontes de adubação, ausência de adubo (F1), composto orgânico I (F2); composto orgânico II (F3); adubo mineral (F4) e esterco bovino (F5).

O óleo extraído dos grãos de pinhão manso apresenta os menores valores de umidade com a aplicação do fertilizante mineral (F4), 0,075%, esterco bovino (F5), 0,085% e ausência de adubo (F1), 0,14%, e as maiores médias com o composto de lixo I (F2), 0,18% e lixo II (F3), 0,23% (Figura 1C). Contudo, todos os valores da umidade do óleo estão acima do valor 0,052% (OLIVEIRA et al., 2009) e abaixo do valor encontrado por Penha et al. (2007), de 0,37% e abaixo da exigência máxima permitida, proporcionando, conseqüentemente, a produção de biodiesel por transesterificação.

A viscosidade cinemática é uma propriedade fluidodinâmica que expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade; valores adequados de viscosidade proporcionam um funcionamento adequado do sistema de injeção e bomba de combustível (ASTM D445, 2001). Analisando o óleo de pinhão manso, percebe-se que, o composto de lixo II (F3) proporciona o maior valor de viscosidade a 40°C ($36,10 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$), diferindo estatisticamente em nível de 5% de probabilidade das médias obtidas com a utilização das fontes F1 (ausência de adubação) ($34,97 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$) e F4 (adubo mineral) ($35,08 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$). Nos demais tratamentos F2 e F5, apresentam os seguintes valores de viscosidade $35,73$ e $35,37 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, respectivamente (Figura 1D). Esses valores de todos os tratamentos são encontrados na faixa padrão de viscosidade, ou seja, de $37,00$ a $54,80 \text{ cSt}$ (ACHTEN et al., 2008) e foram semelhantes a $30,98 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, $30,68$ e 33 cSt , encontrados por Penha et al. (2007), Oliveira et al. (2009) e Oliveira et al. (2010), respectivamente.

O índice de iodo revela o número de insaturações das gorduras extraídas com éter de uma determinada amostra, ou ainda, o grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na gordura. Quanto maior o índice de iodo, mais susceptível é o óleo à oxidação (RAMOS et al., 2003; KNOTHE, 2002; KYRIAKIDIS & KATSILOULIS, 2000).

Neste trabalho, as fontes de adubação não influenciam significativamente no índice de iodo do óleo do pinhão manso, como pode ser observado na Figura 2A, apresentando os valores $94,77$; $96,83$; $100,32$; $93,69$ e $95,73 \text{ gI}_2/100\text{g}$, correspondentes aos tratamentos F1, F2, F3, F4 e F5,

respectivamente, corroborando com Pereira et al. (2011) e Andrade (2016). Esses valores são semelhantes em relação aos níveis de instauração dos ácidos graxos, tais como, o ácido oleico e o ácido linoleico. Tais ácidos são responsáveis por 77,5% da composição deste óleo (AKBAR et al., 2009).

Os óleos do pinhão manso obtidos com todas as fontes de adubação são propícios para a produção de biodiesel, uma vez que, os valores do índice de iodo, presentes neste trabalho, são menores do que 115 gI₂ por 100 g da amostra (valor máximo para ser utilizado como combustível).

As médias do índice de saponificação, acima do índice recomendado, 189 mg KOH/g, não diferem significativa entre fontes de adubação (Figura 2B), cujos valores, correspondentes aos tratamentos F1, F2, F3, F4 e F5, são 196,6; 197,4; 196,1; 197,1 e 197,7 mg KOH/g, respectivamente. Estes valores são maiores que 182 e 176,31 mg KOH/g, observados por Alves e Serra (2010) e Marques et al. (2010), respectivamente.

Os valores de densidade não apresentam diferenças significativas entre os tratamentos estudados, apresentando com todos eles, valor de 0,92 kg/dm³ (Figura 2C), corroborando com Andrade (2016). O fato de não haver grandes modificações nos valores de densidade do óleo, em função de diferentes tratamentos, é por que este óleo apresenta densidades semelhantes à de seus ésteres metílicos (PORTELA, 2011). Os valores de densidade do óleo de pinhão manso estão dentro da faixa do padrão DIN 51605 (SCHOLZ & SILVA, 2007) e foram semelhantes a 0,9215 g/cm³ observado por Oliveira et al. (2009).

De acordo com a caracterização química dos compostos orgânicos utilizados neste experimento (Tabela 1), o composto de lixo II (T3) é o que apresenta maior teor de fósforo. Isto é um fato importante, uma vez que, este elemento tem efeito positivo, não só nos parâmetros de crescimento da mamoneira, mas também no teor de óleo de suas sementes (SEVERINO et al., 2006) e nos parâmetros físico-químicos do óleo como tem sido mostrado nos dados do presente experimento.

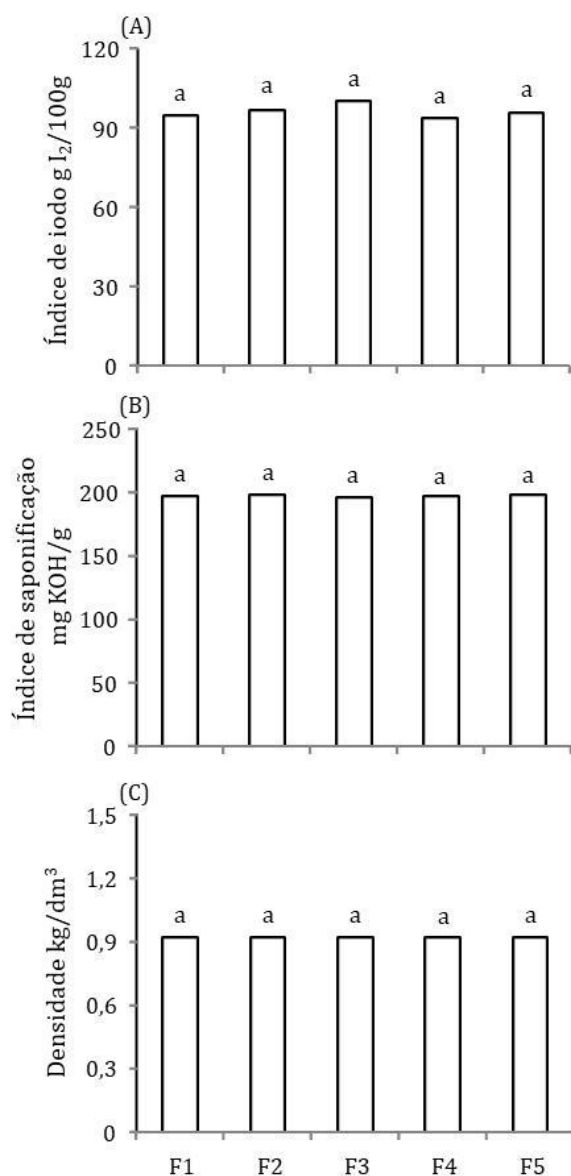


Figura 2. Índice de iodo (A), índice de saponificação (B) e densidade do óleo de pinhão manso (C) em função das fontes de adubação, ausência de adubo (F1), composto orgânico I (F2); composto orgânico II (F3); adubo mineral (F4) e esterco bovino (F5).

Conclusão

Quanto aos parâmetros físico-químicos analisados, independente da fonte de adubação, o óleo do pinhão manso atendeu as especificações da American Oil Chemists Society.

O maior rendimento de óleo foi verificado com a utilização do composto orgânico II (27,58%) (F3).

Referências

- ACHTEN, W. M. J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y. J.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, v.32, n.12, p.1063-1084, 2008.
- AKBAR, E.; YAAKOB, Z.; KAMARUDIN, S. K.; ISMAIL, M.; SALIMON, J. Characteristic and composition of *Jatropha curcas* oil seed from Malaysia and its potential as biodiesel feedstock. *European Journal of Scientific Research*, v.29, n.3, p.396-403, 2009.
- ALVES, M. A. B.; SERRA, J. C. V. Caracterização físico-química de óleo de pinhão manso cultivado no estado do Tocantins. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4, Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Anais Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010.

p.1835-1839.

ANDRADE, I. P. S. Influência da irrigação e da adubação nitrogenada na produção e qualidade do óleo das sementes de pinhão-manso. 158f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2016.

AOCS. American Oil Chemists Society. Official and Tentative Methods. 3ª ed., Chicago, v.1, 1985.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. Revista de Oleaginosas e Fibras, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

ASTM D 445. Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity). Annual Book of ASTM Standards, v.05, n.1, p.185-193, 2001.

CARNIELLI, F. O combustível o futuro. 2003. Disponível em <https://www.ufmg.br/boletim/boll413/quarta.shtml>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FREIRE, L. M. S.; BICUDO, T. C.; ROSENHAIM, R.; SINFRÔNIO, F. S. M.; BOTELHO, J. R.; CARVALHO FILHO, J. R.; SANTOS, I. M. G.; FERNANDES Jr., V. J.; ANTONIOSI FILHO, N. R.; SOUZA, A. G. Thermal investigation of oil and biodiesel from *Jatropha curcas* L. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v. 96, n. 3, p.1029-1033, 2009.

FCTMG. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Programa Energia: produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Belo Horizonte: CETECMG, 1983. 152p.

KHEIRA, A. A. A.; ATTA, N. M. M. Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit: yield, water use efficiency and oilseed characteristics. Biomass and Bioenergy, v.33, n.10, p.1343-1350, 2009.

KNOTHE, G. Structure indices in FA chemistry. How relevant is the iodine value? Journal of the American Chemical Society, v.79, n.9, p.847-853, 2002.

KYRIAKIDIS, N. B.; KATSILOULIS, T. Calculation of iodine value from measurements of fatty acid methyl esters of some oils: comparison with the relevant American Oil Chemists Society method. Journal of the American Chemists' Society, v.77, n.12, p.1235-1238, 2000.

LIANG, Y.; CHEN, H.; TANG, M. J.; YANG, P. F.; SHEN, S. H. Response of *Jatropha curcas* seedlings to cold stress: photosynthesis-related proteins and chlorophyll fluorescence characteristics. Physiologia Plantarum, v.131, n.3, p.508-517, 2007.

MARQUES, C. S.; QUEIROZ, M. G. N.; SILVA, D. N. Avaliação do óleo obtido do alúmen de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) extraído com ciclo-hexano. In: Fórum de Ensino, 10, Seminário de Pesquisa, 11, Semana da Extensão, 5, Seminário de Iniciação Científica, 9, Semana de Gestão, 2, Encontro da UAB, 2, 2010, Montes Claros. Anais....Montes Claros, 2010. p.7-12.

OLIVEIRA, A. D.; PACHECO FILHO, J. G.; STRAGEVITCH, L.; CARVALHO, R. S. L.; BARROS, I. S. Biodiesel do óleo de pinhão manso degomado por esterificação. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4, Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Anais....Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.36-40.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; LINHARES, P. C. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. Revista Caatinga, v.22, n.1, p.206-211, 2009.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: na oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy, v.19, n.1, p.1-15, 2000.

PENHA, M. N. C.; SILVA, M. D. P.; MENDONÇA, K. K. M.; BRANDÃO, K. S. R.; MACIEL, A. P.; SILVA, F. C. Caracterização físico-química da semente e óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) cultivado no Maranhão. In: Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel, 2, 2007, Brasília. Anais... Brasília: MCT/ABIPTI, 2007. CD-ROM.

PEREIRA, C. S. S.; COELHO, G. L. V.; MENDES, M. F. Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Revista de Ciências da Vida, v.31, n.2, p.57-68, 2011.

PORTELA, F. M. Efeito da catalise ácida e alcalina na produção e propriedades físico-químicas do biodiesel metílico de pinhão-manso. 75f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2011.

RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUČEK, K. T.; WILHELM, H. M. Biodiesel: um projeto de

- sustentabilidade econômica e socioambiental para o Brasil. *Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento*, v.31, p.28-37, 2003.
- SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão. *Informe Agropecuário*, v.26, n.229, p.44-78, 2005.
- SCHOLZ, V.; SILVA, J. N. Óleo de mamona como combustível: fatos, perspectivas e riscos. *Engenharia na Agricultura*, v.15, n.2, p.168-172, 2007.
- SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.5, n.1, p.1-6, 2005.
- SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.4, p.563-568, 2006.
- SEVERINO, L. S.; LIMA, L. S.; RODRIGUES, L. Crescimento e teor de macronutrientes em mudas de mamoneira cultivadas em cinco substratos orgânicos. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v.8, n.1, p.120-125, 2008.
- SOUZA, C. D. R.; CHAAR, J. S.; SOUZA, R. C. R.; JEFFREYS, M. F.; SOUZA, K. S.; COSTA, E. J. C.; SANTOS, J. C. Caracterização físico-química das misturas binárias de biodiesel e diesel comercializados no Amazonas. *Acta Amazônica*, v.39, n.2, p.383-387, 2009.
- SUJATHA, M.; DHINGRA, M. Rapid plant regeneration from various explants of *Jatropha integerrima*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v.35, n.3, p.293-296, 1993.
- TEIXEIRA, J. P. F. Teor e composição do óleo de sementes de *Jatropha spp.* *Bragantia*, v.1, n.46, p.151-157, 1987.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- ZAGONEL, G. F. Obtenção e caracterização de biocombustíveis a partir da transesterificação etílica em meio alcalino. 95f. Dissertação (Mestrado em química orgânica). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

CAPÍTULO 8

ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO NOS COMPONENTES DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA CHIA (*Salvia hispanica* L.)

Lúcia Helena Garófalo Chaves
Ramara Sena de Souza
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos
Antônio Ramos Cavalcante
Leandro Fabrício Sena

Introdução

Com o aumento da expectativa de vida dos brasileiros e ao mesmo tempo o crescente aparecimento de doenças crônicas, está havendo uma preocupação maior, por parte da população com a alimentação, e principalmente com a alimentação saudável. Neste contexto, surgem os alimentos funcionais que fazem parte de uma nova concepção de alimentos, lançada pelo Japão na década de 80, através de um programa de governo que tinha como objetivo desenvolver alimentos saudáveis para uma população que envelhecia e apresentava uma grande expectativa de vida (ANJO, 2004). Os alimentos funcionais são aqueles que, além de oferecer os nutrientes tradicionalmente conhecidos, quando consumidos como parte da dieta usual, produzem efeitos benéficos à saúde e à redução do risco de doenças crônicas degenerativas, como câncer e diabetes, entre outras, devido os componentes bioativos nestes alimentos. Por isso, tem sido aumentado o desenvolvimento e o consumo dos alimentos funcionais (CARDOSO & OLIVEIRA, 2008).

Nesta perspectiva, a semente da chia (*Salvia hispanica* L.) ganha destaque e se constitui um alimento funcional recomendado pelos nutricionistas, dadas suas propriedades tais como, elevado valor nutricional com alto conteúdo de cálcio, ácido α -linolênico (ômega-3) e linoleico (ômega-6), antioxidantes, fibra dietética e proteína (PEIRETTI & GAI, 2009). Além disso, as sementes de chia são promissoras como fontes de antioxidantes, devido à presença de polifenóis (REYES-CAUDILLO et al., 2008; COELHO et al., 2014).

A chia, é uma planta pertencente à família das Lamiáceas, originária da região que se estende do centro-oeste do México até o norte da Guatemala. No período Pré-Colombiano, era um dos principais alimentos básicos utilizados pelas civilizações que habitavam a América Central, ficando atrás apenas do milho e do feijão (AYERZA & COATES, 2004). Em sua etimologia, a palavra 'chia', que é derivada do nahuatl *chian*, significa oleoso (BUSILACCHI et al., 2013).

Em relação aos seus aspectos morfológicos, a planta da chia varia de 1 a 2 m de altura, possuindo folhas simples e largas com ramificação oposta, de 8 a 12 cm de comprimento e 4 a 7 cm de largura; formato de lâmina oval-elíptica, pecíolo curto, pubescente, com de 1 a 3 cm no topo da planta, e 5 a 7 cm nos ramos inferiores. Ambas as epidermes da folha apresentam tricomas glandulares. Além disso, a presença de óleos essenciais nas folhas atua como repelente aos insetos, o que reduz o uso de produtos químicos na proteção dos cultivos (POZO, 2010). As flores são encontradas nas extremidades dos ramos nas inflorescências, são hermafroditas, de coloração roxa e branca, pequenas (3-4mm) com pequenas pétalas, estando parte fundida, o que contribui para uma alta taxa de autofecundação, (CAHILL & PROVANCE, 2002). As sementes de chia possuem em média um comprimento entre 1 e 2mm, uma largura de 1,4 a 0,83mm e uma espessura de 1,32 a 0,81mm. A planta produz sementes de cores variadas, que são geralmente

acinzentadas, brancas e pretas, com manchas irregulares. Comercialmente, a chia apresenta uma mistura das três sementes, embora seja possível a aquisição de cada cor de forma separada (IXTAINA et al., 2008; DI SAPIO et al., 2012).

O uso da chia com diferentes finalidades e em diversos países, como no Brasil, persiste até hoje, entretanto as origens do cultivo e o processo de domesticação ainda são desconhecidas (CAHILL, 2003). Da mesma forma, pouco se sabe sobre as características agrônômicas da mesma, principalmente a respeito da exigência nutricional e recomendação de adubação desta cultura. As poucas recomendações encontradas para um manejo adequado de adubação no cultivo da chia são baseadas em experiência de cultivo em outros países, os quais possuem diferentes condições climáticas e edáficas.

Na Argentina, por exemplo, faixas entre 15 a 45 kg de nitrogênio e 37 kg de fósforo são aplicados por hectare, embora cultivos mais recentes já utilizam quantidades maiores que 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (POZO, 2010). Estudos realizados, também na Argentina, consideram que o cultivo da chia exige 20 ppm de fósforo e 150 ppm de potássio disponível no solo (AYERZA, 2012, citado por HERRERA, 2014). Sobre isso, um estudo técnico feito no Chile constatou que, as necessidades nutricionais de crescimento da chia correspondem a 51, 53 e 60 unidades de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente (DE KARTZOW, 2013). No México são aplicados 68 kg de nitrogênio (AYERZA & COATES, 2006). Em outros países, como a Nicarágua, é realizada a adubação nitrogenada em cobertura parcelada em três épocas distintas, aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura, utilizando formulações balanceadas como o fertilizante NPK 15-15-15 (MIRANDA, 2012).

Dentre os macronutrientes, o potássio (K) é essencial e necessário para o plantio das culturas, inclusive da chia. Esse elemento regula e participa de muitos processos essenciais, tais como fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, absorção de água do solo, atividades enzimáticas, formação de amido e síntese proteica. Além disso, o K está envolvido também nos mecanismos de defesa das plantas a pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006).

Entretanto, para a cultura de chia, ainda são poucas as informações existentes na literatura sobre os requerimentos nutricionais (BOCHICCHIO et al., 2015). Em estudo conduzido por Souza e Chaves (2017), foi avaliado o crescimento inicial de chia submetido a adubação com doses de nitrogênio, fósforo e potássio, e foi observada a sua influência positiva no desenvolvimento de plantas de chia. Contudo, esses autores enfatizam a necessidade de mais estudos acerca da adubação da chia.

Neste sentido, considerando os fatos acima mencionados, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de potássio no crescimento e produção da chia.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de 23 de maio a 21 de agosto de 2017, conduzido em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'11" S; 35°53'31" W).

O solo utilizado no experimento foi proveniente do município de Lagoa Seca, PB, coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado em malha de 2,0mm e caracterizado química e fisicamente segundo os métodos adotados por Teixeira et al. (2017), 832,0 g kg⁻¹ de areia; 81,4 g kg⁻¹ de silte e 86,6 g kg⁻¹ de argila; pH (H₂O) = 5,6; Ca = 2,93 cmolc kg⁻¹; Mg = 2,26 cmolc kg⁻¹; Na = 0,10 cmolc kg⁻¹; K = 0,25 cmolc kg⁻¹; H + Al = 3,74 cmolc kg⁻¹; MO = 14,8 g kg⁻¹; P = 18,4 mg kg⁻¹.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 3 repetições e 6 tratamentos, doses crescentes de potássio (K), 0; 25; 50; 75; 100, e 125 kg ha⁻¹ de K, totalizando 18 unidades experimentais. Cada unidade experimental constou de um vaso plástico com 22 kg de solo, previamente seco, peneirado e misturado com 15 g de carbonato de cálcio (calagem do solo) permanecendo incubados por 20 dias, elevando o pH de 5,56 para 6,50. Após esse período, o solo foi misturado com os respectivos tratamentos e, na camada superficial do solo em cada unidade experimental foi aplicado 150g do substrato comercial Basaplant®, objetivando com isso uniformizar a germinação das sementes de chia.

De acordo com informações do fabricante, o substrato é constituído de 70% de casca de pinus triturada e compostada, 20% de turfa e 10% de vermiculita, com base em volume.

Vinte e cinco sementes de chia provenientes da empresa Vitalin Alimentos Ltda., adquiridas no comércio local, foram semeadas com 1 cm de profundidade e distribuídas equidistantemente. Aos 15 após o semeio (DAS) foi realizado o último desbaste restando com isso apenas uma planta por unidade experimental.

Durante todo o experimento o conteúdo de água no solo foi monitorado através de pesagem das unidades experimentais, mantendo-se o solo próximo a capacidade de campo calculada segundo método citado por Silva (2012). A irrigação foi realizada manualmente utilizando-se água proveniente de chuva, com condutividade elétrica igual a 0,02 dS m⁻¹.

Aos 50 DAS foram adicionadas 4kg ha⁻¹ de boro ao solo, e posteriormente aos 60 DAS foi realizada uma aplicação foliar de micronutrientes na concentração de 2g/l.

Durante o crescimento das plantas foram avaliadas a cada 10 dias, dos 20 aos 60 DAS as seguintes variáveis: Altura da Planta (AP) mensurada em centímetros, com uma trena, medindo-se a distância do solo até o ápice da planta; Diâmetro do Caule (DC) a leitura foi realizada com um paquímetro digital, em milímetros, aproximadamente 5 centímetros acima do solo; Número de Folhas (NF) determinado contando-se as folhas de cada planta; Número de Inflorescências (NI) determinado contando-se as inflorescências das plantas de chia a partir da data do surgimento, ou seja, a partir dos 40 DAS.

Após a colheita, aos 90 DAS, as partes das plantas foram levadas à estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 60°C até atingir peso constante, sendo com isso, definidas as seguintes variáveis de produção: Massa Seca das Folhas (MSF); Massa Seca do Caule (MSC); Massa Seca das Inflorescências (MSI); Massa Seca das Raízes (MSR); e Peso das Sementes por Planta (PSP): peso das sementes colhidas de cada planta após a secagem da inflorescência.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' a 0,05 e 0,01 de probabilidade, com auxílio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), e no caso de significância, realizou-se análise de regressão polinomial.

Resultado e Discussão

O ciclo da *Salvia hispanica* L. iniciou-se com a emergência das plântulas ao terceiro dia após o semeio (DAS); um crescimento lento nos primeiros 30 DAS corroborando com Waisle (2013) e Zanatta et al. (2016), seguido de um aumento e, posteriormente, uma estabilização, que pode ser explicada pelo início da fase reprodutiva, na qual os fotoassimilados é direcionada para o desenvolvimento reprodutivo e não para o crescimento vegetativo (ZANATTA et al., 2016). Na Figura 1 observa-se os registros fotográficos da cultura de chia aos 03; 20; 30 e 60 dias após a germinação (DAG).



Figura 1. Registros fotográfico da cultura da chia aos 0 (A), 20 (B), 30 (C) e 60 (D, E, F) dias após a germinação. Fonte: Souza (2018).

O potássio desempenha papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais, pois atua como ativador de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (ARAÚJO et al., 2011), exercendo influência sobre o crescimento em altura das plantas. Entretanto, a adubação potássica no plantio da chia tem efeito significativo na altura das plantas somente até aos 30 DAS,

ou seja, no início do ciclo da cultura, sendo que a partir desta data, o crescimento é lento (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC) da chia em função das doses crescentes de potássio ao longo do tempo (de 20 a 60 DAS)

Fonte de Variação	GL	Altura da Planta (AP)					Diâmetro Caulinar (DC)				
		Dias após a semeadura					Dias após a semeadura				
		20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
K	6	**	**	ns	ns	ns	**	*	**	**	**
Linear	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	**
Quadrática	1	**	**	ns	ns	ns	**	**	*	**	**
Desvio	12	4,4	22,6	215,3	351,7	394,8	0,5	1,0	0,9	0,9	1,1
CV	%	11,1	10,6	17,1	19,6	20,4	12,0	11,4	9,2	8,8	9,7

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ns: não significativo.

O comportamento da altura de plantas em função das doses de potássio (0, 25, 50, 75, 100, 125 kg ha⁻¹), aos 20 e 30 DAS, apresenta-se polinomial crescente (Figura 2), atingindo alturas máximas de 21,9 cm, com 66,6kg ha⁻¹ de K e 50,3 cm, com 68,4kg ha⁻¹ de K, respectivamente. Comparando estas alturas com aquelas das plantas sem adubação potássica (0kg ha⁻¹), 14,8 cm e 36,3 cm, mostra que há um aumento em torno de 48 e 39%, respectivamente, aos 20 e 30 DAS.

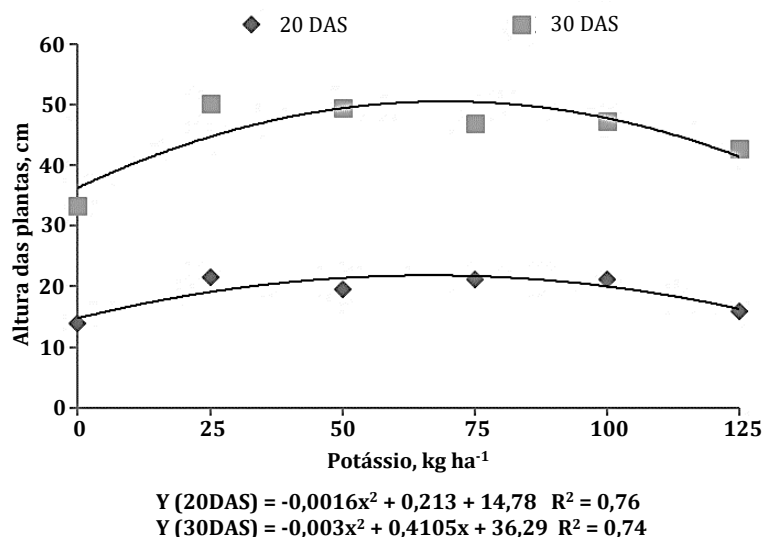


Figura 2. Altura da planta (AP) em função das doses crescentes de potássio aos 20 e 30 dias após o semeio.

Apesar de haver um aumento em torno de 88 e 83%, comparando as melhores doses com a maior dose de K (125 kg ha⁻¹), aos 20 e 30 DAS, há uma diminuição nas alturas das plantas em torno de 25 e 19%, respectivamente, mostrando que, mesmo aplicando no cultivo da chia quantidades maiores de potássio, isso não provoca diferenças relevantes no crescimento das plantas. Segundo Bataglia (2005), quando se disponibiliza doses excessivas de K para as plantas, ocorre uma redução no seu crescimento.

Os diâmetros caulinares sofrem influência significativa a 1% de probabilidade em todas as avaliações, exceto aos 30 DAS quando ocorre ao nível de 5% (Tabela 1). Os valores são melhores ajustados às equações do tipo quadráticas conforme apresentado na Figura 3. Coelho et al. (2007) afirmam que, o diâmetro do caule é uma característica de pouca relevância, todavia, apresenta função importante no suporte da arquitetura das plantas diminuindo os índices de acamamento e favorecendo a colheita mecanizada, além de ter função no armazenamento e repartição diferencial de fotoassimilados pelos diferentes órgãos da planta.

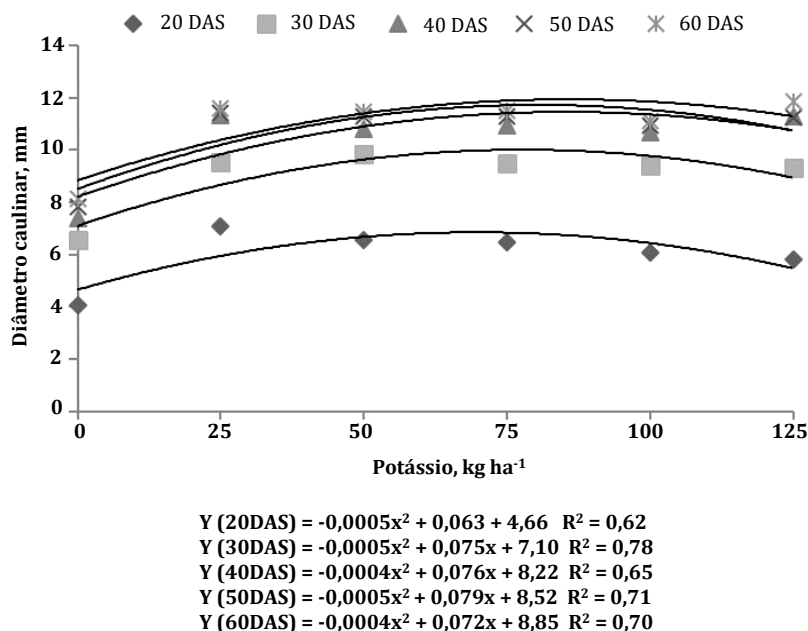


Figura 3. Diâmetro caulinar (DC) em função das doses crescentes de potássio aos 20; 30; 40; 50 e 60 dias após o semeio.

De acordo com as equações na Figura 3, é possível notar que, os maiores valores de diâmetro caulinar das plantas da chia são 6,6, 9,9, 11,83, 11,64 e 12,09mm correspondentes a 63; 75; 95; 79 e 90 kg ha⁻¹, aos 20; 30; 40; 50 e 60 DAS, respectivamente. Observa-se que há acréscimos de 42; 39; 44; 37 e 37% quando se compara as doses acima citadas com as da testemunha (0 kg ha⁻¹). Entretanto, os diâmetros caulinares das plantas que receberam a maior dose de potássio, 125 kg ha⁻¹, em relação as melhores doses deste elemento, são pouco expressivos, ou seja, há uma diminuição em torno de 28; 12; 3; 9 e 4%, aos 20; 30; 40; 50 e 60 DAS, atingindo 4,72; 8,66; 11,47; 10,58 e 11,6mm corroborando com Araújo et al. (2011). Estes autores utilizando doses entre 0 a 150 kg ha⁻¹ de potássio em manjerição (*Ocimum basilicum* L.), pertencente à mesma família da chia, constataram variações discretas para o diâmetro do caule e o comprimento da haste principal. Neste estudo foi delineado o modelo linear, caracterizado por decréscimos em função do aumento das doses de K.

O número de folhas é influenciado significativamente ($p < 0,05$) pelo aumento das doses de potássio somente aos 20, 30 e 40 DAS, ajustando-se a regressão quadrática (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis número de folhas (NF) e número de inflorescências (NI) da chia em função das doses crescentes de potássio ao longo do tempo (de 20 a 60 DAS)

Fonte de Variação	GL	Número de folhas (NF)					Número de inflorescências (NI)		
		Dias após a semeadura					Dias após a semeadura		
		20	30	40	50	60	40	50	60
K	6	*	*	*	ns	ns	*	ns	ns
Linear	1	ns	*	**	*	ns	**	*	*
Quadrática	1	**	*	*	ns	ns	*	ns	ns
Desvio	12	10,4	120,4	513,9	1598,9	3176,8	18,4	55,9	131,5
CV	%	22,5	21,5	19,9	24,2	27,8	22,1	18,7	19,8

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ns: não significativo.

Conforme as equações apresentadas na Figura 4, as plantas de chia adubadas com 65; 76,4 e 90,2 kg ha⁻¹ apresentam, em torno de 17; 59 e 134 folhas por planta, aos 20; 30 e 40 DAS, havendo um aumento de 71; 70 e 88% em relação a testemunha (0 kg ha⁻¹).

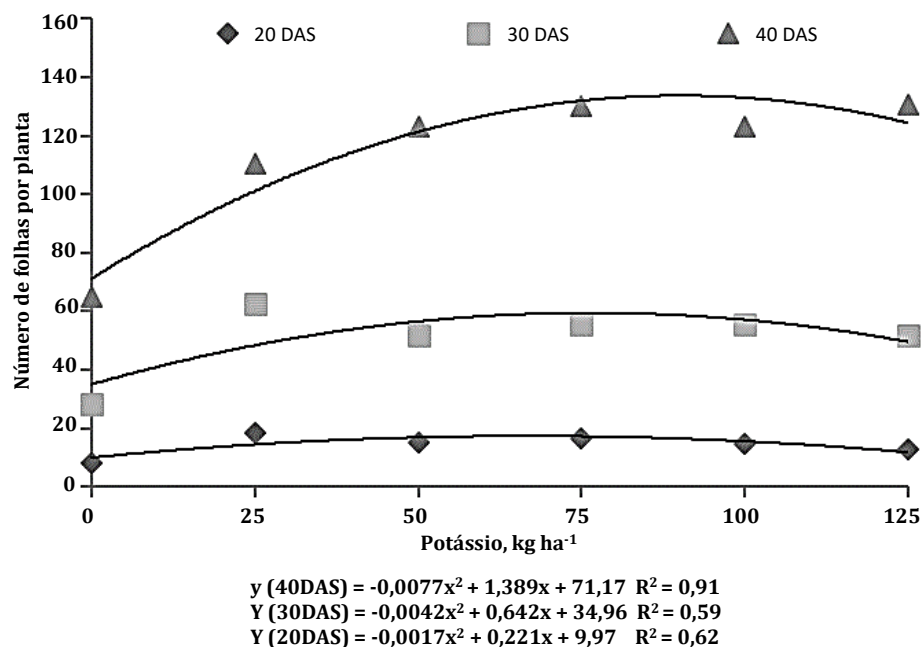


Figura 4. Número de folhas (NF) em função das doses crescentes de potássio aos 20; 30 e 40 dias após o semeio.

O número de inflorescência é influenciado significativamente ($p < 0,05$) pelo aumento das doses de potássio somente aos 40 DAS, ajustando-se a regressão quadrática (Tabela 2).

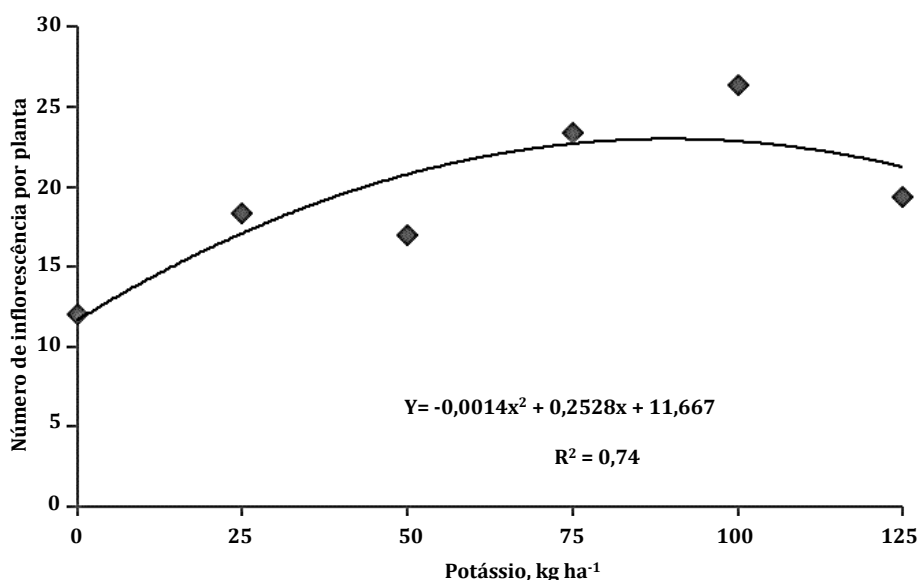


Figura 5. Número de inflorescências (NF) em função das doses crescentes de potássio.

O maior número de inflorescência, observado aos 40 DAS, é 23 por planta correspondente a 90,3 kg ha⁻¹ de potássio. A partir dessa dose, há uma diminuição do número de inflorescência.

Segundo Miranda (2012), o fechamento do dossel da cultura da chia ocorre aproximadamente entre 40 a 60 dias após a semeadura, dependendo das condições ambientais, como altitude, temperatura, intensidade solar e fotoperíodo. Na última coleta de dados, aos 60 DAS, com exceção do DC, os resultados não são significativos.

Salman et al. (2019), avaliaram a influência da adubação com NPK no crescimento e produção das plantas de chia, e observaram a influência positiva da adubação na altura de plantas,

apesar de não terem observado efeitos significativos da adubação no número de folhas nem de inflorescências.

Com relação a produção da cultura de chia submetida as doses crescentes de potássio, o elemento provoca efeito significativo ($p < 0,01$) em todas as variáveis de produção, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o a massa seca das folhas (MSF), massa seca dos caules (MSC), massa seca das inflorescências (MSI), massa seca das raízes (MSR) e peso das sementes por planta (PSP) em função das doses crescente de potássio

Fontes de Variação	GL	MSF	MSC	MSI	MSR	PS
K	5	**	**	**	**	**
Linear	1	**	**	**	**	**
Quadrática	1	ns	ns	ns	ns	**
Desvio	12	2,26	318	14,81	312	4,19
CV	%	8,59	21,75	15,63	16,79	21,08

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ns: não significativo.

O comportamento configurado pela elevação dos parâmetros de produção (massa seca das folhas, massa seca dos caules, massa seca das inflorescências, massa seca das raízes) que ocorre de maneira proporcional ao aumento das doses do potássio ajusta-se ao modelo linear, conforme observa-se nas Figuras 6 e 7.

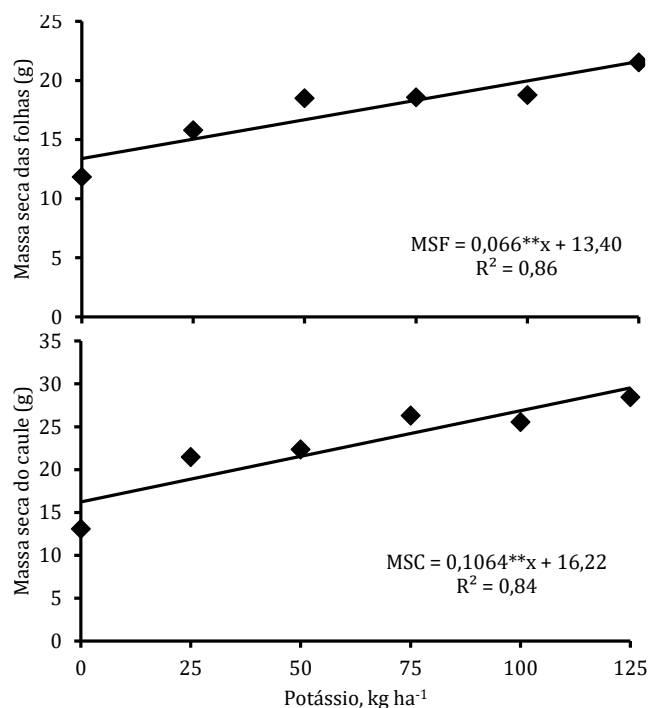


Figura 6. Massa seca das folhas (MSF) e massa seca dos caules (MSC) em função das doses crescentes potássio.

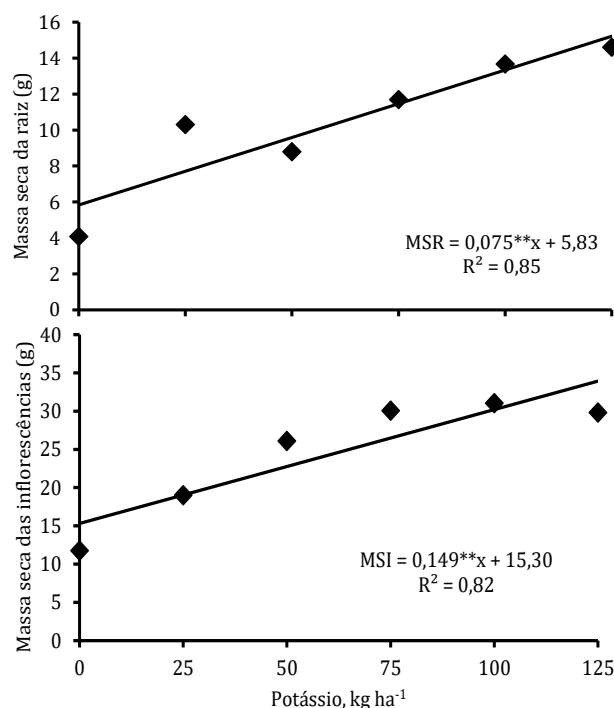


Figura 7. Massa seca das raízes (MSR) e massa seca das inflorescências (MSI) em função das doses crescentes potássio.

Analisando os resultados pós colheita da chia, verifica-se que, a dose de 125 kg ha⁻¹ provoca os maiores valores correspondentes as massas secas das folhas, dos caules, das raízes e das inflorescências. Salman et al. (2019) observaram que, a chia respondeu significativamente à adubação com NPK com relação ao peso de biomassa fresca e seca de plantas de chia. Da mesma forma, Yeboah et al. (2014), encontraram resultados semelhantes ao avaliarem o crescimento de plantas de chia cultivadas em campo em um solo com boa fertilidade, cujo valor da saturação por bases apresentado no solo foi superior a 90%.

De acordo com a Figura 8, a adubação potássica apresenta efeito quadrático no peso das sementes por planta, que igual a 14,4g com 125 kg ha⁻¹ de K.

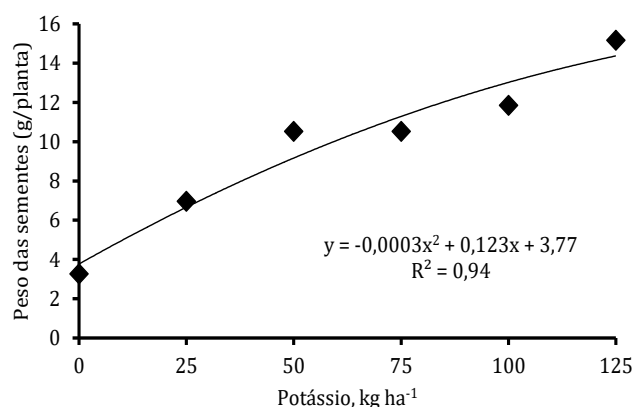


Figura 8. Peso das sementes por planta em função das doses crescentes K.

O peso de sementes por planta, referente a dose 0 kg ha⁻¹, é igual a 3,8 g, enquanto que a maior dose ocasiona maior valor médio para esta variável, igual a 14,4 g por planta, inferindo 0,69 kg de sementes em 10,92 m², resultando numa produtividade de 632 kg ha⁻¹.

Essa produtividade está de acordo aos encontrados por Coates (2011), que afirma em seu trabalho que, as produtividades médias da cultura estão em torno de 500 a 600 kg ha⁻¹, embora alguns produtores tenham obtido produtividades de até 1200 kg ha⁻¹. De maneira geral, são observadas variações no rendimento de sementes de chia, que estão relacionadas com a

densidade de plantio e com as condições de solo e de clima nos locais de cultivo (YEBOAH et al., 2014).

Conclusão

Os componentes de crescimento e de produção da chia responderam às doses de potássio utilizadas neste experimento.

Com base em todos os resultados, a dose de 75 kg ha⁻¹ de potássio foi apontada como eficiente.

Referências

- ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. *Jornal Vascular Brasileiro*, v.3, n.2, p.145-154, 2004.
- ARAÚJO, G. S.; MATSUMOTO, S. N.; SANTOS, M. A. F.; CÉSAR, F. R. C. F.; BONFIM, J. A. Crescimento de manjerição conduzido em cultivo protegido condicionado às doses de nitrogênio e doses supra ótimas de potássio. *Ambiência Guarapuava*, v.7, n.2, p.265-277, 2011.
- AYERZA, R.; COATES, W. Chía redescubriendo um olvidado alimento de los Aztecas. Ed., Buenos Aires: Nuevo Extremo, 2006. 205p.
- AYERZA, R.; COATES, W. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Tropical Science*, v.44, n.3, p.131-135, 2004.
- BATAGLIA, O. C. Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na Agricultura brasileira. In: Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira, 2, 2004, São Pedro. Anais...Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.321-341.
- BOCHICCHIO, R.; PHILIPS, T. D.; LOVELLI, S.; LABELLA, R.; GALGANO, F.; Di MARISCO, A.; PERNIOLA, M.; AMATO, M. Innovative crop productions for healthy food: the case of chia (*Salvia hispanica* L.). In: VASTOLA, A. The sustainability of agro-food and natural resource systems in the Mediterranean basin. Germany, 2015. p.29-45.
- BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M.; BUENO, M.; DI SAPIO, O.; FLORES, V.; SEVERIN, C. Evaluacion de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fé (República Argentina). *Cultivos Tropicales*, v.34, n.4, p.55-59, 2013.
- CAHILL, J. P. Ethnobotany of chia, *Salvia Hispanica* L. (Lamiaceae). *Economic Botany*, v.57, n.4, p.604-618, 2003.
- CAHILL, J. P.; PROVANCE, M. C. Genetics of qualitative traits in domesticated chia (*Salvia hispanica* L.). *The Journal of Heredity*, v.93, n.1, p.2000-2003, 2002.
- CARDOSO, A. L.; OLIVEIRA, G. G. Alimentos funcionais. *Nutri Jr. Jornal Eletrônico* n.5, 2008. 6p.
- COATES, W. Whole and ground chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, chia oil- effects on plasma lipids and fatty acids. In: PREEDY, V. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. (Ed). Nuts and seeds in health and disease prevention. San Diego: Academic Press. p.309-314, 2011.
- COELHO, C. M. M.; COIMBRA, J. L. M.; SOUZA, C. A.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A. F. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência Rural*, v.37, n.5, p.1241-1247, 2007.
- COELHO, M. S.; SALAS MELLADO, M. M. Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L.) em alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.17, n.4, p.259-268, 2014.
- DE KARTZOW, A. Estudio de pre factibilidad técnico - económica del cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.) en Chile. Informe Técnico. Universidad Católica de Valparaíso, 2013. 103p.
- DI SAPIO, O.; BUENO, M.; BUSILACCHI, H.; QUIROGA, M.; SEVERIN, C. Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, v.11, n.3, p.249-268, 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- HERRERA, D. N. T. Efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de chía blanca (*Salvia hispanica* L.) establecida en la localidad de Las Cruces, Provincia de San Antonio. 35f. Memorial de Título (Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, 2014.

- IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, v.28, n.3, p.286-293, 2008.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2006. 631p.
- MIRANDA, F. Guia Técnica para el Manejo del Cultivo de Chia (*Salvia hispánica*) en Nicaragua. Sébaco: Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Exportación e Importación Del Norte (Cecoopsemein RL.), 2012. 14p. Disponível em: http://cecoopsemein.com/Manual_de_poduccion_de_CHIA_SALVIA_HISPANICA.pdf. Acesso em: 21 set. 2014.
- PEIRETTI, P. G.; GAI, F. Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *Animal Feed Science and Technology*, v.148, n.2-4, p.267-275, 2009.
- POZO, S. A. Alternativas para el control químico de malezas anuales en el cultivo de la Chía (*Salvia hispánica*) en la Granja Ecaa, provincia de Imbabura. 113f. Tese (Ingeniera Agropecuaria). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, 2010.
- REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, v.107, n.2, p.656-663, 2008.
- SALMAN, A. M.; OMER, E. A.; HUSEEIN, M. S.; SEWEDAN, E.; OSMAN, A. R. Influence of foliar fertilization on the growth and yield of chia (*Salvia hispanica*) plant. *Egyptian Pharmaceutical Journal*, v.18, n.3, p.263-275, 2019.
- SILVA, C. A. Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipiente. 181f. Tese (Doutorado em Ciência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.
- SOUZA, R. S. Crescimento e produção da chia (*Salvia hispanica* L.) em função da fertilização mineral e lâminas de irrigação. 95f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2018.
- SOUZA, R. S.; CHAVES, L. H. G. Initial growth of chia (*Salvia hispanica* L.) submitted to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. *Australian Journal of Crop Science*, v.11, n.5, p.610-615, 2017.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- YEBOAH, S.; DANQUAH, E. O.; LAMPTEY, J. N. L.; MOCHIAH, M. B.; LAMPTEY, S.; OTENG-DARKO, P.; ADAMA, I.; APPIAH-KUBI, Z.; AGYEMAN, K. Influence of planting methods and density on performance of chia (*Salvia hispanica*) and its suitability as an oilseed plant. *Agricultural Sciences*, v.2, n.4, p.14-26, 2014.
- ZANATTA, T. P.; LIBERA, D. D.; SILVA, V. R.; WERNER, C. J.; ZANATTA, M. M. Análise do crescimento da cultura da chia (*Salvia hispanica*). *Revista Cultivando o Saber*, v.9, n.3, p. 377-390, 2016.

CAPÍTULO 9

MEHORAMENTO GENÉTICO DE OLEAGINOSAS

Simone Alves Silva
Laurenice Araújo dos Santos

Introdução

Programas de melhoramento são à base do processo para o desenvolvimento de novas constituições genéticas de diversas espécies cultivadas. Tem-se a detecção de variabilidade genética como essencial para o entendimento do conjunto gênico disponível e, detendo desta informação, a tomada de decisões, quanto aos métodos, técnicas e estratégias a serem tomadas para o melhor aproveitamento da sua constituição alélica para a obtenção de ganhos genéticos no processo de seleção de novos genótipos. Estes genótipos devem ser divergentes, a fim de atender a distinguibilidade para seu lançamento como nova cultivar, ou proporcionar recombinações gênicas promissoras, por meio de hibridações controladas, para que aconteça uma maior eficiência no melhoramento genético da espécie e o alcance do seu patamar de produtividade e qualidade do produto final.

Além disso, a condução de populações em programas de melhoramento de espécies cultivadas é essencial para o sucesso do programa. Parte da premissa da utilização de técnicas diversas, como a escolha adequada de genótipos para a construção da população base, o momento adequado de aplicar a seleção, os parâmetros genéticos para cada caráter a ser foco de seleção, a verificação de interação dos genótipos com o ambiente, a estabilidade e a adaptabilidade destes novos genótipos no ambiente e nos anos de testes. Enfim, no seu desempenho para avaliar o valor do seu uso no cultivo agrícola, principalmente aplicando descritores que os distinguem com mais facilidade, minimizando o efeito do ambiente, para o seu lançamento como um novo produto disponível ao mercado.

Para espécies oleaginosas, o conhecimento da natureza e da expressão de diversos caracteres agronômicos é de grande importância para o sucesso do melhoramento, especificamente o caráter de teor de óleo na semente, por ser um dos principais caracteres agronômicos que reflete na sua utilização direta e indireta em diversos produtos comerciais. As expressões fenotípicas dos caracteres são fortemente influenciadas pela natureza genética, ambiental e relações epistáticas (ALLARD, 1971). Para isso, é importante buscar informações sobre a amplitude dos coeficientes de herdabilidade, das variâncias fenotípicas, genotípicas e de ambiente, da acurácia na seleção por parâmetros genéticos, permitindo predizer o efeito da seleção e planejar os procedimentos que deverão ser seguidos (MOSHKIN, 1986) como princípio do melhoramento da espécie.

Algumas oleaginosas são estudadas neste compêndio, a saber, a mamona (*Ricinus communis* L. - Linnaeus), o pinhão manso (*Jatropha curcas* L. - Linnaeus), o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) e a chia (*Salvia hispanica* L. - Linnaeus), ambas as espécies cujo principal produto comercial é o óleo extraído de suas sementes. Entretanto, serão abordados os principais aspectos do melhoramento genético das espécies de *Ricinus communis* L. e *Jatropha curcas* L.

Melhoramento da Mamona

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae, diploide ($2n = 2x = 20$), planta xerófila e heliófila, provavelmente originária na região da Etiópia e da África. É possível destacar algumas regiões como centro de diversidade, como Ásia, Índia e China. Acredita-se que esses centros sejam os primeiros locais de introdução de cultivo desta espécie (LIMA et al., 2008).

A variabilidade genética da espécie é elevada, devido principalmente à sua alta plasticidade fenotípica, podendo ser explorada para o incremento da produtividade e da qualidade do óleo, com expressiva capacidade de fixação (elevada densidade e viscosidade) e a excelente solubilidade em álcool (BELTRÃO et al., 2003; CHIERICE & CLARO NETO, 2001; ANJANI et al., 2010). Alguns trabalhos de estimativa de diversos parâmetros genéticos como os componentes de variância genética e herdabilidade foram realizados por diversos autores, dentre eles Moshkin (1986), Costa et al. (2006), Passos et al. (2010), Oliveira et al. (2013) e Santos et al. (2019).

É uma planta monoica, com sistema de cruzamento misto, sendo a manutenção da pureza genética de suas sementes, tanto para sementes genéticas como básicas, favorecida pela possibilidade de autofecundação sucessiva, não causando perda de vigor por endogamia (GURGEL, 1945; FREIRE et al., 2007). Embora tenha sido observada, em experimentos mantidos por gerações muito avançadas por sucessivas gerações de autofecundação, a presença de abortamentos de frutos e perdas mais frequente de plantas no estande, merecem estudos minuciosos para a elucidação das causas e a possível perda de vigor ao longo de sucessivas autofecundações. Contudo, é verificado que até a obtenção da quase totalidade de sua homozigose, na geração F₆, não tem encontrado perda de vigor nas suas autofecundações (MACHADO et al., 2016; SANTOS et al., 2019).

Sendo assim, os programas de melhoramento de mamoneira no Brasil, para realização de seleção, vêm normalmente utilizando métodos voltados para plantas autógamas, como os métodos de seleção individual com teste de progênie, seleção genealógica, retrocruzamento, seleção massal e métodos de hibridação (FREIRE, 2001). Para Passos et al. (2010), a utilização de métodos de melhoramento mais rigorosos, como o genealógico e single seed descendent (SSD), devem ser adotados para a condução de populações segregantes a fim de obter maior ganho genético, principalmente quando o caráter possuir natureza quantitativa e, portanto, com maior influência dos efeitos de ambiente na expressão do caráter. Assim como, a exploração da heterose tem sido outra estratégia de melhoramento da mamoneira, uma vez que, vários programas de melhoramento do Brasil têm desenvolvido diversas linhagens homozigotas e detectado divergência genéticas promissoras nas mesmas, podendo promover aumento de vigor quando identificadas combinações genéticas com capacidade geral e específicas superiores para formação de híbridos promissores.

A maioria dos trabalhos de desenvolvimento de cultivares realizada no Brasil, vem sendo direcionada para atender a ambientes diversos, tanto em ambiente de alta altitude (acima de 220 m), conforme sugerido como condição adequada ao zoneamento da cultura, por Beltrão et al. (2006), como também para ambientes de baixas altitudes (BAHIA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2013; SANTOS et al., 2019), estando os resultados promissores para os componentes produtivos, quando os genótipos são submetidos a cultivos sob baixa altitude, contradizendo o zoneamento para a cultura. Estas informações são importantes para a diversificação da cultura para diferentes ambientes, a exemplo de algumas regiões do Recôncavo Baiano e Litoral (SILVA, 2016), e do Rio Grande do Sul do Brasil (BARBIERE, 2005), cujas altitudes encontram-se abaixo de 220 m. Argumenta-se a isso, sua capacidade de apresentar grande variabilidade nos diversos caracteres, fazendo com que, os programas de melhoramento direcionassem para o aproveitamento deste potencial na obtenção de genótipos que atendam a diversidade de ambientes, e mantendo o ideotipo na busca por constituições genéticas mais produtivas, precoces, com porte reduzido, alto teor de óleo na semente e adaptados às condições diversas de altitude, temperatura e precipitação pluviométrica. Assim como resistentes às moléstias, a exemplo da resistência ao mofo cinzento (REIS, 2016; PRAZERES et al., 2017), ao estresse hídrico, à tolerância ao alumínio tóxico no solo (PASSOS et al., 2015), à condição de semideiscência dos frutos, adensamento de plantas, aliado a alta produção com baixos insumos, colaborando para expandir o cultivo da mamoneira, solucionar

os principais problemas que a cultura enfrenta, e disponibilizar matéria prima para atender em grande escala à demanda crescente pelo óleo de rícino, principalmente para a indústria.

Estudos com marcadores moleculares também tem auxiliado diretamente no melhoramento do *Ricinus communis* L., permitindo avaliar, em prazo relativamente curto, um número elevado de genótipos. Com o sequenciamento do genoma de *R. communis* L. (CHAN et al., 2010) aliado ao uso da bioinformática, foi possível desenvolver novas ferramentas moleculares para a cultura da mamoneira com ampla cobertura genômica. Diferentes tipos de marcadores moleculares foram utilizados no estudo da variabilidade genética em mamoneira: polimorfismo de comprimento de fragmento amplificado (AFLP) (PECINA-QUINTERO et al., 2013), polimorfismo do DNA amplificado ao acaso (RAPD) (GAJERA et al., 2010; SILVA et al., 2012; MACHADO et al., 2013; LAKHANI et al., 2015; VIVODÍK et al., 2015), polimorfismo de nucleotídeo único (SNP) (FOSTER et al., 2010), sequências simples repetidas (SSR) (BAJAY et al., 2011; SEO et al., 2011; MACHADO & SILVA, 2013; TAN et al., 2013; TAN et al., 2014; MACHADO et al., 2016), e inter repetições de sequências simples (ISSR) (WANG et al., 2013; KALLAMADI et al., 2015). No desenvolvimento de linhagens homozigotas na geração F6 com presença de alta variabilidade genética e ganhos genéticos com a seleção, envolvendo avaliações moleculares (SILVA et al., 2012; MACHADO & SILVA, 2013; MACHADO et al., 2013, MACHADO et al., 2016) e a seleção de linhagens elites por microssatélites e TRAPs (SIMÕES et al., 2017a, SIMÕES et al., 2017b).

Melhoramento do Pinhão Manso

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é pertencente à família Euphorbiaceae e contém aproximadamente cerca de 8.000 espécies e 320 gêneros (BARROSO et al., 2007). É uma planta monóica, alógama, autocompatível e necessita de polinizadores (CHANG-WEI et al., 2007; PAIVA NETO et al., 2010), sendo uma espécie diplóide ($2n=2x=22$) conforme Carvalho et al. (2008). O gênero *Jatropha* possui cerca de 170 espécies de plantas herbáceas e arbustivas (WEBSTER, 1994). Seu centro de diversidade ainda não está bem definido. Segundo Arruda et al. (2004) a espécie é originária do Brasil, para Heller (1996), Heffig e Câmara (2006) e Sujatha et al. (2008), há evidências de que o centro seja a América Central, mais precisamente o México. Em estudos realizados na Índia com genótipos de 13 países, os acessos do México apresentaram maior diversidade alélica e plantas não tóxicas (BASHA & SUJATHA, 2007; BASHA et al., 2009). No Brasil o pinhão manso ocorre do Nordeste até o Estado do Paraná e desde o nível do mar, até 1.000 m de altitude, sendo o seu cultivo mais indicado em regiões que apresentam entre 500 e 800 m de altitude.

Estudos caracterizando a espécie são ainda incipientes, sendo uma planta ainda não domesticada (SATURNINO et al., 2005; ACHTEN et al., 2008) e portanto, poucas informações são dadas sobre sua fisiologia, os aspectos agrônômicos (ACHTEN et al., 2010) e não existe variedades ou cultivares consolidadas e registradas pelo MAPA a partir de programas de melhoramento (DURÃES et al., 2011; LAVIOLA et al., 2014).

Pesquisas com a espécie, no auxílio de programas de melhoramento, têm sido direcionadas para o entendimento da diversidade genética (SUN et al., 2008; PAMIDIMARRI et al., 2009; KUMAR et al., 2009; BASHA & SUJATHA 2009; SILVA, et al., 2017), distribuição geográfica (SUNIL et al., 2009), teor e composição do óleo (TEIXEIRA, 1987; BASHA & SUJATHA, 2007), fenologia reprodutiva (BHATTACHARYA et al., 2005; PAIVA NETO et al., 2010), morfologia de frutos e sementes (NUNES et al., 2009), testes de progênies (KAUSHIK et al., 2007; ABREU et al., 2009; JUHÁSZ et al., 2010) e germinação de sementes (MARTINS et al., 2008), avaliações na fase juvenil em famílias de meios irmãos (ABREU et al., 2009; JUHÁSZ et al., 2010).

Embora, algumas das características botânicas da cultura do pinhão manso já foram documentadas, a espécie ainda não tem sua caracterização completa, o que requer estudos desta natureza, envolvendo sua caracterização fenotípica, genotípica e a influência do ambiente sob a seleção (GUERRERO, 2010; BRASILEIRO et al., 2012). Contudo, os trabalhos de melhoramento de *Jatropha curcas* L. ainda estão em fase inicial de desenvolvimento, principalmente devido à alguns caracteres ainda encontrarem-se desuniformes, principalmente quanto à maturação dos frutos, promovendo uma produção irregular (DURÃES et al., 2011; BRASILEIRO et al., 2012). Desta forma, pesquisas que priorizem a coleta de germoplasma com potencial agrícola (RITSCHER et al.,

1999), prospectando a diversidade genética (SATURNINO et al., 2005; FREITAS et al., 2011) torna-se fundamental para o desenvolvimento de novas variedades (BRASILEIRO et al., 2012).

Para o melhoramento genético da espécie, além da introdução e caracterização de genótipos como ações de pré-melhoramento, a busca por constituições genéticas superiores, mais adaptadas a diversas condições de ambiente de cultivo, são essenciais. Para isso, os programas têm estabelecido estratégias de desenvolvimento de cultivares clonal (ALMEIDA et al., 2016), pela propagação vegetativa de genótipos promissores e sua avaliação em ensaios de desempenho e posterior seleção clonal. Além disso, deve-se ter como meta o desenvolvimento de populações com o aumento da frequência de alelos favoráveis, que, após sua recombinação via polinização cruzada, permita a realização de novas experimentações em campo para a identificação dos superiores, com sua seleção recorrente, para a maximização dos ganhos genéticos. Como também, aprofundar os estudos de parâmetros genéticos para diversos caracteres de importância econômica, alvo de seleção, como os coeficientes de herdabilidade, as variâncias genéticas, fenotípicas, de ambiente, a fim de promover o direcionamento de novos cruzamentos controlados para o aumento da base genética da população a ser investigada.

Portanto, a caracterização morfológica, agrônômica e fisiológica do pinhão manso é uma importante ferramenta para a obtenção de informações genéticas sobre o fenótipo, servindo como guia para a seleção do genótipo, de modo a identificar aqueles com constituições genéticas distintas, promissores e herdáveis. De modo a auxiliar na tomada de decisão de aplicação de métodos, técnicas apropriadas para o desenvolvimento de cultivares da espécie.

Os caracteres desejáveis para o programa de melhoramento genético do pinhão manso, na busca do seu ideótipo, tem-se, principalmente, o aumento da produtividade de bagas, grãos, o aumento no teor de óleo extraído de suas sementes, a uniformidade de maturação, ausência de toxidez; resistência às moléstias, à estresses bióticos e abióticos e adaptação a diversas regiões produtoras do Brasil (BRASILEIRO et al., 2012; LAVIOLA et al., 2014; ALMEIDA, et al., 2016).

Embora existam programas de melhoramento do pinhão manso em diferentes instituições de ensino e pesquisa no Brasil, ainda são necessários mais estudos para resultar em lançamento de cultivares. Os sistemas de produção ainda não estão validados com potencial de produção, necessitando de informações sobre produção de sementes, sistemas de propagação, densidades de plantio, sistemas de podas de formação e manutenção, nutrição mineral, adubação e manejo da cultura.

Estudos com marcadores moleculares tem auxiliado no melhoramento do pinhão manso, entretanto, tem sido relatada baixa variabilidade nas coleções de trabalho de *J. curcas* em Bancos de Germoplasma da China (SUN et al., 2008), Índia (PAMIDIMARRI et al., 2009) e Brasil (ROSADO et al., 2009; PESTANA-CALDAS et al., 2016). Em controvérsia, He et al. (2007) encontraram alto nível de polimorfismo entre as populações de pinhão manso estudadas, assim como Grativol et al. (2011), concluíram que os acessos brasileiros estudados possuem alto polimorfismo (91%) e alta diversidade genética. Desta forma, verifica-se que as informações científicas a respeito da cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) ainda são bastante escassas e por vezes conflitantes. Portanto, novos estudos devem ser realizados por meio de uso de ferramentas clássicas de melhoramento e biotecnológicas, a fim de elucidar os recursos genéticos disponíveis da espécie para auxiliar em tomadas de decisões em programas de melhoramento visando ampliar a base genética da espécie e desenvolvimento de cultivares.

Referências

- ABREU, F. B.; RESENDE, M. D. V. de; ANSELMO, J. L.; SATURNINO, H. M.; BRENHA, J. A. M.; FREITAS, F. B. de. Variabilidade genética entre acessos de pinhão manso na fase juvenil. *Magistra*, v.21, p.36-40, 2009.
- ACHTEN, W. M. J.; NIELSEN, L. R.; AERTS, R.; LENGKEEK, A. G.; KJAER, E. D.; TRABUCO, A.; HANSEN, J. K.; MAES, W. H.; GRAUDAL, L.; AKINNIFESI, F.; MUYS, B. Towards domestication of *Jatropha curcas*. *Biofuels*, v.1, p.91-107, 2010.
- ACHTEN, W. M. J.; MATHIJS, E.; VERCHOT, L.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass & Bioenergy*, v.32, p.1063-1084, 2008.

- ALLARD, R. W. Princípios do melhoramento genético de plantas. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381p.
- ALMEIDA, A. Q. D.; SILVA, S. A.; ALMEIDA, V. D. O.; SOUZA, D. R. D.; ARAÚJO, G. D. M. Genetic divergence and morpho-agronomic performance of *Jatropha curcas* L. clones for selection of clonal varieties. *Caatinga*, v.9, p.841-849, 2016.
- ANJANI, K.; PALLAVI, M.; BABU, S. N. S. Biochemical basis of resistance to leaf miner in castor (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products*, v.31, p.192-196, 2010.
- ARRUDA, F. P. de.; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.8, p.789-799, 2004.
- BAHIA, H. F.; SILVA, S. A.; FERNANDEZ, L. G.; LEDO, C. A. S.; MOREIRA, R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.357-362, 2008.
- BAJAY, M. M.; ZUCCHI, M. I.; KIIHL, T. A. M.; BATISTA, C. E. A.; MONTEIRO, M. PINHEIRO, J. B. Development of a novel set of microsatellite markers for castor bean, *Ricinus communis* (Euphorbiaceae). *American Journal of Botany*, v.98, n.4, e87-89, 2011.
- BARBIERE, R. L. Conservação ex situ de recursos genéticos vegetais na Embrapa Clima Temperado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005, 26p. (Embrapa Clima Temperado, Documento 143).
- BARROSO, G. M.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F. Sistemática de Angiospermas do Brasil. Viçosa: Imprensa Universitária, v.1, 2007. 309p.
- BASHA, S. D.; FRANCIS, G.; MAKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SUJATHA, M. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries. *Plant Science*, v.176, p.812-823, 2009.
- BASHA, S. D.; SUJATHA, M. Inter and intra-population variability of *Jatropha curcas* (L.) characterized by RAPD and ISSR markers and development of population-specific SCAR markers. *Euphytica*, v.156, p.375386, 2007.
- BASHA, S. D.; SUJATHA, M. Genetic analysis of *Jatropha* species and interspecific hybrids of *Jatropha curcas* using nuclear and organelle specific markers. *Euphytica*, v.168, p.197-214, 2009.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G. de; SANTOS, J. W. dos; COSTA, F. X.; LUCENA, A. M. A. de; QUEIROZ, U. C. de. Modificações na bioquímica da planta da mamona, cultivar BRS 188 Paraguaçu, submetida ao estresse hídrico (deficiência e excesso). *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.7, n.1, p.653-658, 2003.
- BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E.; AMARAL, J. A. B.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; PEREIRA, J. R. Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.
- BHATTACHARYA, A.; DATTA, K.; DATTA, S.K. Floral biology, floral resource constraints and pollination limitation in *Jatropha curcas* L. *Pakistan Journal Biology Science*, v.8, p.456-460, 2005.
- BRASILEIRO, B. P.; SILVA, A. S.; SOUZA, D. R.; OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, P. A. Conservação de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no estado da Bahia, Brasil. *Magistra*, v.24, n.4 p.286-292, 2012.
- CARVALHO, C. R.; CLARINDO, W. R.; PRAÇA, M. M.; ARAÚJO, F. S.; CARELS, N. Genome size, base composition and karyotype of *Jatropha curcas* L. an important biofuel plant. *Plant Science*, v.174, p.613-617, 2008.
- CARVALHO, D. S. Comportamento genético de progênies de meio-irmãos de pinhão manso no Recôncavo Baiano, Brasil. 42f. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2010.
- CHAN, A. P.; CRABTREE, J.; ZHAO, Q.; LORENZI, H.; ORVIS, J.; PUIU, D.; MELAKE-BERHAN, A.; JONES, K. M.; REDMAN, J.; CHEN, G.; CAHOON, E. B.; GEDIL, M.; STANKE, M.; HAAS, B. J.; WORTMAN, J. R.; FRASER-LIGGETT, C. M.; RAVEL, J.; RABINOWICZ, P. D. Draft genome sequence of the oilseed species *Ricinus communis*. *Nature Biotechnology*, v.28, p.951-956, 2010.
- CHANG-WEI, L.; KUN, L.; YOU, C.; YONG-YU, S. Floral display and breeding system of *Jatropha curcas* L. *Forestry Studies in China*, v.9, p.114-119, 2007.
- CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P. DE; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. Cap. 5, p.89-118.

- COSTA, M. N.; PEREIRA, W. E.; BRUNO, R. L. A.; FREIRE, E. C.; NÓBREGA, M. B. M.; MILANI, M.; OLIVEIRA, A. P. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.4, n.11, p.1617-1622, 2006.
- DURÃES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; ALVES, A. A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop: the Brazilian perspective. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, v.6, n.043, 2011.
- FAIRLESS, D. Biofuel: the little shrub that could – maybe. *Nature*, v.449, p.652-655, 2007.
- FOSTER, J. T.; ALLAN, G. J.; CHAN, A. P.; RABINOWICZ, P. D.; RAVEL, J.; JACKSON, P. J.; KEIM, P. Single nucleotide polymorphisms for assessing genetic diversity in castor bean (*Ricinus communis*). *BMC Plant Biology*, v.10, p.13-18, 2010.
- FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P.; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Cap. 8, p.169-194.
- FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona no Brasil. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. Cap. 13, p.89- 118.
- FREITAS, R. G.; MISSIO, R. F.; MATOS, F. S.; RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production. *Genetics and Molecular Research*, v.10, p.1490–1498, 2011.
- GAJERA, B. B.; KUMAR, N.; SINGH, A. S.; PUNVAR, B. S.; RAVIKIRAN, R.; SUBHASH, N.; JADEJA, G. C. Assessment of genetic diversity in castor (*Ricinus communis* L.) using RAPD and ISSR markers. *Industrial Crops and Products*, v.32, p.491-498, 2010.
- GRATIVOL, C.; MEDEIROS, C. F. L.; HEMERLY, A. S.; FERREIRA, P. C. G. High efficiency and reliability of inter-simple sequence repeats (ISSR) markers for evaluation of genetic diversity in Brazilian cultivated *Jatropha curcas* L. accessions. *Molecular Biology Reporter*, v.38, p.4245–4256, 2011.
- GUERRERO, J. A. Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional e Germoplasma del Piñón (*Jatropha curcas* L.). 150f. Tese (Doutorado). Corpoica-La Libertad. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia, 2010.
- GURGEL, J. T. A. Estudos sobre mamoneira (*Ricinus communis* L.). 92f. Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1945.
- IBGE. Indicadores IBGE. Estatística da Produção Agrícola. 2010. Disponível em: Acesso em: 18 out. 2010.
- HE, W.; GUO, L.; WANG, L.; YANG, W.; TANG, L.; CHEN, F. ISSR analysis of genetic diversity of *Jatropha curcas* L. *Chinese Journal Application Environmental Biology*, v.13, p.466–470, 2007.
- HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S. Potencial da cultura do pinhão manso como fonte de matéria prima para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. In: CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. (Org.). Agronegócio de Plantas Oleaginosas: matérias- primas para biodiesel. Piracicaba. ESAL, 2006. p.105-121.
- HELLER, J. Physic nut (*Jatropha curcas*): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, 1996. 66p.
- JUHÁSZ, A. C. P.; MORAIS, D. L. B.; SOARES, B. O.; PIMENTA, S.; RABELLO, H. O.; RESENDE, M. D. V. de. Parâmetros genéticos e ganho de seleção para populações de pinhão manso (*Jatropha curcas*). *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.30, p.25-35, 2010.
- KALLAMADI, P. R.; NADIGATLA, V. P. R. G. R.; Mulpuri, S. Molecular diversity in castor (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products*, v.66, p.271-281, 2015.
- KAUSHIK, N.; KUMAR, K.; KUMAR, S.; KAUSHIK, N.; ROY, S. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) accessions. *Biomass & Bioenergy*, v.31, p.497-502, 2007.
- KUMAR, R. S.; PARTHIBAN, K. T.; RAO, M. G. Molecular characterization of *Jatropha* genetic resources through inter-simple sequence repeat (ISSR) markers. *Molecular Biology Report*, v.36, p.1951-1956, 2009.
- LAKHANI, H. N.; PATEL, S. V.; BODAR, N. P.; GOLAKIYA, B. A. RAPD analysis of genetic diversity of castor bean (*Ricinus communis* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v.4, n.1, p.696-703, 2015.

- LAVIOLA, B. G.; SILVA, S. D. A.; JUHÁSZ, A. C. P.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, R. J. P.; ALBRECHT, J. C.; ALVES, A. A.; ROSADO, T. B. Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão manso em três regiões do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.5, p.356-363, 2014.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. M.; SAMPAIO, L. R. Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. *Caatinga*, v.21, n.5, p.102-106, 2008.
- MACHADO, E. L.; SILVA, S. A. Desenho e validação de iniciadores microssatélites SSR para mamoneira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.11, p.1457-1463, 2013.
- MACHADO, E. L.; SILVA, S. A.; FERNANDES, L. DOS S.; BRASILEIRO, H. S. Genetic variability and homozygosity in a F4 castor bean population by microsatellite markers. *Bragantia*, v.75, n.3, p.307-313, 2016.
- MACHADO, E. L.; SILVA, S. A.; SANTOS, A. S.; BASTOS, L. A.; PESTANA, C. N.; SANTOS, K. S.; FERREIRA, C. F.; DIAMANTINO, M. S. A. S. Dissimilaridade genética entre cultivares de mamoneira por meio de marcadores RAPD. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.3, p.342-345, 2013.
- MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; CAVASINI, R. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de pinhão manso. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.863-868, 2008.
- MOSHKIN, V. A. Castor. New Delhi: Amerind Publishing, 1986. 315p.
- NUNES, C. F.; SANTOS, D. N. dos.; PASQUAL, M.; VALENTE, T. C. T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão manso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.207-210, 2009.
- OLIVEIRA, M. M. Caracterização agrônômica em banco de germoplasma de pinhão manso no recôncavo baiano. 71f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2013.
- OLIVEIRA, R. S.; SILVA, S. A.; BRASILEIRO, B. P.; MEDEIROS, E. P.; SANTOS, E. V. A. Genetic divergence on castor bean using the ward-mlm strategy. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, p.564-570, 2013.
- PAIVA NETO, V. B.; BRENHA, J. A. M.; FREITAS, F. B.; ZUFFO, M. C. R.; ALVAREZ, R. C. F. Aspectos da biologia reprodutiva de *Jatropha curcas* L. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, n.3, p.558-563, 2010.
- PAMIDIMARRI, D. V. N. S.; MASTAN, S. G.; RAHMAN, H.; REDDY, M. P. Molecular characterization and genetic diversity analysis of *Jatropha curcas* L. in India using RAPD and AFLP analysis. *Molecular Biology Report*, v.37, n.5, p.2249-2257, 2009.
- PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; SOUZA, C. S.; SOUZA, C. M. M.; FERNANDES, L. S. Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de mamoneira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.7, p.709-714, 2010.
- PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; HARTWIG, I.; HAWERROTH, M. C.; SANTOS, K. S.; SOUZA, C. M. M. Avaliação de cultivares de mamoneira para tolerância ao alumínio tóxico e insensibilidade ao ácido giberélico. *Magistra*, v.27, n.1, p.73-81, 2015.
- PECINA-QUINTERO, V.; ANAYA-LÓPEZ, J. L.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; ZAMARRIPA-COLMENERO, A.; MONTES-GARCÍA, N.; SOLÍS-BONILLA, J. L.; AGUILAR-RANGEL, M. R. Assessing the genetic diversity of castor bean from Chiapas, México using SSR and AFLP markers. *Industrial Crops and Products*, v.41, p.134-143, 2013.
- PESTANA-CALDAS, C. N.; SILVA, S. A.; MACHADO, E. L.; de SOUZA, D. R.; CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; SILVA, M. S. Genetic divergence through joint analysis of morphoagronomic and molecular characters in accessions of *Jatropha curcas*. *Genetics and Molecular Research*, v.15, n.4, p.1-11, 2016.
- PRAZERES, A. G.; SILVA, S. A.; SANTOS, A. S.; SILVA, R. O.; REIS, A. S. Reação de cultivares de mamoneira com fungicidas e as características agrônômicas. *Agrotrópica*, v.29, n.1, p.75-84, 2017.
- REIS, A. S. dos. Desempenho e discriminação de linhagens de mamoneira quanto a resistência ao mofo cinzento em dois anos de cultivo. 67f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2016.
- RITSCHER, P. S.; LOPES, C. A.; HUAMÁN, Z.; FERREIRA, M. E.; FRANÇA, F. H.; MENÊZES, J. E.; TEIXEIRA, D. M. C.; TORRES, A. C.; CHARCHAR, J. M.; THOMAZELLI, L. Organização do Banco Ativo de Germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas. *Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas Para o Nordeste Brasileiro*. Brasília, 1999. v.1. Disponível em:

- <<http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/livrorg/medicinasconservacao.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2010.
- ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; GRATTAPAGLIA, D.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B.; PAPPAS, M. de C. R.; FARIA, D. A. de. Diversidade genética entre acessos de pinhão manso por meio de marcadores RAPD e microssatélites. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 4, 2009, Guarapari. Anais... Guarapari, 2009.
- SANTOS, L. A.; SILVA, A. S.; SOUZ, D. R.; ARAUJO, G. M.; ALMEIDA, V. O.; NEVES, C. G. Genetic parameters in agronomic characters for selection of superior lineages of *Ricinus communis* L. Ciência Rural, v.49, n.1, e20180547, 2019.
- SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Informe Agropecuário, v.26, n.229, p.44-78, 2005.
- SEO, K. I.; LEE, G. A.; MA, K. H.; HYUM, D. Y.; PARK, Y. J.; JUG, J. W.; LEE, S. Y.; GWAG, J. G.; KIM, C. K.; LEE, M. C. Isolation and characterization of 28 polymorphic SSR loci from castor bean (*Ricinus communis* L.). Journal of Crop Science and Biotechnology, v.14, n.2, p.97-103, 2011.
- SILVA, S. A.; CERQUEIRA, L. S.; VILARINHOS, A. D.; AMORIM, E. P.; MOREIRA, R. F. C.; COSTA, M. A. P. C. Variabilidade genética em cultivares de mamona por meio de marcadores RAPD. Revista Magistra, v.24, n.4, p.341-347, 2012.
- SILVA, V. Divergência genética, interação G x E, adaptabilidade e estabilidade de linhagens elites e cultivares de mamoneira no estado da Bahia. 83f. Tese. (Doutorado). Curso Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2016.
- SILVA, A. R.; SILVA, S. A.; SANTOS, L. A.; SOUZA, D. R.; ARAUJO, G. M.; MOREIRA, R. F. C. Genetic divergence among castor bean lines and parental strains using ward's method based on morpho-agronomic descriptors. Acta Scientiarum Agronomy, v.39, n.3, p.307-313, 2017.
- SIMÕES, K. S.; SILVA, S. A.; MACHADO, E. L.; BRASILEIRO, H. S. Development of TRAP primers for *Ricinus communis* L. Genetics and Molecular Research, v.16, n.2, p.1-13, 2017a.
- SIMÕES, K. S.; SILVA, S. A.; MACHADO, E. L.; SILVA, M. S. Genetic divergence in elite castor bean lineages based on TRAP markers. Genetics and Molecular Research, v.16, n.3, p.1-12, 2017b.
- SUJATA, M.; REDDY, T. P.; MAHASI, M.; Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. Biotechnology Advance, v.26, p.424-435, 2008.
- SUN, Q. B.; LI, L. F.; LI, Y.; WU, G. J.; GE, X. J. SSR and AFLP markers reveal low genetic diversity in the biofuel plant: *Jatropha curcas* in China. Crop Science, v.48, p.1865-1871, 2008.
- SUNIL, N.; SIVARAJ, N.; ANITHA, K.; ABRAHAM, B.; KUMAR, V.; SUDHIR, E.; VANAJA, M.; VARAPRASAD, K. S. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). Genetic Resource and Crop Evolution, v.56, p.115-119, 2009.
- TAN, M.; YAN, M.; WANG, L.; YAN, X.; FU, C. H.; WANG, L. Replication of pistillate plants of *Ricinus communis* L. and investigation of the sex stability and genetic variation of the somaclones. Industrial Crops and Products, v.50, p.50-57, 2013.
- TAN, M.; WU, K.; WANG, L.; YAN, M.; ZHAO, Z.; XU, J.; ZEN, Y.; ZHANG, X.; FU, C.; XUE, J.; WANG, L.; YAN, X. Developing and characterising *Ricinus communis* SSR markers by data mining of whole-genome sequences. Molecular Breeding, v.34, n.3, p.893-904, 2014.
- TEIXEIRA, J. P. F. Teor e composição do óleo de sementes de *Jatropha spp*. Bragantia, v.46, p.151-157, 1987.
- VIVODÍK, M.; BALÁŽOVÁ, Z.; GÁLOVÁ, Z.; HLOZÁKOVÁ, T. K. Evaluation of molecular diversity of new castor lines (*Ricinus communis* L.) using random amplified polymorphic DNA markers. Horticultural Biotechnology Research, v.1, n.1, p.1-4, 2015.
- WANG, C.; LI, G. R.; ZHANG, Z. Y.; PENG, M.; SHANG, Y. S.; LUO, R.; CHEN, Y. S. Genetic diversity of castor bean (*Ricinus communis* L.) in Northeast China revealed by ISSR markers. Biochemical Systematics and Ecology, v.51, p.301-307, 2013.
- WEBSTER, G. L. Classification of the Euphorbiaceae. Annals of Missouri Botanical Garden, v.81, p.3-32, 1994.

CAPÍTULO 10

PERFIL FENOTÍPICO DE NOVAS LINHAGENS DE *Ricinus communis* L. DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA UFRB, BAHIA

Simone Alves Silva
Adielle Rodrigues da Silva
Laurenice Araújo dos Santos
Deoclides Ricardo de Souza
Ciro Ribeiro Filadelfo
Gilmara de Melo Araújo
Simone Fiuza Conceição

Introdução

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae. É supostamente originária da África, desenvolvendo-se espontaneamente nas regiões tropicais do Brasil (MOREIRA et al., 1996). O óleo extraído das suas sementes apresenta propriedades químicas particulares em relação a outros óleos vegetais, que permite o seu uso em diversas aplicações, como na biomedicina, na indústria química e para a produção de biodiesel (SINGH et al., 2015). Azevedo e Beltrão (2007) complementam ainda que, esse óleo também pode ser empregado na produção de fibra ótica, vidro e próteses ósseas. Além disso, apresenta uma característica especial que impede o congelamento de combustíveis e lubrificantes de aviões e foguetes espaciais em baixas temperaturas.

Esta espécie apresenta grande variabilidade em descritores, tanto para caracteres qualitativos quanto quantitativos, com variação na coloração de folhas, caules, estigma e frutos, com presença ou ausência de cera no caule e nos frutos (MOSHKIN, 1986; AZEVEDO & BELTRÃO, 2007), assim como em seu desempenho produtivo. Nesse sentido, torna-se importante a caracterização de diversas constituições genéticas para conhecer variabilidade presente, visando o uso imediato para o desenvolvimento de nova cultivar ou para o direcionamento de programas de melhoramento genético para novas recombinações genéticas.

Uma das formas de caracterização é por meio de descritores fenotípicos, que consiste em descrever as características morfológicas da espécie por meio dos caracteres qualitativos e quantitativos, permitindo uma maior exploração da caracterização morfoagronômica, principalmente para melhor avaliar o desempenho produtivo entre as linhagens. Vários pesquisadores utilizaram essa técnica para a caracterização de inúmeras espécies, dentre elas a mamoneira, como apresentado nos trabalhos de Bahia et al. (2008), Bezerra Neto et al. (2010), Rodrigues et al. (2014), Silva et al. (2019), Silva et al. (2017) e Santos et al. (2019). Em todos esses trabalhos verifica-se variabilidade para a maioria dos descritores e caracteres avaliados, comprovando que a espécie apresenta elevada variação para os descritores fenotípicos.

A escolha dos parentais utilizados no programa de hibridação do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) da Universidade Federal da Bahia (UFRB) foi baseada em trabalhos realizados por Bahia (2007), Bahia et al. (2008), Cerqueira (2008) e Sampaio Filho (2009), nos quais determinaram-se grupos distintos em cultivares de mamoneira e estes auxiliaram na tomada de decisão para realização dos cruzamentos com hibridações controladas

de diversos parentais. Ao longo de cada autofecundação das gerações segregantes às avançadas, aumentava-se o nível de homozigose nos blocos, conforme encontrado no trabalho de Machado et al. (2016). O Programa de melhoramento genético da mamoneira do NBIO contou com a participação da Petrobrás Biocombustível, com forte aporte financeiro para o desenvolvimento de novas cultivares de mamoneira, assim como o apoio das instituições de fomento como CNPq, BNB e FAPESB, desde a nucleação do NBIO realizada em 2004.

As linhagens têm sido desenvolvidas com a geração de informações científicas em trabalhos de dissertações, teses e em publicações em revistas especializadas, envolvendo conhecimentos sobre parâmetros genéticos (PASSOS et al., 2010); caracterização e divergência por dados morfológicos e moleculares (OLIVEIRA, 2011; MACHADO, 2011; SILVA et al., 2013; BRASILEIRO, 2014; SIMÕES et al., 2017, SANTOS et al., 2019), visando principalmente aos estudos de variabilidade genética e seleção de linhagens promissoras (BRASILEIRO, 2014; SANTOS, 2013), na participação em ensaios de desempenho em vários locais e anos (SILVA, 2016) para desenvolvimento de novas cultivares de mamoneira e novas recombinações gênicas.

Diante disso, avaliar o perfil fenotípico destas linhagens é importante e, portanto, pretende-se, com esse trabalho, descrever este perfil por meio da descrição de 203 linhagens do NBIO, por meio da avaliação de 35 descritores qualitativos propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e 12 caracteres quantitativos sugeridos pelo Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) da UFRB.

Material e Métodos

Para a descrição do perfil fenotípico foi utilizado dados oriundos de experimentos conduzidos no período de 2014/2015, na área da Fazenda experimental do CCAAB da UFRB, campus de Cruz das Almas – BA. O município está localizado a 12°40'39" de Latitude Sul, 39°40'23" de Longitude Oeste, altitude de 220 m, temperatura média de 24,5°C, umidade relativa de 82%, precipitação média anual de 1.197mm. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é uma transição entre as zonas Am e Aw, do tipo C1, seco e subúmido. O solo do campo experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico A - moderado de textura franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 1993).

As linhagens de mamona da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) foram desenvolvidas pelo Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) adotando os seguintes procedimentos: a primeira população segregante (F_2), obtida da autofecundação da população fixa (F_1) foi oriunda de hibridações controladas entre os parentais: BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28 realizadas entre os anos de 2005 a 2007. As populações segregantes e avançadas (F_2 , F_3 , F_4 , F_5 e F_6) foram conduzidas por autofecundações entre os anos 2007 a 2012 pelo método SSD (Single Seed Descent), com pequenas modificações. Sendo plantadas três sementes por cova para posterior desbaste e quatro repetições estatísticas de cada constituição genética, arrançadas em blocos casualizados para acompanhamento das análises de desempenho e variabilidade dos indivíduos em cada geração, até atingir alto nível de homozigose, totalizando 285 linhagens (Tabela 1) mantidas em condições de campo considerando quatro plantas por linhagem, no espaçamento de 3 m x 1 m (Figura 1), como também mantidas sob condições de câmara refrigeradas a 45% umidade e temperatura de 8°C (Figura 2). Destas, 203 linhagens homozigotas foram caracterizadas em campo para identificação do perfil fenotípico (Tabela 1).

Avaliou-se linhagens de mamoneira por meio de caracteres fenotípicos (descritores qualitativos e caracteres quantitativos). A população em estudo corresponde 203 linhagens desenvolvidas pelo NBIO/UFRB com elevado nível de homozigose, cuja genealogia está descrita na Tabela 2. Em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, espaçamento de 3 m entre fileiras, 1 m entre plantas e 2 m entre blocos.



Figura 1. Linhagens de mamona em campo experimental da UFRB/NBIO, Cruz das Almas, Bahia.



Figura 2. Armazenamento das linhagens homozigotas em câmara refrigerada da UFRB/CCAAB/NBIO, Cruz das Almas, Bahia.

A adubação da área para o plantio foi realizada na dosagem de 20 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P e 40 kg ha⁻¹ de K. No mês de maio de 2014 foram semeadas três sementes de cada linhagem e de cada parental em covas. Após 25 dias da germinação foi realizado o desbaste, deixando somente uma planta por cova.

Durante a condução do experimento as plantas espontâneas foram controladas com capinas manuais e realizaram-se duas adubações de cobertura com ureia e cloreto de potássio na proporção 2:1 (20 e 10 g por planta), respectivamente. O aparecimento do mofo cinzento (*Amphobotrys ricini* (N.F. Buchw.) Hennebert) no florescimento das mamoneiras foi controlado com fungicidas.

Tabela 1. Genealogia das linhagens desenvolvidas no NBIO/CCAAB/UFRB

Linhagem	Parentais	Linhagem	Parentais	Linhagem	Parentais
UFRB 001	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 101	BRSNORD149X SIP28	UFRB 201	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 002	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 102	BRSNORD149X SIP28	UFRB 202	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 003	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 103	BRSNORD149X SIP28	UFRB 203	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 004	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 104	BRSNORD149X SIP28	UFRB 204	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 005	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 105	BRSNORD149X SIP28	UFRB 205	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 006	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 106	BRSNORD149X SIP28	UFRB 206	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 007	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 107	BRSNORD149X MIR10	UFRB 207	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 008	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 108	BRSNORD149X MIR10	UFRB 208	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 009	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 109	BRSNORD149X MIR10	UFRB 209	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 010	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 110	BRSNORD149X MIR10	UFRB 210	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 011	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 111	BRSNORD149X MIR10	UFRB 211	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 012	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 112	BRSNORD149X MIR10	UFRB 212	EBDAMPA17X SIP28
UFRB 013	BRSNORD149X EBDAMPA17	UFRB 113	PARAGBR188X EBDAMPA17	UFRB 213	EBDAMPA17X SIP28

UFRB 085	BRSNORD149X SIP28	UFRB 185	EBDAMPA17X MIR10	UFRB 285	PARAGBRS188X MIR10
UFRB 086	BRSNORD149X SIP28	UFRB 186	EBDAMPA17X MIR10		
UFRB 087	BRSNORD149X SIP28	UFRB 187	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 088	BRSNORD149X SIP28	UFRB 188	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 089	BRSNORD149X SIP28	UFRB 189	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 090	BRSNORD149X SIP28	UFRB 190	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 091	BRSNORD149X SIP28	UFRB 191	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 092	BRSNORD149X SIP28	UFRB 192	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 093	BRSNORD149X SIP28	UFRB 193	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 094	BRSNORD149X SIP28	UFRB 194	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 095	BRSNORD149X SIP28	UFRB 195	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 096	BRSNORD149X SIP28	UFRB 196	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 097	BRSNORD149X SIP28	UFRB 197	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 098	BRSNORD149X SIP28	UFRB 198	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 099	BRSNORD149X SIP28	UFRB 199	EBDAMPA17X SIP28		
UFRB 100	BRSNORD149X SIP28	UFRB 200	EBDAMPA17X SIP28		

Parentais - BRSNORD149: BRS 149 Nordestina; PARAGBRS188: BRS 188 Paraguaçu; EBDA MPA-17; MIR10: Mirante 10 e SIP28: Sipeal 28. *Linhagens utilizadas para avaliação neste trabalho (203 linhagens).

Cada linhagem foi caracterizada durante o seu desenvolvimento em campo, de acordo com as classes fenotípicas dos descritores apresentados no Formulário de Instruções para Execução dos Ensaios de Distingüibilidade, Homogeneidade e Estabilidade de Cultivares de Mamona (*Ricinus communis* L.) do MAPA (BRASIL, 2008), com auxílio de imagens apresentadas no Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008), acrescidos de caracteres quantitativos sugeridos pelo NBIO (SILVA et al., 2019), descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Descritores de mamoneira propostos pelo MAPA (BRASIL, 2008) e caracteres quantitativos sugeridos pelo NBIO

Descritores propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008)		
Descritores	Avaliação	Classes fenotípicas
Até 10 dias após a emergência		
1. Pigmentação antocianínica (PAH)	Observar visualmente, se há presença ou ausência de pigmentação antocianínica no hipocótilo. Fig. 1. (a), (b) e (c)	1. Ausente 2. Presente
Pleno florescimento do racemo primário		
2. Inserção do Racemo Primário (IRP)	Medir com uma trena do solo até o ponto de inserção do primeiro racemo	1. Baixa (< 50 cm) 2. Média (51 a 100 cm) 3. Alta (> 100 cm)
3. Diâmetro do caule (DC)	No terço médio do caule, utilizando um paquímetro digital	1. Fino (< 3 cm) 2. Médio (3 a 6 cm) 3. Longo (> 5 cm)
4. Comprimento Médio do Internódio (CMIC)	Obtido pela relação NIC/IRP	1. Curto (< 2 cm) 2. Médio (3 a 5 cm) 3. Longo (> 5 cm)
5. Número de Internódios do Caule (NIC)	Contar a quantidade de cicatrizes presentes no caule	1. Baixo (até 15) 2. Médio (16 a 18) 3. Alto (> 19)
6. Cerosidade do Caule (CEC)	Registrar se há presença ou ausência de cera no caule	1. Ausente 2. Presente
7. Coloração do Caule (CC)	Com base em imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do Mapa (BRASIL, 2008). Fig. 1 (d), (e), (f), (g), (h) e (i)	1. Verde-clara 2. Verde-média 3. Verde-escura 4. Verde-rosada 5. Rosada 6. Vermelha 7. Marrom-vermelhada 8. Roxa
8. Face superior do Limbo (FSL)	De acordo com o ângulo formado pelo limbo foliar na face superior	1. Plana 2. Pouco afunilada 3. Afunilada

Descritores propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008)		
Descritores	Avaliação	Classes fenotípicas
9. Pigmentação da Nervura Principal (PNP)	Coloração das nervuras na face inferior das folhas maduras. Fig. 2 (a) e (b)	1. Esverdeada 2. Avermelhada
10. Cerosidade da Fase Superior do Limbo (CEFSL)	Observar se há presença ou ausência de cerosidade no limbo superior das folhas maduras	1. Ausente 2. Presente
11. Coloração da Face Superior do Limbo (CFSL)	Coloração verificada na face superior do limbo, da segunda folha madura localizada abaixo do racemo primário. Fig 2. (c), (d) e (e)	1. Verde-clara 2. Verde-média 3. Verde-escura 4. Rosa 5. Verde-avermelhada 6. Vermelha 7. Roxa
12. Flores Masculinas nos Racemos (FMR)	Verificar se há presença ou ausência de flores masculinas	1. Ausente 2. Presente
13. Localização das Flores Masculinas (LFMR)	Observar se as flores masculinas estão em sua maioria na parte inferior do racemo primário ou entremeadas com as femininas	1. Predominante na parte inferior do racemo 2. Entremeadas com as femininas
14. Coloração do Estigma (CE)	Observar no primeiro racemo a coloração do estigma antes da polinização. Fig 2. (f), (g), (h), (i), (j) e (k)	1. Amarelada 2. Esverdeada 3. Alaranjada 4. Avermelhada 5. Rosada
Da emergência até o início da floração feminina do primeiro racemo		
15. Florescimento (FLO)	Subtração da data de florescimento pela data de germinação	1. Precoce (até 30 dias) 2. Médio (31 a 60 dias) 3. Tardio (acima de 60 dias)
Pleno florescimento do último racemo comercial		
16. Estatura da Planta (EP)	Medir com uma trena do solo até o ápice do ramo mais alto da planta	1. Muito baixa (< 100 cm) 2. Baixa (101 a 150 cm) 3. Média (151 a 200 cm) 4. Alta (201 a 250 cm) 5. Muito alta (> 250 cm)
17. Arquitetura da Planta (AQP)	Fotografar as plantas para a análise. Fig 3. (a), (b) e (c)	1. Ereta 2. Semiereta 3. Aberta
18. Número de Racemos Colhidos (NRC)	Contar quantos racemos foram emitidos por cada planta	1. Baixo (até 3) 2. Médio (4 a 7) 3. Alto (> 7)
19. Comprimento do Racemo Primário (CRP)	Medir com uma régua do ápice do 1º racemo até a cicatriz do primeiro nó	1. Curto (< 31 cm) 2. Médio (31 a 50 cm) 3. Longo (> 51 cm)
Frutos imaturos do racemo primário		
20. Densidade do Racemo (DR)	Avaliação no segundo racemo, uma vez que o racemo primário foi autofecundado e isso poderia compactar o racemo e interferir no resultado. Fig 3. (d), (e) e (f)	1. Esparsa 2. Intermediária 3. Compacta
21. Forma do Racemo (FR)		1. Globosa 2. Cilíndrica 3. Cônica
22. Cerosidade do Fruto (CEF)	Avaliações realizadas visualmente	1. Ausente 2. Presente
23. Cor do Fruto (CF)	Com base nas imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do Mapa (BRASIL, 2008). Fig 3. (g), (h) e (i)	1. Amarelada 2. Verde-clara 3. Verde-média 4. Verde-escura

Descritores propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008)		
Descritores	Avaliação	Classes fenotípicas
		5. Verde-rosada 6. Rosa 7. Vermelha 8. Roxa
24. Presença de Acúleos nos Frutos (PAF)	Avaliações realizadas visualmente	1. Ausente 2. Presente
25. Densidade dos Acúleos dos Frutos (DAF)		1. Baixa 2. Média 3. Alta
26. Coloração dos Acúleos dos Frutos (CAF)	Com base nas imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do Mapa (BRASIL, 2008)	1. Amarelada 2. Verde-clara 3. Verde-média 4. Verde-escura 5. Verde-rosada 6. Rosa 7. Vermelha 8. Roxa
Frutos ou racemos maduros		
27. Deiscência dos Frutos (DEF)	De acordo com a quantidade de frutos abertos	1. Deiscente 2. Semideiscente 3. Indeiscente
Sementes colhidas de frutos maduros		
28. Presença de Coloração Secundária (PCS)	Avaliações feitas visualmente	1. Ausente 2. Presente
29. Coloração Principal da Semente (CPS)	Corresponde à coloração predominante	1. Branca 2. Amarelada 3. Avermelhada 4. Marrom-clara 5. Marrom-média 6. Marrom-escura 7. Marrom-avermelhada 8. Acinzentada 9. Preta
30. Coloração Secundária da Semente (CSS)	Com base nas imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do MAPA (BRASIL, 2008)	
31. Tipo de Coloração Secundária (TCS)	Classificadas como pintada quando apresentar pequenas pintas, ou rajadas quando em forma de desenhos e alongadas, ou pontuadas quando apresentar pontos distribuídos de forma irregular. Fig 3. (j), (k), (l), (m), (n) e (o)	1. Pintada 2. Rajada 3. Pontuada
32. Forma da Semente (FS)	De acordo com o seu formato	1. Arredondada 2. Elipsoide
33. Protuberância da Carúncula (PDC)	Avaliações feitas visualmente	1. Leve 2. Acentuada
34. Peso de 100 sementes a 9% de umidade (P100)	Determinação da umidade das sementes de acordo com a RAS (BRASIL, 2009) pelo método da estufa a 105 °C, e utilização de uma regra de três simples para determinar o peso de 100 sementes a 9% de umidade	1. Baixo (< 40 g) 2. Médio (41 a 55 g) 3. Alto (> 55 g)
35. Rendimento de Sementes por Fruto (RSF)	Porcentagem do peso das sementes pelo peso dos frutos	1. Baixo (< 60%) 2. Médio (61 a 80%) 3. Alto (> 80%)
Caracteres quantitativos sugeridos pelo NBIO (2014/2015)		
Descritores	Avaliação	
36. Número de Frutos por Racemo (NFR)	Média da contagem do número de frutos dos quatro primeiros racemos	

Descritores propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008)		
Descritores	Avaliação	Classes fenotípicas
37. Número de Sementes do Racemo Primário (NSRP)	Contagem do número de sementes do primeiro racemo	
38. Número de Sementes por Racemo (NSR)	Média da contagem do número de sementes dos quatro primeiros racemos	
39. Peso de Sementes por Racemo (PSR)	Média do peso das sementes dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica	
40. Peso de sementes por Planta (PSP)	Soma do peso das sementes dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica	
41. Número de Frutos por Planta (NFP)	Contagem do número de frutos dos quatro primeiros racemos	
42. Número de Sementes por Planta (NSP)	Contagem do número de sementes dos quatro primeiros racemos	
43. Peso do Racemo por Planta (PRP)	Peso dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica	
44. Peso dos Frutos por Racemo (PFR)	Média do peso dos frutos dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica	
45. Produtividade (PROD)	Calculou-se a estimativa para cada planta em kg ha ⁻¹	
46. Comprimento do racemo (CR)	Média do comprimento dos quatro primeiros racemos	
47. Comprimento efetivo do racemo (CER)	Medição entre o ápice do racemo até o último pedúnculo	

Fonte: MAPA (BRASIL, 2008), UFRB/CCAAB/NBIO (2014), Silva et al. (2019).

Para os descritores com classes distintas, foram realizados registros ilustrativos por imagens fotográficas. Para melhor qualidade destas imagens, as fotografias foram feitas no final da tarde e em dias nublados para que não houvesse interferência dos raios solares, utilizando equipamento fotográfico semiprofissional com objetivas de 18-105mm.

Para os descritores qualitativos foram calculadas as frequências percentuais de cada categoria e o nível de entropia dos caracteres (H) por meio do coeficiente de Renyi (Equação 1).

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (\text{Eq.1})$$

Em que a entropia é uma medida da frequência da distribuição de (n) linhagens $P = (p_1, p_2, \dots, p_s)$, sendo: $p_1 = f_1/n$ e $(p_1 + p_2 + \dots + p_s = 1)$ desde que $(n = f_1 + f_2 + \dots + f_s)$, onde f_1, f_2, \dots, f_n , são as contagens de cada uma das classes (s) no descritor considerado (VIEIRA et al., 2008). Para os caracteres quantitativos foi realizada a análise de variância, com teste F, significativo à probabilidade $(p > 0,05)$ e $(p < 0,01)$ e parâmetros descritivos, para verificar o nível de variabilidade desses caracteres. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2014).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 é possível verificar o nível de entropia e a frequência dos 35 descritores qualitativos avaliados. Destes, somente para os descritores pigmentação antocianínica, cerosidade da fase superior do limbo, presença de acúleos nos frutos, presença de coloração secundária na semente e localização das flores masculinas no racemo, não se verifica mais de uma classe fenotípica.

Tabela 2. Descritores, classes fenotípicas, frequências e nível de entropia avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014/2015

Descritor	Classes	Frequência (%)	Nível de Entropia (H)
1. Pigmentação antocianínica	1. Ausência	0,00	0,00
	2. Presença	100,00	
2. Inserção do racemo primário	1. Baixa	24,04	0,60
	2. Média	75,00	
	3. Alta	0,96	
3. Diâmetro do caule	1. Fino	96,15	0,16
	2. Médio	3,85	
	3. Grosso	0,00	
4. Comprimento médio do internódio	1. Curto	3,37	0,29
	2. Médio	93,27	
	3. Longo	3,37	
5. Número de internódio do caule	1. Baixo	29,81	1,07
	2. Médio	44,23	
	3. Alto	25,96	
6. Cerosidade do caule	1. Ausência	12,02	0,37
	2. Presença	87,98	
7. Coloração do caule	1. Verde-clara	30,77	1,70
	2. Verde-média	13,46	
	3. Verde-escura	1,92	
	4. Verde-rosada	10,10	
	5. Rosada	2,40	
	6. Vermelha	0,96	
	7. Marrom-avermelhada	13,94	
	8. Roxa	26,44	
8. Face superior do limbo	1. Plana	14,90	1,01
	2. Pouco afunilada	38,46	
	3. Afunilada	46,63	
9. Pigmentação da nervura principal	1. Esverdeada	54,33	0,69
	2. Avermelhada	45,67	
10. Cerosidade da face superior do limbo	1. Ausência	100,00	0,00
	2. Presença	0,00	
11. Coloração da face superior do limbo	1. Verde-clara	0,48	0,64
	2. Verde	30,29	
	3. Verde-escura	69,23	
12. Presença ou ausência de flores masculinas	1. Ausência	1,44	0,08
	2. Presença	98,56	
13. Localização das flores masculinas	1. Predominante na parte inferior do racemo	0,00	0,00
	2. Entremeadas com as femininas	100,00	
14. Coloração do estigma	1. Amarelada	5,77	1,11
	2. Esverdeada	0,00	
	3. Alaranjada	39,90	
	4. Avermelhada	45,19	
	5. Rosada	9,13	
15. Florescimento	1. Precoce	0,00	0,18
	2. Médio	6,73	
	3. Tardio	93,27	
16. Densidade do racemo	1. Esparsa	22,12	0,78
	2. Intermediária	70,19	
	3. Compacta	7,69	

Continuação

Descritor	Classes	Frequência (%)	Nível de Entropia (H)
17. Forma do racemo	1. Globosa	56,25	0,83
	2. Cilíndrica	39,42	
	3. Cônica	4,33	
18. Cerosidade do fruto	1. Ausência	12,50	0,38
	2. Presença	87,50	
19. Cor do fruto	1. Amarelada	0,00	0,66
	2. Verde-clara	1,44	
	3. Verde-média	14,90	
	4. Verde-escura	79,81	
	5. Verde-rosada	3,37	
	6. Rosa	0,00	
	7. Vermelha	0,00	
	8. Roxa	0,48	
20. Presença de acúleos nos frutos	1. Ausência	0,00	0,00
	2. Presença	100,00	
21. Densidade dos acúleos nos frutos	1. Baixa	0,00	0,22
	2. Média	5,77	
	3. Alta	94,23	
22. Coloração dos acúleos dos frutos	1. Amarelada	0,00	1,69
	2. Verde-clara	2,88	
	3. Verde-média	30,29	
	4. Verde-escura	8,65	
	5. Verde-rosada	22,12	
	6. Rosa	19,71	
	7. Vermelha	2,40	
	8. Roxa	13,94	
23. - Estatura da planta	1. Muito baixa	9,13	0,75
	2. Baixa	73,08	
	3. Média	17,79	
	4. Alta	0,00	
	5. Muito alta	0,00	
24. Arquitetura da planta	1. Ereta	25,48	1,07
	2. Semiereta	44,71	
	3. Aberta	29,81	
25. Número de racemos colhidos	1. Baixo	7,69	0,88
	2. Médio	57,21	
	3. Alto	35,10	
26. Comprimento do racemo primário	1. Curto	99,52	0,03
	2. Médio	0,48	
	3. Longo	0,00	
27. Deiscência do fruto	1. Deiscente	16,83	0,73
	2. Semideiscente	74,52	
	3. Indeiscente	8,65	
28. Coloração principal da semente	1. Branca	4,83	1,67
	2. Amarelada	3,86	
	3. Avermelhada	0,48	
	4. Marrom-clara	8,21	
	5. Marrom-média	5,80	
	6. Marrom-escura	29,95	
	7. Marrom-avermelhada	2,42	
	8. Acinzentada	6,76	
	9. Preta	37,68	

Continuação

Descritor	Classes	Frequência (%)	Nível de Entropia (H)
29. Presença de coloração secundária	1. Ausência 2. Presença	0,00 100,00	0,00
30. Coloração secundária das sementes	1. Branca 2. Amarelada 3. Avermelhada 4. Marrom-clara 5. Marrom-média 6. Marrom-escura 7. Marrom-avermelhada 8. Acinzentada 9. Preta	0,00 14,01 2,90 62,32 2,42 13,04 3,86 0,00 1,45	1,22
31. Tipo da coloração secundária	1. Pintada 2. Rajada 3. Pontuada	11,11 27,54 61,35	0,90
32. Forma da semente	1. Arredondada 2. Elipsoide	86,96 13,04	0,39
33. Protuberância da carúncula	1. Leve 2. Acentuada	96,14 3,86	0,16
34. Peso de 100 sementes a 9% de umidade	1. Baixo 2. Médio 3. Alto	32,37 54,59 13,04	0,96
35. Rendimento de semente por fruto	1. Baixo 2. Médio 3. Alto	37,02 62,02 0,96	0,71

Para a pigmentação antocianínica observa-se 100% de presença na população, embora visualmente algumas plantas apresentem intensidade mais forte do que outras. Menezes et al. (2015) no trabalho sobre concentração antocianínica de *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil. & Juss. & Cambess.) A.Robyns, por meio do método espectrofotométrico, comentaram que as baixas concentrações de antocianinas podem resultar em ausência de uma coloração forte. Por sua vez, Shankar et al. (2010) explicam que, independente da intensidade de antocianina, a coloração verde é considerada recessiva. A presença deste carácter tem sido relacionado com a resistência à fusariose e a algumas pragas (ANJANI et al., 2010). Segundo Vieira et al. (2008), o nível de entropia (H) está relacionado com o número de classes fenotípicas e com a proporção com que estas classes apresentam. Quanto mais classes houver e mais equilibrada for a proporção entre as frequências, maior será o H. Assim, para um descritor com duas classes o maior H ocorrerá quando ambas as classes apresentarem 50% de acessos.

Em trabalho de caracterização morfoagronômica de germoplasma de mandioca, a elevada entropia de alguns descritores se deve à ausência de interesse agrônomo por esses, não sendo utilizados como critério de seleção, tanto de forma consciente em programas de melhoramento genético, como de forma inconsciente no início da domesticação da espécie, e que portanto, manteve a elevada variabilidade de classes (VIEIRA et al., 2008). Desta forma, dentre os 35 descritores qualitativos avaliados neste trabalho, 22,86% exibem diversas classes fenotípicas que contribuem com o elevado H: Coloração do estigma (1,11) com quatro classes fenotípicas, Coloração dos acúleos do fruto (1,69) com sete classes, Coloração principal da semente (1,67) com nove classes, Coloração secundária da semente (1,22) com sete classes, e Coloração do caule (1,70) com oito classes fenotípicas, cuja maior frequência é da classe verde-clara com 30,77% e a menor foi vermelha com 0,96%. Segundo Shankar et al. (2010), a cor vermelha é controlada separadamente por um único gene dominante. Rodrigues et al. (2014) também encontraram variabilidade na coloração do caule de mamoneira, sendo que 66,66% dos acessos avaliados apresentaram coloração do tipo rosa. Provavelmente, esta variabilidade de classes para estes

descritores se deve à ausência de preferência por determinada coloração pelos povos que domesticaram a cultura. Entretanto, o elevado H para Fase superior do limbo (1,01), Arquitetura da planta (1,07) e Número de internódios no caule (NIC=1,07) se devem às frequências equilibradas entre as classes destes descritores. Sobre o NIC, Souza et al. (2007) comentam que, as mamoneiras em condições de excesso hídrico apresentam maior número de internódios.

Estes resultados indicam que, as linhagens de mamoneira apresentam variabilidade genética para os descritores relacionados à coloração, fase superior do limbo e número de internódios do caule, indicando que esta população possui ampla base genética para estes descritores. Assim, a variabilidade detectada é um resultado desejado, já que é importante manter a variabilidade da espécie para aumento do ganho genético, sob seleção, assim como seu uso em programas de melhoramento genético para novas recombinações gênicas.

Dentre os descritores qualitativos avaliados, alguns exibem menor H: Diâmetro do caule (0,16) explicado pela observação de apenas duas classes fenotípicas e da distribuição desequilibrada entre estas, sendo 96,15% da população com diâmetro fino. Soratto et al. (2011) estudando populações de 25, 40, 55 e 70 mil plantas por hectare, constataram que com o aumento da população de mamoneiras de porte baixo em uma área o diâmetro do caule é reduzido, indicando que este caráter modifica conforme o ambiente, sendo considerado um caráter adaptativo, necessitando de sua avaliação em cada ambiente específico. Para a colheita mecanizada é recomendado plantas com caules finos e porte baixo, já que o diâmetro de caule grosso dificultaria o processo. Assim, as linhagens e os parentais do BAG avaliados satisfazem essa característica de interesse. Médio H foi constatado para o descritor Inserção do racemo primário (IRP=0,60), que apresenta maior frequência da classe média correspondendo a 75% do BAG. Isto contribuiu para a maioria das linhagens 93,27% exibirem longo Comprimento médio dos internódios (0,29), devido este descritor ser obtido pela relação IRP/NIC. Pivetta et al. (2015) explicam que, a inserção do racemo primário corresponde ao início da fase reprodutiva, em que o caule primário cresce até a emissão do primeiro racemo, sendo essa fase bastante influenciada por fatores ambientais, como o fotoperíodo e o acúmulo de graus-dia. Tal constatação foi verificada por Souza et al. (2007) em que, algumas mamoneiras em condições de sequeiro apresentaram inserção precoce e com menor número de internódios no caule. Demais descritores também apresentam baixa entropia devido ao menor número de classes fenotípicas e/ou pela frequência desequilibrada entre estas, como o descritor Cerosidade do caule (0,37) em que 87,98% das mamoneiras apresentam cerosidade. Segundo Shankar et al. (2010) este caráter confere tolerância ao frio e à seca.

É importante ressaltar que os descritores de interesse agrônômico, a exemplo do Florescimento (0,18), Deiscência dos frutos (0,73) e Estatura da planta (0,75), também exibem baixo a médio H, fato este que pode ser explicado pelo uso desses descritores na seleção de linhagens superiores. Apesar de apresentarem médio e baixo nível de entropia, estes descritores tem importância devido à correlação existente com outros descritores que influenciam na discriminação dos acessos. Shifriss (1973) comenta que, a presença do gene que determina o porte anão na mamoneira afeta várias características distintas, como afunilamento do limbo foliar, encurtamento dos internódios, nós sinuosos, poucas ramificações, entre outras.

Observa-se na Tabela 1 que 93,27% das mamoneiras do BAG se comportam como de florescimento tardio. Para esse caráter espera-se que as plantas tenham florescimento ajustado adequadamente para a condição do ambiente de cultivo, optando-se por linhagens e parentais adaptados a um período curto de precipitação pluvial, para reduzir gastos com a produção, principalmente para os produtores que dispõem de poucos recursos financeiros e tecnológicos. Quanto ao descritor Deiscência dos frutos, 74,52% dos acessos do BAG posicionam-se como semideiscentes. Em relação à Estatura da planta, contiveram um predomínio de linhagens de porte baixo, 73,08%. Pivetta et al. (2015) comentam que, plantas de porte baixo é uma das metas dos programas de melhoramento, já que exibem menor dreno vegetativo e possuem características que permitem o adensamento, facilitando a colheita mecanizada. Alves et al. (2015) verificaram que, com o aumento do número de plantas por área, houve aumento da estatura das plantas, devido ao estiolamento provocado pela deficiência de luz. A população de plantas também pode influenciar outros descritores, como observado por Soratto et al. (2011)

que, com o aumento da população de mamoneiras de porte baixo ocorreu a redução do número de racemos comerciais.

Para os caracteres quantitativos avaliados, todos apresentam diferenças significativas pelo teste F (Tabela 3), evidenciando a presença de variabilidade. Segundo Ramalho et al. (2012) caracteres quantitativos são poligênicos, e o número de classes fenotípicas aumenta proporcional ao número de genes, reduzindo as diferenças entre as classes, seguindo uma distribuição contínua.

Tabela 3. Resumo da análise de variância de 12 descritores quantitativos, avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira

Descritores	Quadrado Médio	F	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
CR	31,46	1,51**	18,46	4,83	35,75	24,70
CER	24,61	1,80**	11,20	1,83	28,07	32,95
PRP	1084,39	1,37**	69,87	5,66	180,63	40,31
NFR	116,36	1,46**	23,65	2,00	98,00	37,70
NFP	2013,80	1,43**	82,06	3,00	295,00	45,67
PFR	905,60	1,33**	64,98	5,18	168,21	40,12
PSR	369,59	1,39**	39,83	3,30	107,67	40,88
PSP	6399,44	1,30*	137,30	3,30	430,66	51,04
NSRP	2583,08	1,98**	67,97	0,00	233,00	53,07
NSR	962,70	1,49**	71,54	8,00	182,00	35,53
NSP	17284,96	1,43**	244,77	8,00	689,00	44,88
PROD	71104,67	1,30*	457,70	11,00	1436,00	51,04

*, ** significativo à probabilidade ($p>0,05$) e ($p<0,01$), respectivamente. CR - Comprimento do racemo; CER - Comprimento efetivo do racemo; PRP - Peso do racemo por planta; NFR - Número de frutos por racemo; NFP - Número de frutos por planta; PFR - Peso dos frutos por racemo; PSR - Peso de sementes por racemo; PSP - Peso de sementes por planta; NSRP - Número de sementes do racemo primário; NSR - Número de sementes por racemo; NSP - Número de sementes por planta e PROD - Produtividade.

A qualidade experimental avaliada através do coeficiente de variação CV% mostra limites de 24,70 a 53,07%, sendo estes valores correspondentes ao comprimento do racemo e número de sementes do racemo primário, respectivamente, e de 51,04% para o descritor produtividade. Estes valores estão de acordo com a natureza quantitativa e poligênica destes descritores, sendo bastante influenciados pelos efeitos do ambiente (SILVA et al., 2012). Valores de CV% para comprimento do racemo e produtividade têm sido obtidos por vários autores, 13,42 e 32,84% (SAMPAIO FILHO et al., 2011); 9,32 e 31,36% (BAHIA et al., 2008); 19,37 e 31,64% (BEZERRA NETO et al., 2010), respectivamente. Fernandes et al. (2015) encontraram valor superior de CV% para produtividade, sendo 54,88%.

O intervalo de variação obtido para os descritores agrônômicos como Número de sementes por racemo é de 8 a 182 unidades e o Peso de sementes por racemo de 3,30 a 107,67 g, muito próxima à observada em outros trabalhos envolvendo a geração segregante F_2 com o mesmo germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO, como o de Passos et al. (2010) que constatou nesta população o número de sementes de 35 a 163 unidades e 22,6 a 256 g para o peso de sementes. Oliveira et al. (2013) na população avançada ($F_3:F_4$), constatou o número de sementes de 73 a 157 unidades e para o descritor peso de sementes de 48,92 a 117,01 g.

A produtividade máxima de 1436,00 kg ha⁻¹ observada, foi superior à média nacional constatada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), sendo 737 kg ha⁻¹ a produtividade média no mês de agosto de 2015. Bahia et al. (2008) e Sampaio Filho et al. (2011) avaliando cultivares de mamoneiras no Recôncavo Baiano, observaram que Sipeal 28 foi a mais produtiva com 1347 kg ha⁻¹. Zorzenoni et al. (2011), avaliando cultivares de mamoneira na região de Londrina-PR verificaram que a cultivar mais produtiva foi a variedade IAC Guarani, com 911 kg ha⁻¹.

Conclusão

Constatou-se por este trabalho que existe variabilidade genética para a maioria dos descritores e caracteres avaliados, podendo servir como guia para direcionar os programas de melhoramento da espécie. A maior abrangência de indivíduos nas classes foi observada para os descritores relacionados à coloração, do estigma, do caule, dos acúleos e das sementes, devida provavelmente ao fator evolutivo da espécie, já que foram pouco visados no processo de domesticação.

A seleção pode ser aplicada com possibilidade de ganhos genéticos elevados na maioria dos descritores e caracteres avaliados, uma vez que esta geração avançada apresentou alto grau de homozigose e maior proporção de alelos favoráveis, tornando a seleção baseada no fenótipo mais efetiva.

Referências

- ALVES, G. S.; TARTAGLIA, F. L.; BELTRÃO, N. E. M.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. O. Densidade populacional e seu efeito na produtividade da mamoneira BRS Energia sob cultivo irrigado. *Revista Ciência Agronômica*, v.46, n.3, p.546-554, 2015.
- ANJANI, K.; PALLAVI, M.; BABU, S. N. S. Biochemical basis of resistance to leafminer in castor (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products*, v.31, n.1, p.192 -196, 2010.
- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2007. 506p.
- BAHIA, H. F.; SILVA, S. A.; FERNANDEZ, L. G.; LEDO, C. A. S.; MOREIRA, R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.3, p.357-362, 2008.
- BAHIA, H. F. Avaliação e seleção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.). 66p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2007.
- BEZERRA NETO, F. V.; LEAL, N. R.; GONÇALVES, L. S. A.; RÊGO FILHO, L. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.2, p.294-299, 2010.
- BRASIL. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). 2008. DOU nº 147, de 01/08/2008, seção 1, p.14-15.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes, Brasília, 2009. 399p.
- BRASILEIRO, H. S. Seleção de linhagens elites de mamoneira por meio de marcadores microssatélites e caracteres teor de óleo e peso de sementes por planta. 73f. Dissertação. (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2014.
- CERQUEIRA, L. S. Variabilidade genética e teor de óleo em mamoneira visando ao melhoramento para região de baixa altitude. 57f. Dissertação. (Mestrado). Curso Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2008.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Embrapa, Cruz das Almas: Embrapa, 1993.
- FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; SILVA, J. R. P. Adubação e ordem do racemo no desempenho agrônomo da mamoneira BRS Nordestina. *Revista Caatinga*, v.28, n.1, p.48-57, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2015. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201508.pdf> Acesso em: 10 set. 2015.
- MACHADO, E. L. Genotipagem, teor de óleo, otimização do método gravimétrico e desenvolvimento de marcadores microssatélite em *Ricinus communis* L. 118f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Centro de Ciências Agrárias e Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2011.

- MACHADO, E. L.; SILVA, S. A.; FERNANDES, L. DOS S.; BRASILEIRO, H. S. Genetic variability and homozygosity in a F4 castor bean population by microsatellite markers. *Bragantia*, v.75, n.3, p.307-313, 2016.
- MENEZES, M. A. G.; OLIVEIRA NETO, F. B.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A.; SILVA, F. F. M. Quantificação de antocianinas dos extratos de Embiratanha (*Pseudobombax marginatum*). *Holos*, v.1, p.30-35, 2015.
- MILANI, M. Descritores de Mamona utilizados pela Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão. Documentos 192, 2008. 39p.
- MOREIRA, J. A. N.; LIMA, E. F.; FARIAS, F. J. C.; AZEVEDO, D. M. P. DE. Melhoramento de mamoneira (*Ricinus communis* L.). Campina Grande: Embrapa-CNPA, Documentos 44, 1996. 29p.
- MOSHKIN, V. A. Castor. New Delhi: Amerind Publishing, 1986. 315p.
- OLIVEIRA, R. S.; SILVA, S. A.; BRASILEIRO, B. P.; MEDEIROS, E. P.; ANJOS, E. V. A. Genetic divergence on castor bean using the ward-mlm strategy. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.3, p.564-570, 2013.
- OLIVEIRA, R. S. de. Avaliação de População Segregante (F₃) de mamoneira em condições de baixas altitudes. 51p. Dissertação. (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2011.
- PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; SOUZA, C. S.; SOUZA, C. M. M.; FERNANDES, L. S. Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de mamoneira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.7, p.709-714, 2010.
- PIVETTA, L. G.; ZANOTTO, M. D.; TOMAZ, C. A.; PIVETTA, L. A.; FIOREZE, A. C. L.; ZOZ, T. Avaliação de genótipos de mamona em diferentes níveis de adubação. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.2, n.2, p.9-18, 2015.
- R CORE TEAM R. A language and environment for statistical computing R. 2014. Viena: Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 03 Set. 2015.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. Genética na Agropecuária. 5.ed. Lavras: UFLA, 2012. 566p.
- RODRIGUES, H. C. A.; CARVALHO, S. P.; CARVALHO, A. A. Determinação da divergência genética entre acessos de mamoneira por meio de caracteres binários e multicategóricos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.13, n.3, p.247-254, 2014.
- SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; BAHIA, H. F.; SILVA, M. S.; CARVALHO, D. S. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no Recôncavo Baiano. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v.6, p.28-34, 2011.
- SAMPAIO FILHO, O. M. Análise descritiva, agrupamento e análise de trilha de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo em Cruz das Almas – BA. 73p. Dissertação. (Mestrado). Curso Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2009.
- SANTOS, L. A. Caracterização e seleção de linhagens elites de mamoneira (*Ricinus communis* L.) por meio do desempenho morfoagronômico e molecular no Estado da Bahia. 85f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2013.
- SANTOS, L. A.; SILVA, A. S.; SOUZ, D. R.; ARAUJO, G. M.; ALMEIDA, V. O.; NEVES, C. G. Genetic parameters in agronomic characters for selection of superior lineages of *Ricinus communis* L. *Ciência Rural*, v.49, n.1, e20180547, 2019.
- SHANKAR, V. G.; RAO, P. V. R.; REDDY, A. V. Inheritance of certain morphological characters and fusarium wilt resistance in castor, *Ricinus comunnis* L. *Journal of Breeding and Genetics*, v.42, n.2, p.57-64, 2010.
- SHIFRISS, O. The dropping syndrome of *Ricinus*. *Journal of Heredity*, v.64, p.351-355, 1973.
- SILVA, M. G. M.; VIANA, A. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; REIS, R. V. Biometria aplicada ao melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro amarelo. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.3, p.493-499, 2012.
- SIMÕES, K. S.; SILVA, S. A.; MACHADO, E. L.; BRASILEIRO, H. S. Development of TRAP primers for *Ricinus communis* L. *Genetics and Molecular Research*, v.16, n.2, gmr16029647, 2017.
- SILVA, S. A.; BAHIA, H. F.; CERQUEIRA, L. S.; SAMPAIO FILHO, O. M.; PASSOS, A. R.; MACHADO, E. L.; PRAZERES, A. G.; OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, L. A.; ALMEIDA, V. O.; BRASILEIRO, H. S.; SALDANHA, R. B.; SILVA, V.; ALVES, J. S.; SOUSA, F. Q.; SILVA, M. S. Banco de germoplasma de mamona da

- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. In: Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste, 1, 2013, Cruz das Almas. Anais... Cruz das Almas, 2013.
- SILVA, A. R. DA; SILVA, S. A.; SANTOS, L. A. DOS; SOUZA, D. R. DE; ARAUJO, G. M.; MOREIRA, R. F. C. Genetic divergence among castor bean lines and parental strains using ward's method based on morpho-agronomic descriptors. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.39, n.3, p.307-313, 2017.
- SILVA, A. R. DA; SILVA, S. A.; DOS SANTOS, L. A.; DE SOUZA, D. R.; ARAUJO, G. M.; DANTAS, J. L. L.; LEITE, E. S.; DANTAS, A. C. V. L. Characterization and performance of castor bean lineages and parents at the UFRB germplasm bank. *PLoS ONE*, v.14, n.1, e0209335, 2019.
- SILVA, V. Divergência genética, interação G x E, adaptabilidade e estabilidade de linhagens elites e cultivares de mamoneira no estado da Bahia. 83p. Tese. (Doutorado). Curso Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2016.
- SINGH, A. S.; KUMARI, S.; MODI, A. R.; GAJERA, B. B.; NARAYANAN, S.; KUMAR, N. Role of conventional and biotechnological approaches in genetic improvement of castor (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products*, v.74, p.55-62, 2015.
- SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; GIACOMO, B. M. S.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A. M. Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.3, p.245-253, 2011.
- SOUZA, A. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II – crescimento e produtividade. *Revista Ciência Agrônômica*, v.38, n.4, p.422-429, 2007.
- VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SILVA, M. S.; FUKUDA, W. M. G.; FALEIRO, F. G. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. *Científica*, v.36, n.1, p.56-67, 2008.
- ZORZENONI, T. O.; OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C.; PRETE, C. E. C. Avaliação das características agrônômicas de cultivares de mamona semeadas em Londrina. *Nucleus*, v.8, n.2, p.143-154, 2011.

Seção 2



Hortaliças



CAPÍTULO 11

ASPECTOS AGRONÔMICOS SOBRE HORTALIÇAS

Lúcia Helena Garófalo Chaves

Introdução

A horticultura é o ramo da agricultura que estuda as técnicas de produção e aproveitamento dos frutos, legumes, árvores, arbustos e flores. Inclui também a jardinagem. Em seu conceito atual, é a ciência e a arte de cultivar frutas, hortaliças, flores e plantas ornamentais, plantas medicinais, aromáticas e condimentares (MELO & FABRI, 2017). A horticultura divide-se em cinco ramos, sendo uma delas a olericultura a qual estuda as hortaliças. Por outro lado, na classificação das hortaliças aparecem os legumes, cujas partes utilizadas na alimentação são frutos, sementes ou partes subterrâneas, como por exemplo, berinjela, pimentão e cenoura (CRIAR E PLANTAR, 2019).

De acordo com Bevilacqua (2019), hoje, mais de 80 espécies são cultivadas comercialmente no Brasil, as quais, atualmente, são classificadas pelo sistema Nacional de Centrais de Abastecimento, com pequenas modificações como Hortaliças tuberosas - são aquelas cujas partes utilizáveis desenvolvem-se dentro do solo, compreendendo: tubérculos (batatinha, cará), rizomas (inhame), bulbos (cebola, alho) e raízes tuberosas (cenoura, beterraba, batata-doce, mandioquinha-salsa); Hortaliças herbáceas - aquelas cujas partes aproveitáveis situam-se acima do solo, sendo tenras e suculentas: folhas (alface, taioba, repolho, espinafre), talos e hastes (aspargo, funcho, aipo), flores e inflorescências (couve-flor, brócoli, alcachofra); Hortaliças-fruto - utiliza-se o fruto, verde ou maduro, todo ou em parte: melancia, pimentão, quiabo, ervilha, tomate, jiló, berinjela, abóbora.

O hábito de consumo de hortaliças pelos brasileiros foi, inicialmente, influenciado pelos índios que aqui viviam seguido pela chegada dos povos, portugueses e africanos, e em seguida com os imigrantes italianos, alemães, nórdicos e japoneses, os quais trouxeram várias espécies de hortaliças que não haviam no Brasil, introduzindo técnicas modernas de cultivo (BEVILACQUA, 2019).

As hortaliças necessitam de certas condições de clima, solo, água, nutrientes e outros cuidados para se obter alta produtividade com menor custo, menor impacto ambiental e maior benefício social (SENAR, 2012). O cultivo destas plantas é formado por um conjunto de técnicas agrícolas, como por exemplo, correção e fertilização dos solos, tanto com produtos minerais como com os orgânicos, práticas culturais, irrigação dessas culturais, entre outras.

A correção dos solos, tanto em relação à acidez como à salinidade/sodicidade, precisa ser feita, antes do plantio, porque senão, a germinação, o desenvolvimento e a produtividade das culturas serão prejudicadas. Os solos ácidos apresentam deficiência ou toxicidade de alguns nutrientes, enquanto que em solos das regiões de climas semiárido ou áridos, o excesso de sódio e/ou sais, com elevada condutividade elétrica, ocasiona a redução de sua fertilidade e nas propriedades físicas; redução do desenvolvimento vegetal, devido ao efeito osmótico; desbalanço nutricional, além de efeito tóxico atribuído aos íons de sódio e cloreto (SHOSSLER et al., 2012). Para a correção da acidez do solo, é necessário ser feita a calagem, ou seja, a aplicação de calcário, que é a prática mais comum e efetiva nesta correção. O carbonato de cálcio (base de calcário) é um sal básico e, como tal, reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização. Para

a remoção do excesso de sódio do solo, tem sido utilizado o gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - sulfato de cálcio); como sal neutro, possui reação neutra, não influencia diretamente no pH do solo, favorece o aprofundamento das raízes, permite às plantas usar com eficiência os nutrientes aplicados ao solo (SOUSA et al., 2005), além disso é uma fonte de enxofre para as plantas.

As hortaliças, assim como as demais plantas, precisam, para viver, elementos essenciais como carbono, oxigênio e hidrogênio fornecidos pelo ar e pela água, além dos macronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, e micronutrientes, cobre, zinco, manganês, molibdênio, ferro, boro e cloro, os quais são fornecidos pelo solo ou por adubos quando o solo não é capaz de suprir as necessidades de cada cultura (MARTINS, 2019). A fertilização é um dos manejos mais importantes na agricultura, uma vez que, seu uso correto resulta em um uso mais racional de defensivos. No entanto, a maioria das hortaliças cultivadas comercialmente é pouco eficiente na utilização de nutrientes (ZANDONADI et al., 2014), causando, com isso, danos ambientais e efeitos adversos nos solos relacionados ao excesso de adubação (NOVOTNY, 2011).

Além da aplicação dos fertilizantes minerais, é importante repor ou adicionar matéria orgânica ao solo, principalmente pela utilização de esterco animal. No caso da produção de hortaliças, são utilizados esterco de aves, bovinos, equinos ou caprinos. A matéria orgânica atua nas propriedades químicas (fertilidade do solo), físicas (condicionamento físico) e biológicas (mantém a vida do solo) dos solos (ALCÂNTARA & MADEIRA, 2008). Ramos et al. (2015), avaliando o efeito do sistema orgânico de produção de hortaliças nos atributos físicos da camada superficial do solo, quando comparado com o sistema de cultivo convencional e o sistema sob floresta (tratamento referência), concluíram que o sistema orgânico, de modo geral, apresentou melhor qualidade física do solo, quando comparado ao sistema convencional, com maiores valores quanto à estabilidade dos agregados e condutividade hidráulica, porém apresentou maior densidade de solo e menor volume de poros, comparado ao sistema sob floresta.

Até há pouco tempo, as hortaliças eram cultivadas no sistema convencional, cujo objetivo do manejo é a planta, no entanto, devido à preocupação com a conservação do solo, tem aumentado a agricultura orgânica, levando em consideração o solo (SHIRAKI, 2019). O interesse desta agricultura é manter o solo saudável e rico em organismos vivos, benéficos ao solo e às plantas. Para que isso ocorra, tem sido aplicado ao solo material orgânico proveniente de compostagem e/ou vermicompostagem (MARTINS, 2019).

A compostagem é uma técnica, processo biológico, que transforma os resíduos orgânicos da agricultura em adubos orgânicos. A ação de minhocas neste processo, chamado de vermicompostagem, digere a matéria orgânica, proporcionando a mineralização dos nutrientes, acelerando a transformação do resíduo em material humificado (DOMÍNGUEZ et al., 2010). A adição de vermicomposto aos substratos do solo e das culturas aumenta muito o crescimento e a produtividade de um grande número de culturas hortícolas, como por exemplo, o pimentão (ARANCON et al., 2004) e tomate (BHAT et al., 2013). Yuri et al. (2004), avaliando doses de composto orgânico (obtido com casca do grão de café, esterco de curral e palha triturada de *Crotalaria* sp.) na produtividade e qualidade da alface americana, concluíram que o uso de 56,0 t ha⁻¹ aplicado em pré-plantio, proporciona melhor rendimento e qualidade comercial da alface americana.

Segundo Mäder et al. (2002), a agricultura orgânica pode trazer vantagens à produção de hortaliças, já que nesse sistema a necessidade de entrada de nutrientes e energia é reduzida, enquanto a biodiversidade é aumentada. Tais fatores positivos somados às novas iniciativas de pesquisa podem auxiliar no aumento da produtividade do cultivo de hortaliças em sistema orgânico, já que neste sistema a produtividade ainda é menor, de maneira geral, quando comparada ao sistema convencional (SEUFERT et al., 2012).

Outra técnica agrícola importante para o cultivo das hortaliças é a irrigação, uma vez que as condições de umidade do solo influenciam intensamente no desenvolvimento das mesmas, já que, segundo Silva et al. (2013), a maioria das hortaliças possuem mais de 90% de seu peso fresco em água e possuem baixa capacidade de extração de água do solo. Em todas as situações climáticas, para a obtenção de uma produção elevada e de boa qualidade, é essencial a suplementação das necessidades hídricas das plantas. Segundo Silva (2017), avaliando lâminas de irrigação (50 e 100% ETr) no crescimento de berinjela, observou que a maior disponibilidade hídrica

proporcionou às plantas os maiores valores no número de frutos por planta, na massa média de frutos e na produtividade. Carvalho et al. (2004), avaliando os efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico aplicados em dois estádios fenológicos da cultura da berinjela, constataram que a produção e o número de frutos foram mais afetados pelo déficit hídrico quando este ocorreu durante a fase de formação dos frutos. Para isso, as hortaliças devem ser irrigadas por um adequado manejo de irrigação porque, dependendo da quantidade e da forma com que a água é aplicada às plantas, pode prejudicá-las. Diferentes sistemas de irrigação são utilizados na agricultura, sendo que cada um deles apresenta características próprias, vantagens e desvantagens. Esses sistemas podem ser agrupados em superficiais, subsuperficiais, aspersão e micro irrigação. A escolha do sistema de irrigação a ser utilizado vai depender da espécie a ser cultivada. Por exemplo, irrigação por sulcos adapta-se melhor às hortaliças cultivadas em linha, como a berinjela; o gotejamento tem sido utilizado no plantio de pimentão; os sistemas por aspersão, como pivô central, principalmente em grandes áreas, têm sido usados para irrigação do cultivo de cenoura (MAROUELLI & SILVA, 1998).

Para incrementar a produtividade das culturas, principalmente daquelas expostas às situações de estresses abióticos, no Brasil, em geral, para as hortaliças, tem sido utilizado biostimulantes, substâncias naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas às sementes, plantas e solo (VASCONCELOS & CHAVES, 2019). De modo geral, são definidos com uma mistura de reguladores de crescimento. Reguladores de crescimento são substâncias compostas por hormônios vegetais, ou hormônios sintéticos, que, quando aplicados na planta, agem diretamente na fisiologia do vegetal, incrementando seu desenvolvimento (COBUCCI et al., 2008). O ácido indolilbutírico (IBA), cinetina e ácido giberélico são exemplos de substâncias sintéticas com atividade similares as dos hormônios vegetais (SILVA, 2011). Como os bioestimulantes são produtos formulados, com diferentes ingredientes ativos, as ações nas plantas variam conforme a formulação dos mesmos. Esses produtos atuam a nível celular ativando as reações enzimáticas da planta e consequentemente, aumentam as funções do metabolismo vegetal (HERTWIG, 1983), estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células (ECHER et al., 2006). Também podem influenciar no estresse salino, ou no estresse hídrico, ou na fertilidade dos solos, e em outros vários processos fisiológicos das plantas.

Bolina et al. (2012) avaliando o efeito de diferentes doses de bioestimulante sobre o desenvolvimento e produtividade de plantas de rúcula (*Eruca sativa* Miller), observaram que, devido à atividade das auxinas, giberelinas e citocininas, houve maior prolongamento celular e não no aumento do número médio das folhas por planta. Avaliando o efeito do tratamento de sementes de alface com micronutrientes e reguladores de crescimento, na produção e no crescimento das mudas, Albuquerque et al. (2009), observaram que a incorporação de alguns reguladores às sementes, provocou redução no número de mudas de alface. Segundo Repke et al. (2009), a aplicação de Stimulate (um dos bioestimulantes mais utilizado no Brasil), na cultura da alface promoveu efeitos positivos no desenvolvimento das plantas, elevando o teor de clorofila em alface americana, var. Lucy Brow, diâmetro médio das plantas e peso das plantas de alface crespa var. Verônica. Junglaus (2008), observou aumentos significativos com a concentração de 375 mL de Stimulate® ha⁻¹, para número de pepinos, híbrido tipo japonês Tsuyataro, massa desses frutos totais e comerciais por metro quadrado em plantas não enxertadas.

No entanto, devido resultados controversos encontrados em alguns outros estudos sobre o uso de biostimulantes nas plantas, é necessário novas pesquisas sobre avaliação dos efeitos destes produtos na agricultura (VASCONCELOS, 2006).

O excesso de chuva, chuva de granizo, o vento frio, geadas, forte insolação e outras intempéries podem provocar um desequilíbrio nas culturas, prejudicando a produção. Para evitar os danos, tem sido feito cultivo em ambientes protegidos, ou seja, em estufas, nas quais pode ser controlado o ambiente das plantas, no que se refere à temperatura e umidade relativa do ar, protegendo-as destes danos. Assim, a utilização de estufas faz com que, os produtos orgânicos possam se desenvolver de maneira ideal sem que seja necessário introduzir defensivos agrícolas no solo. Segundo Campos (2019), associar o cultivo em estufas à produção orgânica é um grande passo, contudo, ainda é possível utilizar-se de adubo orgânico e formas de controle biológico para manter a saúde da planta e do consumidor final.

Um exemplo de diferença de produtividade atingida com e sem o uso de ambiente protegido em diferentes estações do ano, foi acompanhado por Purquerio e Goto (2005) e Purquerio et al. (2005) para a cultura da rúcula (PURQUERIO & TIVELLI, 2019). Estes autores observaram que no inverno, devido às condições climáticas favoráveis ao cultivo da rúcula, seria dispensável o uso do ambiente protegido. Porém, devido ao melhor aproveitamento dos fatores de produção pelas plantas, que ocorre dentro do mesmo, houve melhor rendimento das plantas cultivadas no ambiente protegido em relação às cultivadas em campo. A maior produtividade verificada no campo com 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio, foi alcançada com 110 kg ha⁻¹ de N no ambiente protegido, ou seja, teve-se uma economia de 130 kg ha⁻¹ de nitrogênio no cultivo protegido. No campo, além da menor produtividade também se observou menor qualidade das plantas por causa do impacto das gotas de chuva nas folhas, bem como devido a movimentação de partículas de solo que danificam fisicamente as folhas.

Referências

- ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. Circular Técnica, n.64. Brasília: Embrapa, 2008. 12p.
- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. E.; ATIYEH, R. M.; METZGER, J. D. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, v.93, n.2, p.139-144, 2004.
- BEVILACQUA, H. E. C. R. Classificação das hortaliças. In: Manual da Horta. p.1-6. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5311717-I-classificacao-das-hortalicas-helen-elisa-c-rbevilacqua.html>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- BHAT, N.; ALBAHO, M.; SULEIMAN, M.; GEORGE, B. T. P.; ALI, S. I. Growing substrate composition influences growth, productivity and quality of organic vegetables. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, v.5, n.4, p.62-66, 2013.
- BOLINA, C. O.; EBERHARDT NETO, E.; SILVA, P. S. S.; GARCIA, D.; ONO, E. O. Efeito da aplicação de bioestimulante em rúcula. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.2, supl., p.1664-1670, 2012.
- CAMPOS, T. T. A agricultura orgânica e a sustentabilidade. In: CICLOVIVO. Entenda como funciona o cultivo orgânico em estufa e quais são suas vantagens. 2019. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/entenda-como-funciona-o-cultivo-organico-em-estufas-e-quais-sao-suas-vantagens/>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- CARVALHO, J. A.; SANTANA, M.; PEREIRA, G. M. PEREIRA, J. R. D.; QUEIROZ, T. M. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.320-327, 2004.
- COBUCCI, T.; NASCENTE, A. S.; PEREIRA FILHO, C. R.; MACHADO, A. A.; OLIVEIRA, K. G. B.; CARVALHO, A. B. A. Efeitos de reguladores vegetais aplicados em diferentes estágios de desenvolvimento do feijoeiro comum. Documentos. IAC. Campinas, 85. 2008. p.1368-1371.
- CRIAR E PLANTAR. A Horticultura. 2019. Disponível em: <http://www.criareplantar.com.br/horticultura/lerTexto.php?categoria=54&id=697>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- DOMÍNGUEZ, J.; LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana*, v.26, n.2 Esp., p.359-371, 2010.
- ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F.; KRIESER, C.R.; ABUCARMA, V.M.; KLEIN, J.; SANTOS, L.; DALLABRIDA, W.R. Uso de bioestimulante na formação de mudas de maracujazeiro amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.27, n.3, p.351-360, 2006.
- HERTWIG, K. V. Manual de herbicidas: desfolhantes, dessecantes, fitorreguladores e bioestimulantes. 2.ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1983. 663p.
- JUNGLAUS, R. W. Aplicação de bioestimulante vegetal sobre o desenvolvimento de pepineiro (*Cucumis sativus*) enxertado e não enxertado. 65f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2007.
- MÄDER, P.; FLIESSBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, v.296, n.5573, p.1694-1697, 2002.

- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. Circular Técnica da Embrapa Hortaliças. CNPH - Documento 11, 1998. 16p. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107339/1/CNPH-DOCUMENTOS-11-SELECAO-DE-SISTEMAS-DE-IRRIGACAO-PARA-HORTALICAS-FL-07821.pdf>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- MARTINS, A. L. C. Nutrição mineral, calagem e adubação das hortaliças. In: Manual da Horta. p.41-48. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5311717-I-classificacao-das-hortalicas-helen-elisa-c-r-bevilacqua.html>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- MELO, A. M. T.; FABRI, E.G. Horticultura no IAC: pesquisa e inovação como instrumento de acesso a novos mercados. O Agrônomo, v.69, 2017. Disponível em: <http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=893>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- NOVOTNY, V. The danger of hypertrophic status of water supply impoundments resulting from excessive nutrient loads from agricultural and other sources. Journal of Water Sustainability, v.1, n.1, p.1-22, 2011.
- PURQUERIO, L. F. V.; GOTO, R. Doses de nitrogênio em cobertura via fertirrigação e espaçamento entre plantas sobre a cultura da rúcula, em campo e ambiente protegido. In: Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, 5, Congresso Iberoamericano de Ciências Hortícolas, 4, 2005, Porto. Anais...Actas Portuguesas de Horticultura, n.5, v.1, 2005.
- PURQUERIO, L. F. V.; GOTO, R.; DEMANT, L. A. R. Produção de rúcula cultivada com diferentes doses de nitrogênio em cobertura via fertirrigação e espaçamento entre plantas em campo e ambiente protegido no inverno. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 45, 2005, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2005.
- PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Instituto Agrônomo de Campinas. 2019. p.1-11. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/58.pdf. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- RAMOS, M. R.; FAVARETTO, N.; UHLMANN, A.; DIECKOW, J.; VEZZANI, F.; ALMEIDA, L. Produção de hortaliças no sistema orgânico: efeito nos atributos físicos do solo. Revista de Ciências Agrárias, v.58, n.1, p.45-51, 2015.
- REPKE, R. A.; VELOZO, M. R.; DOMINGUES, M. C. S.; RODRIGUES, J. D. Efeitos da aplicação de reguladores vegetais na cultura da alface (*Lactuca sativa*) crespa var. verônica e americana var. lucy brow. Nucleus, v.6, n.2, p.99-109, 2009.
- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAULINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. Enciclopédia Biosfera, v.8, n.15, p.1563-1578, 2012.
- SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Hortaliças: cultivo de hortaliças raízes, tubérculos, rizomas e bulbos. Brasília: SENAR, 2012. 152p. (Coleção SENAR, 149).
- SHIRAKI, J. N. Agricultura convencional x agricultura alternativa. In: Manual da Horta. p.21-24. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5311717-I-classificacao-das-hortalicas-helen-elisa-c-r-bevilacqua.html>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.
- SILVA, A. B. DA. Adubação fosfatada como atenuante do estresse hídrico no crescimento e produção de berinjela. 38f. Dissertação (Mestrado em Horticultura). Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, 2017.
- SILVA, A. C. F.; PERUCH, L. C. M.; LUCIETTI, D.; TEIXEIRA, E. B.; MARCHESI, D. R. Produção orgânica de hortaliças no litoral sul catarinense. Florianópolis, SC: Epagri, 2013. 204p.
- SILVA, M. A. Bioreguladores: Nova tecnologia para maior produtividade e longevidade do canavial. Stoller do Brasil. Disponível em: <http://www.stoller.com.br/stoller-dobrasil/publicacoes/2011/09/03/bioreguladores-nova-tecnologia-para-maior-produtividade-elongevidade-do-canavial>. Acesso em: 21 nov. 2011.
- SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature, v.485, n.7397, p.229-232, 2012.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de gesso nos solos do Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 19p.

VASCONCELOS, A. C. F. Uso de bioestimulante nas culturas de milho e de soja. 111f. Tese (Doutorado em Solos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

VASCONCELOS, A. C. F.; CHAVES, L. H. G. Biostimulants and their role in improving plant growth under abiotic stresses. In: *Biostimulants in Plant Science*. p.1-15. Disponível em: <https://www.intechopen.com/online-first/biostimulants-and-their-role-in-improving-plantgrowth-under-abiotic-stresses>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.1, p.127-130, 2004.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.1, p.14-20, 2014.

CAPÍTULO 12

APLICAÇÃO DO BIOESTIMULANTE COMO ATENUANTE DO ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DA BERINJELA

Antônio Ramos Cavalcante
Washington Benevenuto de Lima
Felipe Guedes de Souza
Lúcia Helena Garófalo Chaves
Jean Pereira Guimarães
Luan Dantas de Oliveira

Introdução

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma hortaliça pertencente à família das solanáceas, que compreendem o pimentão, pimenta, tomate, jiló, entre outros. Tem como centro de origem as regiões tropicais do Oriente, onde é cultivada pelos chineses e árabes há séculos (COSTA et al., 2011). A berinjela ocorre, preferencialmente, nas regiões e estações do ano mais quentes, sendo que, as temperaturas diurnas ideais estão entre 25 e 35°C e noturnas entre 20 e 27°C (RIBEIRO, 2007). Devido essas características com relação à temperatura, a berinjela está sendo cultivada nas regiões semiáridas em escala comercial, principalmente em ambiente protegido, que não tem influência de fatores, como chuva e clima (WEBER et al., 2013). A berinjela pode ser cultivada em diferentes tipos de solo, porém, desenvolve-se melhor em solos de textura média, profundos, ricos em matéria orgânica, que melhor a qualidade física do solo, deixando-o com boa retenção de umidade e bem drenados, uma vez que a cultura não tolera encharcamento (EMBRAPA, 2007).

No Brasil, houve um aumento expressivo no consumo de berinjela embasado pelo seu valor nutricional e principalmente pela característica de alimento hipolipemiante, o qual reduz o nível de colesterol no sangue (GONÇALVES et al., 2006). Portanto, as olerícolas, com propriedades fitoterápicas, exercem expressiva contribuição para o crescimento de produção. Segundo Rodrigues et al. (2004), isso porque, o uso da fitoterapia no Brasil cresce a taxas de 10 a 15% ao ano. Os maiores produtores no país se encontram nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas gerais (BILIBIO et al., 2010).

Uma das principais limitações na produção da berinjela, assim como em outras hortaliças, é a umidade inadequada do solo durante todo o período de cultivo (LIMA et al., 2012). Desta forma, manter a umidade do solo em condições ideais pode proporcionar um melhor crescimento, desenvolvimento, qualidade do fruto e produtividade, além de maximizar o uso eficiente da água (BILIBIO et al., 2010a). Assim, deve-se considerar o uso racional da água no processo de produção, de forma a se obter os mais altos níveis de rendimento econômico (LIMA et al., 2012) com menor lâmina aplicada durante o ciclo da berinjela. De acordo com Marouelli et al. (2014), a berinjela apresenta tolerância moderada à seca; a irrigação é capaz de garantir incrementos significativos de produtividade, mesmo em regiões com períodos de estiagem relativamente curtos (5-10 dias). No entanto, o manejo de irrigação é uma prática usada em agricultura com a finalidade de suprir as necessidades hídricas das culturas, que envolve a decisão de quando e quanto irrigar, visa maximizar a eficiência do uso da água em condições favoráveis de umidade do solo ideal para desenvolvimento das plantas (MAROUELLI et al., 1996; RAPOSO, 1996).

A utilização de bioestimulantes vegetais, nos primeiros estádios de desenvolvimento das plantas, pode ser uma forma de auxiliar a superação de estresses abióticos como o déficit hídrico, pois estimula o crescimento radicular proporcionando melhor absorção dos nutrientes do solo e atuam como incremento hormonal e nutricional (LANA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2016). No entanto, os bioestimulantes atuam como reguladores de crescimento e micronutrientes que tem por função fornecer substâncias análogas aos fitohormônios produzidos pelas plantas (auxinas, citocininas e giberelinas), e ativar rotas metabólicas importantes nos processos de divisão, aumento no volume e diferenciação celular (TAIZ & ZEIGER, 2004). Os bioestimulantes atuam diretamente nos processos metabólicos nas plantas, tais como: respiração, fotossíntese, síntese de ácidos nucleicos e absorção de íons. Dentro da célula, as substâncias húmicas melhoram a capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes (HAMZA & SUGGARS, 2001).

Baseado nas premissas acima citadas, o presente trabalho tem como objetivo identificar a combinação da umidade do solo com doses de bioestimulante que proporcione o melhor crescimento vegetativo da berinjela (*Solanum melongena* L.) e, a dose de bioestimulante que atenua o estresse hídrico nas condições de ambiente protegido em regiões semiáridas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de janeiro a abril de 2019, em vasos, em casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizado no município de Campina Grande-PB, Brasil, nas coordenadas geográficas de 7° 15' 18" S, 35° 52' 28" W e altitude média de 550 m.

A variedade de berinjela utilizada foi Embú a qual foi cultivada em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 doses de bioestimulante (0, 3, 6 e 9 ml por planta), 3 lâminas de irrigação (40, 60 e 80% da capacidade de campo), e um tratamento adicional (AD) igual a dose recomendada pelo fabricante do bioestimulante, ou seja, 3 ml do bioestimulante, com 80% da capacidade de campo, no entanto, sem adubação complementar, com 3 repetições, totalizando 39 unidades experimentais. O bioestimulante utilizado foi composto com nitrogênio e potássio na mesma concentração (8,13% p/p 100 g/L) e um aditivo a base de extrato de algas (5% p/p 100 g/L).

O semeio foi realizado diretamente no solo, semeando 10 sementes por vasos, com volume de 15 kg de solo. Os desbastes foram efetuados a cada 5 dias após a emergência até os 21 dias após o semeio (DAS), período em que os tratamentos foram aplicados.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado de malha de 2,0mm e caracterizado segundo Teixeira et al. (2017) quanto aos atributos químicos: pH (H₂O) = 5,35; Ca = 2,10 cmol_c kg⁻¹; Mg = 1,57 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,26 cmol_c kg⁻¹; K = 0,21 cmol_c kg⁻¹; H = 4,16 cmol_c kg⁻¹; Al = 0,03 cmol_c kg⁻¹; P = 2,1 mg kg⁻¹; MO = 13,3 g kg⁻¹, CE = 0,43 mmhos/cm. Baseado na análise do solo foi realizado uma adubação geral conforme as exigências nutricionais para a cultura da berinjela, ou seja, de 100:150:100 kg ha⁻¹ de N:P₂O₅:K₂O (CAVALCANTI, 2008), utilizando como fontes ureia, fosfato monoamônio (MAP) e cloreto de potássio, respectivamente. O MAP e o cloreto de potássio foram aplicados em fundação e o nitrogênio particionado em duas aplicações.

A capacidade de campo (CC), determinada pelo método gravimétrico, foi realizada em casa de vegetação, utilizando-se vasos plásticos com 15 kg de solo, sendo o solo umedecido durante um período de 24 horas, por capilaridade, até a saturação do mesmo. No entanto, considerou-se CC, o conteúdo de água no solo após a livre drenagem e, assim, determinou as lâminas usadas no experimento. A irrigação foi baseada no turno de rega de 2 dias e assim todos os vasos eram pesados e irrigados manualmente com o volume referente a cada tratamento.

Aos 45 e 65 DAS foram analisadas as seguintes variáveis biométricas: altura de plantas (AP), o diâmetro caulinar (DC) e o número de folhas (NF). A AP (cm) foi determinada do colo da planta até a bifurcação da última folha; o DC (mm) foi mensurado no colo da planta a 0,02 m do solo; e na contagem do NF (unidades) consideraram-se as que estavam sadias, fotossinteticamente ativas, totalmente expandidas e com comprimento mínimo da nervura central de 3 cm; e, a área foliar (AF) (cm²) foi determinada medindo largura e comprimento, calculada pela equação desenvolvida por Hinnah et al. (2014) de $X=10,997 + 0,4410 \cdot C \cdot L$, onde C é o comprimento e L é a

largura. A taxa de crescimento absoluta para altura de planta, diâmetro caulina, número de folhas e área foliar foi calculada com base na equação $TCA = (W2-W1)/(T2-T1)$, onde W1 e W2 é a variação do crescimento em duas avaliações consecutiva analisadas nos tempos T1 e T2.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se as doses de bioestimulante (fatores quantitativos) por meio de análise de regressão e as lâminas de irrigação por meio de teste de médias (Tukey) ao nível de 0,05 de probabilidade; para o tratamento adicional utilizou-se o contraste, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA, 2011).

Resultado e Discussão

A altura de planta aos 45 DAS não é influenciada significativamente pelos fatores de variação isolados, no entanto, a interação da lâmina de irrigação e bioestimulante influencia significativamente a nível de 1% (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da ANOVA para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), taxa de crescimento absoluta para AP, DC, NF, AF na cultura da berinjela aos 45 e 65 dias após o semeio (DAS) influenciadas por diferentes doses de bioestimulante e lâmina de irrigação

Quadrado médio							
Fatores de Variação	GL	AP		TCAap		DC	
		45 DAS	65DAS	45-65 DAS	45 DAS	65DAS	45-65 DAS
Lâmina	2	0,496 ^{ns}	699,78 ^{**}	1,846 ^{**}	2,359 ^{ns}	1,143 ^{ns}	0,00055 ^{ns}
Bioestimulante	3	4,497 ^{ns}	55,401 [*]	0,129 ^{ns}	0,747 ^{ns}	1,338 ^{ns}	0,00393 ^{ns}
Eq. Linear	1	0,484 ^{ns}	76,57 [*]	0,1608 ^{ns}	0,503 ^{ns}	2,289 ^{ns}	0,00186 ^{ns}
Eq. Quadrática	1	9,538 ^{ns}	38,64 ^{ns}	0,0235 ^{ns}	0,253 ^{ns}	1,368 ^{ns}	0,00111 ^{ns}
L x B	6	46,468 ^{**}	27,088 ^{ns}	0,1125 ^{ns}	1,264 ^{ns}	3,118 [*]	0,0118 ^{**}
Erro	24	3,784	14,08	0,0569	0,672	0,95	0,95
CV	%	10,62	12,29	38,92	14,79	13,09	45,45
Contraste							
Trat. vs Adc.	1	27,4624 ^{**}	205,955 ^{**}	0,488 ^{**}	1,2312 ^{ns}	2,654 [*]	0,0078 ^{**}
Erro	26	3,6517	19,81	0,066	0,7044	0,92	0,0017
CV	%	10,28	13,99	39,14	15,07	12,65	41,30
Fatores de Variação	GL	NF		TCAanf		AF	
		45 DAS	65DAS	45-65 DAS	45 DAS	65DAS	45-65 DAS
Lâmina	2	11,645 ^{**}	323,52 ^{**}	0,5473 ^{**}	280923,77 ^{**}	3129319,56 ^{**}	3936,617 ^{**}
Bioestimulante	3	10,969 ^{**}	66,018 ^{**}	0,0756 [*]	155911,89 ^{**}	1030251,03 ^{**}	1064,982 ^{**}
Eq. Linear	1	21,701 ^{**}	170,14 ^{**}	0,1754 [*]	275242,11 ^{**}	2589845,25 ^{**}	2941,686 ^{**}
Eq. Quadrática	1	9,507 ^{**}	0,694 ^{**}	0,0128 ^{ns}	2248,97 ^{**}	19473,27 ^{**}	87,391 ^{**}
L x B	6	3,553 ^{**}	25,046 ^{ns}	0,0468 ^{ns}	23252,96 ^{**}	664238,08 ^{**}	1256,718 ^{**}
Erro	24	0,965	12,65	0,00022	5394,189	26319,8	0,000061
CV	%	13,17	27,60	13,24	12,07	13,07	2,23
Contraste							
Trat vs Adc	1	6,5085 ^{**}	106,541 ^{**}	0,1977 ^{**}	97623,055 ^{**}	1429260,66 ^{**}	2385,923 ^{**}
Erro	26	0,9679	13,76	0,00022	5260,021	30597,2	83,438
CV	%	13,25	27,14	12,85	11,96	13,14	25,19

*,** significativo a 0,5 e 0,01 respectivamente; ns não significativo; FV, Fator de variância e GL, grau de liberdade.

Conforme a Figura 1A, as lâminas de irrigação interferem significativamente na altura das plantas aos 45DAS somente naquelas que receberam 3 e 6 ml de bioestimulante. As médias das alturas das plantas que receberam 3 ml de bioestimulante irrigadas com água com 60 e 80% da CC são 20,17 e 21,96 cm, respectivamente, sem haver diferença significativa entre as mesmas; no entanto, ocorre uma redução significativa destas médias, em torno de 25,55%, em relação à altura das plantas irrigadas com 40% da CC. O contrário pode ser observado na altura de plantas que

receberam 6 ml de bioestimulante, ou seja, as irrigadas com 40% da CC atingem 24,6 cm que apresentam reduções de 26,7 e 25,2% na altura das plantas irrigadas com 60 e 80% da CC, respectivamente. Isto pode ser explicado pelo fato de que, o bioestimulante quando aplicado na fase inicial de desenvolvimento das plântulas, estimula o crescimento radicular, atuando na recuperação mais acelerada das plântulas em condições desfavoráveis, tais como déficit hídrico (LANA et al., 2009).

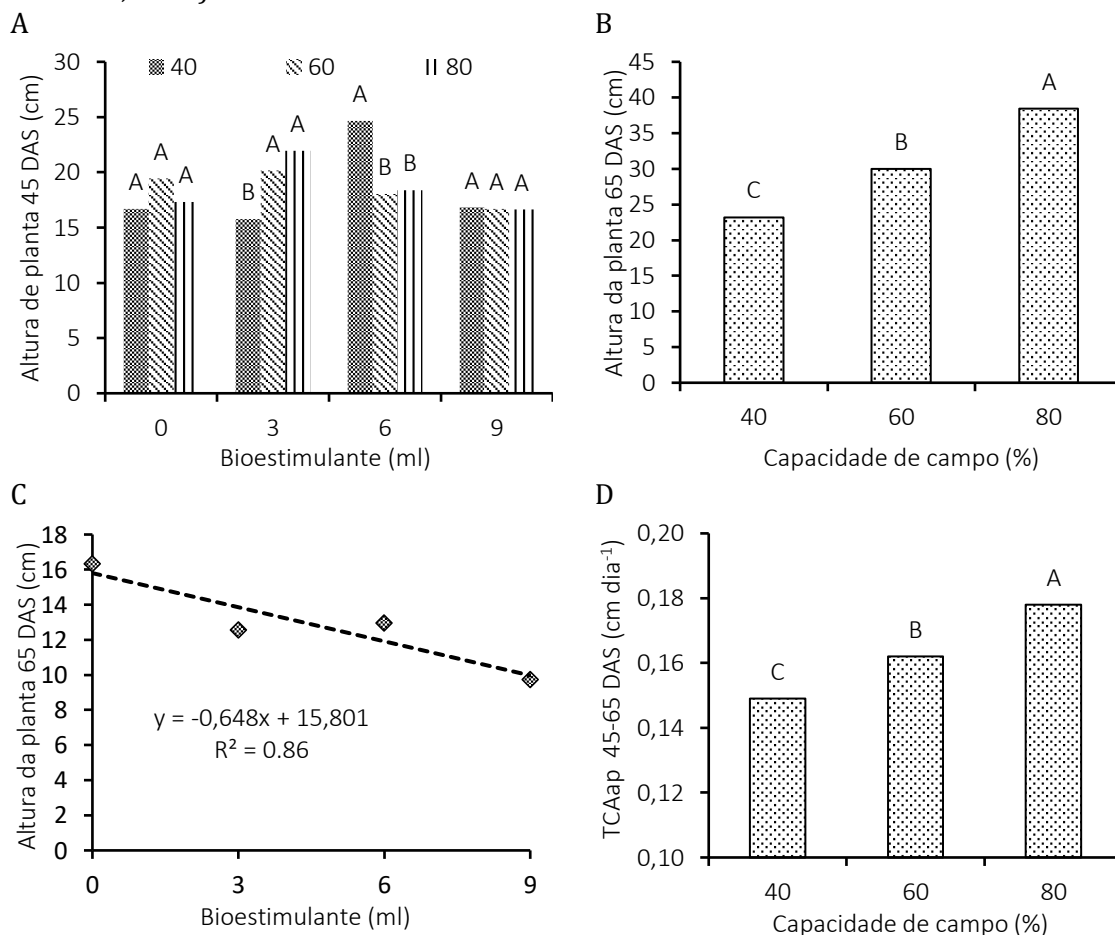


Figura 1. Altura de planta aos 45 DAS em função das doses de bioestimulante (A); altura das plantas aos 65 DAS em função da capacidade de campo (B); das doses de bioestimulantes (C); e taxa de crescimento absoluto da altura das plantas 45-65 DAS (D) da berinjela variedade Embú.

Os fatores de variação influenciam significativamente, de forma isolada, a altura das plantas aos 65 DAS (Tabela 1), sendo que as mesmas aumentam de acordo com as crescentes lâminas de irrigação (Figura 1B) e diminui com o aumento das doses de bioestimulante (Figura 1C). O melhor resultado é obtido quando a lâmina de irrigação corresponde à 80% da CC, sendo, por sua vez, 39,66% superior à menor lâmina aplicada, referente à 40% da CC. De acordo com Carvalho et al. (2004), na cultura da berinjela, independente dos estádios fenológicos, há uma redução nos valores de altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas quando ocorre o aumento no déficit hídrico, assim, entende-se que a berinjela é altamente sensível ao déficit hídrico. Os valores da altura das plantas em função das doses de bioestimulantes são ajustados a regressão linear decrescente, ou seja, ao aumentar as doses de bioestimulantes há uma redução na AP em torno de 23,5% comparando as alturas das plantas na ausência de bioestimulante com aquelas que receberam 9 ml. Essa redução, segundo Mackinnon et al. (2010) e Khan et al. (2012), é devido ao excesso de hormônios que possibilita o desequilíbrio na quantidade de auxinas e giberelinas e, com isso, ocasiona um decréscimo no crescimento de raízes adventícias, que influencia diretamente na altura de planta. Entretanto, de acordo com Kerbauy (2004), as auxinas e citocinina presentes no bioestimulante propiciam a divisão e alongamento celular em decorrência

da síntese de hormônio, resultando, desta forma, no desenvolvimento de órgãos vegetais e, por sua vez, no maior crescimento e desenvolvimento do vegetal.

A taxa de crescimento absoluta (TCAp) no período dos 45 aos 65 DAS é influenciado significativamente somente pela lâminas de irrigação (Tabela 1) sendo que, a maior taxa de crescimento ocorre quando as plantas são irrigadas com 80% da CC, resultando, por sua vez, em um crescimento diário de 0,178 cm dia⁻¹, sendo 16,29% superior aos resultados obtidos com a menor lâmina aplicada (Figura1D). Em estudos com irrigação sob cinco diferentes lâminas de reposição de água até a condição de capacidade de campo (50, 75, 100, 125 e 150%), Bilibio et al. (2010a) observaram que, a altura de planta aumentou a uma taxa de 0,1489 cm a cada variação unitária crescente da lâmina de irrigação, ficando, assim, o menor crescimento da cultura atrelado ao menor suprimento hídrico.

Objetivando observar a influência dos tratamentos utilizados em relação ao desenvolvimento das plantas que receberam somente a recomendação do fabricante do bioestimulante (3 ml do bioestimulante com 80% CC, sem adubação química), é feito o contraste dos dados da altura de plantas aos 45 e 65 DAS e da TCAp. Conforme as Figuras 2A e 2B, em geral, pode-se observar que as plantas que receberam o tratamento adicional são mais altas do que as demais, com exceção da planta aos 45 DAS que recebeu 6 ml de bioestimulante com irrigação de 40% de CC. A altura das plantas nesta condição é em média, 24,6 cm, maior do que 21,9 cm das plantas que receberam o tratamento adicional, no entanto, não há diferença significativa entre estes valores. As plantas, aos 65 DAS, com o tratamento adicional atingem, em média, a altura de 46,9 cm, significativamente maior do que as demais, com exceção das plantas com 3 ml de bioestimulante irrigadas com 80% de CC. Baseado nestas figuras pode-se inferir que, os nutrientes existentes no bioestimulante são suficientes para atender à necessidade nutricional da berinjela até os 65 DAS. Da mesma forma, o tratamento adicional apresenta-se melhor do que os demais tratamentos na TCAp conforme a Figura 2C.

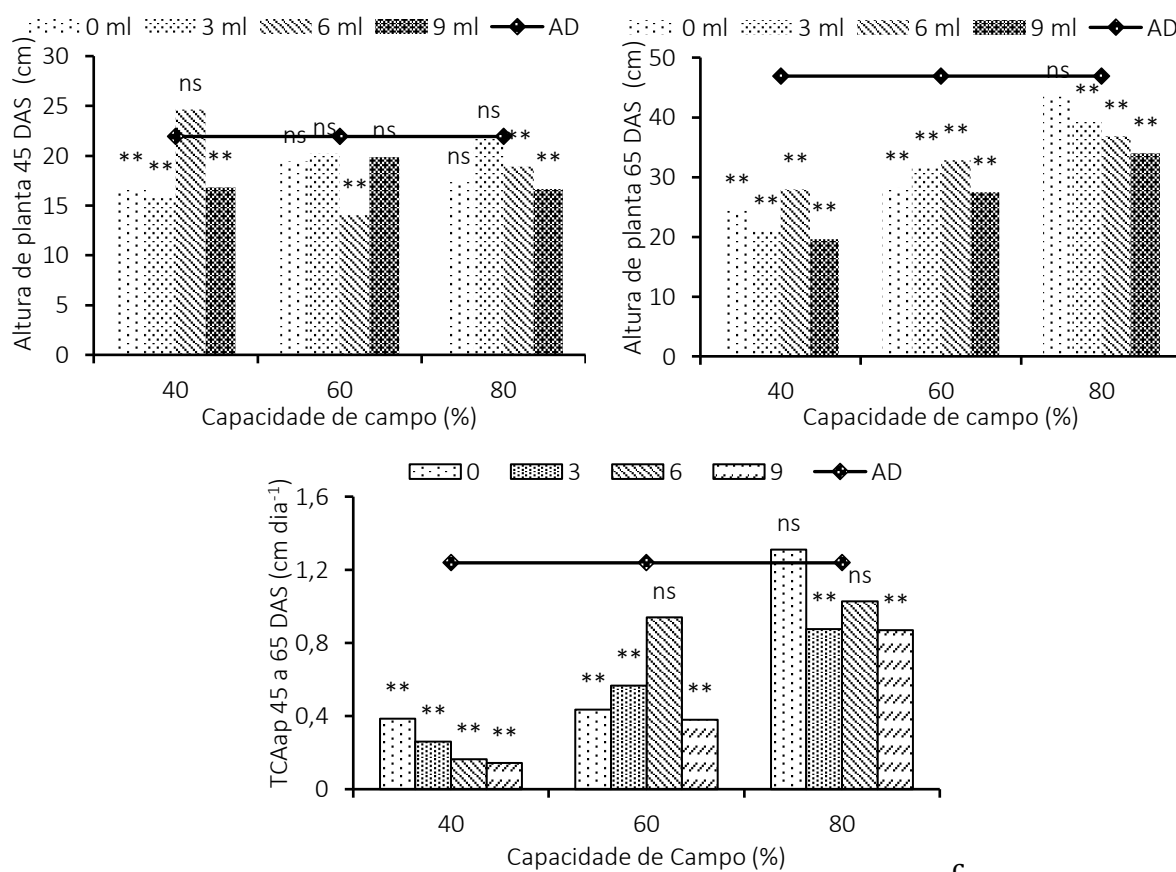


Figura 2. Contraste das alturas das plantas aos 45 (A) e 65 DAS (B) e taxa de crescimento absoluto da altura de planta 45-65 DAS (C) sob diferentes umidades e doses de bioestimulante na cultura da berinjela variedade Embú.

O diâmetro caulinar das plantas aos 45 DAS não é influenciado pelos fatores de variação, no entanto, aos 65 DAS, é influenciado significativamente pela interação das lâminas de irrigação com bioestimulantes, da mesma forma que ocorre na taxa de crescimento em relação ao diâmetro caulinar (Tabela 1).

Nas plantas (65 DAS) irrigadas com 40 e 80% da CC, o diâmetro caulinar diminui e aumenta, respectivamente, em função das doses de bioestimulante de forma quadrática (Figura 3A). No caso da umidade de 40% da CC, o maior diâmetro caulinar é 8,82mm na ausência de bioestimulante, apenas com a adubação recomendada; enquanto que, com 80% da CC, o maior diâmetro corresponde a 8,93mm com 4,11 ml de bioestimulante. Corroborando com esses resultados, Zang e Schmidt (2000) afirmam que estas substâncias são eficientes quando aplicadas em pequenas concentrações, favorecendo o bom desempenho dos processos vitais da planta e permitindo a obtenção de maiores colheitas e produtos de melhor qualidade.

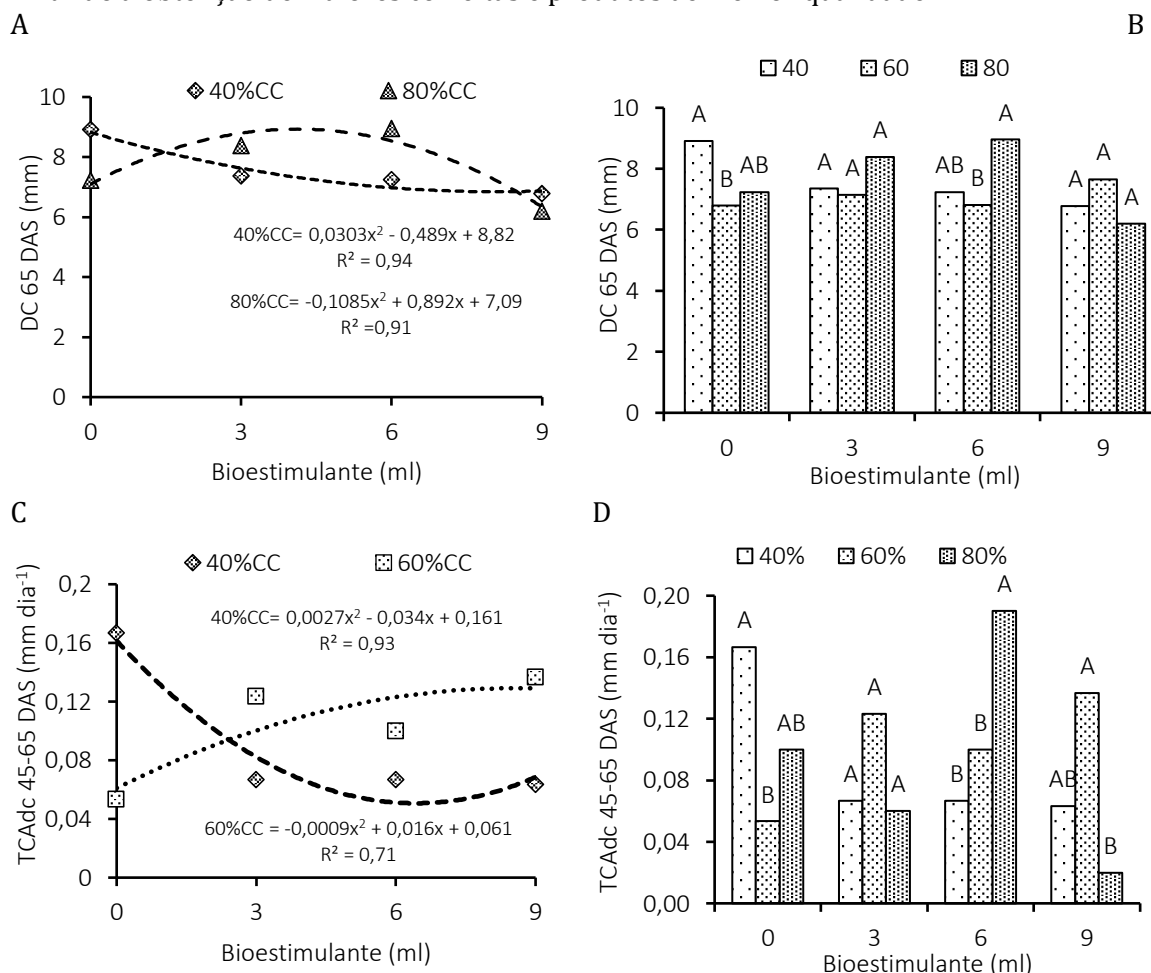


Figura 3. Diâmetro caulinar das plantas aos 65 DAS em função do bioestimulante, irrigadas com 40 e 80% da CC (A); diâmetro caulinar das plantas aos 65 DAS em função das lâminas de irrigação em cada dose de bioestimulante (B); taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar em função do bioestimulante, das plantas irrigadas com 40 e 60% da CC (C); taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar em função das lâminas de irrigação em cada dose de bioestimulante (D) na cultura da berinjela variedade Embú.

Observando a interação da lâmina de irrigação dentro de cada dose de bioestimulante (Figura 3B) nota-se que não há diferença significativa dos diâmetros caulinares das plantas irrigadas com as diferentes lâminas que receberam 3 e 9 ml de bioestimulante, sendo os valores médios destes diâmetros de 7,63 e 6,88mm, respectivamente. Com 6 ml do bioestimulante, observa-se que não há diferença significativa dos diâmetros caulinares entre a maior e menor umidade mostrando com isso, que o bioestimulante atenua o estresse hídrico das plantas de berinjelas, corroborando com Russo e Berlyn (1990). Estes autores afirmam que, quando o

bioestimulante é aplicado nas plantas, reduz a necessidade de fertilizantes e aumenta a produtividade e a resistência destas ao estresse hídrico e climático.

As taxas de crescimento absoluta do diâmetro caular, diminui e aumenta em função das doses crescentes de bioestimulante, de forma quadrática, nas plantas cultivadas com lâminas de irrigação de 40 e 60% da CC, respectivamente (Figura 3C). Com a menor irrigação, a maior taxa é 0,161 mm dia⁻¹ na ausência de bioestimulante; no entanto, com a lâmina de irrigação de 60% da CC, verifica-se a maior TCAdc de 0,13 mm dia⁻¹ sendo obtida com a dose de 8,83 ml do bioestimulante.

Na interação das lâminas de irrigação dentro de cada dose de bioestimulante, pode-se observar que a maior taxa de crescimento absoluta no diâmetro caular (0,19 mm dia⁻¹) é obtida na umidade de 80% da CC com 6 ml do bioestimulante (Figura 3D) sendo que, nas plantas que não receberam o bioestimulante, o maior TCAdc (0,16 mm dia⁻¹) ocorre na umidade de 40% da CC, mostrando uma diferença entre estes valores de apenas 0,03 mm dia⁻¹ no diâmetro caular.

Conforme as Figuras 4A e 4B, em geral, pode-se observar que as plantas aos 65 DAS que receberam o tratamento adicional apresentam diâmetros caulinares (9,03 cm) e taxas de crescimento absoluto do diâmetro caular (0,19 mm dia⁻¹) maiores do que os demais, com exceção na TCAdc das plantas que não receberam e daquelas que receberam 6 ml de bioestimulante com irrigação de 80% de CC, no entanto, não há diferença significativa entre estes valores. Isso ressalta que o bioestimulante supri a necessidade nutricional da berinjela.

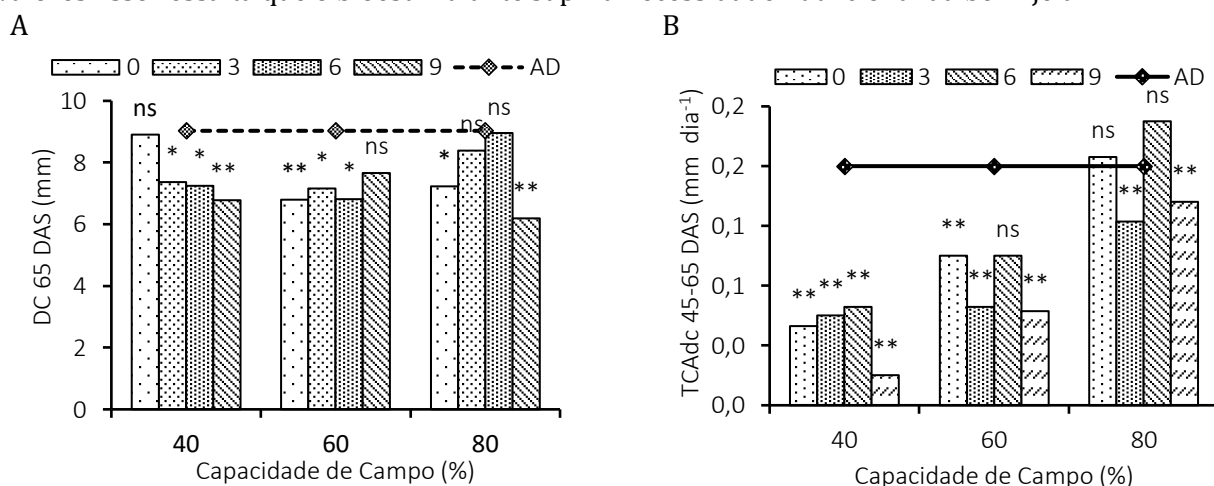


Figura 4. Contraste do diâmetro caular das plantas aos 65 DAS (A) e taxa de crescimento absoluto do diâmetro caular (B) sob diferentes umidades e doses de bioestimulante na cultura da berinjela variedade Embú.

O número de folhas das plantas aos 45 e 65 DAS, e a taxa de crescimento absoluto do número de folhas (TCAnf), são influenciados significativamente em função dos fatores de variação, de forma isolada, no entanto, a interação entre estes fatores influencia somente o número de folhas das plantas aos 45 DAS (Tabela 1). Com esta interação, pode-se observar o comportamento quadrático do número de folhas em função das doses de bioestimulante nas plantas aos 45 DAS irrigadas com 80% da CC, sendo que o maior número de folhas é 11,66 folhas por planta que recebeu somente adubação química (Figura 5A). Analisando a interação das umidades em cada dose de bioestimulante (Figura 5B), observa-se que o maior número de folhas é encontrado com a umidade de 80% da CC na ausência do bioestimulante, mostrando que o acúmulo de nutrientes nas demais doses, causa redução no número de folhas.

De acordo com a Figura 5C, o número de folhas das plantas aos 65 DAS varia de forma linear decrescente em função das doses de bioestimulante, sendo que há uma redução em torno de 24,61% do número de folhas das plantas sem bioestimulante em relação aquelas que receberam 6 ml de bioestimulante, dose recomendada com o fabricante.

Com 40, 60 e 80% da CC, os números de folhas das plantas aos 65 DAS correspondem a 8,41; 11,66 e 18,58 folhas, respectivamente, ou seja, há um aumento em torno de 120,91% da menor para a maior lâmina de irrigação (Figura 5D). De acordo com Taiz e Zeiger (2004), um dos

mecanismos pelo qual o vegetal utiliza para adaptar-se a condições de estresse hídrico consiste no decréscimo da produção do número de folhas e, conseqüentemente, da área foliar, possibilitando a menor perda de água pelo processo de evapotranspiração.

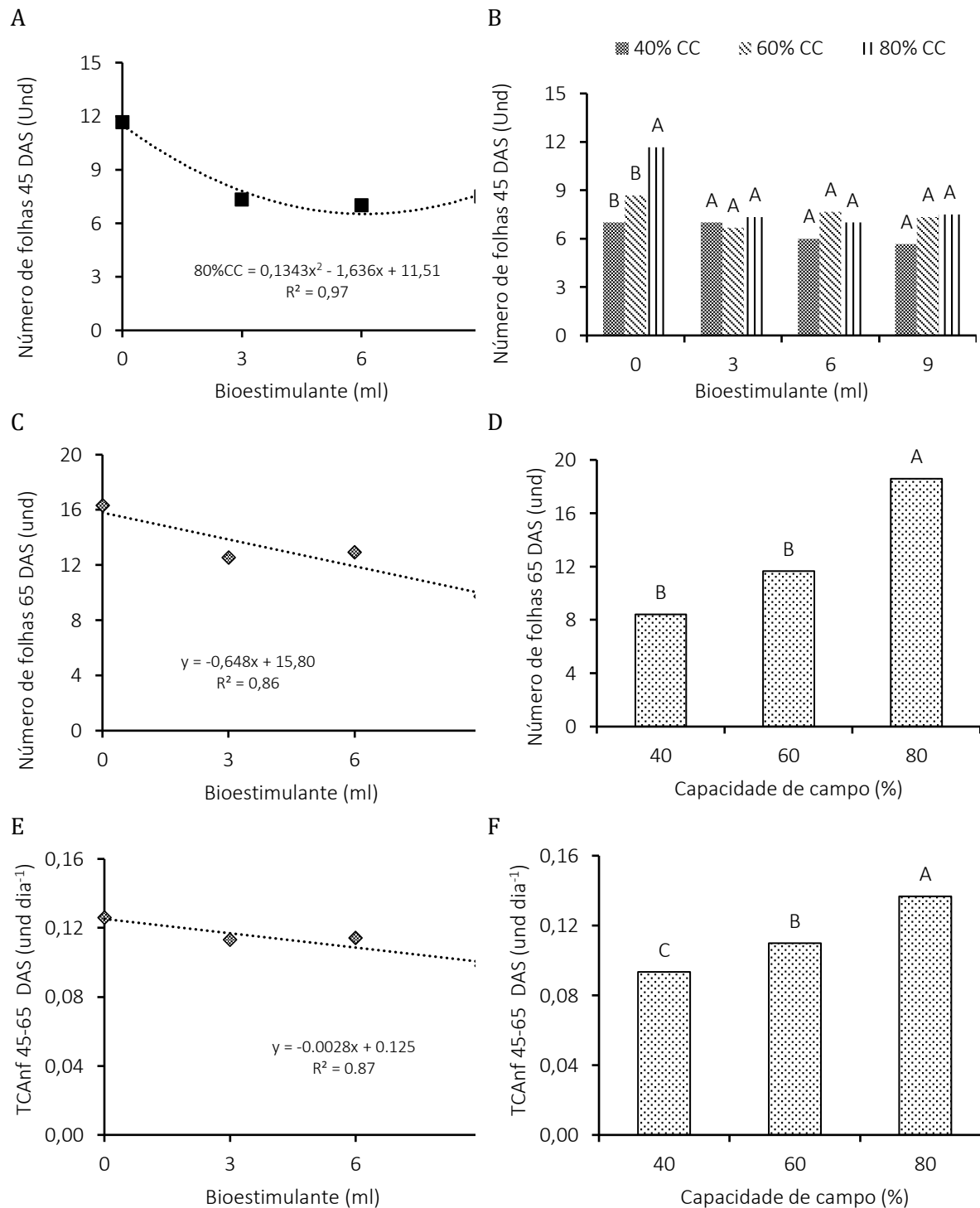


Figura 5. Número de folhas aos 45 DAS em função de bioestimulante com 80% da CC (A); número de folhas aos 45 DAS em função da lâminas de irrigação em cada dose de bioestimulante (B); número de folhas aos 65 DAS em função de bioestimulante (C); e de lâmina de irrigação (D); taxa de crescimento para o número de folhas em função de bioestimulante (E); e da lâmina de irrigação (F) na cultura da berinjela variedade Embú.

A taxa de crescimento no número de folhas no período de 45 aos 65 DAS diminui de forma linear em relação as doses crescentes de bioestimulante (Figura 5E), ou seja, há uma diminuição em torno de 20,13% comparando da menor para a maior dose de bioestimulante. De acordo com Sampaio (1998), os efeitos benéficos no crescimento foliar, por meio da expansão, divisão e diferenciação celular, podem-se atribuir aos agentes reguladores vegetais presentes no bioestimulante, quando em proporção equilibrada e favorável. No entanto, a redução na taxa de crescimento do número de folhas, pode ser justificada com excesso de nutrientes da adubação química mais os nutrientes do bioestimulante.

Fato semelhante como ocorre na Figura 5D, a taxa de crescimento no número de folhas no período de 45 aos 65 DAS que, sob o efeito das lâminas de irrigação, demonstra uma superioridade de 51,11% quando comparado os resultados obtidos com a menor (0,09 folhas dia⁻¹) e a maior (0,136 folhas dia⁻¹) lâmina, 40 e 80%, respectivamente (Figura 5F). Para Streck et al. (2005), é de fundamental importância avaliar o número de folhas devido ser um parâmetro que apresenta a expansão da área foliar correlato ao aparecimento de alguns órgãos da planta, visto que, a maior incidência foliar exprime uma maior interceptação de luz solar, fonte energética para a fotossíntese e, por sua vez, no acúmulo de fitomassa.

Conforme o contraste do número de folhas das plantas, aos 45 DAS, adubadas com aquelas não adubadas (somente com o tratamento adicional), pode-se observar que não há diferença significativa entre estes tratamento, com exceção das plantas sem bioestimulante, irrigadas com 60 e 80% da CC; o maior valor médio é de 11,6 folhas com lâmina de 80% da CC com diferença de 39,9% em relação as plantas que receberam o tratamento adicional (Figura 6A).

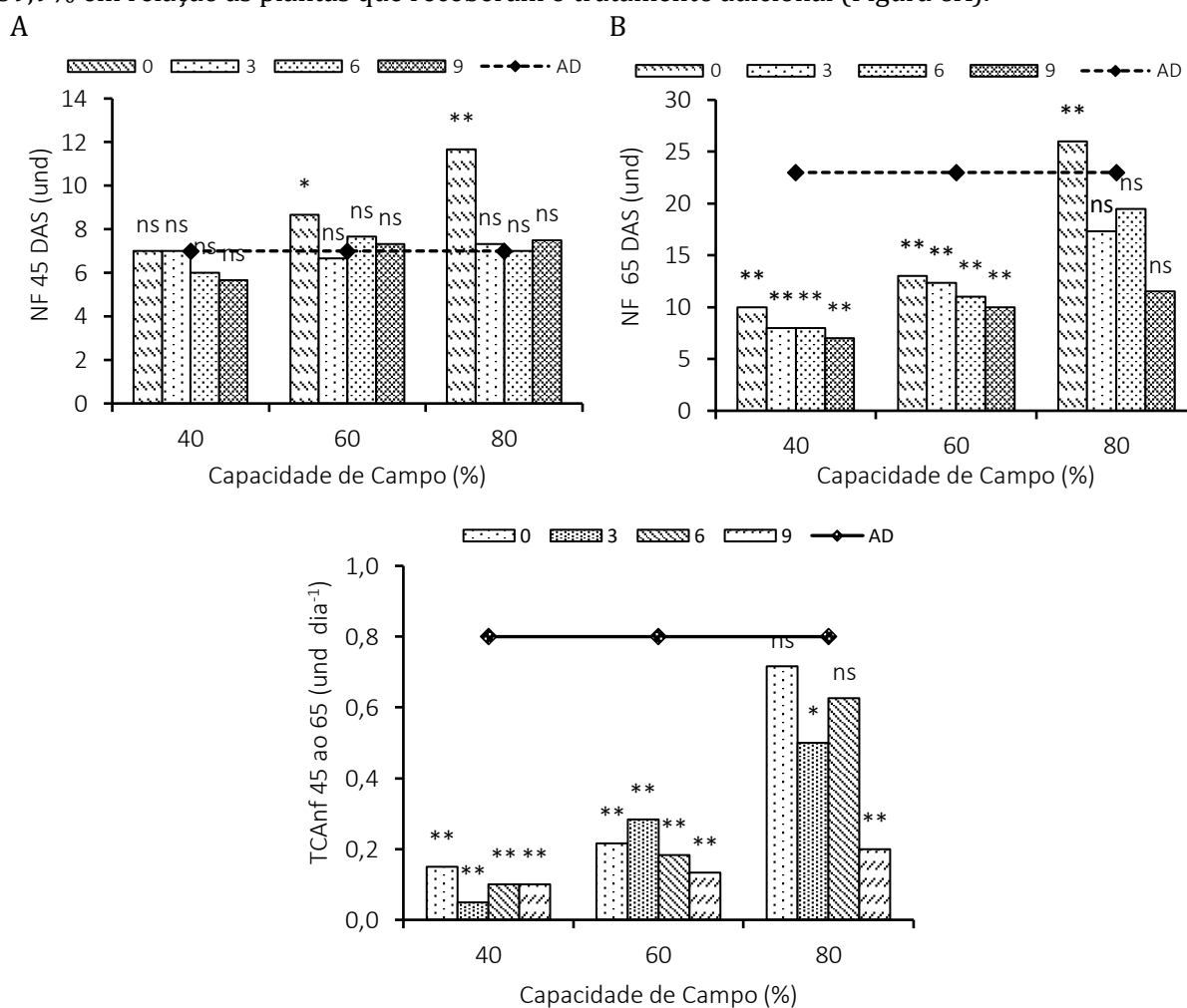


Figura 6. Contraste do número de folhas das plantas aos 45 (A) e 65 DAS (B) e taxa de crescimento absoluto do número de plantas (C) sob diferentes umidades e doses de bioestimulante na cultura da berinjela variedade Embú.

O maior número de folhas das plantas aos 65 DAS são 26 folhas nas plantas adubadas sem bioestimulante irrigadas com 80% da CC; este valor é 11,56% maior do que observado nas plantas que receberam o tratamento adicional (Figura 6B). Santos (2004), em estudos sobre a ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento do algodoeiro, afirma que a utilização dessas substâncias interfere no crescimento do vegetal tornando-se possível, assim, uma relação mais equilibrada entre as fases vegetativa e reprodutiva, como também o equilíbrio de nutrientes. Oliveira et al. (2016), em estudos no milho pipoca com a utilização de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino, observaram não haver efeito atenuante desse composto na emissão do número de folhas da cultura em condições de estresse.

Conforme a Figura 6C, a maior taxa de crescimento absoluta, 0,716 unid. dia⁻¹, é observada nas plantas que receberam apenas o bioestimulante, no entanto, não há diferença significativa entre este valor com os demais correspondentes às plantas irrigadas com 80% da CC sem e com 6 ml de bioestimulante. Para Castro e Vieira (2001), é válido salientar que a utilização de bioestimulantes pode acarretar em efeitos diferentes nas partes da planta, podendo, desta forma, a mesma concentração de bioestimulante impulsionar o crescimento vegetativo e ao mesmo tempo, inibir o desenvolvimento do sistema radicular.

As lâminas de irrigação e o bioestimulante influenciam significativamente de forma isolada, na área foliar das plantas aos 45 e 65 DAS e na taxa de crescimento absoluto da área foliar, da mesma forma que influenciam na interação entre estes fatores de variação (Tabela 1).

Entre as lâminas de irrigação dentro da cada dose de bioestimulante nas plantas aos 45 DAS (Figura 7A) há diferença significativa mostrando a maior área foliar de 1009,74 cm² nas plantas sem bioestimulante e irrigadas com 80% da CC; nas plantas irrigadas com 40 e 60% da CC há uma redução em torno de 40,3 e 36,7% nas áreas foliares, respectivamente, em relação a maior área. Ao comparar esse resultado (maior área) com a mesma umidade, só que nas plantas que receberam 6 ml do bioestimulante, observa-se uma redução de 17% na área foliar. As doses crescentes de bioestimulante influenciam significativamente na área foliar das plantas aos 45 DAS, irrigadas somente com 40 e 80% da CC, com comportamento linear decrescente (Figura 7B), ou seja, as maiores áreas foliares são naquelas plantas que não receberam bioestimulante.

O comportamento da área foliar aos 65 DAS, na interação umidades dentro de cada dose do bioestimulante é semelhante ao da área foliar aos 45 DAS, ou seja, a maior área foliar (2714,74 cm²) é nas plantas que não receberam o bioestimulante com umidade de 80% da CC (Figura 7C). Com isso pode-se constatar que a berinjela é bastante exigente em água. Ao analisar as doses de 3 e 9 ml do bioestimulante, nota-se que os melhores resultados são na umidade de 80% da CC, não diferenciando da umidade de 60% da CC, ou seja, a berinjela referente a área foliar com aplicação de 3 e 9 ml do bioestimulante é suprida hidricamente na umidade de 60% da CC.

Na interação das doses crescente de bioestimulante dentro das umidades estudadas (Figura 7D), observa-se efeito quadrático polinomial decrescente, na área foliar das plantas irrigadas com 40 e 80% da CC, sendo as maiores áreas foliares obtidas de 1395,6 e 2596,6 cm², respectivamente, nas plantas que não foram adubadas com bioestimulante. Porém, a umidade de 60% tem um comportamento quadrático com o valor máximo de 1318,31 cm² com a dose de 5,02 ml do bioestimulante.

A taxa de crescimento absoluta da área foliar no período correspondente a 45 aos 65 DAS (Figura 7E), apresenta comportamentos similares aos da área foliar aos 65 DAS sendo, por sua vez, significativa quanto à interação dos fatores empregados, acarretando um efeito polinomial em ambas variáveis, com a maior taxa de crescimento da área foliar (0,3594 e 0,3926 cm² dia⁻¹) nas plantas que não foram adubadas com bioestimulante nas umidades de 40 e 80% da CC. A umidade de 60% da CC teve um comportamento quadrático com o ponto máximo de 0,356 cm² dia⁻¹ na dose de 5,07 ml do bioestimulante por planta.

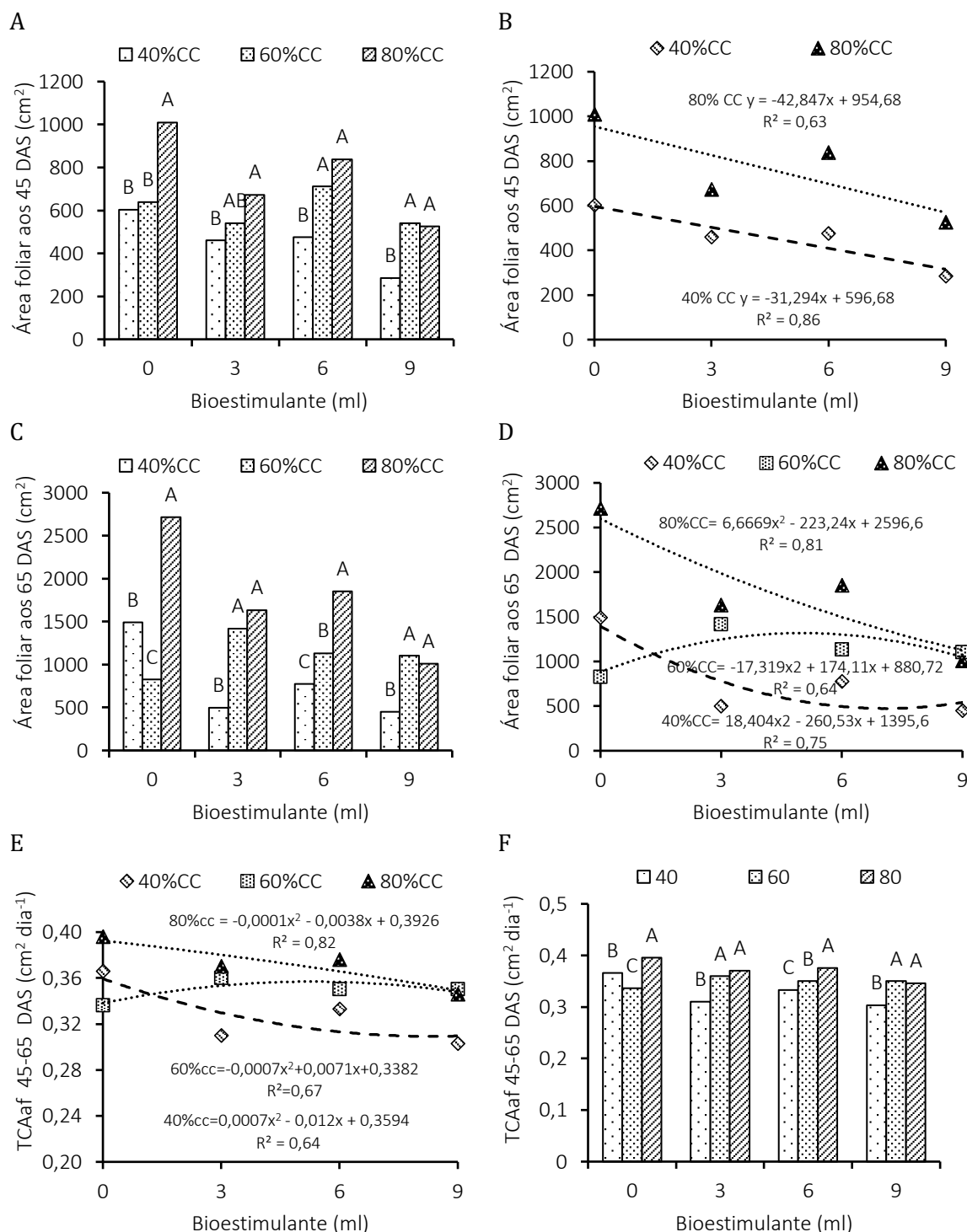


Figura 7. Área foliar aos 45 DAS influenciada pela interação das lâminas de irrigação dentro de cada dose do bioestimulante (A) e influenciada pelas doses de bioestimulante com 40 e 80% da CC (B); área foliar aos 65 DAS influenciada pela interação das lâminas de irrigação dentro de cada dose do bioestimulante (C) e influenciada pelas doses de bioestimulante com 40, 60 e 80% da CC (D); taxa de crescimento para a área foliar influenciada pelas doses de bioestimulante com 40, 60 e 80% da CC (E) e influenciada pela interação das lâminas de irrigação dentro de cada dose de bioestimulante (F) na cultura da berinjela variedade Embú.

Ao analisar a interação das unidades 40, 60 e 80% CC dentro de cada dose de bioestimulante aos 65 DAS (Figura 7F), verifica-se efeito significativo no teste de média, sendo as maiores taxas de crescimento na unidade de 80% CC de 0,396; 0,37; 0,376 e 0,346 $\text{cm}^2 \text{ dia}^{-1}$ para

as doses de bioestimulante 0, 3, 6, e 9 ml, respectivamente. Com as doses de 3 e 9 ml, não há efeito significativo entre as lâminas de 60 e 80% da umidade do solo, contudo, pode-se inferir que estas doses atenuam o estresse hídrico até 60% da umidade. No entanto, quando as plantas se encontram na umidade de 40%, próximo ao ponto de murcha permanente, as doses de bioestimulante não atenuam os estresses hídricos na cultura da berinjela na taxa de crescimento absoluta da área foliar, se tornando inviável a utilização da umidade abaixo de 60% da umidade. Para Santos (2004), a utilização de reguladores de crescimento, ou seja, de bioestimulantes, devem ser ministrados na ausência de estresse, especialmente hídrico, no momento da aplicação, pois, caso contrário, a absorção do produto pelo vegetal pode sofrer interferência.

Verifica-se efeito significativo quando comparado a interação em relação às doses de bioestimulante mais adubação recomendada dentro de cada umidade, em contraste com o tratamento adicional (Bioestimulante) (Figura 8A). Pode-se observar que, as maiores áreas foliares das plantas aos 45 DAS correspondem aquelas irrigadas com 60% da CC com 6 ml de bioestimulante e com 80% de CC sem e com 6 ml de bioestimulante, inclusive, maiores do que as áreas foliares das plantas que receberam tratamento adicional. Ou seja, há um aumento de 18,56% na área foliar com 6 ml de bioestimulante com 60% da CC; 42,6 e 11,2% nas áreas foliares sem e com 6 ml de bioestimulante com 80% da CC em relação às plantas que foram adubadas com tratamento adicional. Segundo Galvão (2019), em estudos utilizando o uso de bioestimulantes em feijoeiro, cultivado sob deficiência hídrica, constatou que a utilização desses compostos não mitiga os efeitos ocasionados pela deficiência hídrica.

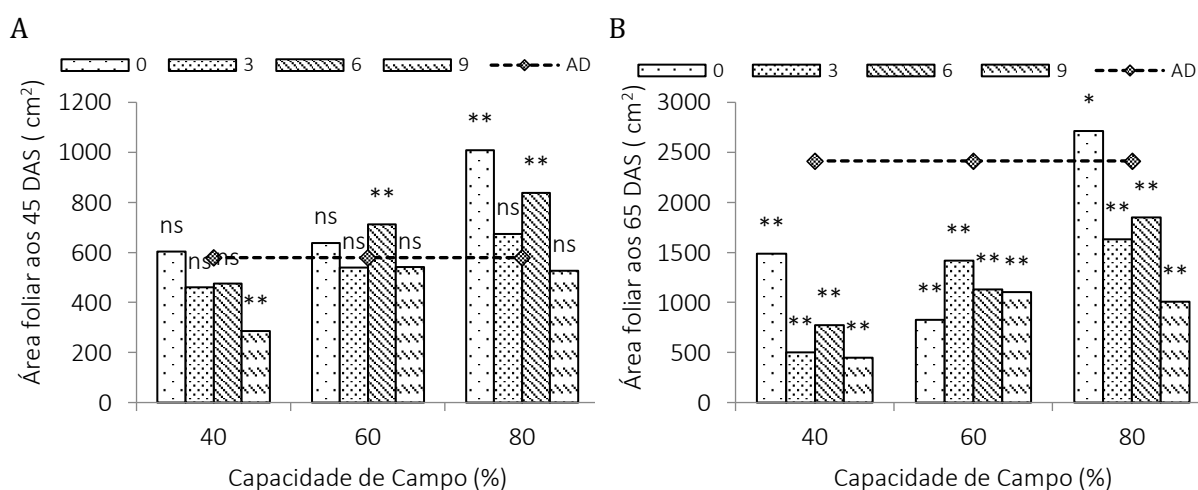


Figura 8. Contraste da área foliar das plantas aos 45 (A) e 65 DAS (B) sob diferentes umidades e doses de bioestimulante, na cultura da berinjela variedade Embú.

Ao analisar a área foliar aos 65 DAS (Figura 8B), observa-se efeito significativo com todos os tratamentos, no entanto, somente nas plantas sem bioestimulante, irrigadas com 80% da CC, apresenta área foliar maior do que naquela cultivada com tratamento adicional, ou seja, tem 2714,74 cm², representando um aumento de 11,3% na área foliar com tratamento adicional. De acordo com Chai et al. (2016), a redução no fornecimento hídrico, imposta nesta pesquisa com diferentes lâminas de irrigação, pode afetar atividades metabólicas e fisiológicas, alterando, desta forma, características morfológicas, principalmente às relacionadas ao crescimento.

Conclusão

Nas condições deste trabalho, as combinações da umidade do solo com as doses de bioestimulante utilizadas, nas plantas adubadas com fertilizantes minerais, não favoreceram o desenvolvimento da berinjela.

De forma isolada, a maior umidade do solo, ou seja, a lâmina de irrigação de 80% da capacidade de campo, favoreceu todas as variáveis de crescimento da cultura. Ao contrário, as doses crescentes de bioestimulante ocasionaram redução em tais variáveis, devido ao excesso de nutrientes.

A aplicação de 3 ml do bioestimulante com a umidade de 80% da capacidade de campo (recomendação do fabricante) atendeu aos aspectos nutricionais da cultura da berinjela e proporcionou o melhor desenvolvimento das plantas.

As doses estudadas do bioestimulante não atenuaram o estresse hídrico da berinjela.

Referências

- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.730-735, 2010a.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A.; GOMES, L. A. A. Função de produção da berinjela irrigada em ambiente protegido. *Irriga*, v.15, n.1, p.10-22, 2010.
- CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J.; PEREIRA, G. M.; PEREIRA, J. R. D.; QUEIROZ, T. M. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.320-327, 2004.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.
- CAVALCANTI, F. J. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2.a aprox. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, 2008. 212p.
- CHAI, Q.; GAN, Y.; ZHAO, C.; XU, H. L.; WASKOM, R. M.; NIU, Y.; SIDDIQUE, K. H. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v.36, n.3, p.4-21, 2016.
- COSTA, E.; DURANTE, L. G. Y.; NAGEL, P. L.; FERREIRA, C. R.; SANTOS, A. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. *Revista Ciências Agrônômicas*, v.42, n.4, p.1017-1025, 2011.
- EMBRAPA. Berinjela (*Solanum melongena* L.). Sistema de produção. Embrapa Hortaliças. 2007. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Berinjela/Berinjela_Solanum_melongena_L/index.html>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- GALVÃO, Í. M. Uso de bioestimulantes em feijoeiro cultivado sob deficiência hídrica. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2019.
- GONÇALVES, M. C. R.; DINIZ, M. F. F. M.; DANTAS, A. H. G.; BORBA, J. D. C. Modesto efeito hipolipemiante do extrato seco de Berinjela (*Solanum melongena* L.) em mulheres com dislipidemias, sob controle nutricional. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.16, Supl., p.656-663, 2006.
- HAMZA, B.; SUGGARS, A. Biostimulants: myths and realities. *Turfgrass Trends*, v.10, p.6-10, 2001.
- HINNAH, D. H.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; BORTOLUZZI, M. P. Estimativa da área foliar da berinjela em função das dimensões foliares. *Bragantia*, v.73, n.3, p.213-218, 2014.
- KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.
- KHAN, A. S.; AHMAD, B.; JASKANI M. J.; AHMAD, R.; MALIK, A. U. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physico-chemical properties of grapes. *International Journal of Agriculture and Biology*, v.14, n.3, p.383-388, 2012.
- LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; GOZUEN, C. F.; BONOTTO, I.; TREVISAN, L. R. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. *Bioscience Journal*, v.25, n.1, p.13-20, 2009.
- LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; ROCHA, H. S.; GUERRA, J. G. M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.6, p.604-610, 2012.
- MACKINNON, S. L.; HILTZ, D.; UGARTE, R.; CRAFT, C. A. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. *Journal of Applied Phycology*, v.22, n.4, p.489-494, 2010.
- MARQUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; SILVA, H. R.; RIBEIRO, C. S. C. Irrigação na cultura da berinjela. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. 24p. (Circular Técnica, 135).

- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPQ, 1996. 72p.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. *Revista Ciência Agronômica*, v.47, n.2, p.307-315, 2016.
- RAPOSO, J. R. A rega, dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega. 1.ed. Lisboa: Edição da Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 485p.
- RIBEIRO, C. S. C. Berinjela (*Solanum melongena* L.). Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, 3. Versão Eletrônica Nov/2007. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Berinjela/Berinjela_Solanum_melongena_L/index.html. Acesso em: 16 outubro 2016.
- RODRIGUES, C. R.; FAQUIN, V.; TREVISAN, D.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; RODRIGUES, T. M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.3, p.573-578, 2004.
- RUSSO, R. O.; BERLYN, G. P. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, v.1, n.2, p.19-42, 1990.
- SAMPAIO, E. S. de. Fisiologia Vegetal: teoria e experimentos. Ponta Grossa: Editora UEPG, 1998. 190p.
- SANTOS, C. M. G. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento do algodoeiro. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas, 2004.
- STRECK, N. A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. *Ciência Rural*, v.35, n.6, p.1275-1280, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 819p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- WEBER, L. C.; AMARAL-LOPES, A. C.; BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M. Produção e qualidade de sementes híbridas de berinjela em função do número de frutos por planta. *Horticultura Brasileira*, v.31, n.3, p.461-466, 2013.
- ZANG, X.; SCHMIDT, R. E. Hormone-containing products' impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. *Crop Science*, v.40, n.5, p.1344-1249, 2000.

CAPÍTULO 13

CULTIVO DE BERINJELA SOB DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO

Antônio Ramos Cavalcante
Washington Benevenuto de Lima
Felipe Guedes de Souza
Lúcia Helena Garófalo Chaves
Jean Pereira Guimarães
Luan Dantas de Oliveira

Introdução

O cultivo de hortaliças no Brasil, diante dos diversos segmentos de produção agrícola, alcança notoriedade perante seus resultados lucrativos. Dentre elas, a berinjela (*Solanum melongena* L.) ganha destaque no cenário da olericultura, devido, principalmente, aos seus atributos medicinais (FRANÇA et al., 2018), sendo, por sua vez, uma espécie de cultivo presente em todo o território brasileiro, principalmente por pequenos agricultores (FINCO et al., 2009).

De modo geral, sabe-se que, o cultivo de hortaliças demanda quantidades consideráveis de nutrientes durante o seu ciclo, no qual favorecem de maneira significativa o crescimento, desenvolvimento e a produção (COSTA et al., 2017). A berinjela, por sua vez, exige fósforo (P) e potássio (K), nutrientes que incrementam a obtenção de uma melhor qualidade e quantidade de frutos (FILGUEIRA, 2003). À vista disso, o incremento adequado do fornecimento destes nutrientes é fator substancial para uma produção eficiente, além da redução nos custos da produção (MALAVOLTA et al., 2002).

Devido a carência nos solos brasileiros, principalmente naqueles predominantes nas regiões de clima tropical, o fósforo (P) é um dos macronutrientes mais requisitados, sendo um importante promotor de crescimento, garantindo produções satisfatórias das hortaliças (RAIJ, 1991). Tal elemento é componente crucial de fosfolipídeos, da membrana vegetal, bem como, nos intermediários da respiração, fotossíntese e nas ligações de fosfatos presentes nas moléculas de açúcares (SOUZA & FERNADES, 2006). Na cultura da berinjela, a deficiência deste nutriente acarreta interferências negativas na forma do fruto, assim como, em alterações no metabolismo (OLIVEIRA et al., 2019).

De forma semelhante, o potássio (K) é um nutriente necessário em demasiadas reações bioquímicas sendo significativamente considerável para o metabolismo das plantas (NURZYNSKA-WIERDAK et al., 2012). O potássio é o nutriente mais solicitado pelos vegetais produtores de frutos, atuando em funções fisiológicas das plantas, tais como ativação de enzimas, regulação do turgor celular, e, por meio da regulação na abertura e fechamento dos estômatos, na taxa de assimilação de CO₂ (FAQUIN & ANDRADE, 2004). Consequentemente, a carência ou a utilização excessiva destes macronutrientes podem implicar em um desenvolvimento vegetativo deficiente e, assim, uma produção insatisfatória na berinjela.

Por haver, ainda, carência de informações sobre as necessidades da cultura da berinjela em função da adubação, objetiva-se com esse estudo, analisar o crescimento da berinjela em função da aplicação de diferentes doses de fósforo e de potássio.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de janeiro a abril de 2019, em vasos, em casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN / UFCG), localizado no município de Campina Grande-PB, Brasil, nas coordenadas geográficas de 7 ° 15 '18' 'S, 35 ° 52' 28 " W e altitude média de 550 m.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 e 3 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os fatores constituíram de 4 doses de fósforo (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e de 4 doses de potássio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), utilizando-se como fontes de fósforo e de potássio o fosfato monoamônio (MAP) e o cloreto de potássio (KCl), respectivamente. Cada unidade experimental foi composta de vaso com capacidade de 15 kg, com espaçamento de 1,30 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, com uma planta por vaso, preenchido com 12 kg de solo. A adubação nitrogenada para berinjela, recomendada por Cavalcanti (2008), foi de 100 kg ha⁻¹ de N, sendo utilizada como fonte a ureia. As aplicações dos adubos, ureia, MAP e KCl, foram realizadas em dois períodos de 30 e 45 dias após o semeio (DAS).

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado de malha de 2,0mm e caracterizado segundo Teixeira et al. (2017) quanto aos atributos químicos: pH (H₂O) = 5,35; Ca = 2,10 cmol_c kg⁻¹; Mg = 1,57 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,26 cmol_c kg⁻¹; K = 0,21 cmol_c kg⁻¹; H = 4,16 cmol_c kg⁻¹; Al = 0,03 cmol_c kg⁻¹; P = 2,1 mg kg⁻¹; MO = 13,3 g kg⁻¹, CE = 0,43 mmhos/cm.

Em cada unidade experimental foram semeadas 10 sementes de berinjela, variedade Embú e a cada 5 dias após a emergência, foram feitos os desbastes até os 21 DAS.

As variáveis biométricas altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), foram mensuradas aos 50 e 70 DAS. A AP (cm) foi determinada do colo da planta até a bifurcação da última folha; o DC (mm) foi mensurado no colo da planta a 0,02 m do solo; na contagem do NF (unidades) consideraram-se as que estavam sadias, fotossinteticamente ativas, totalmente expandidas e com comprimento mínimo da nervura central de 3 cm; e, a área foliar (AF) (cm²) foi determinada medindo largura e comprimento, calculado pela equação desenvolvida por Hinnah et al. (2014) de $X=10,997 + 0,4410 \cdot C \cdot L$, onde C é o comprimento e L é a largura.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se por meio de análise de regressão às doses de fósforo e potássio (fatores quantitativos) ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

As doses de fósforo (P) aplicadas na cultura da berinjela influenciam significativamente na altura de plantas (AP) aos 50 DAS e no diâmetro caulinar (DC) aos 50 e 70 DAS (Tabela 1).

No período analisado, a altura de planta apresenta comportamento quadrático atingindo com a maior dose de fósforo utilizado (150 kg ha⁻¹), 28,3 cm (Figura 1). Segundo Silva (2017), trabalhando com adubação fosfatada em berinjela, também observou, aos 45 dias após o transplante, significância na altura das plantas.

No caso do diâmetro caulinar, aos 50 e 70 DAS, quando submetidos à adubação fosfatada, expressa para 50 DAS significância com comportamento quadrático atingindo o ponto máximo de 8,12 mm para dose de 150 kg ha⁻¹ de fósforo. Aos 70 DAS o comportamento apresenta-se linear ascendente conforme o acréscimo nas doses aplicadas (Figura 1). Desta forma, comparando os resultados obtidos com a menor (0 kg ha⁻¹) e a maior (150 kg ha⁻¹) dose de fósforo aplicada, ou seja, com 6,178 e 9,298mm, respectivamente, nota-se crescimento à uma taxa de 50,50% no diâmetro aos 70 DAS. Silva (2017), aplicando 42 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio de berinjela observou um diâmetro caulinar em torno de 9,8mm, maior do que os diâmetros encontrados no presente trabalho, no entanto, conforme esse autor, a adubação fosfatada não teve efeito significativo neste parâmetro. De acordo com Filgueira (2003), na família das solanáceas o diâmetro caulinar pode proporcionar maior sustentabilidade para as plantas assim como o maior fluxo de seiva, favorecendo o desenvolvimento da planta e de seus frutos, nos quais podem acarretar em uma maior produtividade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC) aos 50 e 70 dias após o semeio (DAS) para cultura da berinjela cv. Embú

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		AP		DC	
		50 DAS	70 DAS	50 DAS	70 DAS
Fósforo (P)	3	869,51**	1538,69**	24,71**	26,35**
Linear	1	2414,90**	4135,06**	65,41**	65,00**
Quadrática	1	184,47*	435,60**	6,09*	2,66 ^{ns}
Potássio (K)	3	86,99 ^{ns}	446,43**	1,95 ^{ns}	7,92 ^{ns}
Linear	1	82,48 ^{ns}	1027,54**	3,87 ^{ns}	19,09 ^{ns}
Quadrática	1	91,02 ^{ns}	83,21 ^{ns}	1,43 ^{ns}	2,04 ^{ns}
P x K	3	47,92 ^{ns}	279,37**	1,52 ^{ns}	4,86 ^{ns}
Desdobramento de fósforo em cada nível de potássio					
P/0K	3	212,44 ^{ns}	434,77**	6,85 ^{ns}	6,88 ^{ns}
Linear	1	337,01 ^{ns}	271,36*	15,20 ^{ns}	13,72 ^{ns}
Quadrática	1	221,88 ^{ns}	1015,68**	5,33 ^{ns}	6,90 ^{ns}
P/50K	3	120,93 ^{ns}	219,74**	5,11 ^{ns}	4,93 ^{ns}
Linear	1	347,52 ^{ns}	458,71**	11,79 ^{ns}	1,76 ^{ns}
Quadrática	1	1,08 ^{ns}	41,44 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,68 ^{ns}
P/100K	3	294,97 ^{ns}	595,44**	4,56 ^{ns}	6,59 ^{ns}
Linear	1	780,48 ^{ns}	1339,53**	13,06 ^{ns}	18,59 ^{ns}
Quadrática	1	104,43 ^{ns}	445,30**	0,21 ^{ns}	0,33 ^{ns}
P/150K	3	384,94 ^{ns}	1126,85**	12,74 ^{ns}	22,53 ^{ns}
Linear	1	1111,98 ^{ns}	2928,81**	27,33 ^{ns}	45,93 ^{ns}
Quadrática	1	1,02 ^{ns}	22,96 ^{ns}	5,20 ^{ns}	1,84 ^{ns}
Desdobramento de potássio em cada nível de fósforo					
K/0P	3	65,62 ^{ns}	1174,11**	11,10 ^{ns}	11,54 ^{ns}
Linear	1	133,20 ^{ns}	852,77**	2,99 ^{ns}	18,26 ^{ns}
Quadrática	1	60,75 ^{ns}	253,92*	6,16 ^{ns}	13,86 ^{ns}
K/50P	3	30,47 ^{ns}	1163,85**	2,77 ^{ns}	3,85 ^{ns}
Linear	1	11,616 ^{ns}	489,63**	0,28 ^{ns}	2,52 ^{ns}
Quadrática	1	14,083 ^{ns}	86,40 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,30 ^{ns}
K/100P	3	96,58 ^{ns}	1261,38**	4,97 ^{ns}	6,25 ^{ns}
Linear	1	167,33 ^{ns}	804,46**	3,03 ^{ns}	10,33 ^{ns}
Quadrática	1	12,00 ^{ns}	149,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}
K/150P	3	38,09 ^{ns}	254,35 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,86 ^{ns}
Linear	1	94,50 ^{ns}	242,80 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Quadrática	1	16,56 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Erro	32	25,97	45,71	0,93	2,71
CV, %		24,06	19,10	16,13	21,27

*, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente; ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

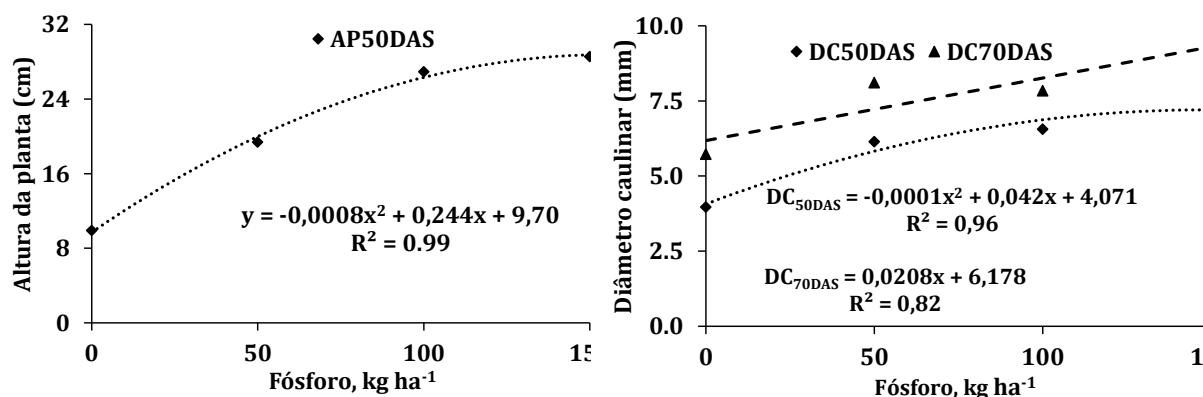
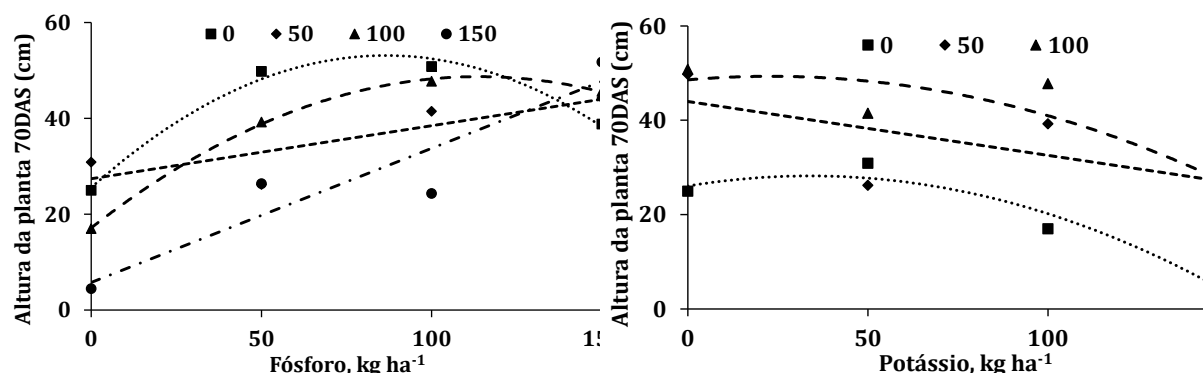


Figura 1. Altura de planta aos 50 DAS e diâmetro caulinar aos 50 e 70 DAS para a cultura da berinjela cv. Embú adubada com doses de fósforo.

O potássio (K) aplicado em doses de 0, 50, 100 e 150 kg.ha⁻¹, não proporciona efeito significativo na AP aos 50 DAS corroborando com Monaco et al. (2016) que, ao trabalharem com doses crescentes de K₂O (0, 36, 72, 108 e 144 kg.ha⁻¹) fornecidos via fertirrigação, não atestou efeito significativo na altura de plantas no qual cogita-se que, tais características como a altura de plantas, não tenham sofrido influência do K, visto que, este é considerado nutriente da qualidade.



$$AP70DAS_0 = -0,0037x^2 + 0,637x + 25,53 \quad R^2 = 0,99$$

$$AP70DAS_{50} = 0,1106x + 27,41 \quad R^2 = 0,70$$

$$AP70DAS_{100} = -0,0024x^2 + 0,55x + 17,15 \quad R^2 = 0,99$$

$$AP70DAS_{150} = 0,2795x + 5,79 \quad R^2 = 0,87$$

$$AP70DAS_0 = -0,0018x^2 + 0,125x + 26,06 \quad R^2 = 0,94$$

$$AP70DAS_{50} = -0,1143x + 43,99 \quad R^2 = 0,42$$

$$AP70DAS_{100} = -0,0014x + 0,065x + 48,57 \quad R^2 = 0,76$$

Figura 2. Interação das doses de fósforo em função dos níveis crescente de potássio e interação das doses de potássio em função dos níveis crescentes de fósforo para altura de planta aos 70 DAS para a cultura da berinjela cv. Embú.

Conforme a Tabela 1, a interação das doses de fósforo em função dos níveis crescentes de potássio tem efeito significativo somente na AP aos 70 DAS. O comportamento dos desdobramentos do fósforo nos níveis de 50 e 150 kg ha⁻¹ de K é linear crescente com as maiores alturas de 43,91 e 47,71 cm respectivamente, para a dose de 150 kg ha⁻¹ de P (Figura 2). É interessante observar que, as alturas das plantas da interação das doses de fósforo 0, 50, 100 kg ha⁻¹ e um pouco mais, com 50 kg ha⁻¹ de K são maiores do que as alturas da interação com as mesmas doses de fósforo com 150 kg ha⁻¹ de K. Isto, provavelmente, deve haver algum desequilíbrio nutricional entre as menores doses de fósforo com a maior dose de potássio, prejudicando o crescimento das plantas. Em relação aos desdobramentos do fósforo nos níveis de 0 e 100 kg ha⁻¹ de K, apresentam comportamento quadrático com as máximas alturas 52,94 e 48,66 cm, referente as doses de 86,08 e 114,58 kg ha⁻¹ de fósforo, respectivamente. Em geral, pode-se observar que, a aplicação das doses de fósforo, até em torno de 120 kg ha⁻¹ com a ausência de potássio, provoca maiores alturas das plantas.

Da mesma forma, o desdobramento de potássio em níveis de fósforo 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ tem efeito significativo na altura das plantas aos 70 DAS (Tabela 1), apresentando comportamento quadrático na ausência de fósforo e com 100 kg ha⁻¹ desse elemento, e comportamento linear com 50 kg ha⁻¹ de fósforo, apesar de ter um coeficiente de determinação muito baixo (Figura 2). Conforme as equações quadráticas correspondentes às doses de 0 e 100 kg ha⁻¹ de fósforo, as maiores alturas são 28,23 e 49,32 cm referentes as doses de 34,72 e 23,21 kg ha⁻¹ de potássio, respectivamente.

De acordo com Epstein e Bloom (2006), na cultura do pimentão, pertencente à mesma família da berinjela, o nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exportados pelas plantas. Silva et al. (2001), evidenciaram significância da adubação potássica no metabolismo e na melhoria das características físicas e químicas dos frutos, resultantes da otimização no processo de transpiração e formação de carboidratos. Trabalhos como os de Monaco et al. (2016) e EL-Bassiony et al. (2010) atestam que, a utilização deste nutriente acarreta na melhoria do rendimento e qualidade dos frutos da berinjela.

De acordo com os resultados da análise de variância, observa-se na Tabela 2 que, as variáveis número de folhas (NF) e área foliar (AF) são influenciadas significativamente em relação a adubação fosfatada, nas duas datas analisadas, da mesma forma, na interação entre fósforo e potássio, com exceção de número de folhas aos 50 DAS. Quanto à aplicação de potássio, não há efeito significativo no número de folhas somente aos 50 DAS.

A variável número de folhas, aos 50 DAS, apresenta efeito significativo quanto à implementação das doses de fósforo, corroborando com Silva (2017). Com o comportamento linear dos resultados obtidos (Figura 3), pode-se observar uma diferença de 94,35% quando comparado o número de folhas ocasionado pela menor (0 kg ha⁻¹) e maior dose (150 kg ha⁻¹) aos 50 DAS referentes a 6,55 e 12,73 folhas, respectivamente.

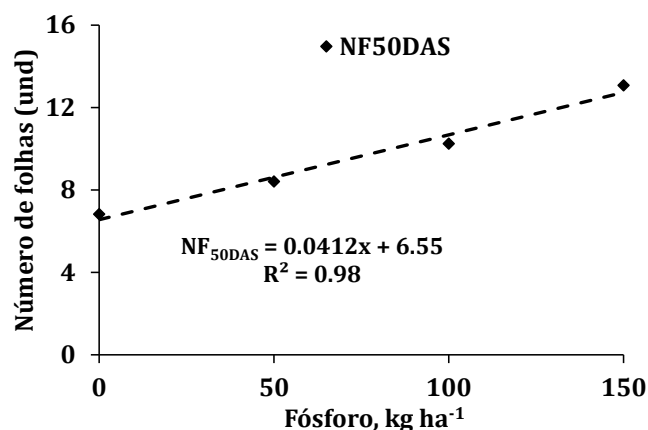


Figura 3. Número de folhas aos 50 DAS para a cultura da berinjela cv. Embú adubada com doses de fósforo.

Conforme Al-Obaidy e Al-Khazrajl (2018), tendo em vista a importância do fosfato no mecanismo fisiológico da planta, sua implementação na adubação da berinjela pode acarretar no maior número de folhas, além de minimizar os efeitos acarretados pelo estresse hídrico. Contudo, Primavesi (1990) constatou que, a berinjela quando submetidas a altas concentrações de fosfato, pode expor desequilíbrios nutricionais, diminuindo o número de folhas e, conseqüentemente, a área foliar.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 50 e 70 dias após o semeio (DAS) para cultura da berinjela cv. Embú

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		NF		AF	
		50 DAS	70 DAS	50 DAS	70 DAS
Fósforo(P)	3	86,40**	274,36**	2685676,57**	5115271,97**
Linear	1	254,20**	793,52**	7799994,48**	13999513,58**
Quadrática	1	4,68 ^{ns}	0,30 ^{ns}	69982,41 ^{ns}	641973,15*
Potássio(K)	3	15,56 ^{ns}	151,92**	196141,72**	1158246,61**
Linear	1	10,41 ^{ns}	191,88**	272713,90**	2136140,62**
Quadrática	1	2,52 ^{ns}	74,50*	220214,61*	524485,54*
P x K	3	9,09 ^{ns}	68,20**	144053,00**	927617,60**
Desdobramento de fósforo dentro em cada nível de potássio					
P/0K	3	15,41 ^{ns}	77,24**	568978,90**	1427892,12**
Linear	1	30,81 ^{ns}	35,11 ^{ns}	1299187,35**	1336145,72**
Quadrática	1	14,08 ^{ns}	186,44**	403260,00**	2820469,44**
P/50K	3	16,35 ^{ns}	43,74*	854992,66**	507342,82**
Linear	1	26,00 ^{ns}	95,00**	2251840,02**	1476931,08**
Quadrática	1	20,02 ^{ns}	35,02 ^{ns}	243988,60**	41961,01 ^{ns}
P/100K	3	41,18 ^{ns}	157,25**	828763,04**	2193316,55**
Linear	1	110,70 ^{ns}	470,40**	2348716,92**	6001602,77**
Quadrática	1	11,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	126629,10**	560822,80*
P/150K	3	40,75 ^{ns}	200,75**	865100,98**	3769573,27**
Linear	1	114,81 ^{ns}	360,15**	1995747,86**	7087094,01**
Quadrática	1	0,08 ^{ns}	44,08 ^{ns}	1034,16 ^{ns}	385638,45*
Desdobramento de potássio dentro em cada nível de fósforo					
K/0P	3	11,50 ^{ns}	54,25**	89975,25 ^{ns}	765238,41**
Linear	1	18,15 ^{ns}	119,28**	151493,70 ^{ns}	1652463,72**
Quadrática	1	16,33 ^{ns}	43,32 ^{ns}	112927,40 ^{ns}	507791,02*
K/50P	3	8,52 ^{ns}	39,68*	248,75 ^{ns}	291532,61*
Linear	1	2,81 ^{ns}	67,20*	7688,54 ^{ns}	376231,690*
Quadrática	1	6,75 ^{ns}	11,02 ^{ns}	41748,40 ^{ns}	68191,763 ^{ns}
K/100P	3	10,08 ^{ns}	201,41**	372663,66**	2411961,71**
Linear	1	16,01 ^{ns}	322,01**	421111,79**	4744068,96**
Quadrática	1	2,08 ^{ns}	30,08 ^{ns}	73414,16 ^{ns}	530208,48*
K/150P	3	12,75 ^{ns}	61,18**	132413,06*	472366,67**
Linear	1	12,15 ^{ns}	87,60**	6625,50 ^{ns}	1331344,89**
Quadrática	1	10,08 ^{ns}	72,52*	287154,14**	72261,12 ^{ns}
Erro	32	7,17	11,64	31937,2	91062,9
CV	%	27,77	21,69	18,95	17,83

*,**significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente; ^{ns} não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Na interação de fósforo dentro de potássio para o número de folhas aos 70 DAS (Figura 4), observa-se efeito significativo com comportamento quadrático para a dose de 0 kg ha⁻¹ de potássio, com valor máximo de 22,96 folhas por planta para a dose de 83,44 kg ha⁻¹ de fósforo. Estes valores são semelhantes aos de Silva (2017), ou seja, este autor observou, em média, 33 folhas nas berinjelas adubadas com 85,5 kg ha⁻¹ de fósforo. Para as doses de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de potássio observa-se efeitos significativos com o comportamento linear crescente apresentando com a dose de 150 kg ha⁻¹ de fósforo, 18,97; 27,15 e 18,26 folhas de berinjela por planta, respectivamente, ou seja, a melhor combinação encontrada é a dose 100 kg ha⁻¹ de potássio e 150 kg ha⁻¹ de fósforo. Por isso, o adequado fornecimento garante ao vegetal um crescimento vegetativo abundante, resultando, deste modo, um maior número de folhas principalmente quando fornecido no período inicial do ciclo vegetativo. Para Raij (1991) e Malavolta (2006), a deficiência de fósforo, geralmente, acarreta um menor desenvolvimento vegetativo e produtivo, estímulo da senescência precoce, retardo no florescimento e contração no número de frutos e semente.

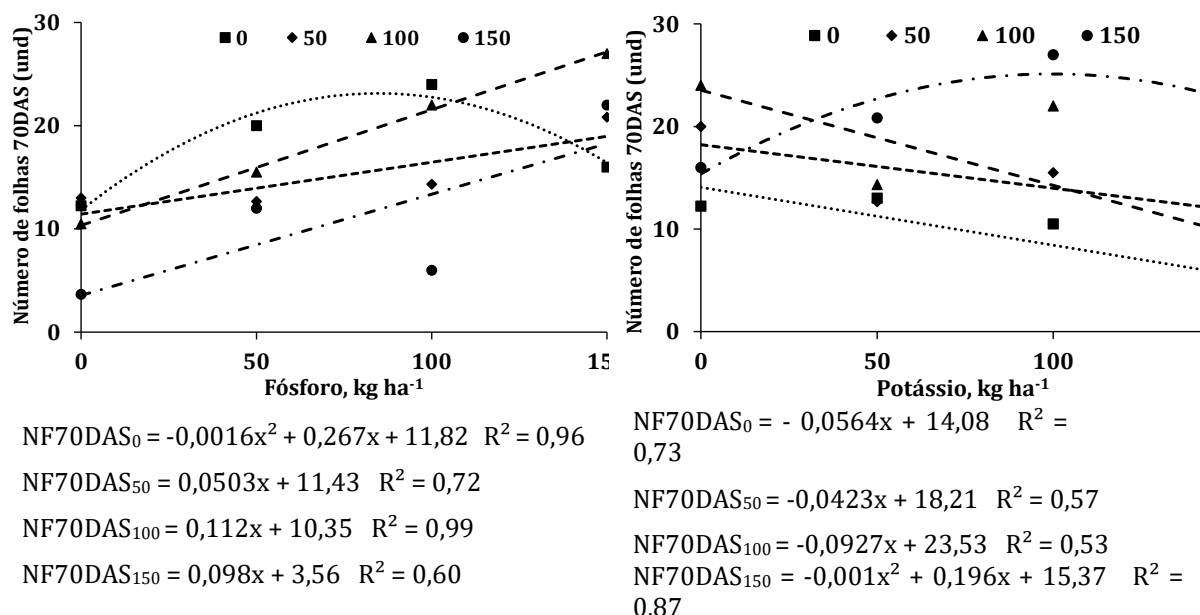
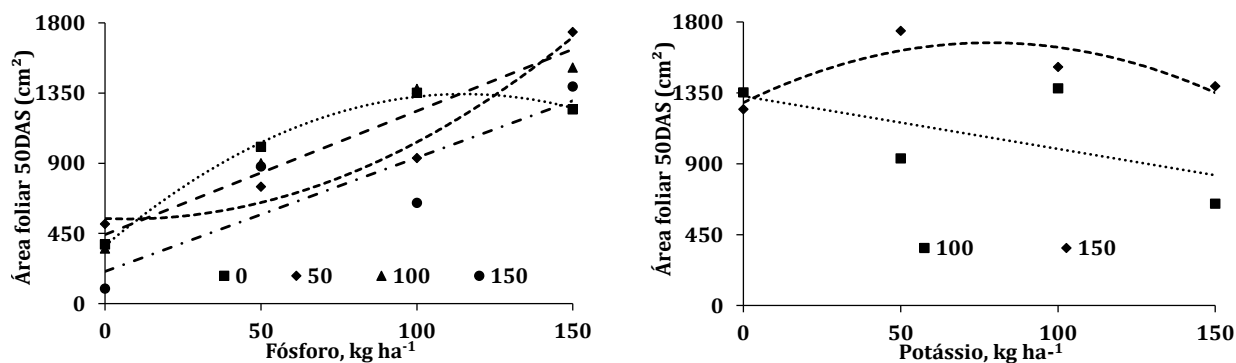


Figura 4. Interação das doses de fósforo em função dos níveis crescente de potássio e interação das doses de potássio em função dos níveis crescentes de fósforo para número de folhas aos 70 DAS para a cultura da berinjela cv. Embú.

Ao analisar o comportamento na interação de potássio dentro de fósforo para o número de folhas das berinjelas aos 70 DAS (Figura 4), encontra-se um efeito significativo para a dose 150 kg ha⁻¹ de fósforo ajustando-se ao comportamento quadrático com o número máximo de 24,96 folhas por planta para a dose de 97,9 kg ha⁻¹ de potássio. Nas demais doses de fósforo (0, 50 e 100 kg ha⁻¹) ocorre efeito significativo com comportamento linear decrescente tendo como maiores valores 14,08, 18,21 e 23,53 números de folhas por planta, respectivamente, para a dose 0 kg ha⁻¹ de potássio. O maior número de folhas por planta é encontrado na combinação de 150 kg ha⁻¹ de fósforo para a dose de 97,90 kg ha⁻¹ de potássio, resultando em 24,94 folhas por planta de berinjela.

Na interação das doses de fósforo dentro de potássio aos 50 DAS (Figura 5), observa-se que, as doses de 0 e 50 kg ha⁻¹ de potássio têm comportamento quadrático proporcionando as maiores áreas foliares de 1343,83 cm² para a dose de 115,18 kg ha⁻¹ de fósforo e de 548,73 cm² para a dose de 7,07 kg ha⁻¹ de fósforo, respectivamente. Já com as doses de 100 e 150 kg ha⁻¹ de potássio, têm um comportamento linear crescente com maiores áreas foliares de berinjela de 1630,29 e 1301,18 cm², respectivamente para a dose de 150 kg ha⁻¹ de fósforo. Manfio (2007), atestou para a mesma cultura que, caso a absorção de fósforo for pequena, a área foliar da planta é comprometida, havendo uma redução.

Ainda aos 50 DAS, a interação das doses de potássio dentro de fósforo (Figura 5), apresentam efeitos significativos para as doses 100 e 150 kg ha⁻¹ de fósforo, sendo o comportamento da dose 150 kg ha⁻¹ de fósforo quadrática com ponto máximo de área foliar 1667,34 cm² para a dose de 78,37 kg ha⁻¹ de potássio. Com a dose 100 kg ha⁻¹ de fósforo observa-se um comportamento linear decrescente com valor máximo de 1328,90 cm² para a dose 0 kg ha⁻¹ de potássio.



$$AF50DAS_0 = -0,0733x^2 + 16,885x + 371,45 \quad R^2 = 0,99$$

$$AF50DAS_{100} = -3,351x + 1328,9 \quad R^2 = 0,38$$

$$AF50DAS_{50} = 0,057x^2 - 0,806x + 545,88 \quad R^2 = 0,97$$

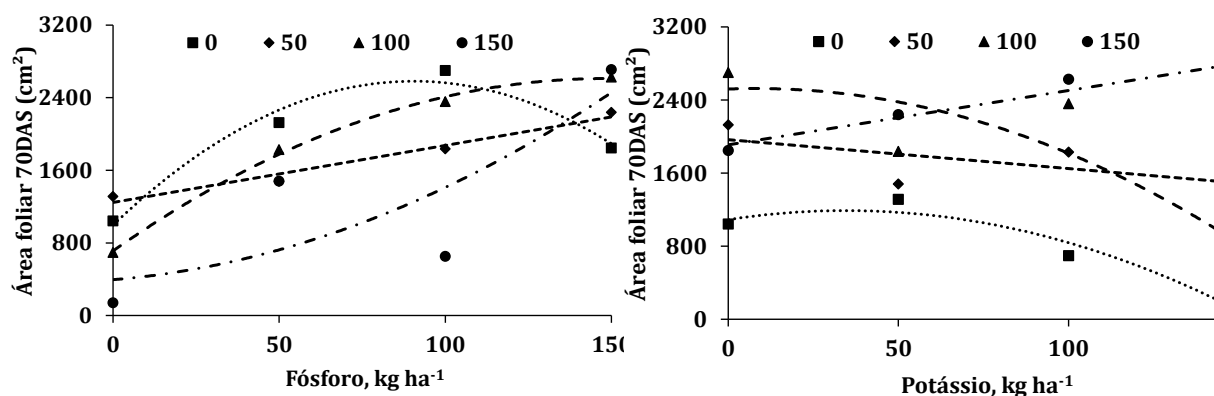
$$AF50DAS_{150} = -0,0619x^2 + 9,701x + 1287,2 \quad R^2 = 0,74$$

$$AF50DAS_{100} = 7,914x + 443,19 \quad R^2 = 0,94$$

$$AF50DAS_{150} = 7,295x + 206,93 \quad R^2 = 0,77$$

Figura 5. Interação das doses de fósforo em função dos níveis crescente de potássio e interação das doses de potássio em função dos níveis crescentes de fósforo para área foliar aos 50 DAS para a cultura da berinjela cv. Embú.

Para a área foliar aos 70 DAS (Figura 6), a interação de doses de fósforo dentro das doses de potássio apresenta efeito significativo e comportamento quadrático para as doses 0, 100 e 150 kg ha⁻¹ de potássio, mostrando as maiores áreas foliares de berinjela de 2581,41; 2609,78 e 426,11 cm², respectivamente para as doses 90,40; 148,10 e 31,20 kg ha⁻¹ de fósforo. A dose de 50 kg ha⁻¹ apresenta um comportamento linear crescente com maior valor de 2187,36 cm² para a dose de 150 kg ha⁻¹ de fósforo.



$$AF70DAS_0 = -0,1939x^2 + 35,058x + 996,75 \quad R^2 = 0,97$$

$$AF70DAS_0 = -0,0823x^2 + 5,704x + 1090,3 \quad R^2 = 0,94$$

$$AF70DAS_{50} = 6,276x + 1246 \quad R^2 = 0,97$$

$$AF70DAS_{50} = -3,167x + 1966,70 \quad R^2 = 0,43$$

$$AF70DAS_{100} = -0,0865x^2 + 25,62x + 712,42 \quad R^2 = 0,99$$

$$AF70DAS_{100} = -0,0841x^2 + 1,364x + 2520,5 \quad R^2 = 0,73$$

$$AF70DAS_{150} = 0,0717x^2 + 2,991x + 394,92 \quad R^2 = 0,66$$

$$AF70DAS_{150} = 5,958x + 1908,70 \quad R^2 = 0,94$$

Figura 6. Interação das doses de fósforo em função dos níveis crescente de potássio e interação das doses de potássio em função dos níveis crescentes de fósforo para área foliar aos 70 DAS para a cultura da berinjela cv. Embú.

Na interação das doses de potássio dentro de fósforo (Figura 6) o comportamento para as doses 0 e 100 kg ha⁻¹ de fósforo são quadráticas com as máximas áreas foliares de 1189,14 e 2519,92 cm², respectivamente, para as doses de 34,66 e 16,64 kg ha⁻¹ de potássio. As doses de 50 e 150 kg ha⁻¹ de fósforo apresentam um ajuste linear decrescente e crescente, respectivamente,

com maiores valores de 1966,70 cm² de área foliar para a dose 0 kg ha⁻¹ de potássio e 2802,46 cm² de área foliar para a dose de 150 kg ha⁻¹ de potássio.

Conclusão

As plantas submetidas à adubação fosfatada obtiveram resultados satisfatórios em todas as variáveis de crescimento nas duas épocas estudadas. Aquelas submetidas à adubação potássica apresentaram efeitos na área foliar nas duas épocas estudadas e na altura de plantas e número de folhas apenas aos 70 DAS. Por fim, a interação entre os elementos fósforo e potássio proporcionaram efeitos aceitáveis para as variáveis altura de plantas e número de folhas aos 70 DAS e a área foliar aos 50 e 70 DAS.

Referência

- AL-OBAIDY, Z. H.; AL-KHAZRAJL, T. J. Effect of spraying potassium phosphate on some characteristics of the eggplant under drought stress. *World Journal Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, v.7, n.3, p.96-104, 2018.
- EL-BASSIONY, A. M.; FAWZY, Z. F.; EL-SAMAD, E. A.; RIAD, G. S. Growth, yield and fruit quality of sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) as affected by potassium fertilization. *Journal of American Science*, v.6, n.12, p.722-729, 2010.
- CAVALCANTI, F. J. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2.a aprox. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, 2008. 212p.
- COSTA, L. P.; SANTOS, J. M. A. P.; OLIVEIRA, F. A.; AROUCHA, E. M. M.; MEDEIROS, J. F.; PAIVA, C. A. Qualidade pós-colheita de frutos de berinjela fertirrigada com diferentes relações K/Ca. In: *Inovagri International Meeting*, 4, 2017, Fortaleza, Anais...Fortaleza, 2017.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2.ed. Trad. Londrina: Editora Planta, 2006. 392p.
- FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. Lavras: FAEPE-UFLA, 2004. 88p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: IFLA, 2003. 333p.
- FINCO, A. M. O.; ANGELO, M. A.; GARMUS, T. T.; BEZERRA, R. M. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de berinjela. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.3, n.1, p.49-59, 2009.
- FRANÇA, K. D. S.; RODRIGUES, R. M. P.; DIDOLANVI, O. D.; OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, J. P.; CARVALHO, R. S. Desenvolvimento da berinjela submetida a diferentes formas de adubação orgânica no Vale do Submédio São Francisco. In: *Congresso Latino Americano: Manejo de Agroecossistemas e Agricultura Orgânica*, 6, 2017, Distrito Federal, Anais... Distrito Federal, 2018.
- HINNAH, F. D.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; BORTOLUZZI, M. P. Estimativa da área foliar da berinjela em função das dimensões foliares. *Bragantia*, v.73, n.3, p.213-218, 2014.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.
- MANFIO, M. Rendimento da berinjela em função de doses de P₂O₅. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2007.
- MONACO, K. A.; BORELLI, A. B.; BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; ZOMERFELD, P. S. Crescimento, produção e composição química de berinjela "Ciça" sob fertirrigação potássica. *Acta Biológica Colombiana*, v.21, n.2, p.423-430, 2016.
- NURZYŃSKA-WIERDAK, R.; DZIDA, K.; ROŻEK, E.; JAROSZ, Z. Effects of nitrogen and potassium fertilization on growth, yield and chemical composition of garden rocket. *Acta Scientiarum. Polonorum, Hortorum Cultus*, v.11, n.2, p.289-300, 2012.

- OLIVEIRA, L. A.; SILVA, E. C.; CARLOS, L. A.; MACIEL, G. M. Phosphate and potassium fertilization on agronomic and physico-chemical characteristics and bioactive compounds of eggplant. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.4, p.291-296, 2019.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1990. 541p.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres-Potafos, 1991. 343p.
- SILVA, A. B. DA. Adubação fosfatada como atenuante do estresse hídrico no crescimento e produção de berinjela. 38f. Dissertação (Mestrado em Horticultura). Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, 2017.
- SILVA, M. A. G.; BOARETTO, R. M.; FERNANDES, H. G.; SCIVITTARO, W. B. Efeito do cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.23, n.5, p.1085-1089, 2001.
- SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio: Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.

CAPÍTULO 14

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E PARÂMETROS BIOMÉTRICOS DE PIMENTÃO EM FUNÇÃO DE VERMICOMPOSTO

*Gilvanise Alves Tito
Lúcia Helena Garófalo Chaves
Josely Dantas Fernandes
Felipe Guedes de Souza
Antônio Ramos Cavalcante*

Introdução

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família Solanaceae, é originário da América do Sul, entre a Bolívia e o Peru. É cultivado em diferentes regiões do mundo, tendo grande importância econômica tanto no exterior como no Brasil (LEME, 2012). O pimentão está entre as 10 hortaliças mais cultivadas no Brasil, apresentando elevado valor comercial e sendo utilizado em diversas preparações culinárias (FERREIRA et al., 2013). Esta hortaliça possui uma grande heterogeneidade de tamanhos, formas e cores, de maneira que é necessário identificar cultivares adaptadas e que atendam aos princípios da produtividade, qualidade e rentabilidade. A cor do fruto influencia no seu sabor e aroma. Atualmente, verifica-se que tem crescido o interesse comercial pelas cultivares de frutos vermelhos. Seus frutos possuem alto teor de vitamina C e são utilizados na fabricação de condimentos, conservas e molhos (CARVALHO et al., 2011). Essa cultura é bastante exigente quanto as características químicas do meio de cultivo, requer a manutenção contínua destas características, consequentemente, da sua produtividade, e vem respondendo muito bem à adubação orgânica e/ou a associação de adubos orgânicos e minerais, além disso, essa prática melhora a fertilidade e a conservação do solo.

De acordo com Theodoro e Leonardos (2006), uma alternativa mais ecológica para reposição de nutrientes ao solo em áreas agrícolas, é o uso do pó de rocha. As rochas moídas, com doses corretamente dimensionadas podem suprir totalmente ou parte das demandas para a correção do solo ou nutrição de uma cultura, atuando principalmente como fornecedoras de macronutrientes secundários, de micronutrientes e como corretivos de acidez do solo (BAMBERG et al., 2011). Misturas de várias rochas moídas têm sido comercializadas, por exemplo, a farinha de rocha MB4, a qual é uma mistura de duas rochas: biotitaxisto e serpentinito, na proporção de 1:1 (PONTES et al., 2005). Este produto é proveniente da moagem de rochas silicatadas e possui em sua composição cerca de 48% de sílica.

De acordo com Miyasaka et al. (2004), o MB4 foi testado em vários solos mostrando-se um eficiente recuperador, melhorador e rejuvenescedor por possuir uma grande variedade de elementos químicos, fornecendo nutrientes essenciais às plantas. Entretanto, em comparação com os fertilizantes químicos, que são altamente solúveis, as rochas moídas liberam de forma gradativa uma variedade de nutrientes (STRAATEN, 2006). Por isso, esses minerais contidos nas rochas são

fontes de lenta liberação de nutrientes. Sendo assim, pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de acelerar o processo de solubilização, para atender a demanda nutricional das culturas.

A utilização de rochas in natura associada a vermicompostagem pode representar uma alternativa para suprir a demanda de nutrientes para as plantas, uma vez que, esse processo pode acelerar a solubilização dos nutrientes. De acordo com Manáková et al. (2014), a vermicompostagem favorecem a mineralização de nutrientes e a estabilização do material orgânico. Entretanto, diferente dos fertilizantes minerais, o vermicomposto é uma fonte de nutrientes de liberação lenta, que são disponibilizados para a planta quando necessário (CHAOUÍ et al., 2003).

A vermicompostagem é um processo de degradação e estabilização do material orgânico, através da ação de minhocas e de microrganismos. Nesse processo, as minhocas são utilizadas para digerir a matéria orgânica, estimulando assim a atividade dos microrganismos e consequentemente a mineralização dos nutrientes, acelerando a transformação do resíduo em material humificado (DOMÍNGUEZ et al., 2010). Conforme estes autores, a adição de vermicomposto aos substratos do solo e das culturas aumenta muito o crescimento e a produtividade de um grande número de culturas hortícolas, como por exemplo, o pimentão (ARANCON et al., 2004).

Avaliando as características produtivas de três cultivares de pimentão utilizando substratos alternativos, a maior produtividade foi verificada em plantas cultivadas em vermicomposto (húmus de minhoca), produzido a partir de esterco bovino, através da ação de minhocas (HACHMANN et al., 2017). Bhat et al. (2013) concluíram que, substratos formulados com vermicomposto foram melhores que outros em promover o crescimento de tomate e pimentão, produção e qualidade dos frutos.

Segundo Souza et al. (2015), a adubação com vermicompostos obtidos a partir de substratos enriquecidos com pós de rochas, podem otimizar os benefícios às plantas em relação à utilização do vermicomposto sem enriquecimento. Entretanto, deve-se ter o cuidado de não utilizar resíduos que contribuam para poluir os solos e contaminar as plantas com metais pesados, normalmente presentes nas rochas. Estes autores observaram que, a utilização de vermicomposto enriquecidos com os pós de gnaíse e esteatito, favoreceu o crescimento das plantas de milho.

Além dos efeitos do vermicomposto na produção de várias culturas, a aplicação deste material pode produzir uma melhoria significativa nas propriedades físicas e químicas dos substratos artificiais das culturas e do solo. Por outro lado, vários trabalhos têm demonstrado que os efeitos do vermicomposto não podem estar relacionados somente com estas propriedades e indicam a possível existência de mecanismos biológicos para estimular o crescimento vegetal. Segundo Domínguez et al. (2010), o padrão de crescimento das plantas, que inclui alterações no desenvolvimento foliar, no alongamento da raiz e do caule e no florescimento, aponta para a possível existência de algum fator biológico além da contribuição de nutrientes, como a produção de substâncias capazes de influenciar o crescimento das plantas (ácidos húmicos, enzimas livres), responsáveis por esses efeitos.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo analisar o efeito da vermicompostagem enriquecido com a incorporação de pó de rocha, MB4, sobre as características químicas do solo e na cultura do pimentão.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'11" S; 35°53'31" W).

O solo utilizado no experimento foi proveniente da Região Agreste da Paraíba, coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado de malha de 2,0mm e caracterizado química e fisicamente segundo os métodos adotados pela Teixeira et al. (2017), apresentando classificação textural como franco arenoso; 720,8 g kg⁻¹ de areia; 120,7 g kg⁻¹ de silte e 158,5 g kg⁻¹ de argila, densidade do solo = 1,36 g cm⁻³; densidade das partículas = 2,58 g cm⁻³; porosidade total = 47,29%; pH (H₂O) = 5,5; Ca = 2,14 cmolc kg⁻¹; Mg = 0,98 cmolc kg⁻¹; Na = 0,12 cmolc kg⁻¹; K = 0,18 cmolc kg⁻¹; H + Al = 6,25 cmolc kg⁻¹; MO = 14,0 g kg⁻¹; P = 8,0 mg kg⁻¹; CTC = 9,67 cmolc kg⁻¹.

O pó de rocha utilizado no experimento foi o MB4, sendo este uma mistura de duas rochas, biotitaxisto e serpentinito, na proporção de 1:1 (PONTES et al., 2005). De acordo com Santos et al. (2011), o MB4 é uma farinha de rochas composta de 39,73% de SiO₂; 17,82% de MgO; 7,10% de Al₂O₃; 6,86% de Fe₂O₃; 5,90% de CaO; 1,48% de Na₂O; 0,84% de K₂O; 0,18% de S; 0,075% de P₂O₅; 0,074% de Mn; 0,029% de Cu; 0,029% de Co e 0,03% de Zn.

O vermicomposto foi preparado com a mistura de esterco bovino, MB4 e minhocas para acelerar o processo de solubilização do MB4. Esta mistura ficou incubada por 55 dias, mantida a umidade próximo a capacidade de campo (Cc). Após a formação do vermicomposto foram preparadas as unidades experimentais de acordo com os tratamentos, doses crescentes do vermicomposto (0, 5, 10, 15, 20 e 25 t ha⁻¹) com 3 repetições, ou seja, foram preparadas 30 unidades experimentais para o cultivo de pimentão da variedade Dura Ikeda (*Capsicum annuum*).

Cada unidade experimental constou de um vaso plástico com 5 kg de solo, previamente seco, peneirado e misturado com os respectivos tratamentos. As misturas de solo com os tratamentos foram incubadas novamente por 60 dias, mantendo-se a umidade próximo à Cc. Após este período, foram coletadas amostras de solo de cada unidade experimental, secas ao ar, peneiradas em malha de 2mm de abertura e analisadas quimicamente (TEIXEIRA et al., 2017). Para isso foram determinados o pH em água 1:2,5 por meio de eletrodo combinado; os cátions trocáveis cálcio e magnésio por método volumétrico extraídos por KCL 1M; potássio e sódio por fotometria de chama e fósforo por colorimetria extraídos com Mehlich⁻¹; acidez potencial (H + Al) por volumetria extraídos com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0; carbono orgânico por volumetria extraído por oxidação com dicromato de potássio.

A cultura foi semeada em bandejas de polietileno, próprias para semeadura e formação de mudas as quais, foram transplantadas para as unidades experimentais quando estavam em torno de 10 cm de altura. Após 10 dias do transplante foram feitos os desbastes, deixando 1 planta por vaso.

A irrigação do cultivo foi feita com água de chuva, captada por sistema de calhas da casa de vegetação e armazenada em reservatório próximo à área experimental, mantendo-se a umidade do solo próximo a capacidade de campo.

O pimentão não recebeu adubação mineral para não mascarar os efeitos do vermicomposto.

Após 90 dias da semeadura, os pimentões foram colhidos e avaliados os parâmetros biométricos, ou seja, a biomassa fresca da parte aérea e dos frutos, utilizando balança de precisão; diâmetro (D) transversal e comprimento (C) dos frutos, medidos com paquímetro digital, e em seguida levados a estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 48 h para determinação da biomassa seca da parte aérea e do fruto. Com base nos resultados do diâmetro e do comprimento dos frutos foi calculado o índice de formato do fruto, conforme a relação C/D.

Os resultados foram submetidos às análises de variância e de regressão por polinômios ortogonais utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultado e Discussão

Todas as características químicas do solo, de acordo com a análise de variância, foram influenciadas significativamente ($p < 0,01$) e variam de forma quadrática em função das doses crescentes de vermicomposto aplicados ao solo (Figura 1), uma vez que, o processo de vermicompostagem auxilia na solubilização dos pós de rochas enriquecendo o vermicomposto e, consequentemente, os solos (SOUZA et al., 2013).

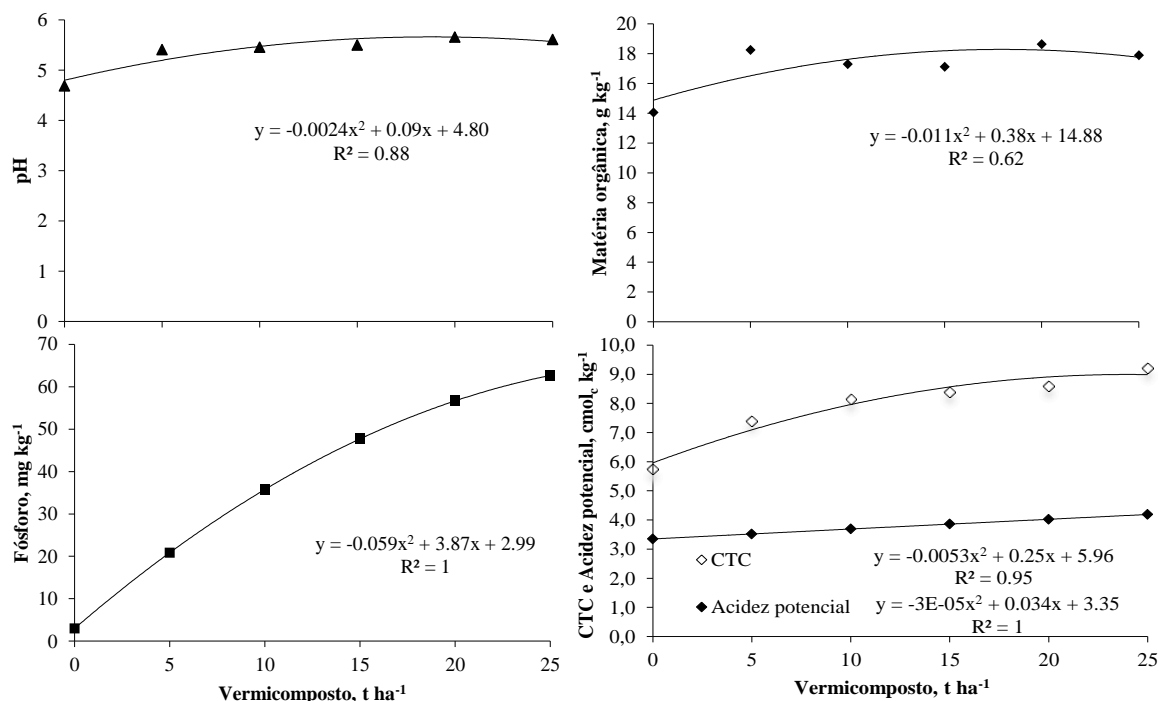


Figura 1. Valores de pH, matéria orgânica, fósforo, acidez potencial e capacidade de troca catiônica determinados no solo após aplicação e incubação dos tratamentos, doses crescentes de vermicomposto (0; 5; 10; 15; 20 e 25 t ha⁻¹).

O pH do solo, após a incubação do vermicomposto no solo, aumentou em torno de 17% variando de 4,8 (com a ausência do vermicomposto) a 5,6 com a aplicação de 18,7 t ha⁻¹, corroborando com Carvalho (2012). Apesar de ocorrer excreção de carbonato de cálcio das glândulas calcíferas na faringe das minhocas quando o MB4 (rico em cálcio e magnésio) é ingerido (LEE, 1985), ressalta-se que o vermicomposto não foi enriquecido, neste caso, com compostos necessários para neutralizar a acidez do solo, por isso há uma pequena variação no valor do pH.

Com a aplicação de doses crescentes de vermicomposto, apesar de ser um material orgânico, a matéria orgânica no solo aumenta somente de 22% da testemunha (14,88 g kg⁻¹, nível baixo) até 17,3 t ha⁻¹ de vermicomposto (18,16 g kg⁻¹, nível médio). No entanto, o valor de fósforo no solo aumentou de 2002,7% da testemunha (2,99 mg kg⁻¹) até a maior dose, que fez atingir o fósforo a 62,87 mg kg⁻¹. A maior disponibilização deste elemento no solo, nos tratamentos vermicompostados em relação à testemunha (ausência de vermicomposto) está, provavelmente, relacionada aos teores deste elemento no pó de rocha e no esterco bovino.

As doses crescentes de vermicomposto aumenta a acidez potencial (H + Al), em forma quadrática, de 24,8%, em relação a maior dose com a testemunha, o que mostra que, este composto liberou Al³⁺ e/ou H trocáveis na reação do mesmo com o solo.

Os teores dos cátions trocáveis, da mesma forma da acidez potencial, aumentam em função da aplicação do vermicomposto e, consequentemente, aumenta a capacidade de troca catiônica do solo (CTC). Segundo a Figura 1, há um aumento em torno de 49,3% em relação à dose 23,58 t ha⁻¹ com a testemunha (ausência de vermicomposto), diminuído a partir desta dose.

Em geral, o aumento dos valores do pH do solo, dos teores de fósforo, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica em função da aplicação de vermicomposto enriquecido com pó de rocha, MB4, favorece o desenvolvimento da cultura do pimentão, como pode ser visto em seguida.

Conforme o quadro de análise de variância, todos os parâmetros biométricos da cultura do pimentão são significativamente influenciados pelas doses crescentes do vermicomposto em nível de p < 0,01 (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância dos parâmetros biométricos

FV	GL	Quadrado Médio						
		BFF	BSF	BFPA	BSPA	D	C	C/D
Tratam	8	279,84**	2,29**	1139,49**	11,11**	580,33**	1739,28**	1,55**
Linear	1	1130,30**	8,40**	3954,60**	36,37**	1441,52**	4690,74**	3,56**
Quadrát.	1	109,08*	1,68**	1358,96**	13,72**	793,25**	2745,60**	3,00**
Desvio	3	53,27ns	0,47*	127,95**	1,81ns	222,29**	420,01**	0,39**
Erro	12	16,54	0,12	26,43	0,769	5,08	53,04	0,02
CV		22,92	20,98	8,16	13,92	8,03	14,93	9,43
MG		17,74g	1,68g	62,99g	6,30g	28,09mm	48,79mm	1,45

Legenda: biomassa fresca do fruto (BFF); biomassa seca do fruto (BSF); biomassa fresca da parte aérea (BFPA); biomassa seca da parte aérea (BSPA); diâmetro transversal (DT); comprimento (C) do pimentão; C/D: relação comprimento/diâmetro com doses crescentes de vermicomposto. *, **: significativo a (0,01 ≤ p) e (0,05 ≤ p) de probabilidade do erro e ns: não significativo.

A biomassa fresca do pimentão aumenta com as doses crescentes do vermicomposto, variando de 2,85 (0 t ha⁻¹) a 26,03g (25 t ha⁻¹), promovendo assim um aumento de 811,4% nesta biomassa (Figura 2A). Esse fato é atribuído, provavelmente, ao vermicomposto enriquecido pelo MB4. Durante a formação de vermicomposto, elementos químicos contidos na estrutura do MB4 são solubilizados tornando-os na forma disponível.

A cultura do pimentão é altamente exigente em fertilidade do solo, por isso a aplicação deste vermicomposto influencia na sua produção. Santos et al. (2014) trabalhando com o pó de rocha para o melhoramento da produção de batata, concluíram que, as melhores respostas desta cultura ao pó de rocha foram obtidas quando o solo recebeu também o esterco bovino. Cesar et al. (2007), trabalhando em sistema orgânico de produção em campo, obtiveram peso médio fresco do fruto de 93,47 e 77,54g, para as cultivares de pimentão Magali R e Magda Super, respectivamente. Santos et al. (2011), cultivando sorgo em casa de vegetação testaram diferentes combinações de adubos e verificaram que, os tratamentos com vermicompostagem e MB4 apresentaram resultados melhores do que adubação mineral.

Quanto à biomassa seca do fruto, também tem o mesmo comportamento da BFF, ou seja, aumenta de forma quadrática com o acréscimo do vermicomposto, promovendo um aumento de 780,9% na biomassa seca do pimentão quando se compara a testemunha com a melhor dose do vermicomposto, 20,6 t ha⁻¹ (Figura 2B).

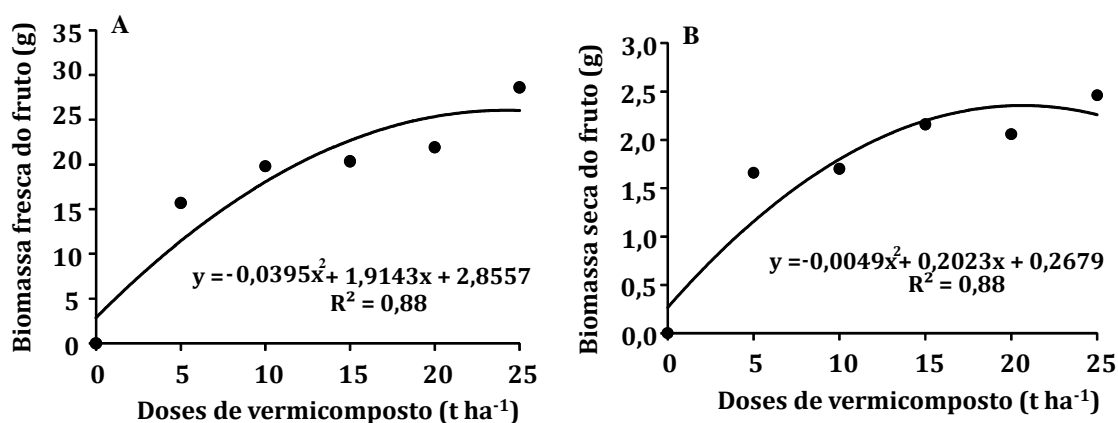


Figura 2. Biomassa fresca do fruto (A) e biomassa seca do fruto (B) do pimentão, com doses crescentes de vermicomposto.

A biomassa fresca da parte aérea se ajusta melhor ao modelo de regressão quadrático, variando de 29,69g (0 t ha⁻¹ de vermicomposto) a 73,08g (25 t ha⁻¹ de vermicomposto). No entanto, o máximo valor da biomassa é 78,55g com a aplicação de 18,73 t ha⁻¹ de vermicomposto,

correspondendo a um aumento de 164,6% desta dose em relação a testemunha (Figura 3A). De acordo com Miyasaka et al. (2004), o MP4 é eficiente como recuperador, melhorador e rejuvenescedor por possuir uma grande variedade de elementos químicos fornecendo nutrientes essenciais às plantas. Souza et al. (2013) verificaram que, as plantas de milho fertilizadas com vermicomposto enriquecido com pó de rocha foram mais altas e pesadas do que aquelas fertilizadas com vermicomposto não enriquecido.

A biomassa seca da parte aérea aumenta significativamente variando de 3,05g (0 t ha⁻¹ de vermicomposto) a 7,22g (25 t ha⁻¹ de vermicomposto), correspondendo a um aumento de 136,7% da maior dose em relação a testemunha. Entretanto, a maior biomassa seca é 7,82g obtida com 18,46 t ha⁻¹ de vermicomposto, ou seja, há um aumento de 156,4% em relação a menor dose (Figura 3B).

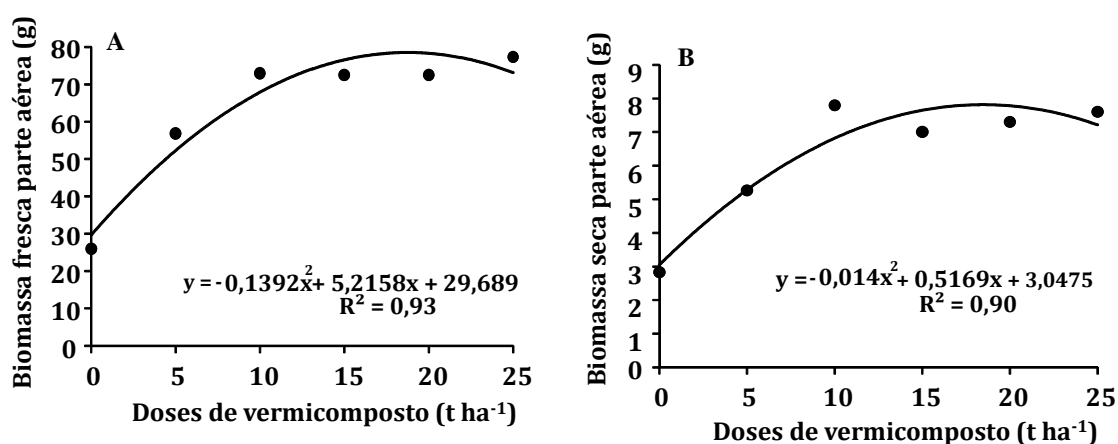


Figura 3. Biomassa fresca da parte aérea (A) e biomassa seca da parte aérea (B) do pimentão, com doses crescentes do vermicomposto.

Quanto ao diâmetro transversal do fruto, a exemplo dos parâmetros anteriores, revela também um aumento quadrático com o incremento das doses de vermicomposto da ordem de 528,13% quando comparado a testemunha com a melhor dose deste trabalho, 17,41 t ha⁻¹ de vermicomposto, produzindo frutos com diâmetro transversal de 38,41mm (Figura 4A). Esse valor é menor do que 6,38cm, observado por Hachmann et al. (2017) avaliando as características produtivas de três cultivares de pimentão (Nice, Sofia e Romeo) cultivadas com vermicomposto. Este maior diâmetro observado por estes autores pode ser devido ao tamanho do vaso utilizado, 12L, o que implica num maior desenvolvimento da cultura e conseqüentemente dos frutos; outro fator que interfere no diâmetro do fruto é a variedade dos pimentões em estudo.

Em relação ao comprimento dos frutos (Figura 4B), verifica-se um acréscimo de 545,9% quando se compara a maior dose e a testemunha, variando de 8,66 a 55,94mm. O comprimento máximo obtido é de 67,75mm para a dose de 17,27 t ha⁻¹ de vermicomposto. Hachmann et al. (2017), encontraram valor médio de 6,34cm de comprimento das variedades estudadas no tratamento com vermicomposto. Resultado superior foi obtido por Melo e Brito (2017) quando estudaram os efeitos de diferentes tipos de adubações na produção de pimentão, em condições de campo na região dos cocais e obtiveram um comprimento médio de 8,83 cm do pimentão da variedade Ikeda casca dura, com adubação orgânica.

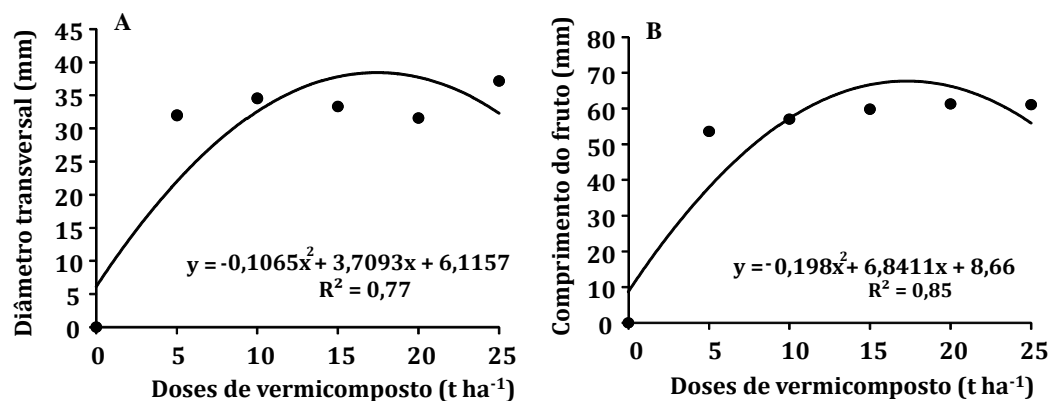


Figura 4. O diâmetro transversal (A) e comprimento do fruto (B) do pimentão, com doses crescentes de vermicomposto.

Conforme Filgueira (2008), problemas fitossanitários e bioclimáticos afetam fortemente a cultura do pimentão. No entanto, não foi constatado, durante o experimento, ocorrência de ataque de pragas ou doenças nos frutos do pimentão. Isso pode ser devido a incorporação do MB4 no vermicomposto, uma vez que, o mesmo possui na sua composição 39,73% de SiO₂. Segundo Camargo (2017), o silício é um elemento benéfico e primordial na agricultura atual, pois quando a planta está bem nutrida com sílica, ela apresenta maior resistência ao ataque de pragas e doenças.

Negretti et al. (2010), avaliando a adubação na produção e qualidade de quatro cultivares de pimentão conduzido sobre manejo orgânico em ambiente protegido, verificaram a ocorrência de injúrias nos frutos de pimentão provocadas pelo excesso de calor no interior da estufa. Esses autores notificaram 11,0; 9,44; 14,5 e 5,99% de frutos com injúrias nas cultivares Yolo Wonder, Amarelo Alongado, Maximus F1 e Cabernet adubadas com cama de frango, com húmus de esterco bovino, sem adubação e com cama de frango, respectivamente. Entretanto, este húmus proporcionou produtividade superior do que a cama de frango no cultivo de pimentão.

A relação comprimento/diâmetro está ligada ao formato do fruto, sendo que os frutos de formato quadrado, apresentam relação C/D mais próxima de 1. Frutos mais alongados, sejam eles dos grupos retangular ou cônico, apresentam relação mais distante de 1. Atualmente os consumidores têm preferência por frutos de formato quadrado (CHARLO et al., 2009). No caso do pimentão da variedade Ikeda avaliada neste estudo, apresenta o seu valor máximo 2,04 de relação C/D na dose 16,6 t ha⁻¹ de vermicomposto, apresentando frutos com tendência a alongado, com valores acima de 2, que é uma característica dessa variedade (Figura 5). Esse resultado é próximo ao encontrado por Peixoto et al. (1999), que avaliaram o desempenho agrônomo de 17 genótipos de pimentão, inclusive o Ikeda, cujo valor da relação C/D foi de 2,38. De acordo com a equação da curva para as doses 5 e 25 t ha⁻¹, verifica-se uma tendência a frutos de formato mais quadrado, apresentando uma relação de 1,2 e 1,6, respectivamente.

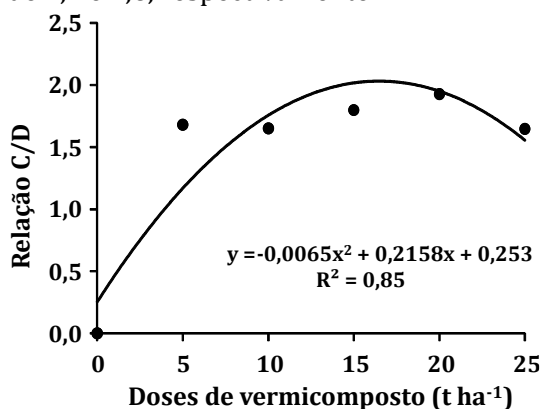


Figura 5. Relação comprimento/diâmetro do fruto (C/D) do pimentão, com doses crescentes de vermicomposto.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, nas condições do experimento, as características químicas do solo foram alteradas pela aplicação do vermicomposto enriquecido com pó de rocha, MB4, as quais favoreceram a fertilidade do solo e, conseqüentemente, os parâmetros biométricos das plantas do pimentão.

Agradecimento

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsas à primeira autora.

Referências

- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. E.; ATIYEH, R. M.; METZGER, J. D. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, v.93, n.2, p.139-144, 2004.
- BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C. A. P.; POTES, M. L.; PILLON C. N.; LOUZADA, R. M.; CAMPOS A. D .S. Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por rochas moídas em colunas de lixiviação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, Uberlândia. Anais...Uberlândia, 2011.
- BHAT, N.; ALBAHO, M.; SULEIMAN, M.; GEORGE, B. T. P.; ALI, S. I. Growing substrate composition influences growth, productivity and quality of organic vegetables. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, v.5, n.4, p.62-66, 2013.
- CAMARGO, M. S. Silício auxilia as plantas na defesa contra os estresses ambientais. *Pesquisa & Tecnologia*, v.14, n.2, p.1-4, 2017.
- CARVALHO, A. M. X. Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. 116f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A.; OLIVEIRA, E. C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.15, n.6, p 569-574, 2011.
- CESAR, M. N. Z.; RIBEIRO, R. L. D.; PAULA, P. D.; POLIDORO, J. C.; MANERA, T. C.; GUERRA, J. G. M. Desempenho do pimentão em cultivo orgânico, submetido ao desbaste e consórcio. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.3, p.322-326, 2007.
- CHAOUI, H. I.; ZIBILSKIE, L. M.; OHNO, T. Effects of earthworm casts and compost on soil microbia activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry*, v.35, n.2, p.295-302, 2003.
- CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. *Horticultura Brasileira*, v.27, n.2, p.155-159, 2009.
- DOMÍNGUEZ, J.; LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana*, v.26, n. esp. 2, p.359-371, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, L. L.; OLIVEIRA, F. S.; ALMEIDA, A. E. S.; LIMA, R. K. B.; LOIOLA, A. T.; SANTOS, E. C.; PORTO, V. C. N. Caracterização físico-química de frutos de pimentão em diferentes acessos mercadológico. *Revista Agropecuária Científica do Semiárido*, v.9, n.1, p.99-103, 2013.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de olericultura. 3. ed. Viçosa: Editora UFV. 2008. 421p.
- HACHMANN, T. L.; DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; LOZANO, C. S.; REZENDE, R. Características produtivas de duas cultivares de pimentão em substratos alternativos. *Cultura Agrônômica*, v.26, n.4, p.502-513, 2017.
- LEE, K. E. Earthworms: their ecology and relations with soils and land use. London: Academic, 1985. 411p.
- LEME, S. C. Qualidade pós-colheita de pimentões produzidos em sistema orgânico. 117f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2012.
- MAÑÁKOVÁ, B.; KUTA, J.; SVOBODOVÁ, M.; HOFMAN, J. Effects of combined composting and vermicomposting of waste sludge on arsenic fate and bioavailability. *Journal of Hazardous Materials*, v.280, p.544-551, 2014.

- MELO, A. R. P.; BRITO, A. D. Desempenho produtivo do pimentão (*Capsicum annuum* L.) a campo aberto sob diferentes tipos de adubações na região dos cocais maranhense. In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2, Natal. Anais...Natal, 2017. p.1-8
- MIYASAKA, S.; NAGAI, K.; MIYASAKA, N.S. Agricultura natural. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas-CPT. 2004. 214p.
- NEGRETTI, R. R. D.; BINI, D. A.; AMARAL, U.; MARTINS, C. R. Avaliação da adubação orgânica em pimentão *Capsicum annuum* cultivado em sistema orgânico de produção sob ambiente protegido. Revista da FZVA, v.17, n.1, p.27-37, 2010.
- PEIXOTO, J. R.; RAMOS, R. S.; FARIA JUNIOR, B.; SILVA, C. M.; ANGELIS, B. Avaliação de genótipos de pimentão no período de inverno, em Araguari, MG. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.10, p.1865-1869, 1999.
- PONTES, A. S. C.; ARAUJO, F. P.; ARAUJO, J. F.; MOUCO, M. A. C.; VILLAS BOAS, R. L.; FERNANDES, D. M. Emprego do pó de rocha MB-4 sobre a produção de coentro. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 3, Seminário Estadual de Agroecologia, 3, 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABA, 2005.
- SANTOS, K. S. R.; RAMOS, A. P. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B. Capacidade de fornecimento de P e K do adubo da independência e seus componentes em cultivos sucessivos em pote. Revista Brasileira de Geografia Física, v.4, n.5, p.1082-1096, 2011.
- SANTOS, J. F.; SILVA, E. D.; BESERRA, A. C. Produção agroecológica de batata em relação às doses de pó de rocha. Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária, v.8, n.1, p.29-35, 2014.
- SOUZA, M. E. P.; CARDOSO, I. M.; CARVALHO, A. M. X.; LOPES, A. P.; SILVA, P. H. Vermicompostagem enriquecida com pós de rochas e sua utilização em sistemas agroecológicos. Cadernos de Agroecologia, v.10, p.1-6, 2015.
- SOUZA, M. E. P.; CARVALHO, A. M. X.; DELIBERALI, D. C.; JUCKSCH, J.; BROWN, G. G.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M. Vermicomposting with rock poder increases plant growth. Applied Sois Ecology, v.69, p.56-60, 2013.
- STRAATEN, P. V. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.78, n.4, p.731-747, 2006.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.78, n.4, p.721-730, 2006.

CAPÍTULO 15

CARBONATO E SULFATO DE CÁLCIO NA CORREÇÃO DA ACIDEZ DE SOLO E NA PRODUÇÃO DO PIMENTÃO

***Gilvanise Alves Tito
Felipe Guedes de Souza
Antônio Ramos Cavalcante
Lúcia Helena Garófalo Chaves***

Introdução

A acidez do solo é um dos fatores mais importantes que limitam a produtividade das culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Os solos ácidos apresentam deficiência ou toxicidade de alguns nutrientes que limitam a produtividade agrícola. As deficiências de fósforo, cálcio, magnésio, zinco, molibdênio e a toxicidade de alumínio são muito comuns nestes solos. Para otimização da produção das culturas é necessário a correção da acidez do solo sendo que a calagem, uso do calcário (carbonato de cálcio) é a prática mais comum e efetiva nesta correção. O carbonato de cálcio é um sal básico e, como tal, reage com qualquer ácido através de uma reação de neutralização. Arruda et al. (2008) observaram efeitos significativos no aumento de produtividade da cultura do girassol com a aplicação de calcário.

Nos solos das regiões de climas semiárido ou áridos, para a remoção do excesso de sódio do solo, tem sido utilizado o gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - sulfato de cálcio), um subproduto derivado da indústria de fertilizantes fosfatados através do beneficiamento do minério de fosfato de cálcio com ácido sulfúrico. O gesso, como sal neutro, possui reação neutra e não influencia diretamente o pH do solo, ou seja, não neutraliza a acidez dos solos. Sua aplicação ao solo tem sido usada na melhoria do ambiente radicular em profundidade, ou seja, favorece o aprofundamento das raízes e permite às plantas usar com eficiência os nutrientes aplicados ao solo (SOUSA et al., 2005). Além disso, é uma fonte de enxofre para as plantas, aspecto importante, uma vez que a deficiência desse nutriente tem aumentado nos solos. A principal crítica feita a esse produto é o desequilíbrio que causa entre as bases do solo, elevando muito os teores de cálcio trocável (ARAUJO et al., 2015). Conforme Amaral et al. (2017), avaliando o efeito de doses de gesso agrícola sobre a produtividade de milho cultivado em segunda safra e seus efeitos químicos no solo, observaram que houve aumento na produtividade da cultura, e nos teores de cálcio e magnésio no solo.

Segundo Raij (2007), o papel do calcário e do gesso na correção do solo é diferente porque os dois produtos são muito diferentes. A calagem atua na camada mais superficial do solo e o gesso atua em profundidade.

Além dos efeitos destes produtos na neutralização da acidez e na remoção de sódio do solo, os mesmos, são fontes de cálcio e enxofre para as plantas, inclusive para o pimentão. O cálcio desempenha papel fundamental na estrutura de membranas e paredes celulares, no crescimento e no desenvolvimento de frutos (KADIR, 2004). O enxofre participa, na planta, de dois grandes grupos de substâncias: estruturais e metabólicos (VITTI et al., 2006), em numerosos compostos e nos processos como a absorção iônica, DNA e RNA, inclusive controle hormonal para o crescimento e diferenciação celular (LUZ et al., 2010). Em plantas de pimentão, após o N e o K, o

Ca foi o nutriente mais acumulado pelas plantas (FONTES et al., 2005; CHARLO et al., 2012). Do total de Ca na planta de pimentão, 39,21% encontram-se localizados nas folhas, e 30,38% nas hastes (CHARLO et al., 2012).

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido, como por exemplo o pimentão (*Capsicum annuum* L.), uma das dez hortaliças de maior importância econômica no mercado brasileiro, assume cada vez mais importância, porque permite a produção em diferentes épocas. A aplicação de adubos e corretivos na cultura do pimentão é uma prática agrícola onerosa que representa em média 23,4% do custo total de produção.

Com base no exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos do carbonato e sulfato de cálcio na correção de acidez do solo e na produção do pimentão, cultivar All Big.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) (7°13'11" S e 35°53'31" O e 547, 56 m de altitude média) entre os meses de agosto e novembro de 2018, sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, com 3 repetições.

Os tratamentos consistiram em 4 doses de carbonato de cálcio (C) para elevar a saturação por bases do solo de 37 a 67%, correspondendo a C1= 0; C2 = 1,493 t ha⁻¹, C3 = 2,986 t ha⁻¹, C4= 4,479 t ha⁻¹; e 4 doses de sulfato de cálcio (S), S1 = 0, S2 = 15 kg ha⁻¹, S3= 30 kg ha⁻¹, S4 = 45 kg ha⁻¹, resultando em 16 tratamentos e 48 unidades experimentais.

O solo, utilizado no experimento, proveniente da Região Agreste da Paraíba, foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado de malha de 2mm e caracterizado segundo Teixeira et al. (2017) quanto aos atributos químicos: pH = 5,51; Ca = 3,32 cmol_c kg⁻¹; Mg = 1,91 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,08 cmol_c kg⁻¹; K = 0,18 cmol_c kg⁻¹; H + Al = 9,44 cmol_c kg⁻¹; P = 14,2 mg kg⁻¹; MO = 18,4 g kg⁻¹.

Antes do plantio de pimentão cv. All Big, amostras do solo, em vasos plásticos com capacidade de 8 quilos (unidades experimentais), foram misturadas com os respectivos tratamentos e umedecidas com água deionizada em torno de 60% da capacidade de campo do solo, durante 33 dias, para que houvesse reação destes materiais com o solo. Após este período de incubação, amostras de solo de cada unidade experimental foram coletadas, secas ao ar e submetidas à análise de pH, do acordo com Teixeira et al. (2017).

As mudas de pimentão cv. All Big foram germinadas com substrato em bandejas plásticas de 36 células, semeando-se 2 a 3 sementes por célula. O transplântio das mudas para as unidades experimentais ocorreu aos 30 dias após semeadura (DAS) quando as mesmas apresentaram a 4ª folha, e em seguida foi realizada a adubação da cultura conforme as recomendações de Novais et al. (1991). O desbaste das plantas foi realizado aos 45 DAS deixando uma planta por unidade experimental as quais foram irrigadas com água de chuva diariamente, pela manhã.

A colheita dos frutos foi feita acerca de 90 DAS cujas variáveis: número de frutos (NF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF), massa fresca do fruto (MFF), massa seca do fruto (MSF) e massa seca da parte aérea (MSPA) foram analisadas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste 'F', em nível de p≤0,05 e p≤0,01 de probabilidade. No caso de significância, da interação entre os fatores ou dos fatores principais isoladamente, realizou-se regressão para os dois fatores, utilizando-se o software para análises estatísticas SISVAR conforme Ferreira (2011).

Resultados e Discussão

Todas as variáveis analisadas apresentam-se influenciadas significativamente pelas doses de carbonato de cálcio. As doses de sulfato de cálcio influenciam somente no valor do pH do solo e no diâmetro do fruto de pimentão enquanto que, a interação entre os fatores carbonato e sulfato de cálcio influencia somente no valor do pH do solo, no número (NF), no comprimento (CF) e na massa fresca dos frutos (MFF) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		pH	NF	DF	CF	MFF	MSF	MSPA
Carbonato (C)	3	7,51e-12**	3,13**	178,09**	118,61*	51,83*	48,42**	22,32**
Sulfato (S)	3	2,72e-13**	1,19ns	60,10*	63,58ns	12,55 ns	1,15 ns	3,92ns
CxS	9	2,63e-13**	1,39	24,45ns	106,21**	108,96**	3,82 ns	3,58ns
C/S0								
Linear	1	3,8e-12**	0,27 ns	41,50 ns	153,82*	5,42 ns	30,25 ns	12,19 ns
Quadrático	1	1,8e-12**	5,33**	54,44 ns	107,94 ns	195,86**	7,97 ns	1,99 ns
Desvio	1	3,0e-13**	1,07 ns	293,05 ns	171,39*	244,90**	0,003 ns	3,19 ns
C/S15								
Linear	1	8,6e-13**	0,02 ns	65,48 ns	2,75 ns	57,49 ns	18,85 ns	4,34 ns
Quadrático	1	4,2e-13**	2,08 ns	6,39 ns	101,09 ns	0,08 ns	0,46 ns	0,42 ns
Desvio	1	6,0e-14ns	0,15 ns	6,83 ns	58,11 ns	0,02 ns	7,783 ns	0,20 ns
C/S30								
Linear	1	4,1e-12**	0,60 ns	153,15 ns	3,39 ns	31,12 ns	36,88 ns	28,19 ns
Quadrático	1	2,0e-12**	0,33 ns	2,78 ns	111,14 ns	2,31 ns	5,12 ns	3,34 ns
Desvio	1	4,0e-13**	0,07 ns	99,28 ns	244,26**	12,85 ns	1,33 ns	1,38 ns
C/S45								
Linear	1	6,7e-12**	6,67**	24,88 ns	182,84*	3,21 ns	65,68 ns	27,11 ns
Quadrático	1	3,5e-12**	5,33**	1,87 ns	124,42*	568,01**	4,34 ns	2,18 ns
Desvio	1	6,9e-13**	-0,00 ns	4,71 ns	50,56 ns	14,84 ns	1,02 ns	14,59 ns
S/C0								
Linear	1	1,0e-12**	3,75**	0,14 ns	28,40 ns	94,58*	2,11 ns	2,91 ns
Quadrático	1	1,4e-12**	4,08**	7,97 ns	262,27**	56,89*	5,96 ns	0,94 ns
Desvio	1	7,7e-13**	0,42 ns	1,49 ns	4,41 ns	43,03 ns	1,01 ns	0,01 ns
S/C1493								
Linear	1	1,0e-15ns	0,60 ns	1,12 ns	24,87 ns	61,43*	7,35 ns	10,09 ns
Quadrático	1	6,0e-16ns	0,33 ns	48,16 ns	156,17*	108,06**	0,97 ns	1,69 ns
Desvio	1	3,0e-16ns	1,07 ns	11,35 ns	103,78 ns	5,20 ns	3,27 ns	2,17 ns
S/C2986								
Linear	1	8,0e-16ns	0,42 ns	103,96 ns	222,34**	394,14**	0,08 ns	10,21 ns
Quadrático	1	1,0e-16ns	0,75 ns	19,87 ns	165,61*	9,97 ns	12,34 ns	6,09 ns
Desvio	1	3,0e-16ns	0,42 ns	83,92 ns	108,00 ns	4,68 ns	1,59 ns	0,80 ns
S/C4479								
Linear	1	1,0e-16ns	2,02*	11,25 ns	12,89 ns	156,88**	0,53 ns	1,08 ns
Quadrático	1	1,0e-16ns	2,08*	107,88 ns	29,86 ns	13,78 ns	0,82 ns	2,41 ns
Desvio	1	8,0e-16ns	0,15 ns	3,28 ns	28,06 ns	69,64*	0,48 ns	5,53ns
Erro	32	1,72e-14	0,42	15,76	28,21	13,32	1,84	1,69
CV (%)		29,25	21,97	8,77	10,57	10,62	16,47	15,25
Média geral:		0,00000045	2,94	45,29	50,25	34,37	8,25	8,54

Legenda: pH do solo, do número (NF), diâmetro (DF) e comprimento de frutos (CF), da massa fresca (MFF) e seca dos frutos (MSF) e da massa seca da parte aérea da planta (MSPA) em função de doses crescentes de carbonato de cálcio (C) e de sulfato de cálcio (S). *, **significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade respectivamente; ns não significativo, pelo teste F; CV: coeficiente de variação.

Após a incubação com carbonato e sulfato de cálcio foi possível observar que os valores de pH em água variam de 5,72 (menor valor, observado com dose 0 de carbonato e 45 kg ha⁻¹ de sulfato) até valores acima de 7,0 em função do aumento das doses de carbonato de cálcio interagindo com doses de sulfato de cálcio. O comportamento dessas variações apresenta-se como polinomial e significativamente em todas as interações (Tabela 1), conforme Figura 1A. No entanto, a variação do pH em função das interações entre sulfato e carbonato de cálcio, apresenta-se significativamente somente com a dose 0 de carbonato (Tabela 1) apresentando um comportamento polinomial (Figura 1B). Isto indica que há variação do pH em função das doses de sulfato de cálcio, porém, o maior pH, 5,94, atingido com 16,1 kg ha⁻¹ de sulfato aumenta somente em torno de 2,24% em relação ao valor 5,81, sem sulfato, ou seja, a variação é muito

pequena, não havendo variação na classificação da acidez do solo, permanecendo como acidez média (RIBEIRO et al., 1999). Todavia, o aumento do pH do solo com a utilização do sulfato de cálcio também foi observado por Raij (1988) e Silva et al. (1998). De acordo com Raij (1998), esse aumento é atribuído a uma reação de troca de ligantes na superfície das partículas de solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio com SO_4^{2-} , deslocando OH^- para a solução do solo e, assim, promovendo neutralização parcial da acidez.

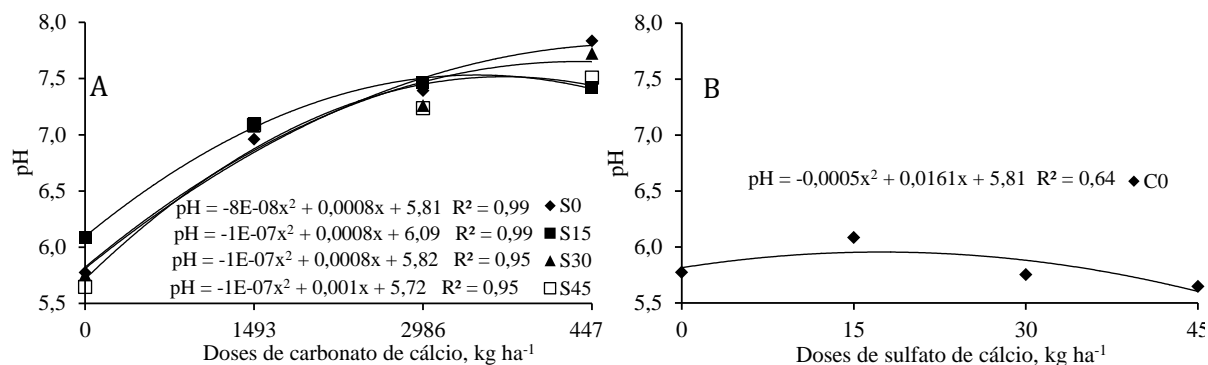


Figura 1. Variação do pH do solo em função de doses de carbonato de cálcio (C0) e sulfato de cálcio (S0; S15; S30; S45) após 33 dias de incubação.

Entretanto, conforme pode ser observado na Figura 1, a redução da acidez do solo apresenta-se mais eficiente com carbonato de cálcio isolado, e com carbonato junto ao sulfato quando comparado com o sulfato de cálcio isolado, corroborando Silva et al. (1998). A acidez do solo que era classificada como média (pH 5,51) passou a ser como acidez fraca ou neutro (RIBEIRO et al., 1999) após a incubação do solo com a menor dose de carbonato de cálcio (1.493 kg ha⁻¹) juntamente com doses zero, 15, 30 e 45 kg ha⁻¹ de sulfato, ou seja, pH 6,83; pH 7,06; pH 6,79 e pH 6,99, respectivamente. Com as demais doses de carbonato de cálcio, os valores do pH atingem acima de 7,0, alcalinidade fraca (7,1 – 7,8). Assim, não se pode esperar do sulfato de cálcio um efeito igual ao do carbonato de cálcio, pois normalmente o efeito é muitas vezes menor, mesmo onde há resposta à aplicação.

O pH, além de ser um índice que indica o grau de acidez do solo, influencia diretamente na disponibilidade dos nutrientes contidos no solo, ou a ele adicionados através das adubações e, a assimilação dos nutrientes pelas plantas é extremamente dependente deste parâmetro. Com o aumento do pH pela prática da calagem, além de diminuir os teores de cobre, ferro, zinco, manganês e alumínio tóxico promove o aumento da disponibilidade de outros nutrientes, como nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e molibdênio. No entanto, a elevação do pH acima de 7 pode diminuir a disponibilidade de outros nutrientes como por exemplo, fósforo, zinco, cobre manganês e ferro. Já a aplicação de sulfato de cálcio, supre cálcio e enxofre, zinco, cobre e boro, e em geral, não reduz o teor de alumínio (RAIJ, 2017).

A presença e/ou ausência de macro e/ou micronutrientes no solo com a aplicação de carbonato e sulfato de cálcio, interfere no desenvolvimento do pimentão e na própria planta desta cultura. Como pode ser visto na Figura 2, o número de frutos é influenciado pela interação dos fatores. O maior número de frutos é observado na combinação ausência da dose de carbonato de cálcio com a maior dose de sulfato de cálcio, no valor de 5 frutos por planta (Figura 2A). Já na ausência dose de sulfato de cálcio e maior dose de carbonato, o valor é de 4 frutos por planta (Figura 2B). Isso demonstra que, a combinação entre estes fatores pode ter prejudicado a frutificação dos frutos, pois na ausência de um deles quando se obteve os maiores números de frutos. Pereira et al. (2002), trabalhando doses de fonte de cálcio na qualidade dos frutos de melão, observaram que não houve efeito significativo da interação fontes x doses de cálcio sobre a variável número de frutos.

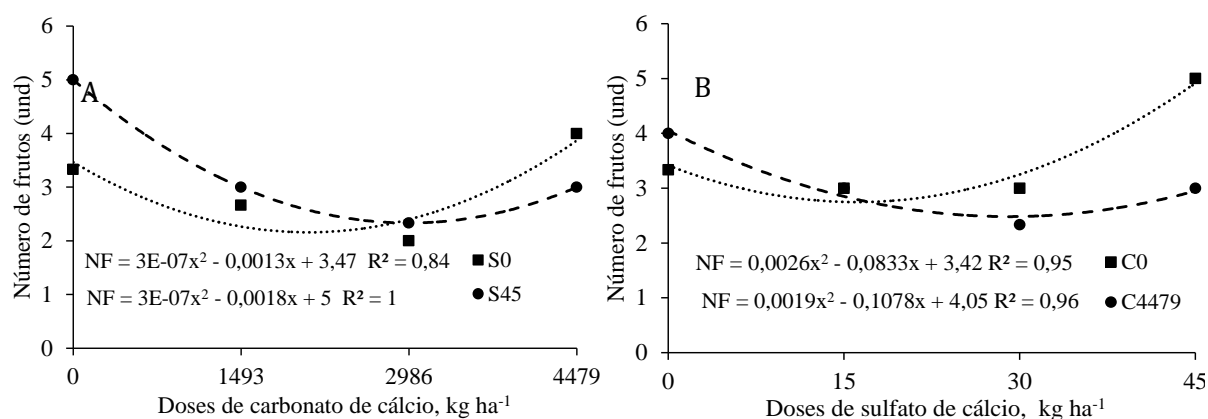


Figura 2. Número de frutos em função das interações das doses de carbonato de cálcio com sulfato de cálcio (S0; S45) e de sulfato de cálcio com carbonato de cálcio (C0; C4479).

Os diâmetros dos frutos (Figura 3A e 3B), afetados pelos fatores carbonato e sulfato de cálcio isoladamente, foram ajustados pelas equações quadráticas, encontrando os diâmetros máximos de 49,11mm na dose de 0 kg ha⁻¹ e de 47,68mm na dose de 45 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, no caso do carbonato de cálcio, o maior valor original do diâmetro do fruto, 48,67mm é o correspondente à dose 1493 kg ha⁻¹. A diminuição do diâmetro do fruto em função das doses crescentes de carbonato de cálcio (Figura 3A) pode ter sido influenciado pelo aumento do pH do solo, indiretamente, diminuindo a disponibilidade dos nutrientes do solo para nutrição do pimentão. Já, o diâmetro do fruto aumentou, apesar de pouco, com doses crescentes de sulfato de cálcio (Figura 3B). Esse sal não elevou o pH do solo ao ponto de prejudicar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas e ainda forneceu cálcio e enxofre para as mesmas.

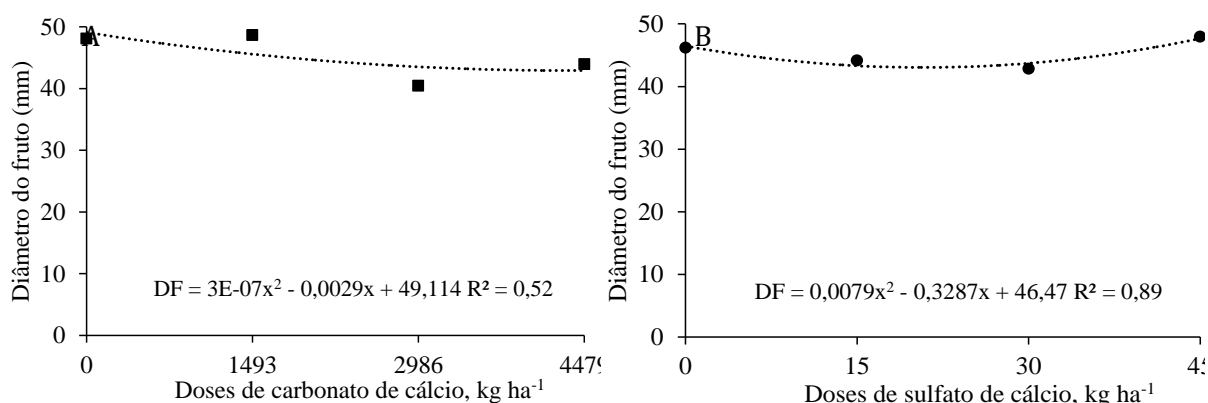


Figura 3. Diâmetro dos frutos em função das doses crescentes de carbonato de cálcio e de sulfato de cálcio.

Conforme o desdobramento entre os fatores carbonato de cálcio e sulfato de cálcio para a variável comprimento do fruto (mm) (Tabela 1), verifica-se que, os dados se ajustam ao modelo de equação quadrática (Figura 4). Pode-se observar que, os comprimentos dos frutos aumentaram em função das doses crescentes de carbonato de cálcio na ausência e com a maior dose de sulfato de cálcio, atingindo os valores máximos de 58,43 e 58,92mm, respectivamente (Figura 4A). Como a diferença entre estes valores é muito pequena, e o comportamento das curvas são semelhantes, sugere-se que não é necessário aplicar sulfato de cálcio no solo.

A dose de 25,23 kg ha⁻¹ de sulfato de cálcio apresenta um comprimento máximo de fruto de 57,25 (mm) para a dose máxima de 1493 kg ha⁻¹ de carbonato de cálcio (Figura 4B); na ausência de carbonato de cálcio, o maior comprimento dos frutos corresponde a 51,58mm com a dose de 20,27 kg ha⁻¹ de sulfato de cálcio, ou seja, comprimento menor que o anterior, mostrando que a presença de carbonato influencia o desenvolvimento do fruto.

Segundo a literatura, tanto o cálcio como o enxofre desempenham papel fundamental no crescimento e desenvolvimento de frutos (KADIR, 2004; VITTI et al., 2006), por isso, apresenta-se aumento do comprimento dos frutos de pimentão, entretanto, com a maior dose de carbonato de cálcio, possivelmente ocorreu um desequilíbrio entre estes elementos e/ou por elevar o pH do solo, diminuiu a disponibilidade de outros minerais importantes para a nutrição das plantas.

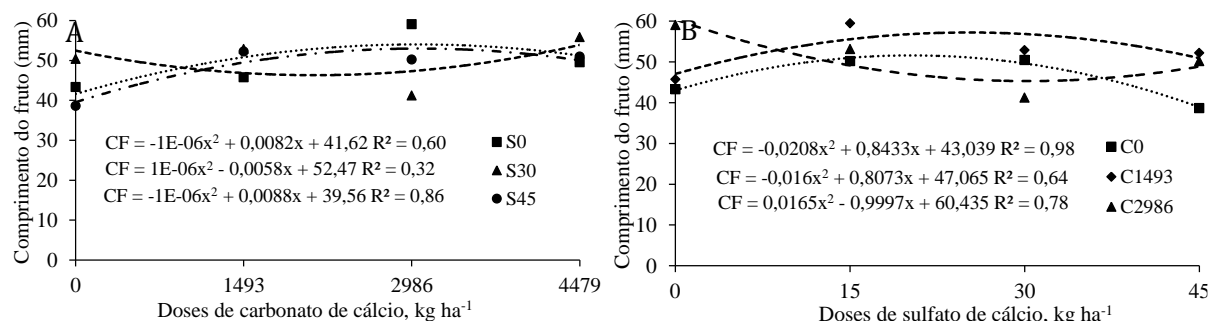


Figura 4. Comprimento dos frutos em função das interações das doses de carbonato de cálcio com sulfato de cálcio (S0; S35; S45) e de sulfato de cálcio com carbonato de cálcio (C0; C1493; C4479).

Ao analisar o desdobramento do carbonato de cálcio dentro do sulfato de cálcio para a variável massa fresca do fruto (g), ou seja, para o peso fresco do pimentão (Figura 5), observa-se que os dados se ajustam ao modelo de equação quadrática, encontrando a massa fresca do fruto máxima de 43,80 (g) na dose de 45 kg ha⁻¹ de sulfato de cálcio correlacionada com a dose de 2250 kg ha⁻¹ de carbonato de cálcio (Figura 5A). Este efeito pode estar relacionado com o aumento dos elementos proporcionado pelo fornecimento de carbonato e o sulfato de cálcio ao solo durante o processo de incubação. Os efeitos do cálcio nos frutos têm sido reportados; aplicações deste cátion produzem efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade da parede celular mantendo a consistência firme do fruto. A aplicação de cálcio tanto em pulverização nos frutos quanto em cova resulta em preservação da firmeza do fruto, redução da respiração da taxa respiratória, redução da produção de etileno, menor atividade da β -galactosidase, aumento de hemicelulose, pectinas e cálcio na polpa (LINHARES et al., 2007).

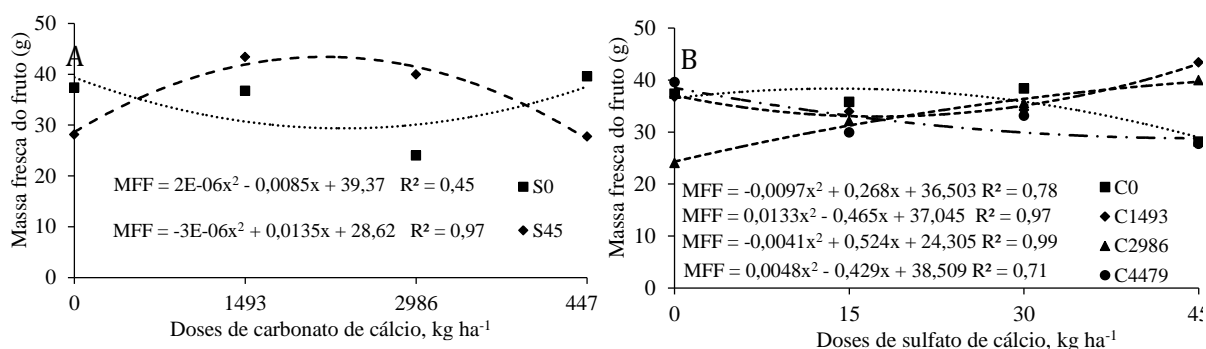


Figura 5. Massa fresca dos frutos em função das interações das doses de carbonato de cálcio com sulfato de cálcio (S0; S45) e de sulfato de cálcio com carbonato de cálcio (C0; C1493; C2986; C4479).

O comportamento da massa fresca do fruto em função das doses crescentes de sulfato de cálcio dentro das doses de carbonato de cálcio com resultado polinomial indicando que, os maiores valores são com 45 kg ha⁻¹ de sulfato de cálcio dentro das doses 1493 e 2986 kg ha⁻¹ de carbonato de cálcio (Figura 5B). De modo geral, as doses de carbonato e de sulfato de cálcio mostram que, as maiores massas frescas de fruto não foram obtidas com um dos insumos isoladamente, mas sim com a combinação dos dois, corroborando com Raij (2007) que observou resultados de diversos experimentos com o mesmo comportamento.

Conforme a Figura 6A, a massa seca dos frutos apresenta-se influenciada somente pelas doses crescentes de carbonato de cálcio, comportando-se de forma quadrática descendente, ou seja, essa massa diminui em função do aumento destas doses. Ocorre uma redução de 43,69% na massa seca do fruto comparando a ausência de carbonato com a maior dose. De forma semelhante, a massa seca da parte aérea (Figura 6B) também diminuiu em função das doses crescentes do carbonato de cálcio, havendo uma redução de 14,36% quando comparado a massa seca da parte aérea na ausência do carbonato com a maior dose. O aumento das doses de carbonato de cálcio, provavelmente provocou um desequilíbrio nos nutrientes do solo, interferindo no crescimento dos frutos e das plantas.

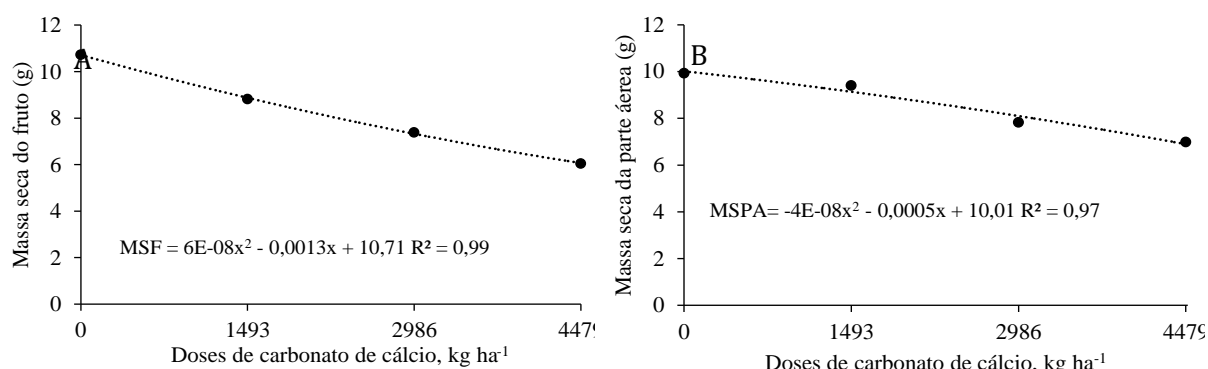


Figura 6. Massa seca dos frutos e massa seca da parte aérea em função das doses crescentes de carbonato de cálcio.

Conclusão

O carbonato de cálcio foi eficiente na redução da acidez do solo. No entanto, os altos valores de pH atingidos, provavelmente, prejudicaram algumas variáveis da produção do pimentão, cultivar All Big.

O sulfato de cálcio não reduziu a acidez do solo com eficiência.

O uso do carbonato e/ou sulfato de cálcio no cultivo do pimentão, cultivar All Big, foi irrelevante na produção desta cultura.

Referências

- AMARAL, L. A.; ASCARI, J. P.; DUARTE, W. M.; ROEDER, I.; MENDES, N.; SANTOS, E. S.; JULIO, O. L. L. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. *Revista Agrarian*, v.10, n.35, p. 31-41, 2017.
- ARAUJO, J. L.; SEVERO, P. J. S.; LUCENA, F. T. C.; VERIATO, R. G.; PAIVA, K. F. Enxofre elementar ou sulfato de cálcio para remediação de solos salino-sódicos? *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.45, n.4, p.388-396, 2015.
- ARRUDA, N. T.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, J. B. Aplicação de fósforo e calcário em um Latossolo: efeito sobre características produtivas da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.3, n.3, p.21-26, 2008.
- CHARLO, H. C. O.; OLIVEIRA S. F.; VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; BARBOSA, J. C.; BRAZ, L. T. Accumulation of nutrients in sweet peppers cultivated in coconut fiber. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.1, p.125-131, 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FONTES P. C. R.; DIAS E. N.; GRAÇA R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.275-280, 2005.
- KADIR, A. S. Fruit Quality at Harvest of "Jonathan" Apple Treated with Foliarly - Applied Calcium Chloride. *Journal of Plant Nutrition*, v.27, n.11, p.1991-2006, 2004.

- LINHARES, L. A.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “Pedro Sato” tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.3, p.829-841, 2007.
- LUZ, P. H. C.; OTTO, R.; VITT, G. C.; QUINTIN, T. A.; ALTRAN, W. S.; IKEDA, R. Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. *Informações Agronômicas*, Piracicaba: IPNI, n.126, p.1-13, 2010.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Eds.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p.189-254.
- PEREIRA, A. J.; BLANK, A. F.; ALVARENGA, M. A. R.; SOUZA, R. J. Aplicação de fontes e doses de cálcio na produção e qualidade de frutos de melão. *Horticultura Brasileira*, v.20, p.428-431, 2002.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. 2.ed. Piracicaba: IPNI, 2017. 420p.
- RAIJ, B. van. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. *Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas*. São Paulo, 1988. 88p.
- RAIJ, B. van. Uso do gesso na agricultura. *Informações Agronômicas*, Piracicaba: IPNI, n.117, p.14-15, 2007.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Eds. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas Gerais. 5.a Aproximação*. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, 1999. 359p.
- SILVA, A. A.; VALE, F. R.; FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; J. A. MUNIZ, J. A. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.451-457, 1998.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de gesso nos solos do Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 19p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio, Enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. p.300-323.

CAPÍTULO 16

PARÂMETROS BIOMÉTRICOS DE CENOURA “REDONDA DE NICE” EM FUNÇÃO DE VERMICOMPOSTO

Gilvanise Alves Tito
Lúcia Helena Garófalo Chaves
Josely Dantas Fernandes
Felipe Guedes de Souza
Antônio Ramos Cavalcante

Introdução

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma hortaliça pertencente ao grupo das raízes tuberosas da família Apiaceae, sendo considerada um dos vegetais mais cultivados no Brasil. É considerada a hortaliça de maior valor comercial dentre aquelas em que a parte comestível é a raiz (FILGUEIRA, 2008). Cada cultivar de cenoura tem características próprias quanto ao formato das raízes, quanto à época de plantio e resistência às doenças. Em relação ao valor nutricional, a cenoura contém carboidratos disponíveis; fibras alimentares; proteínas; lipídios; minerais (cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo, manganês, ferro, cobre e zinco); vitamina C; e carotenoides, com destaque para o β -caroteno (pró-vitamina A) (NEPA, 2011).

Uma nova tendência dos consumidores é a aquisição de produtos que se adequem ao ritmo de vida atual e que sejam, ao mesmo tempo, saudáveis, práticos, convenientes, inovadores e seguros (VILELA & MACEDO, 2000). De acordo com Paulus et al. (2012), um dos objetivos da olericultura é atender as aceitações e preferências do consumidor em termos de aparência, sabor e cor de hortaliças. No caso dos brasileiros, tem preferência por raízes bem desenvolvidas, cilíndricas, lisas, sem raízes laterais ou secundárias, uniformes e com comprimento e diâmetro variando respectivamente, de 15 a 20 cm e de 3 a 4 cm. A coloração deve ser alaranjado-intensa, com pigmentação verde ou roxa na parte superior das raízes. Para atender as preferências do consumidor, a cenoura vem sendo comercializada tanto *in natura* quanto minimamente processada (SILVA et al., 2016).

A cenoura Redonda Nice, também chamada de cenoura Parisiense e Tonda di Parigi é uma variedade de cenoura bem diferente, porque ela tem formato arredondados e mais alaranjadas, por isso, tem grande aceitação culinária (RESENDE & BRAGA, 2014). Esta cenoura possui diâmetro e comprimento em torno de 2 a 4 cm, ideal para ser utilizada em conservas (ISLA, 2019), e apresenta altos teores de Brix e de carotenoides totais (AMARIZ et al., 2010). Resende e Braga (2014), quando avaliaram o comportamento de cultivares e populações de cenoura, sob manejo orgânico, nas condições do Submédio do Vale do São Francisco, no período de temperaturas amenas, conseguiram uma produtividade total para a cenoura Redonda de Nice de 70,2 t ha⁻¹, porém, não consideraram a produtividade comercial por esta cultivar apresentar raízes arredondadas.

A preocupação com a saúde e a procura por alimentos mais saudáveis é uma tendência mundial. O cultivo orgânico é um método que visa o estabelecimento de sistemas agrícolas

ecologicamente equilibrados e estáveis, economicamente produtivos, de elevada eficiência na utilização de recursos naturais que resultem em alimentos saudáveis, livres de agrotóxicos, produzidos em total harmonia com a natureza (SOUZA & RESENDE, 2003). Estudos indicam que, existem diferenças relativas à qualidade, quando são considerados atributos como sabor e valor nutricional, mediante comparação entre os alimentos produzidos orgânica e convencionalmente (FAVARO-TRINDADE et al., 2007).

Embora a fertilização inorgânica seja muito importante para o crescimento e desenvolvimento saudáveis das plantas, a fonte orgânica de nutrientes tem a vantagem de liberar lentamente os nutrientes, mantendo uma relação ideal de carbono: nitrogênio (C:N), da melhoria na retenção de água e biomassa microbiana do perfil do solo, sem quaisquer efeitos residuais adversos (KIROS et al., 2018; YADAV et al., 2010).

Nas hortaliças, a adubação com esterco bovino, considerada como um poderoso agente beneficiador do solo, tem demonstrado ótimos resultados tanto em produtividade como em qualidade (SANTOS et al., 2006; PEREIRA JÚNIOR, 2007). Além desse esterco, de outros animais, compostos orgânicos, húmus de minhoca (vermicomposto) e biofertilizantes têm sido utilizados para a fertilização dos solos (SANTOS et al., 1992).

Um dos processos apropriados para a produção de fertilizantes orgânicos é a vermicompostagem, que converte materiais orgânicos, geralmente resíduos, em um material rico em nutrientes, semelhante ao húmus, conhecido como vermicomposto (GETANEH & MEZGEBU, 2019).

A vermicompostagem é definida como a degradação e a estabilização biológica da matéria orgânica após a ingestão destes resíduos por minhocas, sendo a espécie *Eisenia foetida* Savigny a mais utilizada (SOARES et al., 2004). Os vermicompostos produzidos apresentaram características químicas, tais como conteúdo de matéria orgânica, pH, relação C/N, concentração de nitrogênio e fósforo, que indicam possibilidade de uso desses materiais como adubo orgânico, em face do valor fertilizante que apresentam (SILVA et al., 2002). De acordo com Maňáková et al. (2014), a vermicompostagem favorece a mineralização de nutrientes e a estabilização do material orgânico. Oliveira et al. (2001), avaliando o efeito de doses de vermicomposto, na presença e ausência de adubo mineral, sobre a produção de raízes de cenoura, cultivar Brasília Nova Seleção, concluíram que o húmus de minhoca mostrou ser eficiente na produção de cenoura.

O uso do pó de rocha, proveniente da moagem de rochas, como reposição de nutrientes às áreas agrícolas, é uma alternativa mais ecológica (THEODORO & LEONARDOS, 2006). No entanto, os minerais contidos nas rochas são fontes de lenta liberação de nutrientes, como por exemplo, na farinha de rocha MB4. Essa farinha é uma mistura de duas rochas, o biotitaxisto e o serpentinito, na proporção de 1:1 (PONTES et al., 2005). Para acelerar a solubilização dos nutrientes contidos no pó de rocha, a vermicompostagem (mistura de resíduos orgânicos com o pó de rocha) representa uma alternativa para suprir a demanda dos nutrientes para as plantas (SOUZA, 2014).

A fim de proporcionar aumentos de produtividade nas hortaliças com a absorção dos nutrientes pelas plantas, sem, contudo, ocasionar prejuízos ao solo, bem como à composição do vegetal, se faz necessário estudos para determinar a quantidade de vermicomposto que deve ser aplicada ao solo. Diante disto, este trabalho tem como objetivo analisar o efeito do vermicomposto produzido com a incorporação do MB4 na cultura da cenoura Redonda de Nice.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'11" S; 35°53'31" W).

O solo utilizado no experimento foi proveniente da região Agreste da Paraíba, coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado de malha de 2,0mm e caracterizado química e fisicamente segundo os métodos adotados pela Teixeira et al. (2017), apresentando classificação textural como franco arenoso; 720,8 g kg⁻¹ de areia; 120,7 g kg⁻¹ de silte e 158,5 g kg⁻¹ de argila, densidade do solo = 1,36 g cm³; densidade das partículas = 2,58 g cm³; porosidade total = 47,29%; pH (H₂O) = 5,5; Ca = 2,14 cmolc kg⁻¹; Mg = 0,98 cmolc kg⁻¹; Na = 0,12 cmolc kg⁻¹; K = 0,18 cmolc kg⁻¹; H + Al = 6,25 cmolc kg⁻¹; MO = 14,0 g kg⁻¹; P = 8,0 mg kg⁻¹; CTC = 9,67 cmolc kg⁻¹.

O pó de rocha utilizado no experimento foi o MB4, sendo este uma mistura de duas rochas, biotitaxisto e serpentinito, na proporção de 1:1 (PONTES et al., 2005). De acordo com Santos et al. (2011), o MB4 é uma farinha de rochas composta de 39,73% de SiO₂; 17,82% de MgO; 7,10% de Al₂O₃; 6,86% de Fe₂O₃; 5,90% de CaO; 1,48% de Na₂O; 0,84% de K₂O; 0,18% de S; 0,075% de P₂O₅; 0,074% de Mn; 0,029% de Cu; 0,029% de Co; e 0,03% de Zn.

O vermicomposto foi preparado com a mistura de esterco bovino, MB4 e minhocas para acelerar o processo de solubilização do MB4. Esta mistura ficou incubada por 55 dias, mantida a umidade próxima a capacidade de campo (Cc). Após a formação do vermicomposto foram preparadas as unidades experimentais de acordo com os tratamentos, doses crescentes do vermicomposto (0, 5, 10, 15, 20 e 25 t ha⁻¹) com 3 repetições, ou seja, foram preparadas 30 unidades experimentais para o cultivo de cenoura Redonda de Nice (*Daucus carota*).

Cada unidade experimental constou de um vaso plástico com 5 kg de solo, previamente seco, peneirado e misturado com os respectivos tratamentos. As misturas de solo com os tratamentos foram incubadas novamente por 60 dias, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo. Após este período, foram coletadas amostras de solo de cada unidade experimental, secas ao ar, peneiradas em malha de 2mm de abertura e analisadas quimicamente (TEIXEIRA et al., 2017). Para isso foram determinados o pH em água 1:2,5 por meio de eletrodo combinado; os cátions trocáveis cálcio e magnésio por método volumétrico extraídos por KCL 1M; potássio e sódio por fotometria de chama e fósforo por colorimetria extraídos com Mehlich⁻¹; acidez potencial (H + Al) por volumetria extraídos com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0; carbono orgânico por volumetria extraído por oxidação com dicromato de potássio.

A cultura, cenoura Redonda de Nice, foi semeada em bandejas de polietileno, próprias para semeadura e formação de mudas as quais, foram transplantadas para as unidades experimentais quando estavam em torno de 10 cm de altura. Após 10 dias do transplântio foram feitos os desbastes, deixando 2 plantas por vaso.

A irrigação do cultivo foi feita com água de chuva, captada por sistema de calhas da casa de vegetação e armazenada em reservatório próximo à área experimental, mantendo-se a umidade do solo próximo à capacidade de campo.

A cenoura não recebeu adubação mineral para não mascarar os efeitos do vermicomposto.

Após 75 dias da semeadura, as cenouras foram colhidas e avaliados os parâmetros biométricos, ou seja, a biomassa fresca da parte aérea e dos frutos, utilizando balança de precisão; diâmetro (D) transversal e comprimento (C) dos frutos, medidos com paquímetro digital, e em seguida levados a estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 48 h para determinação da biomassa seca da parte aérea e do fruto.

Os resultados foram submetidos às análises de variância e de regressão por polinômios ortogonais utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

De acordo com as análises das amostras de solo das unidades experimentais após o período de incubação do solo com as doses crescentes de vermicomposto, observa-se que o pH do solo aumenta de 4,8 a 5,6, corroborando com Carvalho (2012); aumenta o teor de matéria orgânica em torno de 22% da testemunha; os teores dos cátions trocáveis e da acidez potencial, aumentam e, consequentemente, aumenta a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) em torno de 49,3% em relação a testemunha; no entanto, o que mais chama à atenção nas características das amostras de solo, é o teor de fósforo, o qual aumentou em torno de 2002,7%, em relação a testemunha. Essas melhorias nestas amostras, devido a composição química do vermicomposto enriquecido com a presença de pó de rocha (MB4), promovem, em geral, os efeitos favoráveis nos parâmetros biométricos da cultura da cenoura.

A aplicação de húmus de minhoca (vermicomposto), na ausência e na presença de adubo mineral, sobre a produção e qualidade de raízes de cenoura alterou as características químicas do solo, promovendo suprimento eficientemente de nutrientes à esta cultura. Além disso, melhorou a estrutura física do solo, a capacidade de troca de cátions e a retenção de água, promovendo condições essenciais para o solo manter-se produtivo e, neste caso, maior produção da cenoura (OLIVEIRA et al., 2001).

De acordo com Yadav e Garg (2016), bioconversão através da vermicompostagem promove um aumento nos teores de N, P e K dos fertilizantes orgânicos. Grassi Filho (2003), afirma que, o silício presente no pó de rocha, promove aumento na disponibilidade do fósforo do solo, seja porque o silicato o desloca de sítios de adsorção (ou ocupa-os preferencialmente) na argila e nos sesquióxidos, ou porque diminui a atividade dos íons Al em solução, evitando que estes precipitem o H_2PO_4 , promovendo aumento na absorção de fósforo pelas plantas.

Doses crescentes de vermicomposto enriquecido com MB4, com exceção do comprimento da cenoura, têm efeitos significativos ($p \leq 0,01$) para a biomassa fresca da cenoura e para a biomassa fresca e seca da parte aérea, da mesma forma que tem significativo a nível de 5% para os parâmetros biomassa seca e diâmetro transversal da cenoura (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância da biomassa fresca da cenoura (BFF), biomassa seca da cenoura (BSF), biomassa fresca da parte aérea (BFPA), biomassa seca da parte aérea (BSPA), diâmetro transversal (DT), comprimento (C) da cenoura, com doses crescentes de vermicomposto

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio					
		BFC	BSC	BFPA	BSPA	DT	C
Tratamentos	8	26,42**	0,84*	39,88**	1,61**	48,61*	46,13ns
Linear	1	91,46**	1,99**	155,92**	7,37**	176,29**	87,22ns
Quadrática	1	37,68*	1,91**	23,96*	0,50*	14,93ns	80,95ns
Desvio	3	0,99ns	0,10ns	6,52ns	0,07ns	17,27ns	20,83ns
Erro	12	4,52	0,17	3,47	0,09	11,29	26,32
CV		26,70	34,40	20,43	15,31	14,21	28,82
MG		7,96g	1,21g	9,12g	2,00g	23,65mm	27,26mm

*, **: significativo a ($0,05 \leq p$) e ($0,01 \leq p$) de probabilidade do erro e ns: não significativo.

A análise de regressão da biomassa fresca e seca da cenoura (Figura 1), em função das doses crescentes de vermicomposto revela aumento quadrático, onde os seus rendimentos máximos se dão nas doses 18,18 e 16,31 t ha⁻¹ de vermicomposto que corresponde a um rendimento máximo de 10,40 e 1,67 g, respectivamente. Quando se compara as testemunhas com as doses de vermicomposto que produz as melhores produções (Figuras 1A e 1B), promovem um aumento na ordem de 281,3 e 478,6%, respectivamente em relação a BFC e BSC. Isso mostra o efeito provocado pela aplicação do vermicomposto enriquecido com MB4 na cultura da cenoura. No entanto, objetivando avaliar o efeito de diferentes dosagens de vermicomposto sobre a produção de alface, cultivar Baba de Verão, Teodoro et al. (2016), observaram que estas dosagens aplicadas não influenciaram nas características agrônomicas avaliadas (massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca das raízes), com exceção do diâmetro da Base.

Segundo Getaneh e Mezgebu (2019), avaliando o efeito da interação de nitrogênio com vermicomposto na produção de cenoura, observaram, em relação somente as doses crescentes de vermicomposto, que não houve diferença significativa na biomassa fresca e seca das cenouras, no entanto, houve um aumento dessas biomassas com o aumento de vermicomposto. As maiores biomassas fresca e seca das raízes corresponderam ao tratamento 50 kg/ha combinado com 6 ton/ha de vermicomposto. De forma semelhante, Mehedi et al. (2012) relataram que, a aplicação combinada de 150 kg N ha⁻¹ e 15 t de esterco de vaca ha⁻¹ deu maior peso fresco da raiz. Santos et al. (2017), estudando o cultivo da cenoura sob a aplicação de biofertilizante, observaram que, tanto a massa fresca como a seca das cenouras, aumentaram de forma quadrática em função das doses crescentes de biofertilizantes.

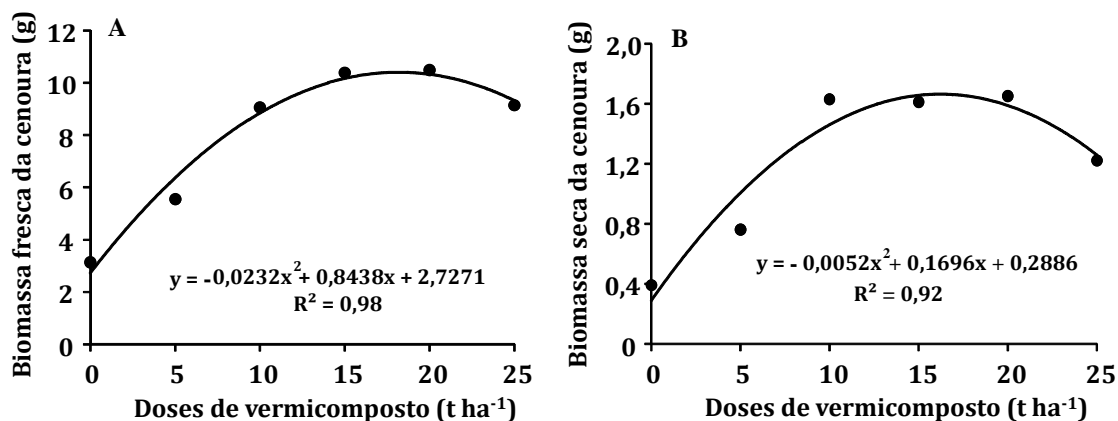


Figura 1. Biomassa fresca (A) e seca (B) das cenouras com doses crescentes de vermicomposto.

De acordo com os tratamentos, verifica-se que, a biomassa fresca da parte aérea (Figura 2A) e a biomassa seca da parte aérea (Figura 2B) aumentam de forma quadrática, variando de 3,27 e 0,83 g (0 t ha⁻¹ de vermicomposto) a 12,07 e 2,70 g (21,8 e 25 t ha⁻¹ de vermicomposto, respectivamente), correspondendo a um aumento de 269,1 e 225,3%, respectivamente, entre estes valores, ou seja entre a testemunha e as doses de vermicomposto que provocam as maiores biomassas. Isto indica que, a vermicompostagem favorece o crescimento da cenoura, dispensando o uso de adubação mineral. Segundo Santos et al. (2017), a massa seca das folhas de cenoura foi influenciada pela concentração do biofertilizantes. O contrário é observado com Getaneh e Mezgebu (2019) em que, doses crescentes de vermicomposto não tiveram efeito significativo na biomassa fresca e seca da parte aérea da cenoura.

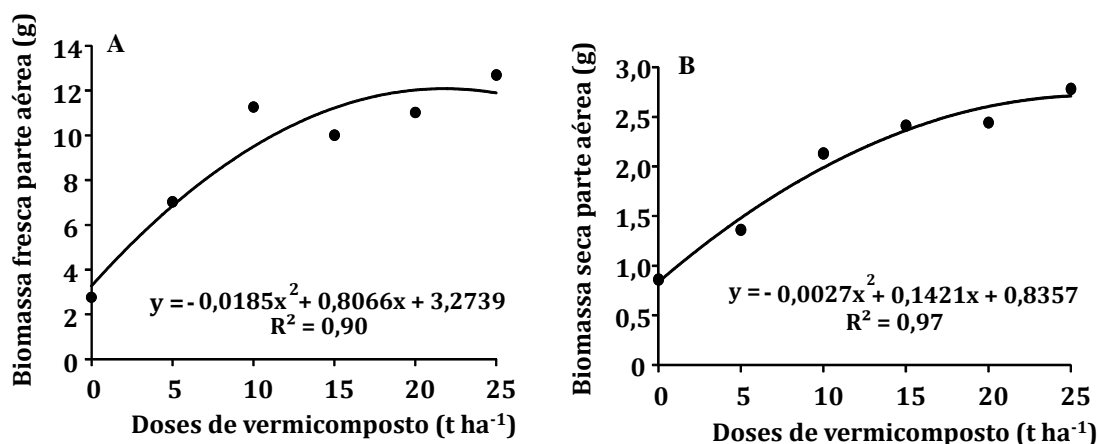


Figura 2. Biomassa fresca (A) e seca (B) da parte aérea da cenoura em função de doses crescentes do vermicomposto.

Conforme Eckhardt (2015), avaliando a utilização de fertilizantes orgânicos produzidos a partir do esterco bovino na produção de alface e cenoura, concluiu que o uso de vermicomposto de esterco bovino favorece o acúmulo de massa fresca e seca da parte aérea. De acordo com Resende e Braga (2014), um bom crescimento das raízes é dependente, em alto grau, de adequada superfície fotossintética. Portanto, ocorrendo maior produção de fotoassimilados, eles serão translocados para o crescimento de raízes, proporcionando a cultivar maior produtividade. Chatterjee et al. (2014), cultivando cenoura obtiveram maior desenvolvimento das plantas após aplicação de vermicomposto de esterco bovino.

O diâmetro transversal da cenoura Redonda de Nice verificada neste trabalho (Figura 3), é influenciado linearmente, pelas doses crescentes de vermicomposto, variando de 19,06mm (0 t ha⁻¹) a 28,22mm (25 t ha⁻¹), ou seja, havendo um acréscimo de 48,1% entre estes tratamentos.

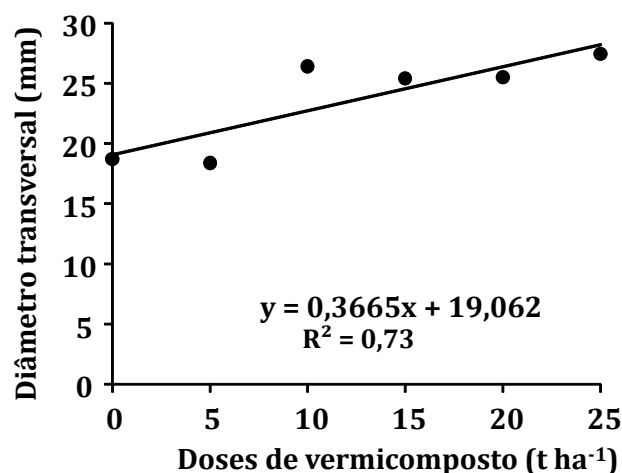


Figura 3. O diâmetro transversal da cenoura com doses crescentes de vermicomposto.

Pode-se verificar que, a partir da dose de 10 t ha⁻¹ de vermicomposto o diâmetro encontrado é acima de 20,0mm, estando dentro do diâmetro comercial para essa variedade de cenoura. Segundo ISLA (2019), as características genéricas da cenoura Redonda de Nice dizem que, o diâmetro comercial varia de 20 a 40mm e como ela é praticamente redonda o seu comprimento também varia entre 20 a 40mm (Figura 4).



Figura 4. Cenouras da variedade Redonda Nice. Fonte: SóFlor Jardim (<https://www.soflor.com.br/produto/semente-cenoura-redonda-sementes>).

Eckhardt (2015) verificou que, a utilização de vermicomposto de esterco bovino favorece o comprimento e diâmetro da raiz para a cultura da cenoura. Da mesma forma, Bruno et al. (2007), avaliando a eficiência da adubação verde, composto orgânico e biofertilizante na produção da cenoura, encontraram o maior diâmetro e comprimento da cenoura usando o composto orgânico + biofertilizante, em torno de 1,2 e 13,5 cm.

Conclusão

De acordo com os resultados apresentados, as dosagens de vermicomposto aplicadas aumentaram consideravelmente todos os parâmetros biométricos, com exceção do comprimento da cenoura.

O uso do vermicomposto enriquecido com MB4 pode ser considerado uma prática promissora na produção de cenoura em sistemas orgânicos.

A cenoura Redonda Nice atingiu o seu diâmetro comercial a partir da dose de 10 t ha⁻¹ do vermicomposto.

Agradecimento

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsas à primeira autora.

Referências

- AMARIZ, A.; LIMA, M. A. C.; RESENDE, G. M.; TRINDADE, D. C. G.; RIBEIRO, T. P.; SANTOS, A. C. N. Avaliação da qualidade pós-colheita de cultivares de cenoura colhidas em duas épocas, no Submédio do Vale do São Francisco. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 50, 2010, Guarapari. Anais... Guarapari, 2010.
- BRUNO, R. L. A.; VIANA, J. S.; SILVA, V. F.; BRUNO, G. B.; MOURA, M. F. Produção e qualidade de sementes e raízes de cenoura cultivada em solo com adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.2, p. 170-174, 2007.
- CARVALHO, A. M. X. Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. 116f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.
- CHATTERJEE, R.; BANDYOPADHYAY, S.; JANA, J. C. Evaluation of vegetable wastes recycled for vermicomposting and its response on yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v.3, n.60, p.1-7, 2014.
- ECKHARDT, D. P. Fertilizantes orgânicos: índice de eficiência e produção de alface, cenoura e mudas de eucalipto. 98f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.
- FAVARO-TRINDADE, C. S.; MARTELLO, L. S.; MARCATTI, B.; MORETTI, T. S.; PETRUS, R. R.; ALMEIRDA, E.; FERRAZ, J. B. S. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade de alface lisa. *Brazilian Journal Food Technology*, v.10, n.2, p.111-115, 2007.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.
- GETANEH, T.; MEZGEBU, A. Integrated effect of nitrogen and vermicompost levels on yield and yield components of carrot (*Daucus carota* L.) at Woreta, Northwestern Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry*, v.11, n.6, p.97-103, 2019.
- GRASSI FILHO, H. Elementos úteis ou benéficos. *Agroecologia Hoje*, Botucatu, n.20, p.20-21, 2003.
- ISLA. ISLA Sementes LDTA. Disponível em: <https://isla.com.br/produto/Cenoura-Redonda-de-Nice/93>. Acesso em: 10/09/2019.
- KIROS, A.; KEBEDE, W.; FIKREYOHANNES, G. Effect of inorganic NP fertilizers and vermicompost on growth, seed yield and yield components of onion (*Allium cepa* L.) at Maitsebri, Northern Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry*, v.10, n.6, p.89-96, 2018.
- MAŇÁKOVÁ, B.; KUTA, J.; SVOBODOVÁ, M.; HOFMAN, J. Effects of combined composting and vermicomposting of waste sludge on arsenic fate and bioavailability. *Journal of Hazardous Materials*, v.280, p.544-551, 2014.
- MEHEDI, T. A.; SIDDIQUE, M. A.; SHAHID, S. B. Effects of urea and cowdung on growth and yield of carrot. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, v.10, n.1, p.9-13, 2012.
- NEPA. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4.ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.
- OLIVEIRA, A. P.; ESPÍNOLA, F. E. J.; ARAÚJO, J. S.; COSTA, C. C. Produção de raízes de cenoura cultivadas com húmus de minhoca e adubo mineral. *Horticultura Brasileira*, v.19, n.1, p.77- 80, 2001.
- PAULUS, D.; MOURA, C. A.; SANTIN, A.; DALHEM, A. R.; NAVA, G. A.; RAMOS, C. E. P. Produção e aceitabilidade de cenoura sob cultivo orgânico no inverno e no verão. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.3, p.446-452, 2012.
- PEREIRA JÚNIOR, L. R. Parcelamento de esterco bovino em batata-doce. 31f. Monografia (Graduação). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2007.
- PONTES, A. S. C.; ARAUJO, F. P.; ARAUJO, J. F.; MOUCO, M. A. C.; VILLAS BOAS, R. L.; FERNANDES, D. M. Emprego do pó de rocha MB-4 sobre a produção de coentro. In: Congresso Brasileiro de

- Agroecologia, 3, Seminário Estadual de Agroecologia, 3, 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABA, 2005.
- RESENDE, G. M.; BRAGA, M. B. Produtividade de cultivares e populações de cenoura em sistema orgânico de cultivo. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.1, p.102-106, 2014.
- SANTOS, A. C. V.; NICODEMOS, W. L.; MOTTA, L. A. C.; FARIA, P. R.; MATTOS, J. A. P. Biofertilizante líquido: o defensivo agrícola da natureza. 2.ed. rev. Niterói: EMATER-RIO, 1992. 16p.
- SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; BRITO, C. H.; DORNELAS, C. S. M.; NÓBREGA, J. P. R. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.1, p.104-107, 2006
- SANTOS, J. L. G.; GONDIM, A. R. O.; LIMA NETO, J. V.; SILVA, E. A. Cultivo da cenoura submetida à aplicação de doses de biofertilizante. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.12, n.1, p.55-60, 2017.
- SANTOS, K. S. R.; RAMOS, A. P. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B. Capacidade de fornecimento de P e K do adubo da independência e seus componentes em cultivos sucessivos em pote. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.4, n.5, p.1082-1096, 2011.
- SILVA, A. C. B.; SCHUQUEL, L. C. S.; SILVA, C. O.; PASCOAL, G. B. Qualidade nutricional e físico-química em cenoura (*Daucus carota* L.) in natura e minimamente processada. *Demetra*, v.11, n.2, p.355-367, 2016.
- SILVA, C. D.; COSTA, L. M.; MATOS, A. T.; CECOM, P. R.; SILVA, D. D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.487-491, 2002.
- SOARES, J. P.; SOUZA, J. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Caracterização de amostras comerciais de vermicomposto de esterco bovino e avaliação da influência do pH e do tempo na adsorção de Co (II), Zn (II) e Cu (II). *Química Nova*, v.27, n.1, p.5-9, 2004.
- SOUZA, J. L.; RESENDE, P. O. Manual de horticultura orgânica. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564p.
- SOUZA, M. E. P. Vermicompostagem enriquecida com pós de rochas e sua utilização em sistemas agroecológicos. 81f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.
- TEODORO, M. S.; SEIXAS, F. J. S.; LACERDA, M. N.; ARAÚJO, L. M. S. Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes doses de vermicomposto. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.1, p.18-22, 2016.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.78, n.4, p.721-730, 2006.
- YADAV, A.; GARG, V. K. Influence of stocking density on the vermicomposting of an effluent treatment plant sludge amended with cow dung. *Environmental Science and Pollution Research*, v.23, n.13, p.13317-26, 2016.
- YADAV, S. K.; KHOKAR, U. V.; YADAV, R. P. Integrated nutrient management for strawberry cultivation. *Indian Journal of Horticulture*, v.67, n.4, p.445-449, 2010.
- VILELA, N. J.; MACEDO, M. M. C. Fluxo de poder no agronegócio: o caso das hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v.18, n.2, p.88-94, 2000.

Curriculum dos Autores e Organizadores

Adielle Rodrigues da Silva

Mestre em Ciências Agrárias do CCAAB/UFRB, adi.elle@hotmail.com

Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Licenciada em Biologia pelo Claretiano-Centro Universitário. Mestra em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB/Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia - NBIO. Com especialização em Meio Ambiente e Sustentabilidade pela Universidade Cândido Mendes - UCAM. Doutoranda em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, em parceria com o Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMP/EMBRAPA).

Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos

Dra. Pesquisadora PDS-CNPq, UAEA/CTRN/UFCG, ana3carol@yahoo.com.br

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (1997), mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (2001) e doutorado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (2007), com período de doutorado sanduíche na Virginia Polytechnic Institute and State University, Estados Unidos. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, atuando principalmente nos seguintes temas: reuso de rejeitos industriais e agrícolas na agricultura, salinidade, mudanças climáticas na agricultura, estratégias de adaptação à mudança climática, estudos de mudança climática na La Plata Basin.

Antônio Ramos Cavalcante

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, antonioleidade@gmail.com

Possui Graduação em Ciências Agrárias (2013) pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado em Engenharia Agrícola (2018) pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), doutorando em Engenharia Agrícola (2018) pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Técnico Agrícola (2008) pelo Colégio Agrícola Vidal de Negreiros vinculado à Universidade Federal da Paraíba, especializado em Agropecuária. Foi Bolsista/Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido, INSA/MCTI, atuando com Pesquisa na área de Hidroponia para a produção de Hortaliças, com o aproveitamento de água salobra e produção de forragem. Tem experiência na área de Ciências Agrárias, Engenharia Agrícola, com ênfase em hidroponia, fertilidade do solo e nutrição de plantas.

Ciro Ribeiro Filadelfo

Dr. Em Ciências com ênfase em Biologia Celular, Técnico do Laboratório do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia do CCAAB/Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, cirorfiladelfo@gmail.com, ciro@ufrb.edu.br

Possui graduação em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual de Santa Cruz (2007), mestrado e doutorado em Ciências com ênfase em Biologia Celular pelo Programa de Pós-Graduação de Biotecnologia e Medicina Investigativa do Centro de Pesquisa Gonçalo Muniz - Fundação Oswaldo Cruz. Sou técnico de laboratório (biologia) e fui professor substituto da disciplina Bioquímica Geral da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Lecionei a disciplina de bioquímica pela Faculdade Ruy Barbosa. Tenho experiência na área de Bioquímica, com ênfase em enzimologia nos temas: esquistossomose mansônica e estresse oxidativo; *Monilophthora perniciosa*/Theobroma cacao e peroxidase; bem como *Ricinus Communis* L./ácido ricinoleico. Conhecimento na área de Genética, para métodos de extração de DNA/RNA e PCRs de *Ricinus Communis* L.

Deoclides Ricardo de Souza

Dr. Prof. Associado do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), souzadr@ufrb.edu.br

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (1988), mestrado em Ciências Florestais [Esalq] pela Universidade de São Paulo (1995) e doutorado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2003). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Manejo Florestal. Atuando principalmente nos seguintes temas: Florestas Tropicais - Manejo florestal, Técnicas multivariadas, Estrutura de florestas, Sustentabilidade ambiental e econômica.

Felipe Guedes de Souza

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, felipeguedes.eng@gmail.com

Engenheiro Agrícola (2014) e Mestre (2017) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG; Doutorando em Engenharia Agrícola (Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande UFCG . Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho (2017) pela faculdade Anglo Americano. Quando Graduando, fui bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFCG. Atualmente sou membro da equipe técnica de projetos de pesquisa na linha de manejo de solo, água e planta; Atuando em estágio de docência ministrando aulas expositivas, teóricas e práticas, no curso de Graduação em Engenharia Agrícola (CTRN/UFCG). Durante a trajetória acadêmica participei de diversos eventos nacionais e internacionais tais quais: encontros, seminários, palestras, fórum e congressos, onde foram apresentados e publicados trabalhos de natureza técnico-científica. E também publicações em Periódicos especializados. Também participei de vários cursos nas diversas áreas das ciências agrárias. Colaborei na organização de alguns eventos. Atuei como pesquisador no INSA (2014) na área de Recursos Hídricos. Colaborei como supervisor de campo pela empresa INOVA em parceria com PROCASE (2016).

Gilmara de Melo Araújo

Mestre em Ciências Agrárias do CCAAB/UFRB, maraagr@hotmail.com

Possui formação em Técnico em Agropecuária pela Escola Média de Agropecuária Regional da CEPLAC (EMARC-VA). Estudou durante um ano na Casa Familiar Rural de Presidente Tancredo Neves (CFR-PTN). Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Faz mestrado em Recursos Genéticos Vegetais pela UFRB.

Gilvanise Alves Tito

Pesquisadora PDS-CNPq, UAEA/CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, gilvanisetito@yahoo.com.br

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1993), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1996) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2009). Pós-doutorado na Universidade Federal de Campina Grande, através do PNPd-Capes e PDS-CNPq. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em fertilidade do solo.

Jean Pereira Guimarães

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, jean.p.guimaraes@gmail.com

Possui graduação em engenharia agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Participou de diversos projetos durante a graduação bolsista de iniciação científica da Universidade Federal de Campina Grande de 2010 a 2014, na área de irrigação e drenagem.

Josely Dantas Fernandes

Pesquisador PDS-CNPq, UAEA/CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, joselysolo@yahoo.com.br

Possui graduação em Licenciatura Química pela Universidade Estadual da Paraíba e em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Paraíba. Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e Água pela Universidade Federal da Paraíba, Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande e Pós-doutorado em engenharia agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: química e fertilidade do solo, nutrição de plantas e análise gravimétrica.

Jucilene Silva Araújo

Pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTIC, jucilene.araujo@insa.gov.br

Possui Graduação (1997), Mestrado (2000) e Doutorado (2005) em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Atualmente é Tecnologista Sênior do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, Coordenadora do Núcleo de Produção Vegetal.

Laurenice Araújo dos Santos

Dra. Pesquisadora PNPd-CAPES do NBIO/CCAAB/UFRB, lasagro@hotmail.com

Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2007). Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (2010). Doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Possui Pós-Doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Em 2013 atuou como professora substituta pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, ministrando as disciplinas: Genética, Melhoramento Vegetal e Animal e Metodologia da Pesquisa. Em 2010 ministrou a disciplina Processamento de Frutas e Hortaliças no curso de Horticultura do projeto TRILHA. Possui experiência em orientação de iniciação científica, TCC, mestrado e doutorado com os seguintes temas: Biologia molecular, Melhoramento de Plantas, Hidroponia, Tecnologia de Alimentos e Marcadores Moleculares (PCR em tempo Real, Microsatélite (SSR) e RAPD).

Leandro Fabrício Sena

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, leandrofsena@hotmail.com

Possui Graduando em Engenharia de Biossistemas pela Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Sumé (2015). Mestrado e Doutorado em Engenharia Agrícola (Área de Concentração em irrigação e Drenagem), pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho (2017) pela Faculdade Anglo Americano. Participou de diversos projeto de pesquisas (PIVIC e PIBIC), extensão (Fazenda experimental UFPB, nas sub-bacia do Rio Taperoá) e monitoria (Probabilidade e estatística) durante o período da graduação.

Luan Dantas de Oliveira

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, luan.dantas@outlook.com

Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande. Atuou em projetos de pesquisa em Engenharia Agrícola na área de concentração irrigação e drenagem pela Universidade Federal de Campina Grande.

Lúcia Helena Garófalo Chaves

Dra. Profa. Titular da UAEA/CTRN/ Universidade Federal de Campina Grande, lhgarofalo@hotmail.com

Possui graduação em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1977), mestrado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1983) e doutorado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1985). Atualmente é professora titular da Universidade Federal de Campina Grande com Pós-Doutorado na Universidade do Arizona, USA (2004). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Química do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: fertilidade, salinidade, propriedades químicas e uso de rejeitos.

Paulo Roberto Megna Francisco

Dr. em Eng. Agrícola, Pesquisador UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC.

Ramara Sena de Souza

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, CTRN/Universidade Federal de Campina Grande, ramarasena2005@yahoo.com.br

Possui graduação e mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande. Atualmente é doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, atuando principalmente nos seguintes temas: fertilização mineral, irrigação, fertilidade do solo, impactos ambientais.

Simone Fiuza Conceição

Mestre em Ciências/Botânica, Bióloga no NBIO/CCAAB/UFRB, simonefiuzac@ufrb.edu.br

Possui graduação em Ciências Biológicas (2005) e Mestrado em Ciências/Botânica (2007) pela Universidade Estadual de Feira de Santana. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia de Fanerógamos, atuando principalmente nos seguintes temas: Boraginaceae, Heliotropioideae, taxonomia, Bahia, Recôncavo, flora. Atualmente trabalha como Bióloga (Botânica) na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB), no Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia - NBio.

Simone Alves Silva

Dra. Profa. Associada do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), sas@ufrb.edu.br

*Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Bahia (1996), mestrado em Fitomelhoramento pela Universidade Federal de Pelotas (1999) e doutorado na área de atuação em Melhoramento Genético Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas, no Curso de Ciência e Tecnologia de Sementes (2002) e Pós-Doutorado em Biotecnologia (Marcadores Moleculares) na Universidade Federal de Pelotas (2002 a 2003). Foi professora adjunto da Universidade Federal da Bahia (2004 a 2006). Atualmente é professora Associada da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) ministrando aulas de graduação e Pós-Graduação em nível de Mestrado e Doutorado. Coordena o Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) da UFRB. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Melhoramento Vegetal e Biotecnologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Melhoramento Genético Clássico e aplicação de técnicas de Marcadores Moleculares em culturas oleaginosas e fruteiras nativas como *Ricinus communis* L.; *Jatropha curcas* L., *Genipa americana* L. e *Hancornia speciosa* Gomes, abordando estudos sobre a variabilidade, bases genéticas, hibridizações controladas, condução de populações segregantes, competição de cultivares, caracterização morfológica e molecular.*

Washington Benevenuto de Lima

*Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, CTRN/
Universidade Federal de Campina Grande, washi_bene@yahoo.com.br*

Atua na área de Agronomia, tendo experiência no campo da extensão rural e pesquisa, com ênfase em produção vegetal, principalmente nos seguintes temas: produção de mudas e palma forrageira. Sobre a palma forrageira, domina todos os seus aspectos como, por exemplo, plantio, adubação, condução, propagação e suas diversas formas, colheita e pesquisa com enfoque nas variedades resistentes à cochonilha-do-carmim. Bem como atua com elaboração e acompanhamento de projetos de PAA, PNAE e CAR.

