



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
Centro de Ciências Agrárias  
Departamento de Solos e Engenharia Rural  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo**



MANOEL EUBA NETO

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO DE DUAS  
CULTIVARES DE GERGELIM EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E  
MINERAL EM UM NEOSSOLO FLÚVICO**

AREIA, PB  
AGOSTO – 2014

MANOEL EUBA NETO

**COMPONENTES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO DE DUAS  
CULTIVARES DE GERGELIM EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E  
MINERAL EM UM NEOSSOLO FLÚVICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal da Paraíba, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Doutor em  
Ciência do Solo. Área de Concentração: Solos em  
Agroecossistemas Familiares.

**Comitê de Orientação:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Walter Esfrain Pereira (Orientador)

Prof<sup>o</sup>. Dr. Jacob Silva Souto (Membro)

Prof<sup>o</sup>. Dr. Bruno de Oliveira Dias (Membro)

AREIA, PB

AGOSTO – 2014

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

E86p Euba Neto, Manoel.  
Componentes de produção e qualidade do óleo de duas cultivares de gergelim em função da adubação orgânica e mineral em um neossolo flúvico / Manoel Euba Neto. - Areia: UFPB/CCA, 2014.  
117 f.: il.

Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.  
Bibliografia.

Orientador: Walter Esfrain Pereira.

1. Gergelim – Qualidade do óleo 2. Cultivares de gergelim – Adubação orgânica 3. *Sesamum indicum* L. I. Pereira, Walter Esfrain (Orientador) II. Título.

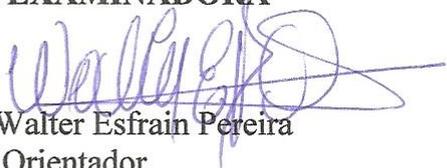
UFPB/CCA CDU: 582.916.36(043.2)

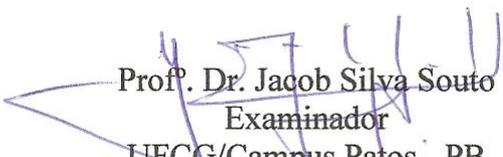
MANOEL EUBA NETO

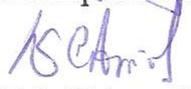
COMPONENTES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO DE DUAS  
CULTIVARES DE GERGELIM EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E  
MINERAL EM UM NEOSSOLO FLÚVICO

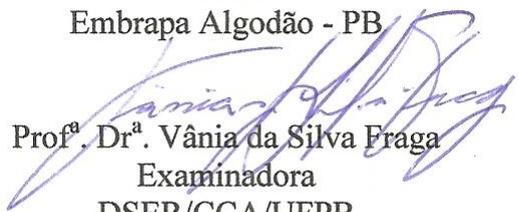
Aprovada em 29 de agosto de 2014.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof.<sup>o</sup>. Dr. Walter Esfrain Pereira  
Orientador  
DCFS/CCA/UFPB

  
Prof.<sup>o</sup>. Dr. Jacob Silva Souto  
Examinador  
UFCG/Campus Patos - PB

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Nair Helena Castro Arriel  
Examinadora  
Embrapa Algodão - PB

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Vânia da Silva Fraga  
Examinadora  
DSER/CCA/UFPB

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Hemmannuella Costa Santos  
DAP/CCHSA/UFPB

AREIA, PB

AGOSTO – 2014

A minha esposa, Eliane Silva, pelo companheirismo e incentivo para realizar este doutorado. Presença constante em todas as etapas e nas horas difíceis, sempre me ofereceu seu carinho e entusiasmo para seguir adiante.

Ao meu filho, Cássio Ricardo, pelo apoio e força para vencer os desafios ao longo de todo o doutorado.

Dedico-lhes.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fortalecer para vencer mais este desafio acadêmico.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Agrárias (CCA), pelo apoio para a execução deste trabalho.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Centro de Estudos Superiores de Caxias (CESC), pela oportunidade de realizar este doutorado. Em especial, aos professores do Departamento de Química e Biologia pelo apoio.

Ao orientador, Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira, pelos esclarecimentos, sugestões e opiniões que contribuíram para a realização deste trabalho como também para o meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Jacob Silva Souto, co-orientador, pela realização desta pesquisa científica na área de Fertilidade e Nutrição Mineral de Plantas, pelos esclarecimentos e sugestões na concepção deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão (*In Memoriam*), pelo apoio na realização desta pesquisa científica, disponibilizando a estrutura da Embrapa Algodão de Campina Grande, PB, para efetivação das análises.

Ao Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias, co-orientador, e demais membros do corpo docente do PPGCS pela fundamentação científica sólida que me possibilitou galgar sucesso nesta caminhada.

Aos funcionários do DSER, em especial, dos Laboratórios de Física do Solo, Química e Fertilidade do Solo, Análises de Tecido Vegetal, e Laboratório de Matéria Orgânica do Solo.

Aos membros da banca examinadora, pelas providenciais contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao senhor Murilo Cunha (Moura) e família, pela área e estrutura disponibilizada para realização do experimento.

Ao senhor Carlos Francisco Silva (Totó) (*In Memoriam*), familiares e amigos que nos apoiaram doando suas forças de trabalho na realização desta pesquisa.

A todas essas pessoas, ao povo paraibano e aquelas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa, aos autores das obras que consultei e utilizei neste trabalho, agradeço.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Características do solo para cultivo do gergelim.....	16
2.2. Aspectos gerais da cultura do gergelim.....	17
2.2.1. Folhas.....	19
2.2.2. Flores.....	19
2.2.3. Frutos.....	19
2.2.4. Sementes.....	20
2.3. Cultivar BRS Seda.....	21
2.4. Cultivar CNPA G4 (BRS 196).....	22
2.5. Adubação.....	22
2.5.1. Adubação orgânica.....	25
2.5.1.1. Torta de mamona.....	25
2.5.1.2. Torta de algodão.....	27
2.5.1.3. Esterco bovino.....	27
2.5.1.4. Esterco caprino.....	28
2.5.2. Adubação mineral.....	29
2.5.2.1. Adubação nitrogenada.....	29
2.5.2.1.1. Sulfato de amônio.....	30
2.5.2.2. Adubação fosfatada.....	31
2.5.2.2.1. Superfosfato simples.....	31
2.6. Produção e produtividade.....	32
2.7. Óleo de gergelim.....	33
2.7.1. Estimativa da qualidade do óleo de gergelim.....	35
2.7.1.1. Índice de acidez (%).....	35
2.7.1.2. Índice de peróxido (meq/Kg).....	35
2.7.1.3. Índice de saponificação (mg KOH/g).....	36

2.7.1.4. Teor de umidade (%).....	36
2.8. Crescimento absoluto e relativo de plantas.....	36
2.8.1. Taxa de crescimento absoluto (TCA).....	36
2.8.2. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	37
2.9. Análise estatística multivariada.....	37
2.9.1. Análise de componentes principais (ACP).....	38
2.9.2. Uso da análise de componentes principais em experimentos agrícolas.....	39
2.9.3. Análise de agrupamento (AA).....	40
3. REFERÊNCIAS.....	42
CAPÍTULO 1. EFEITOS DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GERGELIM ( <i>Sesamum Indicum</i> L.) EM NEOSSOLO FLÚVICO.....	52
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS.....	88
CAPÍTULO 2. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO ÓLEO DE GERGELIM ( <i>Sesamum indicum</i> L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL EM NEOSSOLO FLÚVICO.....	92
RESUMO.....	92
ABSTRACT.....	93
INTRODUÇÃO.....	94
MATERIAL E MÉTODOS.....	96
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	98
CONCLUSÕES.....	111
REFERÊNCIAS.....	112
APÊNDICE	

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Atributos químicos e físicos do Neossolo Flúvico da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade. Caxias – MA, 2013.....	56
TABELA 2. Composição química das fontes orgânicas usadas no experimento. Caxias – MA, 2013 .....	57
TABELA 3. Resumo da análise de variância da altura de planta (Alt), diâmetro de caule (Diam) e altura de inserção do primeiro fruto (AltFr) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013.....	60
TABELA 4. Resumo da análise de variância do número de folha por planta (NFP), número de ramos por planta (NRP), número de frutos por planta (NFrP) e número de semente por fruto (NSFr) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013.....	64
TABELA 5. Variáveis de crescimento e produção na cultura do gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013.....	69
TABELA 6. Resumo da análise de variância da massa de 100 sementes (MCS), massa de 1000 sementes (MMS), número de sementes por planta (NSP), produção de sementes por planta [PrdSP(g)] e produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013.....	71
TABELA 7. Resumo da análise de variância da massa seca da folha (MSF), caule (MSC), fruto (MSFr) e raiz (MSR) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013.....	74
TABELA 8. Resumo da análise de variância da taxa absoluta do crescimento em altura (TACA), taxa absoluta do crescimento em diâmetro (TACD), taxa relativa do crescimento em altura (TRCA) e taxa relativa do crescimento em diâmetro (TRCD) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013.....	76
TABELA 9. Valores médios das taxas absoluta e relativa de crescimento em altura e diâmetro de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013 .....	77
TABELA 10. Valores médios das taxas absoluta e relativa de crescimento em altura e diâmetro de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013 .....	78
TABELA 11. Matriz de correlação entre algumas características de produção e produtividade ( $kg\ ha^{-1}$ ) de gergelim, Caxias-MA, 2013.....	79
TABELA 12. Autovalor e percentual explicado por cada componente principal (CP1 e CP2) do experimento com gergelim, Caxias-MA, 2013.....	80

TABELA 13. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, relativos aos valores das características de crescimento, dos componentes de produção, produção (kg) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) do experimento com gergelim, Caxias-MA, 2013.....	81
TABELA 14. Resumo da análise de variância do teor de óleo extraído por solvente (OES), teor de óleo estimado por ressonância magnética nuclear (ORMN), teor de umidade (UMI) e produtividade em óleo na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013.....	98
TABELA 15. Valor médio do teor de óleo extraído por solvente (OES), teor de óleo estimado por ressonância magnética nuclear (ORMN), teor de umidade (UMI) e produtividade em óleo de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013 .....	100
TABELA 16. Resumo da análise de variância do índice de acidez (IAC), índice de acidez do ácido oleico (IAO), índice de peróxido (IPER), índice de saponificação (ISAP) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013.....	103
TABELA 17. Valores de índice de acidez (IAC), índice de acidez do ácido oleico (IAO), índice de peróxido (IPER) e índice de saponificação (ISAP) do óleo de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013.....	104
TABELA 18. Autovalor característico e percentual explicado por cada componente principal (CP1 e CP2) do experimento com gergelim, Caxias-MA, 2013.....	106
TABELA 19. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, relativos aos valores das características de produtividade e qualidade do óleo de gergelim. Caxias – MA, 2013.....	107

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Altura de planta, diâmetro de caule, altura do primeiro fruto de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS = 25,07; 1,69 e 15,73, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.....61
- FIGURA 2. Número de folhas por planta, número de frutos por planta, número de ramos por planta e número de sementes por frutos de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS = 97,80; 48,67; 5,23 e 6,38, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.....66
- FIGURA 3. Massa de 100 sementes, massa de 1000 sementes, número de sementes por planta e produtividade de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS = 0,05; 0,47; 4.577,30 e 0,3784, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.....72
- FIGURA 4. Massa de matéria seca da folha, do caule, do fruto e da raiz de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS=8,68; 26,52; 24,71 e 9,04, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.....75
- FIGURA 5. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, das variáveis avaliadas na cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. ALT90 = Altura de planta aos 90 DAE; TRCA = Taxa relativa de crescimento em altura; AltFr = Altura do primeiro fruto; MCS = Massa de 100 sementes; MMS = Massa de 1000 sementes; Produção; Produtividade; MSCaule = Massa de matéria seca do caule; NSFr = Número de sementes por fruto; MSR = Massa de matéria seca da raiz; MSFr =

Massa de matéria seca do fruto; MSF = Massa de matéria seca da folha; PrdSP = Produção de sementes por planta; NSP = Número de sementes por planta; NFrP = Número de frutos por planta; NFP = Número de folhas por planta; NGP = NRP = Número de ramos por planta; TRCD = Taxa relativa de crescimento em diâmetro; DIAM90 = Diâmetro do caule aos 90 DAE. DAE = Dias após emergência.....83

FIGURA 6. Agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro e do segundo componente principal (Prin1 e Prin2) do experimento com a cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. Médias (n = 12). BRS Seda esterco bovino (BEB); BRS Seda esterco caprino (BEC); BRS Seda testemunha (BT); BRS Seda torta de algodão (BTA); BRS Seda torta de mamona (BTM); BRS Seda sulfato de amônio (BSUA); CNPA G4 esterco bovino (CEB); CNPA G4 esterco caprino (CEC); CNPA G4 testemunha (CT); CNPA G4 torta de algodão (CTA); CNPA G4 torta de mamona (CTM); CNPA G4 sulfato de amônio (CSUA).....85

FIGURA 7. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, de variáveis avaliadas em experimento com a cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. OES = teor de óleo extraído por solvente; ORMN = teor de óleo estimado por ressonância magnética nuclear; PROD = produtividade; IAC = índice de acidez; IAO = índice de acidez ácido oleico; IPER = índice de peróxido; ISAP = índice de saponificação; UMI = teor de umidade.....108

FIGURA 8. Agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro e do segundo componente principal, Prin1 e Prin2, do experimento com a cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. Médias (n = 12). BRS Seda esterco bovino (BEB); BRS Seda esterco caprino (BEC); BRS Seda testemunha (BT); BRS Seda torta de algodão (BTA); BRS Seda torta de mamona (BTM); BRS Seda sulfato de amônio (BSUA); CNPA G4 esterco bovino (CEB); CNPA G4 esterco caprino (CEC); CNPA G4 testemunha (CT); CNPA G4 torta de algodão (CTA); CNPA G4 torta de mamona (CTM); CNPA G4 sulfato de amônio (CSUA).....109

## RESUMO

EUBA NETO, M. **Componentes de produção e qualidade do óleo de duas cultivares de gergelim em função da adubação orgânica e mineral em um Neossolo Flúvico.** Areia - PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, agosto de 2014. 117f. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo. Comitê de Orientação: Prof<sup>o</sup>. Dr. Walter Esfrain Pereira (Orientador), Prof<sup>o</sup>. Dr. Jacob Silva Souto (Membro), Prof<sup>o</sup>. Dr. Bruno de Oliveira Dias (Membro)

Na cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) o rendimento médio de grãos é em torno de 650 kg ha<sup>-1</sup>, porém o seu potencial produtivo é de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> com adequado programa de adubação e disponibilidade hídrica. O objetivo deste experimento foi avaliar a influência de adubos orgânicos e químicos nos componentes de produção e qualidade do óleo de duas cultivares de gergelim: BRS Seda e CNPA G4. O experimento foi conduzido em propriedade de agricultura familiar no povoado Rosário, no município de Caxias-MA. O solo da área é classificado como Neossolo Flúvico. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com 12 tratamentos, em esquema fatorial (6 x 2), sendo seis fontes de nitrogênio: tortas de algodão e de mamona; esterco bovino e caprino, sulfato de amônio e a testemunha, assim como duas cultivares de gergelim: BRS Seda e CNPA G4 (BRS 196). Houve efeito significativo positivo das fontes de adubação sobre a produtividade e das variedades de gergelim sobre as variáveis de crescimento e massa de 1000 sementes. Verificou-se formação de quatro grupos de tratamentos, no grupo 1, a cultivar BRS Seda adubada com esterco caprino sobressaiu, apresentando melhor desempenho relativo às características de crescimento, produção e produtividade. Considerando o aumento do rendimento de óleo, o esterco caprino pode ser recomendável para as variedades de gergelim BRS Seda e CNPA G4.

**Palavras chave:** *Sesamum indicum* L., Cultivar BRS Seda, Cultivar CNPA G4, biomassa seca, qualidade do óleo, análise de componentes principais.

## ABSTRACT

EUBA NETO, M. **Components of production and oil quality of two sesame cultivars as a function of organic and mineral fertilization in a Neossolo Flúvico.** Areia - PB, Center for Agrarian Sciences, Federal University of Paraíba, August 2014. 117f. Thesis. Postgraduate Program in Soil Science. Orientation Committee: Prof<sup>o</sup>. Dr. Walter Esfrain Pereira (Adviser), Prof<sup>o</sup>. Dr. Jacob Silva Souto (Member), Prof<sup>o</sup>. Dr. Bruno de Oliveira Dias (Member)

In the culture of sesame (*Sesamum indicum* L.) the average yield is around 650 kg ha<sup>-1</sup>, but his production potential of 1,500 kg ha<sup>-1</sup> with appropriate program of fertilization and water availability. The objective of this experiment was to evaluate the influence of organic and chemical fertilizers on yield components and oil quality of two cultivars of sesame: “BRS Seda” and “CNPA G4”. The experiment was conducted on a family farm in Rosario town in the municipality of Caxias, MA. The soil in the area is classified as Neossolo Flúvico. We used the design in randomized blocks with 12 treatments in a factorial (6 x 2), being six nitrogen sources: pies and cotton castor bean; cattle and goat manure, ammonium sulfate and the witness, as well as two varieties of sesame: BRS Seda e CNPA G4 (BRS 196). There was positive significant effect sources of fertilization on yield and sesame varieties on the growth variables and weight of 1000 seeds. There was formation of four treatment groups, in the one group, BRS Seda cultivar fertilized with goat manure excelled, showing better performance on the characteristics of growth, production and productivity. Considering the increasing oil yield, the goat manure can be recommended for varieties of sesame “BRS Seda” and “CNPA G4”.

**Keywords:** *Sesamum indicum* L., BRS Seda cultivar, CNPA G4 cultivar, dry biomass, oil quality, principal components analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

Na cultura do gergelim o rendimento médio de grãos varia de 450 a 650 kg ha<sup>-1</sup>, ou ainda abaixo desta faixa, porém, o seu potencial produtivo é de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> com adequado programa de adubação e disponibilidade hídrica. Nesta cultura, a adubação é uma das tecnologias agrícolas que ainda exigem muitos estudos, em face da apresentação de diferentes respostas quando se avaliam locais de cultivo, cultivares, entre outros (ÁVILA; GRATEROL, 2005). Isso mostra que o desempenho da cultura varia de acordo com a complexidade do meio e que não é tão simples entender as relações solo-planta-atmosfera nessa oleaginosa (PERIN *et al.*, 2010).

O Brasil é um pequeno produtor de gergelim, em comparação com países da Ásia e da África, contribui apenas com 15 mil toneladas produzidas em 25 mil hectares (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). Os países Myanmar, Índia e China foram os três maiores produtores de sementes de gergelim em 2012 (FAOSTAT, 2014).

No entanto, por ser uma planta adaptada às condições semiáridas de várias regiões do mundo (BOUREIMA *et al.*, 2012), representa uma importante opção para parcela significativa do território brasileiro que apresentam temperaturas elevadas em boa parte do ano, em especial, o Nordeste brasileiro, em que predomina a agricultura familiar desenvolvida em minifúndio e sem estrutura produtiva apoiada em tecnologia agrícola.

Além disso, os solos dessa região são, em geral, de baixa fertilidade em matéria orgânica e fósforo como o Neossolo Flúvico, sendo necessário o uso de adubos orgânicos e químicos. Portanto, por encontrar-se na literatura pesquisas com diversidade de indicações de épocas, quantidades e formulações para adubação nitrogenada e fosfatada; e, por representar uma excelente perspectiva de exploração econômica faz-se necessário maior conhecimento do comportamento desta oleaginosa quanto à eficiência da adubação. Pesquisas sobre a resposta dessa cultura à adubação são de fundamental importância, visando novas tecnologias e ajustes de cultivares de gergelim submetido à adubação orgânica, NP e fertilidade natural do solo.

A planta e seus componentes constitui-se matéria-prima de outros alimentos, medicamentos, cosméticos, sendo também fonte proteica para humanos e animais (PERIN *et al.*, 2010). E isto tem despertado o interesse dos atores do setor agrícola pela cultura, por tornar possível o incremento da renda dos mesmos, otimizando a capacidade instalada das indústrias, o uso da terra e mão de obra (SILVA *et al.*, 2007).

As sementes de gergelim são uma boa fonte de cobre, cálcio, proteínas, fósforo, ferro e magnésio, e, contêm as substâncias, sesamina e sesamolina, das quais durante o refinamento dois antioxidantes fenólicos são formados, sesamol e sesaminol (CHAKRABORTHY *et al.*, 2008). O teor de óleo de gergelim e os ácidos graxos contidos nele, entre outros, tem sua composição influenciada por vários fatores fisiológicos, ecológicos e culturais (CITIL *et al.*, 2011).

Para obtenção de elevadas produtividades é importante considerar que a cultura do gergelim desenvolve-se bem em solos com textura de franco-arenosos até franco-argilosos, verificando-se que a planta atinge a plenitude em solos com profundidade de pelo menos 60 cm, bem drenados e de boa fertilidade natural (LIMA; BELTRÃO, 2009). Nesse contexto, objetivou-se avaliar a influência de adubos orgânicos e químicos nos componentes de produção e qualidade do óleo de duas cultivares de gergelim (*Sesamum indicum* L.) cultivado em Neossolo Flúvico de região de cerrado.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Características do solo para cultivo do gergelim

O gergelim se desenvolve bem em diversos tipos de solo, porém, a planta atinge a plenitude em solos profundos, pelo menos 60 cm, bem drenados e de boa fertilidade natural, francos do ponto de vista textural, desde franco arenoso até francos argilosos; sendo que os solos muito argilosos devem ser evitados, pois as plantas são extremamente susceptíveis, mesmo a curtos períodos de alagamento, e em qualquer estágio do seu desenvolvimento (ZERIHUN, 2012).

A planta de gergelim tem preferência por solos de reação neutra, pH próximo de 7,0, não tolera acidez elevada, abaixo de pH 5,5, nem alcalinidade excessiva, acima de pH 8,0 sendo extremamente sensível à salinidade, mas especialmente à alcalinidade, em virtude do sódio trocável que, dependendo da concentração, pode se tornar tóxico ao metabolismo da planta (NATH *et al.*, 2000; BELTRÃO *et al.*, 1994), com danos diretos na síntese proteica e cinética enzimática (BELTRÃO *et al.*, 2001a).

Para o cultivo de gergelim conforme Lima e Beltrão (2009), os solos mais adequados devem apresentar textura média; relevo plano a suave ondulado; ricos em matéria orgânica; bem drenados e com boa capacidade de armazenagem de água; pH em torno da neutralidade, variando de 5,7 a 7,7. Ou, segundo Nath *et al.* (2000) variando de 5,4 a 6,7. Em condições tropicais a taxa mínima de oxigênio do solo deve ser em torno de 10% em relação ao volume poroso do solo, para que o nitrogênio na forma de nitrato, principal forma de absorção desse nutriente, não seja reduzido em 2 ou 3 dias por falta de oxigênio (anoxia edáfica) (BELTRÃO *et al.*, 2000).

O gergelim é uma planta que necessita de solo bem preparado, seja convencionalmente, com o uso de aração e gradagem, seja com o emprego de técnicas de preparo mínimo; assim, o importante no preparo do solo é o uso adequado das máquinas e dos implementos agrícolas para cada tipo de solo e que a operação seja feita no momento oportuno (QUEIROGA *et al.*, 2011).

Considerada pelos estudiosos como uma espécie resistente à seca, o gergelim pode produzir bem sob índice pluviométrico de até 300 mm (300 L/m<sup>2</sup> de solo) desde que com adequada distribuição ao longo do ciclo da cultura; no entanto, a faixa ótima, dependendo das

condições atmosféricas, como a demanda evaporativa do ar e do tipo de solo, varia de 500 a 800 mm (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

## 2.2. Aspectos gerais da cultura do gergelim

O gergelim, *Sesamum indicum* L., da família Pedaliaceae, é uma planta anual com flores brancas em forma de sino com nuances de violeta, vermelho ou amarelo com ramos ou sem ramos secundários; sendo cultivada para a produção de sementes (CHAKRABORTHY *et al.*, 2008). É uma cultura anual, ocasionalmente perene, que precisa de um período de crescimento de 70 a 150 dias; geralmente, de 100 a 120 dias (NATH *et al.*, 2000). A família Pedaliaceae inclui cerca de 16 gêneros e 60 espécies, das quais *Sesamum* é o principal grupo do gênero (ATTIBAYÉBA *et al.*, 2010).

Os fatores climáticos tais como temperatura, precipitação, luminosidade e altitude, associados aos fatores edáficos exercem influência direta sobre o cultivo de gergelim, determinando o padrão de crescimento e o desenvolvimento (AMORIM NETO *et al.*, 2001). Bem adaptado aos trópicos, bem como as condições de clima temperado de cerca de 40° de latitude N e 40° de latitude S, sendo cultivado em mais de 50 países em todo o mundo (MENZIR, 2012; JYOTHI *et al.*, 2011).

Gergelim é uma das poucas espécies de culturas que prospera e produz razoavelmente bem no estresse de umidade, alta temperatura e condições limite de solo. No entanto, sua maior fraqueza como cultura agrícola é a sua baixa produtividade. Dos vários fatores que contribuem para a baixa produtividade, são importantes o baixo potencial de rendimento genético e sua susceptibilidade a vários estresses bióticos e abióticos (JYOTHI *et al.*, 2011).

Na fase vegetativa o crescimento inicial do gergelim é lento, exibindo maior crescimento entre 50 e 65 dias após emergência (LANGHAM, 2008); e, apresentando ciclo, em função da cultivar, com amplitude de 70 a 180 dias nas condições do Nordeste brasileiro; para seu crescimento (aumento irreversível de fitomassa por alongamento das células e pela mitose) e desenvolvimento (crescimento, diferenciação celular e a morfogênese) o gergelim exige temperatura ambiente entre 25°C e 27°C, paralisando o crescimento abaixo de 10°C e abortando flores acima de 40°C, além de redução no enchimento e no número de frutos por planta (BELTRÃO *et al.*, 2001a; NATH *et al.*, 2000).

Cultivares de gergelim de ciclo médio (90 a 120 dias) para expressarem produção máxima necessita de aproximadamente 2.700°C, unidades de calor em um período de três a

quatro meses, exigindo 10 horas de luminosidade diárias para iniciar a floração (BELTRÃO *et al.*, 2001a).

A planta de gergelim apresentam variedades que podem crescer de 0,5 a 2,5/3,0 m de altura (CHAKRABORTHY *et al.*, 2008; ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). Apresenta resistência estomática bastante elevada, o que faz com que transpire menos em períodos críticos e resista mais à seca, sendo esta uma de suas principais características fisiológicas. É uma cultura rústica, pouco exigente em água, mas responde a irrigação (AVILA; GRATEROL, 2005; OLIVEIRA, 2005).

De origem africana, é cultivado em vários países, tais como: Índia, Myanmar, China, Tailândia, México, Paquistão, Indonésia, Turquia, entre outros; no Brasil, é cultivado no Nordeste, São Paulo, Goiás (maior produtor), Mato Grosso e Minas Gerais. Esta ampla abrangência territorial deve-se ao fato da sua tolerância à seca (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

Mesmo introduzido no Brasil desde o século XVI, o gergelim nunca foi tratado como lavoura de valor econômico e social para o país, mas apenas como lavoura secundária, para uso doméstico. No entanto, existem conhecimentos e tecnologias sobre essa cultura que possibilitam a perspectiva econômica, especialmente para o semiárido nordestino (BELTRÃO; VIEIRA, 2001).

Há crescente demanda por oleaginosas comestíveis e biocombustíveis, e o gergelim que contém em suas sementes acima de 50% de óleo, poderia tornar-se uma fonte alternativa de renda para os pequenos agricultores contribuindo assim para reduzir a pobreza rural (BOUREIMA *et al.*, 2012).

Atualmente, o Programa Brasileiro de Biodiesel, que busca alternativas de combustíveis derivados de qualquer óleo vegetal e a tendência de ampliação do mercado da alimentação vegetariana ou naturalista beneficiam a cultura do gergelim, que é considerada uma fonte de proteína vegetal. A possibilidade do uso da farinha do gergelim em produtos panificáveis, ou na merenda escolar, abrirá novo mercado e poderá beneficiar a população mais carente do país, a baixo custo (BELTRÃO; VIEIRA, 2001).

Aproximadamente 70% da produção mundial é processada para obtenção de óleo e produtos alimentícios. Além disso, pode ser empregado como cultura armadilha para mosca branca e controle de formigas cortadeiras. Essa cultura se insere nos sistemas tradicionais de cultivo (convencional e plantio direto) como também no sistema de produção agroecológico (PERIN *et al.*, 2010).

### 2.2.1. Folhas

Plantas de gergelim possuem folhas pecioladas, ovaladas, dentadas ou lobadas e, às vezes, trifoliadas, lanceoladas na fase adulta, opostas, que crescem com disposição alternada no caule e são profundamente estriadas (ATTIBAYÉBA *et al.*, 2010; CHAKRABORTHY *et al.*, 2008). São observadas folhas ovais lanceoladas na fase de plântula, com prevalência de heterofilia na fase de floração, o que possibilita bom aproveitamento da luminosidade ao longo do dossel da planta; a área foliar cresce rapidamente entre 30 e 60 dias, decrescendo após esse período (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

### 2.2.2. Flores

As flores são brancas, em forma de sino, de pedúnculo curto e localizadas nas axilas das folhas (CHAKRABORTHY *et al.*, 2008), apresentando os dois sexos na mesma flor, o androceu e o gineceu, sendo considerada uma planta autógama, no entanto a polinização cruzada entre plantas pelos insetos é comum, tendo as abelhas como principais polinizadores (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011). No mesmo dia após a polinização as corolas (petálas) caem no solo; tempo chuvoso e muito nublado retarda a abertura das flores e facilita a polinização cruzada (BELTRÃO *et al.*, 2001a).

### 2.2.3. Frutos

Os frutos, com cerca de 2 a 8 cm de comprimento e 0,5 a 2 cm de diâmetro, constituem-se de uma cápsula pilosa oblonga com sementes pequenas; cada planta pode produzir de 160 a 225 frutos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011), que contêm de 70 a 100 sementes; as plantas e os frutos amadurecem em cerca de 80 a 100 dias após a semeadura (CHAKRABORTHY *et al.*, 2008; BELTRÃO *et al.*, 2001b).

A fitomassa de caules e folhas mantém-se crescente até cerca de 75 dias após a emergência (DAE), a partir dos quais tendem a diminuir, devido, possivelmente, à translocação de reservas para o enchimento dos frutos e à queda das folhas mais velhas; enquanto, a fitomassa dos frutos mostrou maior crescimento entre 60 e 100 dias. A partir de 100 dias os frutos não apresentaram tendência a aumento de matéria seca, embora sua maturação somente tenha sido alcançada por volta de 120 dias (SEVERINO *et al.*, 2004a).

Nas cultivares com frutos deiscentes, a deiscência do fruto tem início no ápice, em direção à base, e se deve ter bastante atenção à velocidade de deiscência dos frutos, para evitar que as sementes caiam no chão, reduzindo a produtividade, já que o grau de deiscência e a altura de inserção do primeiro fruto são características varietais de grande importância econômica que estão correlacionadas com a colheita, e, em especial, a altura de inserção do primeiro fruto correlaciona-se com colheita mecanizada (BELTRÃO *et al.*, 2001b).

#### **2.2.4. Sementes**

A germinação das sementes e a emergência das plântulas de gergelim dependem das condições edafoclimáticas, podendo ocorrer no período de 3 a 6 dias de forma epígea; e, entre os fatores que influenciam os processos destacam-se a temperatura, a deficiência de oxigênio no solo ou encharcamento, a salinidade e o estresse hídrico (BELTRÃO *et al.*, 2001a).

As sementes de gergelim são ricas em óleo e com expressiva variedade de cores indo do branco creme ao preto carvão. Em geral, as variedades de coloração esbranquiçadas são mais valorizadas no Ocidente e Oriente Médio, enquanto que as variedades pretas são valorizadas no Extremo Oriente (CHAKRABORTHY *et al.*, 2008).

As sementes de gergelim são consumidas *in natura* ou se utilizam para refinar produtos confeitados como os de panificadora (QUEIROGA, 2010); na indústria de biscoitos e doces; na culinária caseira; na indústria química, na fabricação de margarinas, cosméticos, perfumes, remédios, lubrificantes, sabão, tintas e inseticidas, pois a substância sesamina presente no óleo tem a função de ativador de certas substâncias inseticidas, como a rotenona e a piretrina (BARROS *et al.*, 2001; IMOLOAME *et al.*, 2007). Quando inteiras, as sementes apresentam sabor amargo devido a acidez oxálica presente no tegumento (película), que pode ser removida por processos manual, mecânico, físico e químico (QUEIROGA, 2010).

Independente da cultivar estudada, o teor de água das sementes é inversamente relacionado com sua qualidade. As cultivares BRS Seda e CNPA G4 apresentam correlação positiva entre teor de óleo e massa de 1.000 sementes. As sementes das cultivares BRS Seda e CNPA G4 apresentam baixa concentração de cálcio em relação às Pretas (QUEIROGA, 2010).

A semente tem tamanho diminuto (2 a 4 mm de comprimento e até 2 mm de largura) e forma achatada, sendo que a massa de 1000 sementes pode atingir em média, 2,50 a 3,60 g

(QUEIROGA, 2010); isoladamente, cada semente de gergelim pesa em média três miligramas (BELTRÃO *et al.*, 2001b).

Em experimentos realizados com as cultivares BRS Seda e CNPA G4, com relação à qualidade das sementes estimada a partir da massa de 1.000 sementes, Queiroga *et al.* (2010), verificaram que as sementes de gergelim das cultivares BRS Seda e CNPA G4 atendem as exigências do mercado por apresentarem valores acima de 3 gramas; constataram também um destaque superior de massa de 1.000 sementes da cultivar BRS Seda (3,4 g), comparada com a cultivar CNPA G4 com valor 3,2 g.

Em face de sua composição química, as sementes de gergelim possuem elevado valor nutricional, devido à quantidade significativa de proteínas, vitaminas (KANU, 2011) e constituintes minerais como cálcio, ferro, fósforo, magnésio, sódio, zinco e selênio (NZIKOU *et al.*, 2009; KANU, 2011); as sementes fornecem óleo muito rico em ácidos graxos insaturados, percentuais de 38,84% e 46,26% foram encontrados para ácidos oleico e linoleico em sementes brancas, respectivamente, por Nzikou *et al.* (2009); enquanto Kanu (2011) encontrou para os mesmos ácidos resultados opostos, ou seja, 45,85% e 37,89% em sementes brancas e; 46,27% e 38,79% para sementes pretas.

### **2.3. Cultivar BRS Seda**

A cultivar de gergelim BRS Seda obtida por meio de seleção massal a partir da cultivar Zirra FAO 51284, apresenta porte médio a alto, 1,55 a 2m, hábito de crescimento ramificado, ciclo precoce (cerca de 90 dias), com início de floração 30 dias após emergência (DAE) e um fruto por axila foliar; por ser tolerante à murcha-de-macrophomina, à mancha-angular e à cercosporiose, recomenda-se seu cultivo nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste (ARRIEL *et al.*, 2009).

A cultivar de gergelim BRS Seda com sementes de cor branca, principal diferença dessa cultivar, lançada pela Embrapa Algodão em 2007 é um genótipo que atende os padrões mínimos internacionais de mercado, que são de 50% óleo e de 21% de proteínas nas sementes descascadas, cujas características intrínsecas da nova cultivar possibilitam maior aceitação nos mercados consumidores nacional e internacional (ARRIEL *et al.*, 2009; QUEIROGA, 2010).

## 2.4. Cultivar CNPA G4 (BRS 196)

Esta cultivar sintetizada pelo programa de melhoramento da Embrapa Algodão por meio de seleção genealógica na cultivar Zirra FAO 51284 (ARRIEL *et al.*, 2009), tem por característica ciclo de 120 dias, com temperatura média de 24,5°C, altura de 2m, rápido crescimento entre 30 e 80 dias (SEVERINO *et al.*, 2004a), porte médio (1,55 m), um fruto por axila (ARRIEL *et al.*, 2009), ciclo de 90 a 100 dias, hábito de crescimento ramificado, floração e maturação uniformes, frutos deiscentes com sementes de coloração creme e produtividade em torno de 1.500 Kg de sementes por hectare, em condições de sequeiro (ARRIEL *et al.*, 2007).

Nesta cultivar a floração ocorre em torno de 35 a 60 dias após a semeadura - DAS, exigindo temperatura entre 24°C a 27°C, com cerca de 50% das plantas florescendo aos 45 dias após a emergência - DAE (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

É uma cultivar adaptada às condições de cultivo da Região Nordeste do Brasil e Cerrados de Goiás que apresenta haste de cor verde, ausência de pêlos nas folhas e nas hastes, crescimento ramificado, sementes de cor creme, predominantemente um fruto por axila foliar, teor de óleo da semente entre 48 e 50% e massa média de mil sementes de 3,10g (SEVERINO *et al.*, 2004a).

Uma importante característica da cultivar BRS 196 (CNPA G4), como também é designada, é a sua tolerância às doenças podridão-negra-do-caule, mancha-angular e cercosporiose, causadas pelos fungos *Macrophomina phaseolina*, *Cylindrosporium sesami* e *Cercospora sesami* Zimm, respectivamente (ARRIEL *et al.*, 2001).

## 2.5. Adubação

A análise química é fundamental para se quantificar a necessidade ou não de adubação, notadamente em relação à adubação básica ou de plantio, a fim de fornecer nutrientes para o crescimento inicial e desenvolvimento da planta bem como, manter ou elevar os níveis de fertilidade do solo (VILLAS BÔAS; SOUZA, 2009).

O gergelim responde bem à adubação NPK, este fator aumenta em cerca de 30% ou mais a produtividade da cultura do gergelim; neste sentido, relatos sobre experimentos realizados em condições de sequeiro destacam que as doses de 45 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 30

kg ha<sup>-1</sup> de fósforo promoveram maiores níveis de produtividade e maiores níveis de proteína e óleo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

Vários autores relatam que o uso de fertilizantes é considerado um dos fatores mais importantes para aumentar a produção de gergelim, e que, a aplicação de nitrogênio ao gergelim aumenta a massa da biomassa, o teor de proteína, o teor de óleo, entre outros (JAKUSKO; USMAN, 2013; HASANPOUR *et al.*, 2012).

O nitrogênio é o nutriente mais limitante em solos de cerrado, onde os solos são predominantemente de textura grossa e com baixo teor de matéria orgânica. Sua deficiência é geralmente reconhecida pela cor verde pálida ou verde amarelada das folhas, seguido de necrose prematura das folhas mais velhas (JALIYA *et al.*, 2012).

A disponibilidade de nitrogênio e fósforo é considerada fator limitante para a obtenção de altos rendimentos na cultura do gergelim (PERIN *et al.*, 2010). Entretanto, segundo Queiroga *et al.* (2008), as deficiências destes elementos no solo podem ser compensadas pelo uso de adubos orgânicos, antes da preparação do terreno; e, para elevar o teor de matéria orgânica no solo, recomenda-se utilizar 20 toneladas de esterco de curral bem curtido por hectare.

A adição de matéria orgânica no solo melhora várias propriedades físicas e químicas do mesmo como a retenção de água/umidade, fundamental na região semiárida; redução das variações de temperatura no interior do solo regula e melhora a absorção de nutrientes, que são essenciais em condições de baixa fertilidade natural do solo e de má distribuição pluviométrica (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

A matéria orgânica, entre outras funções, ainda estabiliza e agrega partículas de solo, reduzindo a erosão; provê uma fonte de carbono (C) e energia para os microrganismos do solo; melhora o fluxo de ar no solo; armazena e provê nutrientes como N, P e S; mantém o solo menos compactado e mais fácil de trabalhar; retém C da atmosfera e de outras fontes; retém nutrientes como Ca, Mg e K, pois aumenta a CTC do solo; e serve para reduzir possíveis efeitos ambientais negativos decorrentes de uso inadequado de pesticidas ou de disposição de poluentes no solo (LOPES; GUILHERME, 2007).

O efeito da adubação orgânica sobre a cultivar de gergelim CNPA G3 foi estudado por Pereira *et al.* (2002) no município de Patos, PB, que observaram que este tipo de adubação influenciou o número de frutos, entre outros.

A adubação promove aumento na massa seca de hastes e de vagens, no número de vagens e produção de grãos de gergelim, quando cultivado em solo de baixa fertilidade (solo

de cerrado nativo, com  $\text{pH} = 5,0$  e  $\text{P} = 0,28 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), atingindo máxima produção na dose de  $550 \text{ kg ha}^{-1}$  do adubo 04:14:08; o cultivo de gergelim na safrinha, em solo de alta fertilidade (Latosolo Vermelho distroférico, com  $\text{pH} = 6,0$  e  $\text{P} = 1,23 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), não responde à adubação química nos componentes da produção de matéria seca e rendimento de grãos (PERIN *et al.*, 2010).

Embora os resultados das pesquisas descritos acima, dentre outras, indiquem resposta da cultura do gergelim à adubação com fertilizantes, alguns autores dizem que não há resposta. O antagonismo de posições é devido à complexidade do meio e também às diversas facetas do manejo do fator adubação, que depende de vários aspectos tais como dosagem do adubo; natureza da cultivar e sua eficiência nutricional; tipos de fertilizantes; épocas e modos de aplicação; se o adubo nitrogenado foi armazenado corretamente, evitando-se volatilização; umidade do solo necessária para transportar o adubo por difusão ou fluxo de massa; textura e teor de matéria orgânica do solo; níveis de micronutrientes adequados para resposta da cultura aos macronutrientes, além de outros que tornam a adubação um tema complexo (BELTRÃO *et al.*, 2001c).

O gergelim é uma planta bem exigente, devendo-se usar adubos orgânicos no seu cultivo (PRATA, 1969; apud, BELTRÃO *et al.*, 2001c). Esta pedaliácea extrai do solo proporcionalmente à sua produtividade, quantidade elevadas de N, P e K; sendo que, em relação ao nitrogênio, a taxa de absorção mais elevada ocorre dos 45 aos 70 dias após a emergência (BASCONES; RITAS, 1961; apud, BELTRÃO *et al.*, 2001c). Enquanto que, para fósforo e potássio, as maiores taxas de absorção ocorrem aos 50 DAE, evidenciando a necessidade desses nutrientes na fundação, dependendo do tipo de solo (CORRÊA *et al.*, 1995; apud, BELTRÃO *et al.*, 2001c). Em solos arenosos, e naqueles com elevada floculação, pode-se parcelar o potássio (BELTRÃO *et al.*, 2001c)..

Já o adubo nitrogenado deve ser parcelado, o mínimo na fundação, cerca de 20% do total, o restante em cobertura e se possível, parcelado, devido à elevada dinâmica do nitrogênio, os fertilizantes devem ser usados em sulcos cobertos para minimizar perdas por volatilização e desnitrificação, e outros. E, em solos com baixa fertilidade em matéria orgânica (MO) como os do nordeste, destacadamente nas sub-regiões semiáridas e áridas, deve se aplicar fertilizantes, orgânicos ou não, se o teor de MO for inferior a 2,6%, evitando deficiências complexas, envolvendo mais de um nutriente, como nitrogênio e enxofre (BELTRÃO *et al.*, 2001c).

### 2.5.1. Adubação orgânica

Os fertilizantes químicos comerciais são pouco utilizados em virtude do seu alto custo e do baixo poder aquisitivo da maioria dos agricultores. Várias fontes de resíduos, tais como esterco de bovino e de galinha (COSTA *et al.*, 2008) e resíduo de algodão (RAMOS *et al.*, 2009), têm sido citadas como adequadas para serem transformadas em adubos orgânicos. Usam-se, ainda, esterco caprino, ovino, asinino; e, torta de mamona.

A vantagem do uso de adubo orgânico em relação à aplicação de fertilizantes químicos é a liberação gradual dos nutrientes à medida que são demandados para o crescimento da planta. Se os nutrientes forem imediatamente disponibilizados no solo, como ocorre com os fertilizantes químicos, podem ser perdidos por volatilização (principalmente o nitrogênio), fixação (fósforo) ou lixiviação (principalmente o potássio). Por outro lado, a mineralização de alguns materiais orgânicos pode ser excessivamente lenta, como ocorre com o bagaço de cana, de forma que os nutrientes não são disponibilizados em quantidade suficiente e o crescimento da planta é limitado por carência nutricional (SEVERINO *et al.*, 2004b).

#### 2.5.1.1. Torta de mamona

A euforbiácea mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta rústica, resistente a seca (GONÇALVES *et al.*, 2005), que apresenta relevante importância econômica e social no semiárido brasileiro e inúmeras aplicações na indústria (COSTA *et al.*, 2009).

O resíduo de extração do óleo da mamona, a torta, que pode ter diversos usos, desde fonte de alimento proteico para animais monogástricos, fonte de aminoácidos para os mais variados fins, depois de desintoxicada, e para adubação, mesmo sem ter sido desintoxicada, com no mínimo de 5% de nitrogênio, se constitui em um excelente fertilizante orgânico, possibilitando as inúmeras funções da matéria orgânica no solo, ou seja, melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (BELTRÃO, 2002).

O potencial de fornecimento de nutrientes da torta de mamona, em kg/tonelada, chega a 75; 31; 7 e 7 de N, P, K e cálcio, respectivamente (SEVERINO *et al.*, 2006).

A produtividade do girassol responde positivamente a adubação com torta de mamona em substituição total e parcial a fertilização química nitrogenada recomendada para a cultura; no entanto, doses superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> interferiram negativamente na produtividade (GÓES, 2010).

Em todo o mundo, seu uso predominantemente tem sido como adubo orgânico de boa qualidade, pois é um composto ricamente nitrogenado, eficiente na recuperação de terras esgotadas, embora possa obter valor significativamente maior se utilizada como alimento animal (após ser moído e obtido o farelo), aproveitando o alto teor de proteínas; porém este uso não tem sido possível devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos em sua composição e à inexistência de tecnologia viável em nível industrial para seu processamento (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2009; MATOS, 2007).

Como fertilizante é um dos melhores, pois tem elevado conteúdo de nitrogênio, fósforo e cálcio quando comparada a outros adubos orgânicos.

A torta de mamona é um excelente adubo orgânico, podendo ser usado em qualquer cultura e pode ser usada no controle de algumas espécies de nematoides no solo (BELTRÃO, 2002; MATOS, 2007). No entanto, a torta PDS (\*PDS = Processo de produção de biodiesel direto da semente), deve ser evitada, pois poderá ocorrer diminuição de produtividade devido aos significativos teores de  $\text{Na}^+$  na torta, em decorrência da utilização do catalisador NaOH no processo de produção do biodiesel (SILVA *et al.*, 2012).

A mineralização de torta de mamona e esterco bovino foram estimados pela respiração microbiana em experimento realizado por Severino *et al.* (2004b) que verificaram que o solo que recebeu adição de torta de mamona apresentou atividade microbiana muito maior que o solo que recebeu esterco bovino; na torta de mamona, a mineralização ocorreu de forma mais intensa e seus nutrientes foram liberados e rapidamente disponibilizados às plantas, logo após sua adição ao solo como adubo orgânico; no entanto, a liberação dos nutrientes não é tão rápida quanto à dos fertilizantes químicos.

Em experimento com gergelim em vasos e adubados com torta de mamona Santos *et al.* (2010) observaram efeito significativo de cultivar (CNPA G3 e BRS 196) e doses de adubação para a variável número de frutos. Já, para a variável massa dos frutos, houve efeito apenas das doses de adubação. Em relação à massa de cem sementes, não houve influência significativa dos fatores avaliados. As interações entre os fatores cultivares e doses de adubação, não tiveram influência sobre altura de inserção do primeiro fruto, número de frutos, massa de frutos e massa de cem sementes, indicando que eles agiram independentemente sobre estas variáveis.

A cultura do gergelim responde positivamente à adubação com torta de mamona, até a dose de 4 t/ha; já os tratamentos com NPK não promoveram diferenças nos componentes de produção estudados, podendo-se assim dizer, que a fertilização orgânica foi capaz de atender

a demanda das cultivares de gergelim por nutrientes, de forma menos dispendiosa e ambientalmente aceitável (SANTOS *et al.*, 2010).

A produtividade do girassol responde positivamente a adubação com torta de mamona em substituição total e parcial a fertilização química nitrogenada recomendada para a cultura; no entanto, doses superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> interferiram negativamente na produtividade (GÓES, 2010).

#### **2.5.1.2. Torta de algodão**

Durante a segunda guerra mundial, tendo cessado quase por completo no Brasil, a exportação de torta de algodão, os preços deste produto caíram enormemente, possibilitando seu emprego como adubo. Ao mesmo tempo, a importação de cloreto e sulfato de potássio tornou-se difícil. Por esses motivos, a partir de 1943-44 foram conduzidos vários ensaios empregando-se, separadamente ou combinados: torta de algodão, farinha de ossos e cinzas de café (VIÉGAS; FREIRE, 1956).

O potencial de fornecimento de nutrientes da torta de algodão, em kg/tonelada, chega a 45; 22; 7 e 6 de N, P, K e cálcio, respectivamente (SEVERINO *et al.*, 2006).

#### **2.5.1.3. Esterco bovino**

A utilização de esterco bovino e outros compostos orgânicos na região semiárida são a alternativa mais barata para melhoria das características físicas e químicas dos solos da região (PEREIRA *et al.*, 2002), constituindo-se em um dos principais adubos empregados pelos agricultores, pela disponibilidade na maioria das propriedades agrícolas e custo de aquisição relativamente baixo e em alguns casos, é a única utilizada para fertilização de culturas (GALVÃO *et al.*, 2008).

O potencial de fornecimento de nutrientes do esterco bovino, em kg/tonelada, chega a 8; 9; 3 e 3 de N, P, K e cálcio, respectivamente (SEVERINO *et al.*, 2006).

Há diferentes maneiras de utilizar o esterco e são as condições e a realidade de cada propriedade, solo e forma de cultivo que irão determinar qual a mais adequada a cada caso. Os esterco bovinos estão entre os mais ricos em fibras e ajudam a desenvolver organismos que são antagonistas de fungos causadores de doença de solo. Um bovino produz cerca de 15 t de esterco fresco por ano, o que corresponde a aproximadamente a 78 kg de N (nitrogênio),

20 kg de P (fósforo), 93 kg de K (potássio) e 35 kg de Ca (cálcio) + Mg (magnésio) (WEINÄRTNER *et al.*, 2006).

Em experimento realizado com a cultura de gergelim, cultivar BRS seda, Magalhães *et al.* (2010) verificaram que o número de sementes por cápsula apresentou diferença estatística entre os tratamentos, com tendência de aumento à medida que se aumentaram as doses de esterco bovino, sendo que o maior valor foi verificado com a dose de 40 t ha<sup>-1</sup>.

Em condições de sequeiro no Seridó paraibano, Pereira *et al.* (2002) estudando o efeito de adubação orgânica no gergelim, cultivar CNPA G3, verificaram que o número de frutos/planta foi influenciado pelas doses de adubação orgânica com valor máximo de 55 frutos/planta na dose de 28 t de esterco bovino/ha, apresentando melhor resposta na menor disponibilidade hídrica de solo; já o maior rendimento em grãos equivalente a 487 kg/ha, foi observado na dose de 10 t de esterco bovino/ha.

#### **2.5.1.4. Esterco caprino**

O esterco caprino é considerado um dos adubos mais ativos e concentrados. Estima-se que 250 kg de esterco de caprino produzam o mesmo efeito que 500 kg de esterco de bovino. É valioso na adubação, sendo recomendado como excelente para as plantas oleaginosas (ALVES; PINHEIRO, 2008).

Os teores de nutrientes no esterco podem variar com o nível de decomposição do material, a alimentação, o sistema de manejo, a idade do animal (elevação dos teores com a idade), entre outros fatores (ORRICO *et al.*, 2007). O potencial de fornecimento de nutrientes do esterco caprino, em kg/tonelada, chega a 18; 15; 27 e 2 de N, P, K e cálcio, respectivamente (HARUNA; ABIMIKU, 2012).

Um caprino adulto produz, em média, 600 kg de esterco/ano. Este esterco contém um valor fertilizante equivalente a 36 kg de NaNO<sub>3</sub>, 22 kg de superfosfato e 10 kg de KCl, além do aporte de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) oriundos da urina. Os ovinos podem chegar a produzir até 1.500 kg de esterco/ano (ALVES; PINHEIRO, 2008).

No Nordeste brasileiro, maior produtor de caprinos do Brasil, esse tipo de esterco pode ser uma alternativa para o suprimento de N, P e K nos solos da região.

### 2.5.2. Adubação mineral

A adubação mineral tem contribuído para melhorar o desempenho das culturas, culminando com a elevação de suas produtividades. Entretanto, no caso de agricultura de sequeiro, os rendimentos almejados com essa prática podem não ser alcançados, em face da variação na quantidade de água precipitada ou na quantidade de água armazenada no solo, dificultando a absorção dos nutrientes aplicados ao solo pelas plantas. Diferentes espécies diferem em suas necessidades de nutrientes e em suas respostas aos fertilizantes. A planta de gergelim necessita de 50 kg/ha de N, de 14 kg/ha de  $P_2O_5$  e de 60 kg/ha de  $K_2O$  para produzir 1.000 kg/ha de sementes. Arrancar a cultura implica a saída de quase 97% dos nutrientes extraídos, do solo, pelas plantas. Isso empobrece o solo. Para garantir a produtividade de plantios posteriores, essas quantidades de nutrientes precisam ser repostas pela adubação (ARRIEL, 2007). Beltrão *et al.* (1989), em pesquisa realizada em LUVISSOLO, pobre em nitrogênio e fósforo, verificaram efeito significativo sobre a produtividade do gergelim, número e altura da primeira cápsula por plantas, com a adubação de nitrogênio e fósforo nas quantidades de 30 e 60 kg/ha, respectivamente.

Segundo Malavolta (1980), o K é o segundo macronutriente mais exigido pelas plantas, superado somente pelo N, mesmo não sendo encontrado nos solos em teores tão limitantes quanto o P. Cerca de meia centena de enzimas são ativadas pelo K, daí sua participação em diversas fases do metabolismo: reações de fosforilação, síntese de carboidratos, respiração e síntese de proteínas. Além disso, o nível de potássio nas células-guardas regula a abertura e o fechamento dos estômatos.

#### 2.5.2.1. Adubação nitrogenada

O nitrogênio é o motor de crescimento da planta, representando de 1 a 4 % da matéria seca da planta; sendo absorvido do solo sob a forma de nitrato ( $NO_3^-$ ) ou de amônio ( $NH_4^+$ ). Na planta, combina-se com outros compostos produzidos pelo metabolismo de hidratos de carbono para formar aminoácidos e proteínas. Sendo o constituinte essencial de proteínas, ele está envolvido em todos os grandes processos de desenvolvimento da planta e produtividade. A disponibilidade de nitrogênio para a planta também é importante para a absorção de outros nutrientes (FAO, 2000). A planta absorve a maior parte do N nos primeiros estádios e deixa armazenada em seus tecidos de crescimento (MALAVOLTA, 1989).

Para Beltrão *et al.* (2001), na cultura do gergelim os nutrientes com maiores concentrações são o nitrogênio e o potássio. No tocante a aplicação de fertilizantes, o nitrogênio deve ser parcelado, sendo o mínimo usado em fundação, até 20% do total, e o restante em cobertura.

#### **2.5.2.1.1. Sulfato de amônio**

O sulfato de amônio,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , não é tão concentrado como ureia. No entanto, contém, além de 21% de N, 23% de enxofre, um nutriente vegetal que é de importância crescente, sendo utilizado de preferência em culturas irrigadas e onde o enxofre deve ser aplicado. Uma das características deste fertilizante é a alta solubilidade em água. Adubos amoniacais dentre os quais o sulfato de amônio tem reação ácida, devido à nitrificação que ocorre no solo (CAMPOS, 2004). Muito pouco nitrogênio é perdido por volatilização de  $\text{NH}_3$  do sulfato de amônio aplicado na superfície em solos ácidos ( $\text{pH} < 6,0$ ) (ANJOS; TEDESCO, 1976).

Segundo Vale *et al.* (1995), o sulfato de amônio é obtido pela reação da amônia com ácido sulfúrico, mas também pode ter origem como subproduto da indústria de carvão mineral e da indústria têxtil ou da reação do gesso com o carbonato de amônio. A conversão deste adubo para nitrato também gera acidez, na proporção de 2 mols de  $\text{H}^+$  para cada mol de N- $\text{NH}_4^+$ .

O sulfato de amônio fornece enxofre que é um dos elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento de plantas. Grandes áreas do planeta apresentam solos com deficiência de enxofre (S), especialmente os mais intemperizados, como os Latossolos (Oxisols) e Argissolos (Ultisols). Entretanto, sua deficiência no cultivo das plantas somente manifestou-se, quando se procurou obter elevadas produtividades com o uso de corretivos e fertilizantes. O enxofre ocorre no solo em formas orgânicas e inorgânicas. A participação dessas duas formas varia de acordo com as condições do solo, tais como: pH, drenagem, composição mineralógica, teor de matéria orgânica, quantidade e qualidade de resíduos orgânicos incorporados e profundidade no perfil do solo (ALVAREZ V. *et al.*, 2007).

O íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é a forma na solução do solo absorvida pelas plantas. A disponibilidade de S, entretanto, depende dos processos de adsorção/dessorção, mineralização/imobilização, efeitos influenciados pelas raízes das plantas, lixiviação, entre outros. O manejo da disponibilidade de S em solos agrícolas é complexo pelos diferentes

equilíbrios e processos que o envolvem no solo e na atmosfera. Em razão desses processos, o  $\text{SO}_4^{2-}$  poderá encontrar-se no solo em diferentes graus de disponibilidades para as plantas. Doses relativamente baixas de S são suficientes para manter bom equilíbrio nutricional com N e P no crescimento das culturas. As principais fontes de S para o solo são os minerais primários, sobretudo o sulfeto de ferro e o gesso, a deposição atmosférica seca (poeira) ou úmida (chuvas), os resíduos vegetais e animais, e os pesticidas e fertilizantes. Em solos bem drenados, praticamente todo o S-inorgânico encontra-se na forma de  $\text{SO}_4^{2-}$ , na solução do solo ou adsorvido às partículas de argila ou em complexos organominerais (ALVAREZ V. *et al.*, 2007).

### **2.5.2.2. Adubação fosfatada**

O fósforo (P) representa de 0,1 a 0,4% da matéria seca da planta e, desempenha um papel fundamental na transferência de energia. Assim, é essencial para a fotossíntese e outros processos químico-fisiológicos como a diferenciação celular e o desenvolvimento dos tecidos, responsáveis pelo crescimento da planta. O P é deficiente na maioria dos solos naturais ou agrícolas, ou tem sua disponibilidade limitada pela fixação (FAO, 2000).

O P é o grande responsável pelo processo de divisão das células, é um dos agentes direto da formação da clorofila e ainda aumenta o desenvolvimento radicular propiciando à planta maior capacidade de absorver os elementos férteis do solo. Age diretamente na qualidade dos frutos e faz a maturação das sementes (REIS *et al.*, 1993).

#### **2.5.2.2.1. Superfosfato simples**

Fertilizantes simples são constituídos, fundamentalmente, de um composto químico, contendo um ou mais nutrientes, quer sejam macro ou micronutrientes, ou ambos. Como exemplo: o superfosfato simples  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ , que tem o P como nutriente principal, ou seja, teor de 18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 18-20% de Ca e de 11-12% de enxofre (S) (ALCARDE, 2007).

## 2.6. Produção e produtividade

Apesar de gergelim possuir boa tolerância à seca em comparação com muitas outras culturas (PERIN *et al.*, 2010), é particularmente suscetível a danos causados pela seca durante a fase de plântula (muda) e início da floração (KIM *et al.*, 2007); no entanto, apesar do alto potencial produtivo e facilidade de cultivo (PERIN *et al.*, 2010) a produção tem sido baixa, pela suscetibilidade a pragas e doenças, problema de acamamento (MENZIR, 2012; WERE *et al.*, 2006), baixo índice de colheita de sementes e concorrência com outras oleaginosas, como o girassol (WERE *et al.*, 2006).

Na cultura do gergelim pode se alcançar teor de óleo superior a 1.500 kg de óleo/ha, equivalente a 1.639 ou 1.625 L de óleo, pois a densidade pode variar de 0,915 a 0,923 g dm<sup>-3</sup>; e, produtividade também superior a mais de 3.000 kg/ha de sementes como descrito por Beltrão *et al.* (2001a). No entanto, a produtividade pode ser reduzida por efeitos diretos ou indiretos das chuvas intensas, que aumentam a incidência de doenças fúngicas, e/ou chuvas excessivas, que podem reduzir a produtividade do gergelim em solos argilosos com coloides dos tipos 2:1, expansivos, tipo montmorilonita e mesmo naqueles com argila do tipo 1:1, caulínica, com baixa taxa de infiltração de água (WEISS, 1983).

Na Venezuela produtividades acima de 1 mil kg/ha de grãos em regiões secas e em épocas sem nenhuma precipitação, aproveitando a umidade existente no solo decorrentes de chuvas anteriores, torna seu cultivo potencialmente recomendado para as áreas semiáridas do Nordeste Brasileiro, onde se obtêm altos rendimentos de grãos e baixas incidências de doenças foliares; já o fotoperíodo é um fator preponderante na produção devido ao seu efeito sobre o florescimento das plantas (AMORIM NETO *et al.*, 2001).

Em relação à altitude, embora se afirme que o gergelim pode ser explorado em altas altitudes, cerca de 2000 m, a maioria das cultivares desenvolve-se melhor em altitudes de 500 a 800 metros acima do nível do mar (MENZIR, 2012), e produzem bem em até 1.250 m acima do nível do mar, no Nordeste Brasileiro seu cultivo é recomendado em altitudes médias de 250 m, temperaturas entre 25°C e 27°C e índice de pluviosidade de 400 a 650 mm (AMORIM NETO *et al.*, 2001).

Em função da maioria das cultivares de gergelim possuírem frutos deiscentes, identificar o momento ideal da colheita é fator determinante na produção, exigindo planejamento adequado da melhor época de colheita, ponto ótimo de maturação (mudança de cor de amarelo para marrom), para eliminar perdas de produção, antecipação ou retardamento do

corte por cerca de uma semana em relação ao ponto ótimo poderá causar perdas da ordem de 30% na produção (ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

Estudos com diferentes configurações de plantio de gergelim encontraram maior número de frutos por planta nos maiores espaçamentos. Este fato pode ser explicado pela menor competição intraespecífica registrada em configurações onde as plantas ficam mais espaçadas (TAHIR *et al.*, 2012).

Em condições de sequeiro, estudos realizados com a variedade CNPA G3, Barreto *et al.* (2000) identificaram o espaçamento de 0,30m entre plantas na fileira como o mais indicado, em função da maior facilidade de condução da cultura no campo. Em condições semelhantes, Marques (2012) trabalhando com a cultivar BRS Seda em solo do município de Patos - PB, também verificou que o maior espaçamento, 0,20 x 0,90 m, proporcionou maior produção de biomassa seca, área foliar e número de cápsulas; no entanto, constatou que as adubações, orgânicas e/ou química, utilizadas não influenciaram no crescimento e produtividade da cultura do gergelim, apesar de promoverem incrementos de algumas variáveis analisadas quando comparadas ao tratamento adicional (testemunha).

## 2.7. Óleo de gergelim

Os óleos e as gorduras são compostos de estrutura orgânica formados na sua maioria pela união de três ácidos graxos e um poliálcool chamado glicerol, formando uma estrutura conhecida como triglicerídeo. Portanto, tanto os óleos como as gorduras são misturas de triglicerídeos de diferentes composições em ácidos graxos (BUTOLO, 2001).

Os óleos são substâncias cujo ponto de fusão situa-se abaixo de 20°C, ou seja, são líquidos a temperatura ambiente. O óleo vegetal é extraído, na maioria das vezes, das sementes ou grãos dos vegetais conhecidos como oleaginosos, e, quando destinados ao consumo humano, os óleos são submetidos a um processo de refino cuja finalidade é melhorar sua aparência, sabor, odor e estabilidade por remoção de alguns componentes como: ácidos graxos livres, proteínas, corantes naturais, umidade e compostos voláteis e inorgânicos (MORETTO; FEET, 1998).

Nos últimos anos o mercado mundial de óleos vegetais tem se caracterizado pelo crescimento acentuado da demanda em relação à oferta, tendência que deverá manter-se nos próximos anos; e, as sementes de gergelim apresentam alto teor de óleo, chegando a representar de 44 a 58% da semente (CORSO, 2008), enquanto, para Were *et al.* (2006) os

teores de óleo variam de 35 a 63%. Cultivo de gergelim na Venezuela, em locais com temperatura ambiente entre 28°C e 29°C alcançou teor de óleo igual a 58,77% como descrito por Beltrão *et al.* (2001a).

O óleo de gergelim possui grande resistência à rancificação devido a antioxidantes únicos não encontradas em outros óleos comestíveis (BOUREIMA *et al.*, 2012), tais como, a presença de compostos fenólicos como o sesamol ( $\text{CH}_2\text{O}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}$ ) e tocoferóis (CORSO, 2008; WERE *et al.*, 2006); também é rico em ácidos graxos insaturados, como o oleico que possui uma dupla ligação química e o linoleico duas, que em conjunto, representam mais de 85% do teor de óleo contido nas sementes (BELTRÃO *et al.*, 2001a).

Os teores de ácidos graxos insaturados presentes no referido óleo são maiores em cultivares de regiões temperadas do que nas regiões tropicais, o que resulta no fato de que cada genótipo mostra uma composição diferente (CITIL *et al.*, 2011).

A constituição química dos óleos vegetais apresentam os triglicerídeos como os principais componentes (95-98%), seguido de uma composição (2-5%) quali e quantitativamente diversificada (hidrocarbonetos, ceras, álcoois, componentes fenólicos voláteis, fosfolipídios, pigmentos, tocoferóis, tocotrienóis e ácidos triterpênicos); no entanto, podem ocorrer variações intra e interespecífica na composição química em função de condições climáticas e agrônômicas, qualidade da matéria prima, método de extração, procedimentos de refino e finalmente durante a estocagem do óleo, devido a reações de hidrólise, esterificação e oxidação (CORSO, 2008).

Em estudo desenvolvido para determinar a composição química, estimar o conteúdo de compostos fenólicos e avaliar a capacidade antioxidante de grãos integrais de gergelim (*Sesamum indicum* L.) creme e preto, Silva *et al.* (2011) verificaram que o gergelim creme apresenta maior teor de lipídios, carboidratos, fibra alimentar solúvel e valor calórico, enquanto o gergelim preto apresenta maior teor de fibra alimentar insolúvel e total, teores mais elevados de compostos fenólicos solúveis e fitatos, além de maior potencial funcional relacionado à atividade antioxidante; no entanto, tanto o gergelim creme como o preto, apresentam compostos com capacidade de sequestrar radicais livres e constituem fonte de antioxidantes naturais, sendo que a capacidade antioxidante do gergelim preto é significativamente maior.

O óleo de gergelim é sucedâneo do óleo de oliva, é pouco alterável pelo ar, é fluido, amarelo a claro dourado, cor âmbar escuro a transparente, sabor de amêndoas característico, aromático, doce, agradável com odor pouco pronunciado e quase inodoro; sendo apreciado

para diversas finalidades na culinária e, até preferido ao óleo de oliva por muito consumidores nas saladas e maioneses (MORETTO; FEET, 1998).

## **2.7.1. Estimativa da qualidade do óleo de gergelim**

### **2.7.1.1. Índice de acidez (%)**

O índice de acidez é definido como a massa de hidróxido de potássio (KOH), em mg, necessário para neutralizar um grama de amostra (mg KOH/g). É um importante parâmetro utilizado para medir o grau de degradação dos óleos e gorduras, pois eventos hidrolíticos, oxidativos ou térmicos, alteram consideravelmente a concentração de íons hidrogênios e liberação de ácidos graxos livres (AGL), aumentando assim a acidez do óleo (MENDONÇA *et al.*, 2008). De modo geral, os óleos com tonalidades mais escuras apresentaram maior índice de acidez. Óleo refinado e bruto deve apresentar, respectivamente, de 0,2-0,3 % e máximo de 2,0 %. Na cultura do gergelim, o valor máximo a ser atingido pelo índice de acidez do óleo bruto deve ser 2 % (ANVISA, 1999).

O alto teor de acidez de um óleo bruto aumenta a perda da neutralização, sendo também indicador de sementes de baixa qualidade, de manuseio e armazenamento impróprios ou de um processamento insatisfatório (ANGELUCCI *et al.*, 1987).

### **2.7.1.2. Índice de peróxido (meq/Kg)**

Denomina-se índice de peróxidos aos miliequivalentes de oxigênio ativo contidos em um quilograma de óleo, calculados a partir do iodo liberado do iodeto de potássio (DAMY; JORGE, 2003).

Devido a sua ação oxidante, os peróxidos orgânicos, formados no início da rancificação, atuam sobre o iodeto de potássio liberando iodo que será titulado com tiosulfato de sódio, em presença de amido como indicador; este método determina todas as substâncias, em termos de miliequivalentes ou moles de peróxido por 1000 g de amostra, que oxidam o iodeto de potássio. E, essas substâncias são geralmente consideradas como peróxidos ou outros produtos similares resultantes da oxidação de gorduras (MENDONÇA *et al.*, 2008).

Quando o índice de peróxidos atinge valores acima de 15 meq/kg pode ser um indicativo de degradação do óleo (JORGE *et al.*, 2005). Na cultura do gergelim, o valor máximo a ser atingido pelo índice de peróxidos deve ser 10 meq/kg (ANVISA, 1999).

### **2.7.1.3. Índice de saponificação (mg KOH/g)**

O índice de saponificação corresponde ao número que representa a massa (em miligramas) de hidróxido de potássio (KOH) necessária para saponificar 1,0 g de óleo ou gordura. Quanto menor a massa molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação, grosseiramente; para as gorduras vegetais, quanto mais altos os índices de saponificação mais se prestam para fins alimentares (MORETTO; FEET, 1998). Para o gergelim, o valor ideal deste índice deve oscilar em torno de 187 a 195 mg KOH/g (ANVISA, 1999).

### **2.7.1.4. Teor de umidade (%)**

Geralmente a umidade representa a água contida no alimento, que pode ser classificada em: umidade de superfície, que se refere à água livre ou presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada, e umidade adsorvida, referente à água ligada, encontrada no interior do alimento, sem combinar-se quimicamente com o mesmo. A umidade corresponde à perda em massa sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida (ZENEBAON *et al.*, 2008).

Quanto ao teor de umidade padrão de qualidade para sementes de gergelim deve ser menor igual a 5% (SESAME DEHULLING MACHINE, 2014).

## **2.8. Crescimento absoluto e relativo de plantas**

As medidas obtidas ao longo do ciclo da cultura, em plantas intactas ou colhidas, são tabeladas de forma que possam ser analisadas por meio de fórmulas matemáticas e, ou, graficamente. Para tanto, podem ser utilizadas várias funções, equações ou programas. A utilização de equações de regressão não só corrige as oscilações normais, como permite avaliar a tendência do crescimento em função dos tratamentos (BENINCASA, 2004).

### **2.8.1. Taxa de crescimento absoluto (TCA)**

Para Reis e Muller (1978), taxa de crescimento absoluto é a variação ou incremento entre duas amostras ao longo de um determinado período de tempo. É uma medida que pode

ser usada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.  $TCA = (W2-W1)/(T2-T1) = g \text{ dia}^{-1}$  ou semana. Onde, W1 e W2 são as variações da massa da matéria seca, ou da altura de planta, ou do diâmetro do caule em duas amostras consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2. Indica a variação de crescimento em um determinado intervalo de tempo; ou um incremento de matéria seca, altura ou diâmetro neste intervalo de tempo.

Segundo Benincasa (2004), a TCA indica variação ou incremento entre duas amostragens sucessivas, isto é, indica a velocidade de crescimento ( $g \text{ dia}^{-1}$  ou semana). A TCA pode ser usada para se ter uma idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

### **2.8.2. Taxa de crescimento relativo (TCR)**

É mais adequado expressar a taxa de crescimento segundo uma base comum, que é o próprio peso da planta. Neste caso, trata-se da taxa de crescimento relativo:  $TCR = dW/(dT \times 1/W)$ , onde: W = base em que se relaciona a TCA. Esta medida foi estabelecida por Briggs (1920). É apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material acumulado gradativamente. A TCR expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo (REIS; MULLER, 1978). Para valores médios, usa-se:  $TCR = (\ln W2 - \ln W1) / (T2 - T1) = g \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Onde ln é o logaritmo neperiano; W1 e W2 representam a massa da matéria seca nos tempos T1 e T2. Em trabalhos onde se faz necessário o cálculo dos valores instantâneos, deve-se aplicar a fórmula:  $R = C t / W t$ , onde: C t = Taxa de produção de matéria seca total e W t = massa da matéria seca total. Assim, o crescimento relativo corresponde ao ganho de matéria seca em intervalo de tempo compreendido entre duas observações sob a matéria seca pré-existente na primeira coleta de dados.

### **2.9. Análise estatística multivariada**

A denominação “análise multivariada” corresponde a um conjunto de métodos e técnicas que analisam simultaneamente todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados.

### 2.9.1. Análise dos componentes principais (ACP)

Esse método permite a redução do número de variáveis avaliadas e pode ser usado para julgar a importância das próprias variáveis originais escolhidas, ou seja, aquelas que apresentam maior peso e são mais importantes do ponto de vista estatístico (HÄRDLE; SIMAR, 2007).

Análise de componentes principais (PC) é um método que pode ser utilizado para identificar padrões de um conjunto de dados e para eliminar redundâncias quando dados univariados e multicollineares estão envolvidos. Análise PC reestrutura essencialmente conjuntos de dados contendo muitas variáveis correlacionadas em conjuntos menores de componentes das variáveis originais. Cada conjunto é não correlacionado com qualquer outro, mas os componentes dentro dos conjuntos estão relacionados. As combinações resultantes podem sugerir um significado biológico para o agrupamento de variáveis ou os seus componentes. Além disso, novos valores podem ser atribuídos a cada conjunto ortogonal, e estes geralmente podem substituir diversas variáveis originais correlacionadas em procedimentos estatísticos univariados (IEZZONI; PRITTS, 1991).

Em experimento que envolve um grande número de variáveis, às vezes, um pequeno número destas variáveis contém informações relevantes, enquanto a maioria das variáveis adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados. A decisão sobre quais variáveis são mais importantes deve ser feita através de critérios objetivos contendo maior informação estatística, o que pode ser realizado através da análise de componentes principais (ACP) e de agrupamento (AA). A ACP consiste em reescrever os dados originais das amostras em outro sistema mais conveniente para a análise de dados. Em outras palavras, as  $n$ -variáveis originais geram, através de suas combinações lineares,  $n$ -componentes principais, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que são obtidos em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante (MOITA NETO; MOITA, 1998).

Com a análise de PC, muitas variáveis são examinadas simultaneamente e uma equação de transformação é extraída, que representa um eixo principal que contém o máximo de variação (ou dimensionalidade) a partir dos dados originais definidos quanto possível. O eixo maior ou o vetor é geralmente chamado de componente principal 1 (PC1), e eixos ortogonais subsequentes são numeradas sequencialmente (PC2, PC3, ... PCN).

Cada eixo de PC é definido em termos de uma relação de transformação linear dos escores das variáveis originais. Os coeficientes de cada equação da transformação formam um conjunto de vetores próprios, e a variância total representada por cada equação é chamado de valor próprio (eigenvalue). A soma dos valores próprios será igual ao número de variáveis originais com cada PC representando progressivamente uma menor percentagem de variância remanescente (IEZZONI; PRITTS, 1991).

Na interpretação da análise, não há regras para fazer esta determinação, ao contrário de estatísticas univariadas, por isso o bom senso deve ser usado. Dois critérios são utilizados para avaliar se um PC é significativo. O primeiro requer um exame do valor próprio. Se este número é  $> 1,0$ , então, teoricamente, o correspondente PC tem inerentemente mais informações do que faria com qualquer variável isoladamente. Todos os PCs com um eigenvalue  $> 1,0$ , então, seria assunto à interpretação (IEZZONI; PRITTS, 1991).

Iezzoni e Pritts (1991) descrevem, como exemplo, que a análise de PC foi capaz de separar 21 características fisiológicas e químicas de frutas de cereja em um intervalo de datas de colheita, em frutas verde e madura, e os frutos maduros foram caracterizados por ter um pH baixo e máximo peso, acidez titulável e conteúdo de fenóis totais.

Os caracteres com maiores valores (eigenvetores) absolutos e mais próximo da unidade influência o componente do grupo mais do que aqueles com menores valores absolutos e mais próximo de zero (CHAHAL; GOSAL, 2002). Os autovetores representam o peso de cada característica, em cada componente, e variam de -1 a +1, valores  $\geq 0,50$  são considerados altamente significativos (SANTI *et al.*, 2012). Os valores dos autovetores considerados (em negrito) são obtidos pela multiplicação do maior autovalor dos componentes principais por 0,7 (critério arbitrário). Todo valor que for igual ou superior, em módulo, ao resultado da multiplicação, faz parte do referido componente principal.

### **2.9.2. Uso da análise de componentes principais em experimentos agrícolas**

Em muitos experimentos agrícolas, fatores tais como qualidade de produtos é determinada medindo vários e diferentes atributos. Isto é lógico, já que nenhuma dessas medidas (variáveis) sozinha vai expressar adequadamente a qualidade global do produto. No entanto, se P variáveis são medidas para cada observação, em seguida, são necessários p análise estatística univariada separadas. Estas análises aplicam-se apenas aos componentes individuais do fator, não para o próprio fator. Além disso, essas variáveis geralmente são

altamente relacionadas entre si desde sistemas biológicos, sendo complexos e altamente integrados, contêm um grande número componentes de interações que são interrelacionados. Conseqüentemente, essas variáveis não devem ser tratados como componentes independentes do fator em questão em análises estatísticas. Um método que poderia reestruturar os dados, de modo que um fator em geral, tais como qualidade do produto, tal como medido por h variáveis correlacionadas, podem ser expressas em termos de  $n < p$  variáveis não correlacionadas seria altamente desejável. Tal método é a análise de componente principal (BROSCHAT, 1979).

Na década de 1970, T. K. BROSCHAT, professor do Departamento de Horticultura, do Centro de Desenvolvimento em Pesquisa Agrícola de Ohio foi pioneiro em aplicar o método de análise de componente principal em experimento agrícola. Em um de seus experimentos, foram utilizados crisântemos padrão de corte broto para avaliar o efeito de diferentes níveis de sacarose e 8-hidroxiquinolina citrato (8-HQC) sobre a qualidade e vida pós-colheita de flores. As variáveis medidas foram peso fresco inicial, peso fresco e seco no final de vida pós-colheita, diâmetro de flor, altura de flor e vida pós-colheita. Uma vez que os dados originais, tratamentos: percentual de sacarose/ppm de 8-HQC. T1- 0/0; T2-0/200; T3-0/400; T4-2/0; T5-2/200; T6-2/400; T7-4/0; T8-4/200; T9-4/400, foram repetidos, eles poderão ser analisados por ANOVA de 6 separado para determinar os efeitos dos diferentes tratamentos sobre cada uma das seis variáveis medidas. Os resultados dessa análise mostram que existem diferenças significativas entre os tratamentos para peso fresco e peso final seco e vida pós-colheita. Uma simples MANOVA (análise multivariada da variância) também pode ser usada para determinar os efeitos dos tratamentos sobre todas as seis variáveis combinadas. Tal análise mostra que existem diferenças entre os dois tratamentos, mas de maneira nenhuma indica como cada um dos tratamentos se refere aos vários componentes de qualidade. A análise de componente principal, no entanto, permite a ordenação dos tratamentos de acordo com os seus valores em cada um dos componentes inerentes aos dados. Neste experimento os componentes principais 1 e 2 explicaram 88,2 da variância.

### **2.9.3. Análise de agrupamento (AA)**

Na análise de agrupamentos (*cluster analysis*) a similaridade entre duas amostras pode ser expressa como uma função da distância entre os dois pontos representativos destas amostras no espaço n-dimensional. A técnica de agrupamento interliga as amostras por suas associações, produzindo um gráfico denominado dendrograma onde as amostras semelhantes,

segundo as variáveis escolhidas, são agrupadas entre si. A suposição básica de sua interpretação é que, quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras. Os dendrogramas são especialmente úteis na visualização de semelhanças entre amostras (MOITA NETO; MOITA, 1998).

Trata-se de uma análise que identifica grupos em objetos de dados multivariados. O objetivo é formar grupos com propriedades homogêneas de amostras heterogêneas grandes. Devem-se buscar grupos mais homogêneos possíveis e que as diferenças entre os eles sejam as maiores possíveis. A análise é realizada com base na similaridade ou dissimilaridade entre as variáveis a serem analisadas. Sendo assim, estas serão agrupadas por apresentarem características similares de acordo com algum critério de classificação. Naturalmente, o agrupamento por semelhança gera grupos com elementos homogêneos entre si, enquanto os demais grupos devem ser os mais desiguais possíveis (POERSCHKE, 2014). Assim, quanto mais próximos estão os elementos de um grupo, mais homogêneos eles serão (HÄRDLE; SIMAR, 2007).

### 3. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. A.; BELTRÃO, N. E. de M.; LUCENA, A. M. A.; OLIVEIRA, M. I. P.; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: Beltrão, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Eds.). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão manso e sisal**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
- ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.
- ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. de F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.
- ALVES, F. S. F.; PINHEIRO, R. R. **O esterco caprino e ovino como fonte de renda**. Brasília: Embrapa, 2008. Disponível em: <<http://www.fmvz.unesp.br/informativos/ovinos/utilid30.html>> Acesso em: 10 jan. 2013.
- AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e Solo. In: **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília, 2001. Embrapa Algodão, Campina Grande. p.93-105.
- ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L. R.; CARVALHO, N. R. P.; FIGUEIREDO, B. I.; MANTOVANI, B. M. D.; MORAES, M. R. **Análise química de alimentos**: Campinas, 1987. 123p. (Manual Técnico).
- ANJOS, J. T.; TEDESCO, M. J. Volatilização da amônia proveniente de dois fertilizantes nitrogenados aplicados em solos cultivados. **Científica**, Jaboticabal, v.4, n.1, p.49-55, 1976.
- ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999, Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p.82-87, 1999.
- ARRIEL, N. H. C.; GONDIM, T. M. de S.; FIRMINO, P. de T.; N. H. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, F. P. de. Cultivares. In: ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIRMINO P. T. (Eds.). **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.193-209. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- ARRIEL, N. H. C.; SILVA, F. K. G. da; PINTO, S. M.; ARAÚJO, B. F.; DINIZ, A. L.; COUTINHO, T. de C.; OLIVEIRA, E. S. **Caracterização morfo-agronômica de gergelim, cultivar BRS 196, submetido ao agente químico alquilante EMS**. Embrapa Algodão, Campina Grande, 2007. 4p. (Comunicado Técnico 338).
- ARRIEL, N. H. C.; FREIRE, E. C.; ANDRADE, F. P. de. Melhoramento Genético. In: **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001. 348 p.

ATTIBAYÉBA; ELIE, N-M; SÉRINA, N'K. J; DIANGA, J. G. C.; FRANÇOIS, M-Y. Description of different growth stages of *Sesamum indicum* L. using the extended BBCH scale. **Pakistan Journal of Nutrition**, Brazzaville, v.9, n.3, p.235-239, 2010.

ÁVILA, J. M.; GRATEROL, Y. E. Planting date, row spacing and fertilizer effects on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). **Bioagro**, Viçosa, v.17, n.1, p.35-40, 2005.

BARRETO, R. S.; SOUZA, L. C.; LEAL, F. R. R. Comportamento do gergelim *Sesamum indicum* L. cultivar CNPA G3, em diferentes espaçamentos entre plantas. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.2, p.87-91, 2000.

BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. F.; BENATI, T.; FIRMINO, P. T. Importância econômica e social. In: **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília, 2001. Embrapa Algodão, Campina Grande. p.285-301.

BELTRÃO, N. E. de M. **Torta de mamona (*Ricinus Communis* L.): Fertilizante e alimento**. Campina Grande: EMBRAPA, 2002. 6p. (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Comunicado Técnico, 171).

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de. **Detoxicação e aplicações da torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 35p. (Embrapa Algodão. Documentos, 217).

BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. (Eds.) **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001. 348 p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA J. G. de; AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de. Ecofisiologia e Fisiologia. In: **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001a. 348 p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA J. G. de; PEREIRA, J. R. Fitologia. In: **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001b. 348 p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C; QUEIROGA, V. de P.; VIEIRA, D. J. Preparo do Solo, Adubação e Calagem. In: **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001c. 348 p.

BELTRÃO, N. E. de M; SOUZA, J. G. de; SANTOS, J. W. Consequências da anoxia temporária radicular no metabolismo do gergelim. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.3, p.153-161, 2000.

BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F. **Gergelim cultura no trópico semiárido nordestino**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 52p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 18).

BELTRÃO, N. E. de M.; NÓBREGA, L. B.; SOUZA, J. E. G. **Efeitos da adubação, configuração de plantio e cultivares na cultura do gergelim no nordeste do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1989. 23p. (Boletim de Pesquisa, 21).

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas** (noções básicas). Jaboticabal. FUNEP. 2004. 42p.

BOUREIMA, S., OUKARROUMB, A., DIOUFA, M., CISSEA, N., DAMME, P. V. Screening for drought tolerance in mutant germplasm of sesame (*Sesamum indicum* L.) probing by chlorophyll a fluorescence. **Environmental and Experimental Botany**, Elsevier/Rio de Janeiro, v.81, setembro, p.37-43, 2012.

BRIGGS, G. E.; KIDD, F. A.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. **Annals of Applied Biology**, Hoboken, v.7, n.1, p.103-123, 1920.

BROCHAT, T. K. Principal component analysis in horticultural research. **Hortscience**, Alexandria, v.14, n.2, p.114-117, 1979.

BUTOLO, J. E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal. 2001, Campinas-SP. **Anais...** Campinas, CBNA, 2001, p.295-305.

CAMPOS, A. X. de **Fertilização com sulfato de amônio em pré-semeadura e cobertura na cultura do milho em solo de cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. 2004. 111f. Tese (doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHAHAL, G. S.; GOSAL, S. S. **Principles and procedures of plant breeding: biotechnology and conventional approaches**. Narosa Publishing House, New Delhi, 2002. 604p.

CHAKRABORTHY, G. S.; SHARMA, G.; KAUSHIK, K. N. *Sesamum indicum*: A review. **Journal of Herbal Medicine and Toxicology**, Rajasthan, v.2, n.2, p.15-19, 2008.

CITIL, O. B.; TULUKCU, E.; KOCAK, A. A comparative study of the fatty-acid composition of *Sesamum indicum* oil obtained from different provinces in turkey. **Chemistry of Natural Compounds**, Konya, v.47, n.1, p.98-100, 2011.

CORSO, M. P. **Estudo da extração de óleo de sementes de gergelim (*Sesamun indicum* L.) empregando os solventes dióxido de carbono supercrítico e n-propano pressurizado**. 2008. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M.; LIMA, V. L. A.; NUNES JÚNIOR, E. S.; GUIMARÃES, M. M. B.; DAMACENO, F. A. V. Efeito do lixo orgânico e torta de mamona nas características de crescimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.1, p.259-268, 2009.

COSTA, L. C. do B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M. de; BERTOLUCCI, S. K. V.; CORRÊA, R. M.; REIS, É. S.; ALVES, P. B.; NICULAU, E. dos S. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2173-2180, 2008.

DAMY, P. de C.; JORGE, N. Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua. **Brazilian Journal of Food Technology**, Brasília, v.6, n.2, p.251-257, 2003.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Fertilizers and their use**. First published by FAO, Rome, 1965. Fourth edition, revised, published by FAO and IFA- International Fertilizer Industry Association. Rome, 2000. 29p.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization. Food and Agricultural Commodities Production. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>  
Acesso em: 13 mai. 2014.

GALVÃO S. R.; SALCEDO I. H. ; OLIVEIRA F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.99-105, 2008.

GÓES, G. B. de. **Adubação do girassol com torta de mamona da produção de biodiesel direto da semente**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, RN, 2010.

GONÇALVES, N. P.; FARIA, M. A. V. de R.; SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D. Cultura da mamoneira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.28-32, 2005.

HÄRDLE, W.; SIMAR, L. **Applied multivariate statistical analysis**. 2. ed. Berlin: Springer, 2007. Disponível em: <<http://www.stat.wvu.edu/~jharner/courses/stat541/mva.pdf>. > Acesso em: 31 ago. 2014.

HARUNA, I. M.; ABIMIKU, M. S. Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by organic fertilizers in the Southern Guinea Savanna of Nigeria. **Sustainable Agriculture Research**, Toronto, v.1, n.1, p.66-69, 2012.

HASANPOUR, R.; PIRDASHTI, H.; ESMAEILI, M.; ABBASIAN, A. Effect of plantgrowth promoting rhizobacterial (PGPR) and nitrogen on qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, London, v.4, n.11, p.662-665, 2012.

IEZZONI, A. F.; PRITTS, M. P. Applications of principal component analysis to horticultural research. **Hortscience**, Alexandria, v.26, n.4, p.334-338, 1991.

IMOLOAME, E. O.; GWORGWOR, N. A.; JOSHUA, S. D. Sesame (*Sesamum indicum* L.) weed infestation, yield and yield components as influenced by sowing method and seed rate in a Sudan Savanna agro-ecology of Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, Ankara, v.2, n.10, p.528-533, 2007.

JALIYA, M. M.; CHIEZEY, U. F.; TANIMU, B.; ODUNZE, A. C.; OTHMAN, M. K.; BABAJI, B. A.; Sani, B. M.; MANI, H. Effects of nitrogen and sulfur fertilizers on nitrogen content in soil, ear leaf, flag leaf and grain of QPM maize varieties at Samaru Zaria. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.4, n.5, p.217-222, 2012.

JAKUSKO, B. B.; USMAN, B. D. Effects of NPK fertilizer and plant population density on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.). **Research Journal of Agricultural and Environmental Management**, Maitama, v.2, n.5, p.121-126, 2013.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P; LUNARDI, V. M.; MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.6, p.947-951, 2005.

JYOTHI, B.; ANSARI, N. A.; VIJAY, Y.; ANURADHA, G.; SARKAR, A.; SUDHAKAR, R.; SIDDIQ, E. A.. Assessment of resistance to Fusarium wilt disease in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm. **Australasian Plant Pathology**, New York, v.40, n.5, p.471-475, 2011.

KANU, Philip John. Biochemical analysis of black and white Sesame Seeds from China. **American Journal of Biochemistry and Molecular Biology**, New York, v.1, n.2, p.145-157, 2011.

KIM, K. S.; PARK, S. H.; JENKS, M. A. Changes in leaf cuticular waxes of sesame (*Sesamum indicum* L.) plants exposed to water deficit. **Journal of Plant Physiology**, Irvine, v.164, n.9, p.1134-1143, 2007.

LANGHAM, R. Growth and development of sesame. 2008. 44p. Disponível em: <<http://www.sesamegrowers.org/farmer%20phenology%20080506.pdf>> Acesso em: 23 jul. 2014.

LIMA, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. de M. Solo, calagem e adubação. In: ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO P. T. (Eds.). **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.193-209. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. C.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.1-64.

MAGALHÃES, I. D.; COSTA, F. E.; ALVES, G. M. R.; ALMEIDA, A. E. da S.; SILVA, S. D. da; SOARES, C. S. Produção de gergelim orgânico sob condições semiáridas. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4 e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p.749-754.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. ; VITTI, G. C.; MOTTON, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; ROSOLEM, C. A.; NOCITI, P. R. H.; MENDES, J. N.; PARANHOS, S. B.; PICIN, C. R.; MALAVOLTA, M. L. Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. V. Cana de açúcar. SN Boletim Técnico 5. São Paulo. 1989. 50 p.

- MARQUES, L. F. **Crescimento e produtividade do gergelim (*Sesamum indicum* L.) submetido à adubação orgânica e mineral no Semiárido da Paraíba.** 2012. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2012.
- MATOS, E. H. da S. F. **Cultivo da mamona e extração do óleo (Dossiê Técnico).** Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.sbrrt.ibict.br>> Acesso em: 07 dez. 2012.
- MENDONÇA, M. A.; BORGIO, L. A.; ARAÚJO, W. M. C.; NOVAES, M. R. C. G. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Comunicação Ciências Saúde**, Brasília, v.19, n.2, p.115-122, 2008.
- MENZIR, A. Phenotypic variability, divergence analysis and heritability of characters in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. **Nature and Science**, New York, v.10, n.10, p.117-126, 2012.
- MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, São Paulo, v.21, n.4 p.467-469, 1998.
- MORETTO, E.; FEET, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** São Paulo: Varela Editora e Livraria, 1998.
- NATH, R.; CHAKRABORTY, P. K.; CHAKRABORTY, A. Effect of microclimatic parameters at different sowing dates on capsule production of sesame (*Sesamum indicum* L.). In: A tropical humid region. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Universitat Pompeu Fabra, v.184, n.4, p.247-252, 2000.
- NZIKOU, J. M.; MATOS, L.; BOUANGA-KALOU, G; NDANGUI, C. B.; PAMBOU-TOBI, N. P. G.; KIMBONGUILA, A.; SILOU, Th.; LINDER, M.; DESOBRY, S. Chemical composition on the seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) grown in Congo-Brazzaville. **Advance Journal of Food Science and Technology**, Brazzaville, v.1, n.1, p.6-11, 2009.
- OLIVEIRA, E. **Características da cultura do gergelim.** Campo Florido: Emater, 2005.
- ORRICO, A. C. A.; LUCAS JR. J.; ORRICO JR. M. A. P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.639-647, 2007.
- PEREIRA, J. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, E. S. B. Adubação orgânica do gergelim, no seridó paraibano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.6, n.2, p.515-523, 2002.
- PERIN, A.; CRUVINEL, D. J.; SILVA, J. W. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.93-98, 2010.

POERSCHKE, R. P. Análise multivariada de dados: o caso dos coredes agrícolas do rio grande do sul e dos municípios de Santa Catarina. Disponível: <http://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/rce/article/download/.../608>. Acesso em: 4 set. 2014.

QUEIROGA, V. de P.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, D. G.; GEREON, H. G. M.; QUEIROGA, D. A. N. Produção de gergelim orgânico em agricultura familiar no nordeste brasileiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.5, n.2, p.166-172, 2011.

QUEIROGA, V. de P.; BORBA, F. G.; ALMEIDA, K. V. de; SOUSA, W. J. B. de; JERÔNIMO, J. F.; QUEIROGA, D. A. N. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.4, n.1, p.27-33, 2010.

QUEIROGA, V. de P.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, D. G.; GEREON, H. G. M.; MOURA, J. de A.; SILVA, P. J. da.; SOUZA FILHO, J. F. de . EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa Algodão. **Produção de gergelim orgânico nas comunidades de produtores familiares de São Francisco de Assis do Piauí**. Campina Grande, 2008.

RAMOS, S. J.; ALVES, D. S.; FERNANDES, L. A.; COSTA, C. A. da. Rendimento de feijão e alterações no pH e na matéria orgânica do solo em função de doses de composto de resíduo de algodão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1572-1576, 2009.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas** - mensuração do crescimento. Belém, CPATU, 1978. 35p.

SANTOS, M. S.; BARROS, H. M. M.; MARTINS, E.S. C.S.; SAMPAIO, M.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; SALES SAMPAIO, F.M.A. de. Irrigação com efluente do reator UASB em duas cultivares de gergelim no semiárido paraibano. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.4, n.1, p.27-30, 2010.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; Martin, T. N.; PIRES, J. L.; FLORA, L. P. D.; BASSO, C. J. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.47, n.9, p.1346-1357, 2012.

SESAME DEHULLING MACHINE. **Máquina Descascamento de gergelim**. Disponível: <<http://eng.clima.org.cn/Machine/Seeds-Hulling-Machine/Sesame-Dehulling-Machine.html>>. Acesso em: 14 mai. 2014.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. de L. S. de; BELTRÃO, N. E. de M. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. Campina Grande, 2006. 5p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 278).

SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. de A.; LIMA, C. L. D. de. **Estudo da fenologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.) cultivar CNPA G4**. Campina Grande, 2004a. 18p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 54).

- SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M.; Lucena, A. M. A. de; 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**, Campina Grande, v.5, n.1, p.1-6, 2004b.
- SILVA, A. R.; NASCIMENTO, R. J. A.; SOUZA, L. C. Controle químico de plantas daninhas monocotiledôneas na cultura do gergelim. **Scientia Plena**, Aracaju, v.8, n.1, p.1-7, 2012.
- SILVA, E. R. da; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, A. C.; RIBEIRO, S. M. R. Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.7, p.736-742, 2011.
- SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A. de; MORAIS, A. R. de; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. de C. Crescimento e produtividade do girassol Cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.11, n.5, p.482-488, 2007.
- TAHIR, M.; SAEED, U.; ALI, A.; HASSAN, I.; NAEEM, M.; IBRAHIM, M.; REHMAN, H. ur; JAVEED, H. M. R. Optimizing sowing date and row spacing for newly evolved sesame (*Sesamum indicum* L.) variety TH-6. **Pakistan Journal of Life and Social Sciences**, Multan, v.10, n.1, p.1-4, 2012.
- VALE, F. R.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Manejo da fertilidade do solo. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1995. 206p.
- VIÉGAS, G. P.; FREIRE, E. S. Adubação do milho. **Bragantia**, São Paulo, v.15, n.7, p.65-82, 1956.
- VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, T. R. de. Fertirrigação: uso e manejo. In: BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; SILVA, A. M. de A.; MELO, A. C. de; FREIRE, A. L. de O.; LÔBO, K. M. da S. (Orgs.). **Sistemas agrosilvipastoris no semiárido**, Patos, CSTR, UFCG, 2009. p.152-167.
- WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. B. **Práticas agroecológicas**: adubação orgânica. Pelotas: 2006. (Embrapa Clima Temperado). Disponível em: <<http://www.comunidades.mda.gov.br/o/899729>> Acesso em: 10 jan. 2013.
- WEISS, E. A. Sesame. In: WEISS, E. A. **Oilseeds crops**, London: Longman, 1983. p.282-340.
- WERE, B. A.; ONKWARE, A. O.; GUDU, S.; WELANDER, M.; CARLSSON, A. S. Seed oil content and fatty acid composition in East African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. **Field Crops Research**, Eldoret, v.97, n.2-3, p.254-260, 2006.
- ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008. Disponível em:

<[http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com\\_remository&Itemid=20&func=startdown&id=1](http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=20&func=startdown&id=1)> Acesso em: 14 jul. 2012.

ZERIHUN, J. Sesame (*Sesame indicum* L.) crop production in ethiopia: trends, challenges and future prospects. **Science, Technology and Arts Research Journal**, Sochi, v.1, n.3, 2012.

**CAPÍTULO 1. CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL EM NEOSSOLO FLÚVICO**

## **CAPÍTULO 1. CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL EM NEOSSOLO FLÚVICO**

### **RESUMO**

Os baixos rendimentos, juntamente com os problemas encontrados durante a colheita de gergelim (*Sesamum indicum* L.) tendem a desencorajar agricultores, levando a uma diminuição da área total destinada ao seu cultivo. Em geral, as restrições de produção incluem baixa fertilidade do solo e cultivares de baixo rendimento. Com o objetivo de verificar a resposta de duas cultivares de gergelim à adubação orgânica e mineral na produtividade, no crescimento da biomassa e em alguns componentes da produção do gergelim, foi realizado no período de maio a outubro de 2013, em Caxias (MA), experimento em condições de campo, com o uso de duas cultivares de gergelim, BRS Seda e CNPA G4, adubadas com seis fontes de nitrogênio: tortas de algodão e de mamona; esterco bovino e caprino, sulfato de amônio e a testemunha, em quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de Tukey e análise de componentes principais e agrupamento. As fontes de adubação aumentaram a produtividade média em mais de 30% em relação à testemunha, sendo que desempenho de 47% de rendimento foi observado para o esterco caprino; enquanto as cultivares apresentaram efeito sobre massa de 1000 sementes, com superioridade da cultivar BRS Seda. As cultivares de gergelim responderam de forma semelhante à adubação orgânica na maioria das variáveis de crescimento e produção verificadas.

**Palavras-chave:** biomassa seca, componentes de rendimento, cultivar BRS Seda, cultivar CNPA G4, análise de componentes principais.

## ABSTRACT

Low yields, along with the problems encountered during harvest sesame (*Sesamum indicum* L.) tend to discourage farmers, leading to a decrease of the total area devoted to its cultivation. In general, production constraints include low soil fertility and low yield cultivars. Aiming to verify the response of two cultivars of sesame to organic and mineral fertilization on productivity, biomass growth and some components of the production of sesame, was conducted in the period May to October 2013 in Caxias (MA), experiment under field conditions, using two cultivars of sesame, “BRS Seda” and “CNPA G4”, fertilized with 6 nitrogen sources: pies cotton and castor bean; cattle and goat manure, ammonium sulfate, and the witness, in four replications. Data were subjected to analysis of variance, Tukey's test and analysis principal components and grouping. The sources of fertilizer increased the average productivity in more than 30% compared to the control, and the best performance was observed for the goat manure with 47% of maximum yield; while the cultivars showed effect on mass of 1000 seeds, with superiority of ‘BRS Seda’. Sesame cultivars responded similarly to organic fertilization form largely of growth variables and verified production.

**Key words:** dry biomass, yield components, BRS Seda cultivar, CNPA G4 cultivar, principal component analysis.

## INTRODUÇÃO

Os baixos rendimentos na cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.), juntamente com os problemas encontrados durante a colheita tendem a desencorajar agricultores, levando a uma diminuição da área total destinada ao seu cultivo. Em geral, as restrições de produção incluem falta de prática agrônômica, pragas, doenças, infestação de plantas invasoras, baixa fertilidade do solo e cultivares de baixo rendimento (JAKUSKO; USMAN, 2013).

O gergelim é cultivado em solos bem drenados de diversas regiões agro-climáticas ao longo dos trópicos e subtropicais (TRIPATHI *et al.*, 2014). Como o gergelim é cultivado em regiões semiáridas em todo o mundo, o potencial de produção é muitas vezes limitado por estresse hídrico (BOUREIMA *et al.*, 2012), estresse salino, baixa fertilidade do solo, entre outros. Assim, o cultivo da cultura em variados ambientes pode afetar seu desempenho (ADEBISI *et al.*, 2005).

Pesquisas objetivando a melhoria constante para o cultivo do gergelim obtiveram as cultivares de gergelim CNPA G4 (BRS 196) e BRS Seda, mais produtivas e resistentes às principais doenças dessa região (SEVERINO *et al.*, 2004).

Com relação ao uso do meio edáfico, a cultura do gergelim é considerada esgotante, extraído do solo, para cada 1.000 kg de sementes produzidas, cerca de 30 kg de nitrogênio (N), 40 kg de fósforo (P) e 40 kg de potássio (K); mas, é uma cultura que responde bem à adubação, em especial nos solos do Nordeste do Brasil onde há carência dos elementos nutricionais N e P (BELTRÃO *et al.*, 1991). Várias pesquisas de adubação indicam que a aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) aumentam razoavelmente o retorno econômico na cultura do gergelim (JAKUSKO; USMAN, 2013).

Em condições semiáridas a baixa capacidade de armazenamento de água do solo aliada a baixa fertilidade do solo afetam de forma negativa a produção dessa cultura, além do plantio de cultivares não adaptadas às condições de clima e de solo, manejo inadequado da cultura. Assim, uma das formas de aumentar a produtividade do gergelim é através do manejo adequado da fertilidade do solo que contribua com a resistência das plantas ao ataque de pragas e doenças. O uso de matéria orgânica como fonte de adubação é uma boa alternativa, pois mantém a fertilidade do solo e potencializa a disponibilidade de nutrientes para a cultura, de forma gradativa sem risco de perdas, melhora as propriedades físicas do solo e favorece a fauna edáfica (SANTOS *et al.*, 2006).

Pelo acima exposto, torna-se imperativo pesquisar a resposta de cultivares de gergelim à adubação orgânica e mineral e os efeitos dos mesmos nos componentes da produção, no crescimento final da biomassa e na produtividade econômica do gergelim.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em propriedade no povoado Rosário, distante aproximadamente 15 km da cidade de Caxias - Maranhão, com área compreendida entre as coordenadas 04°55'62" de latitude sul e 43°16'65" de longitude oeste, e altitude média de 92 m. O clima da região segundo a classificação de Thornwaite é do tipo C<sub>1</sub>dA'a', ou seja, clima subúmido seco, com temperatura média mensal sempre superior a 18°C e, 40°C nos meses mais quentes (setembro, outubro e novembro), sendo que a soma da evapotranspiração potencial nos três meses mais quentes do ano é inferior a 48% em relação à evapotranspiração potencial anual (a') (MARANHÃO, 2011). O município apresenta pluviosidade média anual entre 1.300 e 1.500 mm (BRASIL, 1997), com chuvas irregulares concentrando-se nos meses de janeiro a maio.

Os atributos químicos e físicos do Neossolo Flúvico foram determinados no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão, em Campina Grande – PB (Tabela 1); assim como as análises das tortas de algodão, mamona e dos esterco (EMBRAPA, 2011) (Tabela 2).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do Neossolo Flúvico da área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade. Caxias – MA, 2013

pH	Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							%	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O (1:2,5)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	H+Al		T	V		
5,50	1,90	0,25	0,08	0,91	0,03	3,05	6,19	50,73	3,14	0,05	2,08	10,84
	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			Classe textural			Densidade (g cm <sup>-3</sup> )					
	Areia	Silte	Argila	SiBCS			Global	Partícula				
	849	76	75	Areia Franca			1,25	2,61				

SB = soma de bases = (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>); CTC = Capacidade de troca catiônica = SB + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>); V = saturação por bases = (100 x SB/CTC); M. O. = matéria orgânica.

SiBCS = sistema brasileiro de classificação do solo.

Tabela 2. Composição química das fontes orgânicas usadas no experimento. Caxias – MA, 2013

<b>Esterco</b>	N	P	K	Ca	Mg	C	S	M.O.	C:N	C:P	C:S
	..... g kg <sup>-1</sup> .....										
Bovino	16,8	0,68	2,01	0,92	0,29	144	-	249	8,6	212	-
Caprino	21,09	0,44	0,83	1,32	0,86	382	-	658	18,0	868	-
<b>Torta</b>	..... % .....										
Algodão	6,77	1,26	1,13	0,45	0,40	50,3	0,22	86,73	7,4	40	229
Mamona	4,60	1,20	0,57	0,83	0,38	48,6	0,19	83,8	10,6	40	256

Os nutrientes adicionados ao solo em cada tratamento com as fontes orgânicas foram subtraídos das dosagens previamente definidas para os tratamentos. Veja apêndice.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 12 tratamentos, em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis fontes de nitrogênio e duas cultivares: BRS Seda e CNPA G4 (BRS 196), em quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais (parcelas).

Cada unidade experimental foi constituída de área total de 28,8 m<sup>2</sup> (8,0 m x 3,6 m) e área útil de 19,2 m<sup>2</sup> (8,0 m x 2,4 m). O espaçamento foi de 0,6 m x 0,1 m entre linhas e plantas, respectivamente. Cada planta ocupou o espaço de 0,06 m<sup>2</sup>, totalizando 166.667 plantas/ha. A área total por bloco foi de 345,6 m<sup>2</sup>, correspondendo a 480 plantas por parcela.

Avaliou-se a necessidade de calagem para elevação dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> pelo método da saturação por bases (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999). Considerou-se V<sub>2</sub> = 70% para a cultura. Verificada a necessidade de calagem no solo, fez-se então a correção de acidez do mesmo aplicando-se 3,8 kg/parcela de calcário dolomítico (CaCO<sub>3</sub>, PRNT > 90%), que possui além de Ca<sup>2+</sup>, mais de 12% em óxido de magnésio, MgO, já que o referido solo apresentava-se deficiente em Mg<sup>2+</sup>.

No preparo da área experimental foi realizado apenas gradagem, pois na mesma já havia sido desenvolvido cultivos anteriores. Na sequência, a área foi demarcada com piquetes e barbantes para constituição dos blocos e parcelas. Decorrido o período de 35 dias da calagem. Foram abertos sulcos, nos quais se aplicou os adubos, obedecendo à distribuição nas parcelas em conformidade com sorteio prévio.

Para o cálculo das quantidades de fertilizantes que foram empregadas nas adubações com as fontes orgânicas, fontes de nitrogênio (N), considerou-se a equivalência de 80 kg/ha de N. Já, em relação ao fósforo, utilizou-se 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ambos, aplicados no solo um

dia antes da semeadura. As fontes minerais de N e  $P_2O_5$  utilizadas foram o sulfato de amônio  $((NH_4)_2SO_4)$  e o superfosfato simples  $[Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + CaSO_4 \cdot 2H_2O]$ , respectivamente. O sulfato de amônio foi aplicado ao solo, em cobertura, 30 dias após a semeadura.

Excetuando a testemunha absoluta, todos os demais tratamentos receberam 1,52 kg de superfosfato simples na semeadura, o que corresponde a 527,8 kg/ha. Os tratamentos designados de T1 a T6 contemplaram a cultivar BRS Seda, e, de T7 a T12 a cultivar BRS 196; sendo T1 e T7 as testemunhas absolutas (TEST), sem adubação; T2 e T8, as testemunhas relativas, adubadas com 1,52 kg de Sulfato de amônio (SUA), o que corresponde a 527,8 kg/ha; T3 e T9, os tratamentos adubados com 31,0 kg de esterco bovino (EB), o que corresponde a 10.764 kg/ha; T4 e T10, os tratamentos adubados com 14,0 kg de esterco caprino (EC), o que corresponde a 4.861 kg/ha; T5 e T11, os tratamentos adubados com 5,01 kg de torta de mamona (TM), o que corresponde a 1.740 kg/ha e, T6 e T12, os tratamentos adubados com 3,4 kg de torta de algodão (TA), o que corresponde a 1.181 kg/ha.

Por ocasião da semeadura, foram utilizadas sementes de gergelim da cultivar BRS Seda, de cor branca, e, cultivar CNPA G4, de cor creme, desenvolvidas pela Embrapa Algodão. Foram semeadas de 6 a 10 sementes por cova, e, aos sete DAE foi feito desbaste parcial, permanecendo três plantas por cova. Aos 14 DAE, fez-se desbaste complementar, ficando uma planta por cova.

Nos tratos culturais, para o controle de espécies vegetais invasoras foi realizada capina manual conforme a necessidade. O controle de formigas foi realizado por meio do polvilhamento do inseticida Formicidol® na região do formigueiro. As irrigações, quando necessárias, em função de veranicos foram realizadas através de sistema de irrigação por aspersão convencional, segundo a necessidade hídrica da cultura.

As variáveis analisadas foram obtidas a partir de 10 plantas por parcela da área útil, selecionadas de forma prévia e aleatória, sendo determinadas de acordo com sua respectiva metodologia, cerca de 90 dias após a emergência (DAE). Quando as plantas começaram a mudar de cor (de amarelo para marrom) e os frutos quase totalmente marrons, foi efetuado o corte da parte aérea das plantas rente ao solo e depois submetida a uma pré-secagem ao sol, medas.

Em relação aos componentes de produção foi realizada a contagem de todas as cápsulas por planta e o número de sementes por cápsula, nas plantas previamente sorteadas em cada parcela. Foi pesada a massa de matéria seca da folha, do caule, da raiz e da cápsula secas ao ar em balança analítica de 0,0001 de precisão; bem como, a massa de 1000 sementes

por planta, previamente seca em estufa a 105°C, durante 24 horas, utilizando-se três amostras por repetição (QUEIROGA; BELTRÃO, 2001).

A produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi estimada ao final do ciclo cultural com a colheita das plantas da área útil que foram expostas ao sol para secagem; em seguida as medas foram batidas sobre uma superfície recoberta com plástico para liberar as sementes que foram guardadas em sacos de papel, devidamente identificados e posteriormente pesadas. Para o cálculo da produtividade dividiu-se a massa das sementes ( $\text{g/planta}$ ) pela densidade final de plantas/ $\text{ha}^{-1}$  da área útil de cada parcela, e, o valor obtido em  $\text{kg parcela}^{-1}$  foi transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$ , e, posteriormente, em  $\text{t ha}^{-1}$ .

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e correlação de Pearson. As médias das fontes de adubação foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As variedades e os tratamentos adicionais foram submetidos ao teste F. Também foram realizadas análise de componentes principais e agrupamento. Na realização da análise estatística foi empregado o software SAS 9.3 (SAS, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento final na cultura do gergelim

Na avaliação do crescimento final em altura de planta e do primeiro fruto, diâmetro do caule e número de frutos por axila foliar, as fontes de adubação diferiram significativamente a 5% para altura de planta (Alt) e altura do primeiro fruto (AltFr) e, a 1% para diâmetro do caule (Diam), enquanto as cultivares apresentaram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) sobre as mesmas variáveis. Não houve resultado distinto ( $p > 0,05$ ) em relação à interação (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância da altura de planta (Alt), diâmetro de caule (Diam) e altura de inserção do primeiro fruto (AltFr) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013

Fontes de variação	GL	Variáveis		
		Alt	Diam	AltFr
Blocos	3	4.878,5401	1,7466	365,2973
Fontes (F)	5	874,5798*	33,8600**	339,0370*
Cultivar (C)	1	3.865,1736**	100,5723**	2.676,2027**
F x C	5	123,0549 <sup>ns</sup>	2,7823 <sup>ns</sup>	162,7014 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	275,0965	1,2555	108,3049
Total	47			
CV %		8,23	5,33	10,98

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Mesquita *et al.* (2013), obtiveram resultados semelhantes aos da presente pesquisa para altura de plantas, variedade BRS Seda, utilizando lâminas de irrigação e adubação NPK nas quantidades de 125, 35 e 150 kg/ha, respectivamente, em Argissolo de textura areia franca. Em experimento com genótipos de gergelim, sem adubação e no espaçamento 0,40 x 0,10 m, Menziri (2012) encontrou resultados altamente significativos para variáveis de crescimento, assemelhando-se a esta pesquisa. Marques (2012) obteve resultados diferentes para altura de planta, altura da primeira cápsula e diâmetro do caule em função da adubação orgânica com compostos organo B e organomineral, no espaçamento 1 (0,10 m x 0,90 m) e espaçamento 2 (0,20 m x 0,90 m) na cultura do gergelim, cultivar BRS Seda. Santos *et al.* (2010), em experimento em que avaliaram os efeitos da água de irrigação na cultura de

gergelim, variedade CNPA G4, obtiveram resultados diferentes para altura de planta e diâmetro caular.

Os resultados acima revelam uma diversidade de respostas da cultura do gergelim em relação à adubação, locais de cultivo e suprimento hídrico. Em seu estudo Mesquita *et al.* (2013) observaram que quanto mais água é fornecida a cultura, a mesma continua com seu crescimento vegetativo, comportamento também observado nesta pesquisa, embora não tenha sido este o objeto de avaliação, no entanto, utilizou-se de irrigação em função de veranicos. Isto sugere que, quando não exposta há déficit hídrico, a cultura do gergelim pode expressar todo seu potencial (ARRIEL *et al.*, 1999).

A aplicação de adubo orgânico ou químico, não influenciou a altura de plantas das cultivares de gergelim em estudo (Figura 1A). No entanto, constata-se que as plantas alcançaram alturas elevadas, com máximo experimental de até 2,96 m de altura. Segundo Carvalho *et al.* (1981) a adubação excessiva favorece o crescimento vegetativo da planta e reduz a produção de sementes e seu teor em óleo.

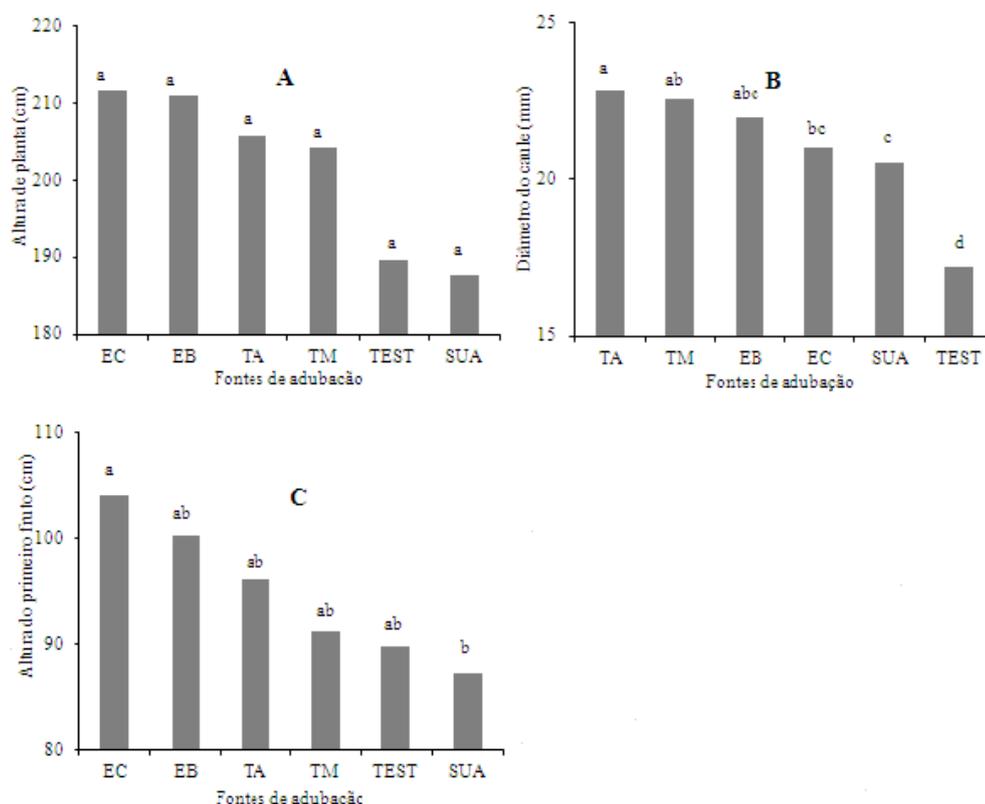


Figura 1. Altura de planta, diâmetro de caule, altura do primeiro fruto de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS = 25,07; 1,69 e 15,73, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.

Em relação à altura de plantas Bhatti *et al.* (2005), em experimento em sistema de espaçamento de 0,40 e 0,60 m entre linhas, com adubação química NPK (100:100:50) em solo de textura franco-argilo-arenosa, com aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N divididos na fundação e em cobertura, verificaram resultados significativos, com média experimental de 130 cm/planta para o gergelim cultivado sozinho; Já Menzir (2012), obteve altura média igual a 116,60 cm/planta; os valores respectivos são inferiores em 35 e 42% da média experimental de 201,5 cm dos tratamentos desta pesquisa, em que se alcançou até 243,0 cm de altura máxima para a cultivar BRS Seda adubada com esterco caprino e 263,0 cm de altura máxima para a cultivar CNPA G4 adubada com torta de algodão. Santos *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2012), obtiveram resultados médios experimentais de 122,67 e 107,02 cm, respectivamente, para altura de planta com a variedade CNPA G4. Grilo Júnior e Azevedo (2013), em experimento de campo com utilização de nitrogênio na forma de esterco caprino na semeadura e sulfato de amônia em cobertura obtiveram plantas de gergelim, variedade BRS Seda, com altura máxima de 170 cm, valor inferior ao desta pesquisa (Figura 1A), inclusive em relação ao tratamento sem adubação.

As diferenças entre altura de plantas observadas nos experimentos acima podem ser devidas a vários fatores como manejo da adubação ou falta de adubação, espaçamentos utilizados, estado de mineralização da fonte orgânica utilizada, sistemas de cultivos, variáveis ambientais, locais de cultivo, altitude, respostas dos genótipos utilizados no cultivo, entre outros.

Os resultados experimentais, também, evidenciam que em relação ao diâmetro do caule, a torta de algodão apresentou a maior taxa de crescimento. A testemunha difere estatisticamente de todas as fontes e apresentou o menor crescimento. O sulfato de amônio foi o que apresentou a segunda menor taxa de crescimento (Figura 1B).

A expressão de superioridade da torta de algodão (TA) em contribuir para maior crescimento do diâmetro caulinar pode ser devido aos seus maiores teores de N, P e K, e, encontrar-se mais mineralizada, com relação C:N menor e igual a 7,4; portanto, oferecendo mais prontamente os nutrientes requeridos pela planta. Por alguma razão ambiental ou fisiológica os nutrientes absorvidos pela planta não se translocaram no sentido acropétalo e, acumularam-se no caule produzindo o seu maior espessamento, independentemente da cultivar de gergelim.

Diâmetro caulinar máximo foi obtido quando se utilizou nitrogênio na forma de torta de algodão com média experimental máxima de 26,38 e 32,3 mm para as variedades BRS

Seda e CNPA G4, respectivamente, com valor médio de 21,01 mm para todos os tratamentos e variedades da presente pesquisa. Grilo Júnior e Azevedo (2013) em solo do tipo areia quartzosa distrófica, utilizando 5 m<sup>3</sup>/ha de esterco caprino, 50 kg de sulfato de amônio, 31 kg de fosfato monoamônico (MAP), 60 kg de sulfato de potássio na semeadura, e 100 kg de nitrogênio em forma de sulfato de amônio, em cobertura, observaram diâmetro caulinar máximo de 25 mm em experimento de campo. O diâmetro de caule observado é praticamente igual ao desta pesquisa, 24,5 mm de diâmetro máximo com esterco caprino e a cultivar BRS Seda, com a qual trabalharam. Provavelmente, esta confluência de resultados deve-se as similaridades entre os solos, igualdade de cultivar de gergelim, recomendações de adubação e adubos utilizados.

Santos *et al.* (2010) em Neossolo Regolítico e com adubação NPK na recomendação de 60 kg/ha de N, 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg/ha de K, avaliaram o diâmetro caulinar em duas variedades de gergelim (CNPA G3 e CNPA G4) cultivadas em vasos, utilizando água de abastecimento potável e água residuária tratada, encontraram 16,0 mm como valor médio para o diâmetro caulinar após 90 dias da emergência das plântulas, essa diferença, provavelmente, está relacionada com a salinidade encontrada na água de irrigação, já que a cultura do gergelim é sensível à salinidade, mesmo em baixas concentrações.

A fonte de adubação esterco caprino influenciou as plantas de gergelim, de ambas variedades, a apresentarem maior altura do primeiro fruto. O sulfato de amônio foi o adubo que proporcionou a menor altura do primeiro fruto. Silva *et al.* (2012), em experimento com a cultura do gergelim adubada com 15 kg/ha de sulfato de amônio em espaçamento de 0,80 x 0,20 m entre linhas e plantas, respectivamente, cultivar CNPA G4, observaram altura máxima de inserção do primeiro fruto igual a 23,90 cm, muito inferior ao desta pesquisa (Figura 1C). Provavelmente, esta disparidade constatada é devida, a diferenças no espaçamento utilizado e na metodologia de execução experimental, ou seja, na presente pesquisa, após o segundo desbaste foi mantido apenas uma planta por cova; enquanto no experimento de Silva *et al.* (2012) foram mantidas duas plantas por cova, conduzindo as plantas a uma competição intraespecífica pelos fatores abióticos, notadamente, água e nutrientes, o que influenciou negativamente na expressão fenotípica da altura de inserção da primeira cápsula. Já, a elevada altura de inserção da primeira cápsula observada nas plantas desta pesquisa pode ser devido à composição nutricional e mineralização das fontes orgânicas utilizadas, com adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas, disponibilidade de água, luminosidade em conformidade com as exigências da cultura, entre outros. E mais, entre o período de análise

química das fontes orgânicas e a realização do experimento decorreram cerca de dois meses; assim, no momento de aplicação das fontes orgânicas no sulco de plantio as mesmas encontravam-se ainda mais mineralizadas, o que justifica o maior desempenho do esterco caprino (altamente concentrado), que no momento da análise encontrava-se com relação C:N mais elevada em comparação com as demais fontes de adubação. Quanto a menor altura de inserção da primeira cápsula para o tratamento com sulfato de amônio pode ser função de perdas por lixiviação do  $\text{NH}_4^+$  e, principalmente, de  $\text{NO}_3^-$  no perfil do solo, favorecida pela alta solubilidade em água do sulfato de amônio e natureza arenosa do solo da área experimental. A dose de sulfato de amônio aplicada pode ter causado diminuição no crescimento das plantas, provavelmente, por efeito salino (MALAVOLTA, 2006).

As fontes de adubação apresentaram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) apenas para o número de frutos por planta (Tabela 4); enquanto as cultivares apresentaram efeito significativo para o número de folhas por planta e número de ramos por planta ( $p < 0,01$ ) e, para NFrP ( $p < 0,05$ ), e não significativo para o número de sementes por frutos (NSFr). Em relação ao efeito da interação entre fontes de adubação e cultivares não houve significância. O elevado CV (46,82%) pode ser devido à amplitude da faixa de variação desta característica, com mínimo de 3 e máximo de 19 ramos/planta.

Tabela 4. Resumo da análise de variância do número de folha por planta (NFP), número de ramos por planta (NRP), número de frutos por planta (NFrP) e número de semente por fruto (NSFr) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013

Fontes de variação	GL	Variáveis			
		NFP	NRP	NFrP	NSFr
Blocos	3	3.296,7725	32,5441	1.479,5297	24,0247
Fontes (F)	5	9.570,0073 <sup>ns</sup>	19,1107 <sup>ns</sup>	4.055,5645 <sup>**</sup>	44,2683 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	1	70.625,3633 <sup>**</sup>	106,5052 <sup>**</sup>	7.703,0223 <sup>*</sup>	4,6875 <sup>ns</sup>
F x C	5	4.144,4498 <sup>ns</sup>	4,1417 <sup>ns</sup>	741,0663 <sup>ns</sup>	32,7830 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	4.185,0089	11,9588	1.036,4107	17,8067
Total	47				
CV %		27,53	46,82	24,47	4,93

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Na avaliação do número de folhas e de frutos por planta os resultados desta pesquisa são diferentes dos encontrados por Marques (2012) para a cultivar BRS Seda que não apresentou comportamento distinto ( $p > 0,05$ ) em relação ao adubo; já Mesquita *et al.* (2013) observou resultados semelhantes para número de cápsulas/planta. A semelhança dos resultados do estudo de Mesquita *et al.* (2013) com os desta pesquisa pode ser devido a dosagem de adubação NPK aplicada e a disponibilidade hídrica por meio de irrigação. Já as divergências entre os resultados desta pesquisa e os de Marques (2012) podem ser atribuídos a diferenças nos adubos utilizados e as diferentes condições de solo, principalmente fertilidade e as condições climáticas, que por sua vez são bastante variáveis ao longo dos anos.

Avaliando a produtividade de grãos e seus componentes em genótipos de gergelim, sem adubação, Menzir (2012) e Adebisi *et al.* (2005) com adubação NPK na dosagem de 60, 30 e 50 kg/ha encontraram resultados estatísticos semelhantes para o número de cápsulas por planta; e, Adebisi *et al.* (2005) também encontrou significância de 1% para o número de sementes por cápsula, contrastando com os resultados da presente pesquisa.

Em relação à influência das variedades sobre o número de ramos/planta, Menzir (2012), encontrou resultados estatisticamente semelhantes ao desta pesquisa, embora, o valor médio de 3 ramos/planta seja inferior à média de 5 ramos/planta obtida nesta pesquisa com o tratamento testemunha, e de 7 com adubação (Figura 2C). A comparação adequada deve ser feita com a testemunha, já que Menzir (2012) não utilizou adubação em seu cultivo. As diferenças entre os tratamentos testemunhas das pesquisas em questão podem ser atribuídas a condições edáficas e ambientais, entre outras.

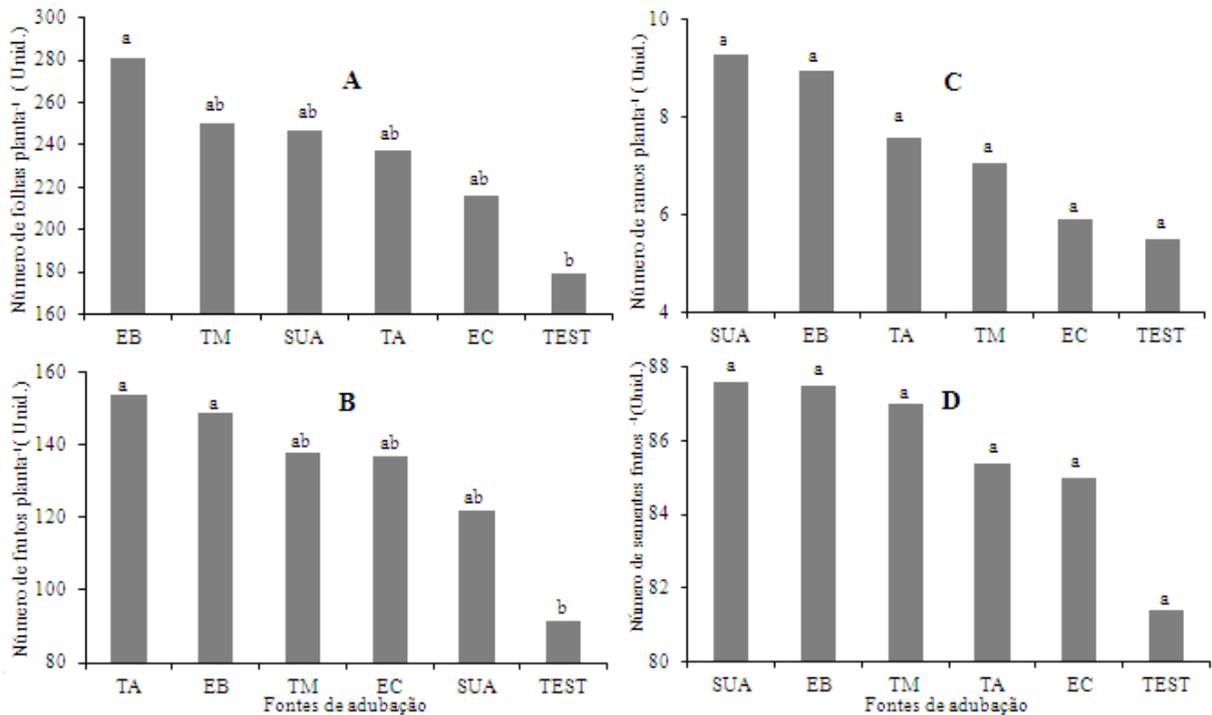


Figura 2. Número de folhas por planta, número de frutos por planta, número de ramos por planta e número de sementes por frutos de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS = 97,80; 48,67; 5,23 e 6,38, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.

A aplicação de adubo orgânico ou químico não influenciou o número de ramos por planta (NRP) (Figura 2C), nem o número de sementes por frutos (NSFr) (Figura 2D). Em relação ao NRP Silva *et al.* (2012), em experimento com a cultura do gergelim, cultivar CNPA G4, observaram número máximo de 3 ramos/planta, muito inferior ao obtido nesta pesquisa (Figura 2C). Uma vez que os adubos não influenciaram a referida variável, então a relativa superioridade dos dados nesta pesquisa, pode ser atribuído a condições edáficas e ambientais e ao fato de Silva *et al.* (2012) ter cultivado duas plantas por cova, entre outras.

Embora as fontes de adubação não tenham influenciado o NSFr, o valor médio máximo de 88 e mínimo de 85 sementes por frutos foram obtidos; enquanto, Jakusko e Usman (2013), realizando experimento em que buscavam verificar os efeitos de doses de adubação NPK e densidade populacional de plantas sobre a produtividade de gergelim no Estado de Adamawa, Nigéria, em solo de textura franco arenosa, encontraram apenas 61 sementes por fruto, significativo para o espaçamento de 60 x 10 cm também utilizado nesta pesquisa. Resultados, também, não significativos para o número de sementes por cápsulas, com valor

médio de 62, foram encontrados por Bhatti *et al.* (2005) em função da adubação química NPK (100:100:50) em solo de textura franco-argilo-arenosa e espaçamento de 0,40 e 0,60 m entre linhas. As diferenças podem ser atribuídas os adubos utilizados e as diferentes condições de solo, principalmente fertilidade, as condições climáticas, manejo da adubação, espaçamentos utilizados, estado de mineralização da fonte orgânica utilizada, sistemas de cultivos, locais de cultivo, altitude, respostas dos genótipos utilizados no cultivo, entre outros.

O esterco bovino foi a fonte de adubação que contribuiu para o maior número de folhas por planta. As plantas desenvolvendo-se no tratamento testemunha apresentaram o menor crescimento, diferindo apenas do esterco bovino (Figura 2A). É provável que o maior teor de fósforo do esterco bovino em relação ao esterco caprino, e do maior teor de potássio do esterco bovino em relação às demais fontes de adubação utilizadas no experimento sejam os responsáveis por esta diferença na quantidade de folhas das plantas cultivadas no tratamento com esterco bovino. Pois o fósforo é necessário à composição dos lipídios do plasmalema e do tonoplasto, passagem obrigatória dos nutrientes no processo de absorção, tanto na raiz quanto na folha; acelera a formação das raízes, órgão de absorção da água e de íons; já o potássio, destaca-se pela sua participação na fotossíntese, pelo funcionamento dos estômatos e fixação de CO<sub>2</sub> em presença de luz (MALAVOLTA, 2006).

As fontes de adubação torta de algodão e esterco bovino proporcionaram o maior número de frutos por planta. No tratamento testemunha obteve-se o menor número de frutos por planta (Figura 2B). Resultados estatisticamente semelhantes, embora inferiores, foram encontrados por Grilo Júnior e Azevedo (2013), com número médio de 96 frutos por planta; Jakusko e Usman (2013), com número médio de 77 frutos por planta; Bhatti *et al.* (2005), com 48 frutos por planta; Haruna e Abimiku (2012), com 42 frutos por planta, em experimento adubado com esterco bovino e ovino, com espaçamento de 0,75 m entre linhas, solo de textura arenosa e níveis de esterco iguais a 0, 2,5 e 5 t/ha; Silva *et al.* (2012), em experimento com a cultura do gergelim, cultivar CNPA G4, observaram 58 frutos/planta. As divergências podem ser atribuídas a os adubos utilizados e as diferentes condições de solo, principalmente fertilidade, as condições climáticas, manejo da adubação, espaçamentos utilizados, estado de mineralização das fontes orgânica utilizadas, sistemas de cultivos, locais de cultivo, altitude, respostas dos genótipos utilizados no cultivo, entre outros.

Já Menziri (2012) obteve média de 19 cápsulas/planta, sem adubação, em experimento com genótipos da Etiópia; Mesquita *et al.* (2013), em cultivo irrigado com adubação NPK e micronutrientes, com a cultivar BRS Seda em Argissolo de textura areia franca encontraram

produtividade máxima de 143 cápsulas por planta; enquanto, o maior e menor número médio de frutos por planta nesta pesquisa quando se utilizou adubação nitrogenada foi de 154 (TA) e 122 (SUA) e, com a testemunha absoluta, 91. Baixos valores para os componentes de produção e/ou produtividade da cultura de gergelim podem ser atribuídos a fatores edafoclimáticos ou ambientais, a condições de cultivo, a cultivares, entre outros.

## **Crescimento**

Pelos dados apresentados na Tabela 5, verifica-se que a cultivar BRS Seda foi estatisticamente superior a cultivar CNPA G4 em relação às variáveis de crescimento: altura de inserção do primeiro fruto e altura de planta (AltFr, Alt) e produção: massa de 100 sementes e massa de 1000 sementes (MCS, MMS), já em relação as variáveis número de sementes por fruto (NSFr), produtividade, produção de sementes por planta (PrdSP), massa de matéria seca da folha (MSF), massa de matéria seca do caule (MSC), massa de matéria seca do fruto (MSFr) e massa de matéria seca da raiz (MSR) não houve diferença estatística entre as cultivares. No entanto, a cultivar CNPA G4 revelou superioridade estatística em relação a cultivar BRS Seda no que diz respeito às características de crescimento NFP, NRP, NFrP, NSP e diâmetro do caule (Diam). Uma provável explicação para o maior diâmetro caulinar na cultivar CNPA G4 é que a planta gastou mais energia no crescimento do mesmo, repercutindo em menor altura de planta.

Tabela 5. Variáveis de crescimento e produção na cultura do gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013

Cultivares	Variáveis					
	NFP	NRP	NFrP	NSFr	NSP	AltFr (cm)
BRS SEDA	197b	6b	119b	86a	10.397b	102,28a
CNPA G4	273a	9a	144a	85a	12.623a	87,34b
DMS	37,99	2,03	18,91	2,48	1.778,3	6,11

Cultivares	Variáveis					
	Alt (cm)	Diam (mm)	MCS(g)	MMS(g)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	PrdSP(g)
BRS SEDA	210,54a	19,56b	0,33a	3,26a	1,18a	18,53a
CNPA G4	192,59b	22,46a	0,29b	2,92b	1,14a	21,14a
DMS	9,74	0,66	0,02	0,18	0,15	3,37

Cultivares	Variáveis					
	MSF(g)	MSC(g)	MSFr(g)	MSR(g)	-	-
BRS SEDA	11,31a	54,15a	49,06a	14,29a	-	-
CNPA G4	11,96a	52,84a	51,74a	15,59a	-	-
DMS	10,30	9,60	3,51	-	-	-

Médias (n = 24) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NFP = Número de folhas por planta; NRP = Número de ramos por planta; NFrP = Número de frutos por planta; NSFr = Número de sementes por fruto; NSP = Número de sementes por planta; AltFr = Altura de inserção do primeiro fruto; Alt = Altura de planta; Diam = Diâmetro do caule; MCS = massa de 100 sementes; MMS = massa de 1000 sementes; Produtividade; PrdSP = Produção de sementes por planta; MSF = Massa de matéria seca da folha; MSC = Massa de matéria seca do caule; MSFr = Massa de matéria seca do fruto; MSR = Massa de matéria seca da raiz.

Os resultados desta pesquisa, em relação à produtividade média de 1,18 t ha<sup>-1</sup>, considerando todas as fontes de adubação versus variedade, foram semelhantes aos encontrados por Mesquita *et al.* (2013) para a variedade BRS Seda, com máxima produtividade estimada em 1,01 t ha<sup>-1</sup>; e, Marques (2012), com a mesma variedade alcançou produtividade média de 1,23 t ha<sup>-1</sup>; embora, em muitas parcelas experimentais desta pesquisa tenha-se alcançado resultados iguais a 1,72 e 1,7 t ha<sup>-1</sup> para as variedades BRS Seda e CNPA G4, respectivamente. Em experimento utilizando adubação NPK na cultura do gergelim Jakusko e Usman (2013), obtiveram produtividade de 0,40 t ha<sup>-1</sup> na média de dois anos consecutivos de cultivo.

A semelhança entre os estudos de Mesquita *et al.* (2013) e de Marques (2012) com os desta pesquisa estão mais relacionados ao tratamento com adubação de sulfato de amônio e as condições experimentais com utilização de irrigação entre os três estudos, mesmo que durante os veranicos. Ou seja, a cultura não sofreu estresse hídrico em nenhuma das situações.

A baixíssima produtividade obtida no experimento de Jakusko e Usman (2013) pode ser devida a diferenças nas condições de solo, principalmente fertilidade e as condições climáticas variáveis ao longo dos anos do experimento. Ou seja, apesar de ter adubado com taxas elevadas de NPK, 200, 300 e 400 kg/ha, respectivamente; mas devido, provavelmente, a natureza arenosa do solo pode ter havido perdas por lixiviação nos meses mais chuvosos, outros fatores são a baixa fertilidade natural do solo da área experimental aliada a precipitações concentradas em três meses do ano.

Particularizando a adubação orgânica à base de esterco bovino e caprino na cultura do gergelim observou-se produção de sementes por planta (PrdSP) iguais a 29 e 21 g, e produtividade de 1,20 e 1,35 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto Haruna e Abimiku (2012), obtiveram produção de sementes por planta iguais a 14 e 13 g; e, produtividades iguais a 1,66 e 1,64 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, na média de dois anos.

Os resultados de Haruna e Abimiku (2012) parecem antagônicos, isto é, baixa produção por planta e alta produtividade não se coadunam. No entanto, é provável que o espaçamento utilizado entre linhas, iguais a 0,75 m, pH do solo em torno de 6,0, cultivar utilizada e o fato de ter incorporado os adubos duas semanas antes da semeadura tenham contribuído no alcance de tais produtividades.

O resumo da anova para as variáveis de produção constantes da Tabela 6 evidencia que as fontes de adubação foram significativas apenas para NSP ( $p < 0,01$ ) e produtividade ( $p < 0,05$ ); já as cultivares apresentaram efeito significativo para MMS ( $p < 0,01$ ) e NSP ( $p < 0,05$ ). Em relação ao efeito de interação entre fontes de adubação e cultivares não houve significância.

Tabela 6. Resumo da análise de variância da massa de 1000 sementes (MMS), número de sementes por planta (NSP), produção de sementes por planta (PrdSP) e produtividade na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013

Fontes de variação	GL	Variáveis			
		MMS	NSP	PrdSP	Produtividade
Blocos	3	0,4448	11.306.633,3	225,8711	0,3452
Fontes (F)	5	0,0213 <sup>ns</sup>	35.385.612,5 <sup>**</sup>	236,0240 <sup>ns</sup>	0,1984 <sup>*</sup>
Cultivar (C)	1	1,4260 <sup>**</sup>	59457127,9 <sup>*</sup>	81,6930 <sup>ns</sup>	0,0242 <sup>ns</sup>
F x C	5	0,1967 <sup>ns</sup>	6970553,9 <sup>ns</sup>	136,4607 <sup>ns</sup>	0,0490 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	0,0974	9.167.964,00	157,3515	0,0626
Total	47				
CV %		10,09	26,30	63,23	21,58

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Na avaliação da produtividade (t ha<sup>-1</sup>) os resultados desta pesquisa (Tabela 6) divergem dos encontrados por Marques (2012) para a cultivar BRS Seda que não apresentou comportamento distinto (p > 0,05) em relação ao adubo.

Resultados divergentes para massa de 1000 sementes foram observados por Mesquita *et al.* (2013), e resultados iguais ao desta pesquisa para o número de sementes por planta, e, estatisticamente inferiores para a massa de 1000 sementes (p < 0,05) foram observados em genótipos de gergelim nigerianos avaliados por Adebisi *et al.* (2005), com adubação NPK. Enquanto Menzir (2012), trabalhando com genótipos da Etiópia, sem adubação, encontrou resultados semelhantes para a massa de 1000 sementes e, estatisticamente superiores em relação à produtividade de sementes/ha. Contudo, os valores experimentais obtidos por Menzir (2012) e iguais a 2,31 g e 0,51 t/ha, são inferiores a 3,12 g e 0,92 t/ha alcançados com o tratamento testemunha absoluta nesta pesquisa (Tabelas 6 e 5; Figuras 3A e 3C). As diferenças podem ser atribuídas a condições de solo (reação do solo, matéria orgânica do solo, textura, fertilidade, etc.), altitude, clima, ambiente, aos espaçamentos de cultivo utilizados nas referidas pesquisas, entre outros.

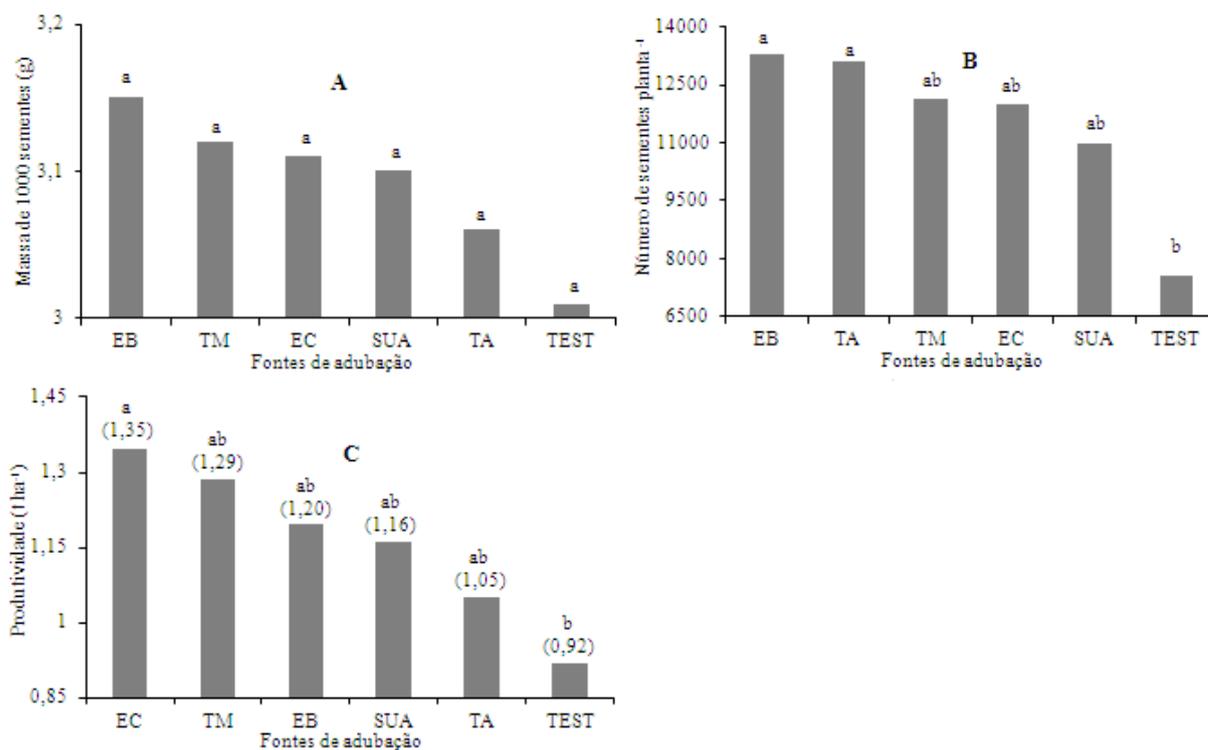


Figura 3. Massa de 1000 sementes, número de sementes por planta e produtividade de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS = 0,05; 0,47; 4,577,30 e 0,3784, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.

Conforme os resultados obtidos entre os tratamentos, a aplicação de adubo orgânico e/ou químico não influenciou a MMS das cultivares de gergelim neste estudo (Figura 3A). Resultados estatisticamente divergentes foram observados por Bhatti *et al.* (2005) com adubação NPK; Haruna e Abimiku (2012) com adubação orgânica com esterco bovino e ovino; Grilo Júnior e Azevedo (2013) com adubação de esterco caprino e sulfato de amônio em cobertura, ambos obtiveram médias iguais a 3,62; 3,47 e 3,45 g, respectivamente, valores superiores em 12,98, 10,16 e 9,52% ao desta pesquisa (3,15). Estes fatos podem ser devidos a temperaturas elevadas, em torno de 40°C, causando abortamento de flores e não enchimento dos frutos, além de redução do número de frutos por planta (BELTRÃO *et al.*, 2001). No entanto, resultado inferior e igual a 2,31 foi encontrado por Jakusko e Usman (2013) com adubação NPK.

O esterco bovino e a torta de algodão, estatisticamente iguais, resultaram no maior número de sementes por planta. O tratamento testemunha foi a que apresentou o menor número de sementes por planta, diferindo do esterco bovino e da torta de algodão (Figura 3B).

As razões para essa diferença pode ser o fato destas fontes orgânicas possuírem maiores teores de fósforo e potássio, menores relações C:N e C:S em comparação com as demais fontes utilizadas no estudo.

A fonte de adubação esterco caprino proporcionou a maior produtividade em toneladas de grãos por hectare; enquanto a testemunha foi a que apresentou a menor produtividade, diferindo do esterco caprino (Figura 3C). O que pode ser explicado pelo seu maior teor de nitrogênio em comparação com as demais fontes. Mesquita *et al.* (2013), em cultivo irrigado com a cultivar BRS Seda alcançaram produtividades variando de 0,26 a 1,01 t ha<sup>-1</sup>; já Grilo Júnior e Azevedo (2013), em condições semelhantes com a mesma cultivar obtiveram 1,60 t ha<sup>-1</sup>. Avaliando características agronômicas de gergelim Bhatti *et al.* (2005) com adubação NPK, obtiveram produtividade de grãos com máximo rendimento de 0,74 t ha<sup>-1</sup>, valor inferior a todos os tratamentos utilizados nesta pesquisa, inclusive, a testemunha absoluta (Figura 3D).

As diferenças observadas nos resultados das pesquisas, no parágrafo anterior, são inicialmente devidas a diversidade de situações nos locais de pesquisa, no entanto, as condições ambientais podem ter influenciado as plantas, em algum momento do ciclo, a direcionar energia para o crescimento vegetativo em vez de realizar a translocação de nutrientes para o enchimento dos grãos.

Nesta pesquisa observou-se que a produtividade em grãos (t/ha), com adubação, aumentou em média 31,52%. Com a fonte de adubação esterco caprino a elevação de produtividade foi da ordem de 47%, com torta de mamona 40,22%, com esterco bovino 30,43%, com sulfato de amônio 26% e com torta de algodão 14,13%.

### **Produção de biomassa seca**

Na avaliação da produção de biomassa seca, constatou-se que as cultivares estudadas e a interação destas com as fontes de adubação apresentaram resultados estatisticamente não significativos; isoladamente, as fontes de adubação mostraram efeitos significativos para massa seca do caule (MSC), massa seca do fruto (MSFr) ( $p < 0,01$ ) e, massa seca da raiz (MSR) ( $p < 0,05$ ) (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância da massa seca da folha (MSF), caule (MSC), fruto (MSFr) e raiz (MSR) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013

Fontes de variação	GL	Variáveis			
		MSF	MSC	MSFr	MSR
Blocos	3	36,4951	910,0159	462,6540	24,2415
Fontes (F)	5	67,8434 <sup>ns</sup>	1.165,9702 <sup>**</sup>	984,0710 <sup>**</sup>	96,0127 <sup>*</sup>
Cultivar (C)	1	5,1178 <sup>ns</sup>	20,6469 <sup>ns</sup>	86,3054 <sup>ns</sup>	20,1589 <sup>ns</sup>
F x C	5	3,8707 <sup>ns</sup>	201,6030 <sup>ns</sup>	195,2141 <sup>ns</sup>	20,8102 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	32,9962	307,7034	267,1801	35,7565
Total	47				
CV %		49,38	32,79	32,43	40,03

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> : não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Considerando a cultivar BRS Seda, resultados semelhantes para massa seca da parte aérea, exceto folha, foram encontrados por Mesquita *et al.* (2013), e, resultados divergentes no que diz respeito ao efeito de adubação orgânica e/ou química foram encontrados por Marques (2012), exceto, em relação à massa seca da folha, que se assemelhou a esta pesquisa.

Em relação à massa seca dos frutos as variedades em estudo assemelharam-se aos genótipos nigerianos avaliados por Adebisi *et al.* (2005) e divergiram da variedade de gergelim nigeriano, de semente branca e ciclo médio de 85-90 dias, avaliada por Haruna e Abimiku (2012).

Os resultados experimentais obtidos entre os tratamentos mostram que as fontes de adubação não influenciaram a massa de matéria seca da folha (MSF) das cultivares de gergelim em estudo (Figura 4A). As fontes de adubação torta de algodão e esterco bovino proporcionaram a maior quantidade de massa de matéria seca do caule e do fruto; já a testemunha foi a que apresentou a menor produção em massa de matéria do caule (Figura 4B) e do fruto (Figura 4C). A maior produção de biomassa no caule e no fruto pode ser devido aos maiores teores de fósforo e potássio e as menores relações C:N no esterco bovino e na torta de algodão.

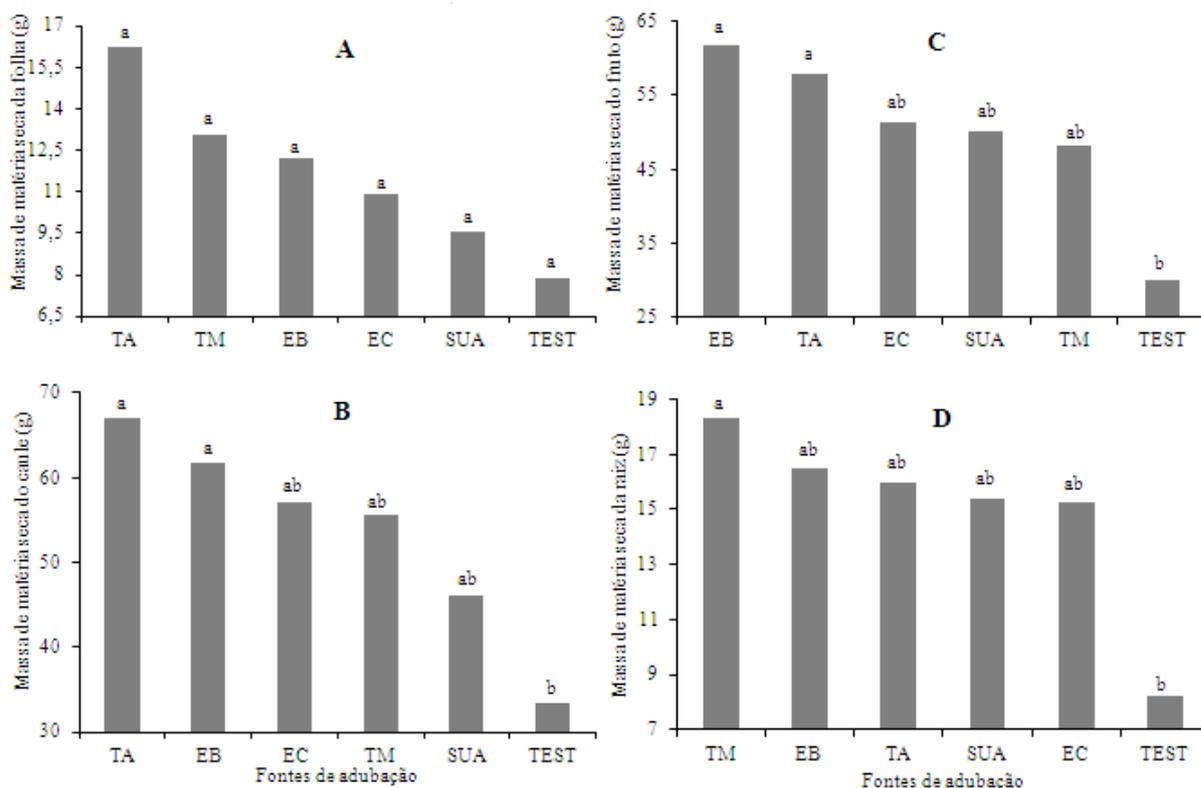


Figura 4. Massa de matéria seca da folha, do caule, do fruto e da raiz de gergelim em função da fonte de adubação. Caxias – MA, 2013. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média (n = 8). DMS=8,68; 26,52; 24,71 e 9,04, respectivamente. EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.

Em cultivo de gergelim com adubação orgânica utilizando esterco bovino e caprino Haruna e Abimiku (2012), obtiveram para massa de matéria seca do fruto valores médios de 18,31 e 18,71 g, respectivamente; valores numericamente inferiores ao desta pesquisa, em que se alcançou 61,75 e 54,30 g/planta. As diferenças entre as quantidades de massa de matéria seca do fruto podem ser devido às condições de fertilidade do solo, das fontes de adubação e condições de cultivo. No experimento de Haruna e Abimiku (2012) o solo apresentava pH entre 5-6, eo esterco bovino utilizado apresentava, em sua composição química, menores teores de N (1,3%); P (0,40%) e K (1,10%); enquanto o esterco caprino apresenta menor teor de nitrogênio (1,8%).

Já em relação à massa de matéria seca da raiz (MSR) a fonte de adubação torta de mamona proporcionou a maior quantidade de massa de matéria seca da raiz, enquanto a testemunha absoluta produziu a menor massa de matéria seca da raiz (Figura 4D). A maior produção de biomassa na raiz pelas plantas cultivadas com a fonte de adubação torta de mamona pode ser devido aos teores de fósforo e potássio e a relação C:N similares as

encontradas no esterco bovino e na torta de algodão. Bem como, influência de fatores edáficos e ambientais.

### Taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro

Na avaliação das taxas absolutas do crescimento em altura (TACA) e diâmetro (TACD), e, das taxas relativas do crescimento em altura (TRCA) e diâmetro (TRCD) na cultura do gergelim, constatou-se que as cultivares apresentaram diferenças para TACA, TACD e TRCD ( $p < 0,01$ ), e TRCA ( $p < 0,05$ ); enquanto, as fontes de adubação mostraram efeitos significativos apenas para TACD ( $p < 0,01$ ). Para a interação não ocorreu efeito significativo, exceto, para TRCD (Tabela 8). Maia Filho *et al.* (2013) em experimento com a cultivar de gergelim BRS Seda adubado com diferentes níveis de esterco bovino e sob irrigação observaram efeito significativo a 1% para altura de planta e diâmetro do caule.

Tabela 8. Resumo da análise de variância da taxa absoluta do crescimento em altura (TACA), taxa absoluta do crescimento em diâmetro (TACD), taxa relativa do crescimento em altura (TRCA) e taxa relativa do crescimento em diâmetro (TRCD) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013

Fontes de variação	GL	Variáveis			
		TACA	TACD	TRCA	TRCD
Blocos	3	0,8799	0,0002	34,0810	3,9135
Fontes (F)	5	0,1214 <sup>ns</sup>	0,0038 <sup>**</sup>	3,4559 <sup>ns</sup>	1,1321 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	1	0,6906 <sup>**</sup>	0,0148 <sup>**</sup>	18,4769 <sup>*</sup>	15,9603 <sup>**</sup>
F x C	5	0,0178 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>	1,2040 <sup>ns</sup>	4,1791 <sup>*</sup>
Resíduo	33	0,0506	0,0002	3,9277	1,6045
Total	47				
CV %		9,09	6,86	5,85	5,82

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> : não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Percebe-se que a cultivar BRS Seda apresentou maiores valores das taxas absoluta e relativa de crescimento em altura em relação a cultivar CNPA G4. Enquanto esta última foi superior em relação à primeira no que se refere à TACD (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios das taxas absoluta e relativa de crescimento em altura e diâmetro de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013

Cultivares	Variáveis		
	TACA (cm dia <sup>-1</sup> )x10 <sup>3</sup>	TACD (mm dia <sup>-1</sup> )x10 <sup>3</sup>	TRCA (cm cm <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )x10 <sup>3</sup>
BRS SEDA	2,59a	0,21b	34,49a
CNPA G4	2,35b	0,24a	33,25b
DMS	0,13	0,009	1,16

Médias (n = 24) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Taxa absoluta do crescimento em altura (TACA), taxa absoluta do crescimento em diâmetro (TACD), taxa relativa do crescimento em altura (TRCA).

Valores máximos de taxa de crescimento absoluto em altura de planta variaram de 3,01 cm dia<sup>-1</sup> no período 28-43 e de 5,82 cm dia<sup>-1</sup> no período de 43-58 dias após a semeadura. Valores de taxa de crescimento absoluto em altura de planta e diâmetro caulinar variaram de acordo com o teor de matéria orgânica utilizada no tratamento (Maia Filho *et al.*, 2013).

Verificando-se a taxa absoluta de crescimento em altura e diâmetro do caule, bem como a taxa relativa de crescimento em altura, constata-se que as fontes de adubação não interferiram, exceto, em relação a variável TACD, na qual a testemunha foi inferior, estatisticamente, às demais fontes (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios das taxas absoluta e relativa de crescimento em altura e diâmetro de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013

Fontes de adubação	Variáveis				
	TACA (cm dia <sup>-1</sup> )x10 <sup>3</sup>	TACD (mm dia <sup>-1</sup> )x10 <sup>3</sup>	TRCA (cm cm <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )x10 <sup>3</sup>	TRCD*(mm mm <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )x10 <sup>3</sup>	
				BRS SEDA	CNPA G4
EB	2,57a	0,23a	32,87a	21,41aA	21,9abA
EC	2,60a	0,22a	34,34a	20,55aA	22,10abA
SUA	2,31a	0,22a	34,32a	21,20aB	23,43aA
TA	2,53a	0,24a	34,02a	21,28aA	22,60abA
TM	2,50a	0,24a	32,25a	22,06aA	20,68bA
TEST	2,33a	0,18b	34,44a	20,56aB	23,24abA
DMS	0,34	0,02	3,00	-	-

Médias (n = 8, n = 24\*) seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Taxa absoluta do crescimento em altura (TACA), taxa absoluta do crescimento em diâmetro (TACD), taxa relativa do crescimento em altura (TRCA), taxa relativa do crescimento em diâmetro (TRCD). EC = esterco caprino; EB = esterco bovino; TA = torta de algodão; TM = torta de mamona; SUA = sulfato de amônio; TEST = testemunha.

Observa-se, também, que as fontes de adubação foram estatisticamente iguais sobre a TRCD da cultivar BRS Seda, e, que em relação a cultivar CNPA G4 o sulfato de amônio foi superior e a torta de mamona inferior a todas as demais, as outras fontes mostraram efeito estatístico iguais entre si. Quando se confrontam as cultivares as mesmas diferem apenas em relação aos tratamentos: testemunha absoluta e testemunha relativa (Tabela 10). As diferenças entre as cultivares podem ser decorrentes de variáveis ambientais ou das próprias características intrínsecas das cultivares, já que ambas estão submetidas às mesmas condições. Provavelmente a influência de algum atributo ambiental induziu a cultivar CNPA G4 a direcionar mais energia ao crescimento vegetativo do caule.

Todas as características consideradas correlacionaram-se positivamente e significativamente com a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), e, também, entre si, exceto entre massa de mil sementes e número de cápsula planta<sup>-1</sup> (r = -0,26); massa de mil sementes e matéria seca da cápsula (r = 0,12); massa de mil sementes e número de sementes planta<sup>-1</sup> (r = - 0,22) que foram não significativas (Tabela 11).

Tabela 11. Matriz de correlação entre algumas características de produção e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de gergelim, Caxias-MA, 2013

<b>Características</b>	Nº. de cápsula planta <sup>-1</sup> (Unid.)	Massa da matéria seca da cápsula (g)	Número de sementes planta <sup>-1</sup> (Unid.)	Massa de 1000 sementes (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Nº de cápsula planta <sup>-1</sup> (Unid.)	1,00				
Massa da matéria seca da cápsula (g)	0,86 <sup>**</sup>	1,00			
Número de sementes planta <sup>-1</sup> (Unid.)	0,99 <sup>**</sup>	0,88 <sup>**</sup>	1,00		
Massa de 1000 sementes (g)	-0,26 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	1,00	
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	0,30 <sup>*</sup>	0,49 <sup>*</sup>	0,34 <sup>*</sup>	0,50 <sup>*</sup>	1,00

<sup>ns</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> : não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.

De forma semelhante aos resultados desta pesquisa, Silva *et al.* (2012), também verificaram correlação positiva e significativa entre produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) e número de frutos por planta, e, correlação negativa e não significativa entre massa de 1000 sementes e número de cápsula planta<sup>-1</sup>.

Correlações significativas e positivas entre número de cápsulas por planta e produção ( $r = 0,81^{**}$ ), massa de matéria seca de cápsulas e número de cápsulas por planta ( $r = 0,72^{*}$ ), e, massa de matéria seca de cápsulas e produção ( $r = 0,82^{**}$ ) também foram verificadas em genótipos de gergelim nigerianos avaliados por Adebisi *et al.* (2005).

A correlação significativa e positiva registrada entre a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) e o número de cápsulas por planta, massa de matéria seca da cápsula, número de sementes por planta e massa de 1000 sementes indica uma interdependência entre estas características. Isso também significa, na opinião de Haruna *et al.* (2011), que estes parâmetros são importantes determinantes de rendimento, porque as cápsulas contém as sementes e, quanto mais elevado o número de cápsulas e mais pesados forem significa um maior incremento de produção de

sementes por planta, não conduzindo, necessariamente, a um aumento da produção de sementes por unidade de área.

A maior contribuição entre os componentes de produção foi feita pela massa de 1000 sementes, seguida pela massa de matéria seca da cápsula, número de sementes planta e número de cápsula por planta, mostrando a importância destes parâmetros como principais contribuintes para produção.

### **Análise de componentes principais**

A análise pelo método dos componentes principais, aplicada na matriz de correlação das características de crescimento, produção e produtividade, permitiu identificar dois autovalores, CP1 e CP2, que explicam 66,62% da variância total (Tabela 12).

Tabela 12. Autovalor e percentual explicado por cada componente principal (CP1 e CP2) do experimento com gergelim, Caxias-MA, 2013

<b>Fator</b>	<b>Autovalor</b>	<b>Variância explicada pelos componentes</b>	<b>Variância acumulada</b>
CP1	7,281	38,32	38,32
CP2	5,378	28,30	66,62

O primeiro componente – CP1, isto é, a combinação linear das variáveis originais que pode explicar individualmente a maior parcela da variância, captou 38,32% da variância; e o segundo componente – CP2, em ordem de contribuição para a variância total, captou 28,30% (Tabela 12). Resultados semelhantes foram obtidos por Parsaeian *et al.* (2011) e por Furat e Uzun (2010), cujos componentes explicaram 67,29 e 69,9% da variação total, respectivamente.

A Tabela 13 apresenta os autovetores para os dois componentes considerados, para interpretação de cada um dos componentes, foram considerados valores absolutos superiores a 0,25 e 0,26 para os autovetores (destacados em negrito) dos componentes 1 e 2, respectivamente. Nenhum dos componentes explica satisfatoriamente a variável taxa relativa de crescimento em diâmetro (TRCD). Contudo, boa parte das variáveis tem a sua variabilidade significativamente captada e representada pelos dois componentes.

Tabela 13. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, relativos aos valores das características de crescimento, dos componentes de produção, produção (kg) e produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) do experimento com gergelim, Caxias-MA, 2013

<b>Variáveis</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
Número de folhas por planta	<b>0,293</b>	-0,199
Número de ramos por planta	<b>0,250</b>	-0,252
Altura do primeiro fruto	-0,049	<b>0,336</b>
Número de frutos por planta	<b>0,344</b>	-0,081
Número de sementes por fruto	<b>0,251</b>	0,106
Número de sementes por planta	<b>0,354</b>	-0,072
Massa seca de matéria da folha	<b>0,259</b>	0,046
Massa de matéria seca do caule	<b>0,299</b>	0,162
Massa de matéria seca do fruto	<b>0,334</b>	0,071
Massa de matéria seca da raiz	<b>0,332</b>	0,081
Massa de 100 sementes	0,003	<b>0,372</b>
Massa de 1000 sementes	0,003	<b>0,373</b>
Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	0,195	<b>0,268</b>
Produção por parcela útil (kg)	0,194	<b>0,262</b>
Produção de sementes por planta	<b>0,263</b>	-0,002
Taxa relativa de crescimento em altura	-0,033	<b>0,330</b>
Taxa relativa de crescimento em diâmetro	0,097	-0,195
Altura de planta aos 90 DAE	-0,093	<b>0,263</b>
Diâmetro do caule aos 90 DAE	-0,012	<b>-0,295</b>

DAE = Dias após emergência.

Percebe-se que o primeiro componente principal está positivo e fortemente correlacionado com as variáveis número de folhas por planta (NFP), número de ramos por planta (NRP), número de frutos por planta (NFrP), número de sementes por fruto (NSFr), número de sementes por planta (NSP), massa de matéria seca da folha (MSF), massa de matéria seca do caule (MSCaule), massa de matéria seca do fruto (MSFr), massa de matéria seca da raiz (MSR) e produção de sementes por planta (PrdSP) que expressam as variáveis agrônomicas relacionadas ao crescimento e componentes de produção agrícola do gergelim nas condições experimentais, as quais tiveram a maior contribuição à diversidade total e

foram as responsáveis pela diferenciação dos quatro grupos. Os caracteres com maiores valores absolutos e mais próximos da unidade influenciam os componentes do grupo mais do que aqueles com menores valores absolutos e mais próximos de zero (CHAHAL; GOSAL, 2002). Os resultados estão de acordo com os constatados por Akbar *et al.* (2011) no que se refere ao NRP, NFrP, NSFr e produção de sementes por planta (PrdSP).

Caracteres como altura de inserção do primeiro fruto (AltFr), massa de 100 sementes (MCS), massa de 1000 sementes (MMS), produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), produção por parcela útil (kg), taxa relativa de crescimento em altura (TRCA) e altura final aos 90 DAE (ALT90) contribuíram muito para o segundo componente principal, com destaque para MCS e MMS fortemente correlacionadas. A MMS, MCS e AltFr foram as características que melhor explicaram o componente principal 2, com escores na ordem de 0,373, 0,372 e 0,336, respectivamente.

Resultados semelhantes, com genótipos de gergelim, foram encontrados por Tripathi *et al.* (2014), para as características número de galhos por planta, produção de sementes por planta e altura de planta, e, por Menzir (2012) para NFrP, produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), produção por parcela útil (kg), MMS (g), ALT90 (cm) e NRP, indicando que estas características estão relacionadas a plantas com alta produção de sementes. Tripathi *et al.* (2014), encontraram resultados discordantes aos dessa pesquisa com relação a massa de 1000 sementes.

Pela análise da Figura 5 depreende-se que, quanto menor o ângulo entre as variáveis maior será a correlação entre as mesmas e, de forma análoga e contrária, quanto maior o ângulo entre as variáveis menos correlacionadas estarão. Ilustrando o que foi afirmado, pode-se verificar que as variáveis MCS e MMS estão tão fortemente correlacionadas, que os vetores individuais, praticamente iguais, se sobrepõem, aparecendo apenas um vetor representando as duas; o mesmo se verifica para as variáveis produtividade e produção. A exemplo das variáveis citadas pode-se verificar, também, que NSP e NFrP, MSR e MSFr, TRCA e AltFr apresentam elevada correlação positiva, de forma que, poder-se-ia dizer que cada situação destacada, representa, cada uma, um mesmo fenômeno.

Uma provável explicação para a correlação entre NSP e NFrP é a de que NSP depende do NFrP, isto é, quanto maior a quantidade e o tamanho dos frutos, se espera que maior seja o número de sementes por planta. Já para a correlação entre MSR e MSFr pode ser que tenha havido translocação de carboidratos e outros metabólitos para o fruto, com produção de maior quantidade de casca, em detrimento do enchimento de grãos. A correlação entre TRCA e

AltFr é óbvia, pois a medida que a planta cresce ocorre o alongamento caulinar, concomitantemente, o ponto de inserção do primeiro fruto acompanha este crescimento.

Parsaeian *et al.* (2011) em experimento com adubação NPK (120 kg/ha de N; 100 kg/ha de P) observou correlações positivas semelhantes entre altura de inserção da primeira cápsula e altura de planta; produção de sementes por planta e número de fruto por planta; produção de sementes por planta e número de sementes por fruto. Resultados divergentes foram verificados pelos mesmos autores em relação ao número de cápsulas por planta e altura de planta; número de cápsulas por planta e altura de inserção do primeiro fruto; número de sementes por cápsulas e massa de 1000 sementes; produção de sementes por planta e massa de 1000 sementes.

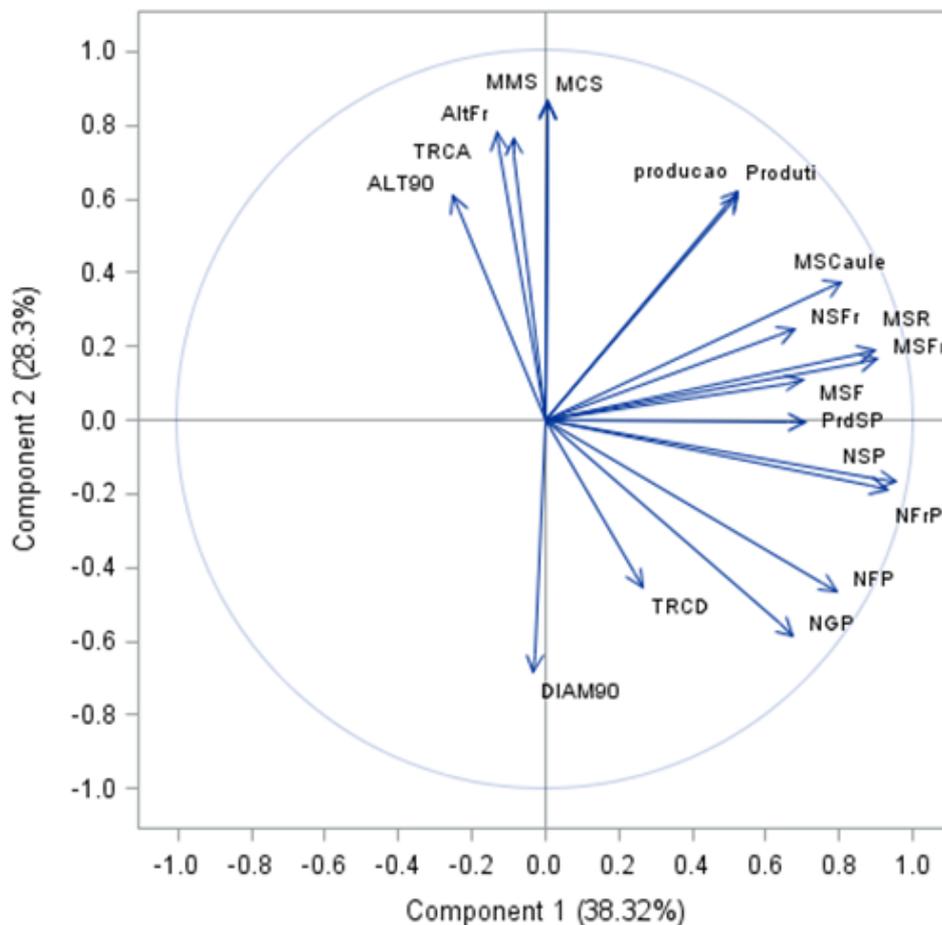


Figura 5. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, das variáveis avaliadas na cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. ALT90 = Altura de planta aos 90 DAE; TRCA = Taxa relativa de crescimento em altura; AltFr = Altura do primeiro fruto; MCS = Massa de 100 sementes; MMS = Massa de 1000 sementes; Produção; Produtividade; MSCaule = Massa de matéria seca do caule; NSFr = Número de sementes por fruto; MSR = Massa de matéria seca da raiz; MSFr = Massa de matéria seca do fruto; MSF = Massa de matéria seca da folha; PrdSP = Produção de sementes por planta; NSP = Número de sementes por planta; NFrP = Número de frutos por planta; NFP = Número de folhas por planta; NGP = NRP = Número de

ramos por planta; TRCD = Taxa relativa de crescimento em diâmetro; DIAM90 = Diâmetro do caule aos 90 DAE. DAE = Dias após emergência.

A maior parte das variáveis dispõe-se de forma homogênea e correlacionadas positivamente ao longo do eixo correspondente ao CP1. Estes resultados concordam com os obtidos por Shin *et al.* (2012) na cultura da soja. A análise da Figura 5 evidencia que as variáveis ALT90 e TRCA aumentam à medida que diminuem o DIAM90 e TRCD. Esta correlação negativa pode ser explicada, provavelmente, pelo espaçamento linear entre as plantas, definido em 10 cm, que pode ter contribuído para maior crescimento em altura, na perspectiva de evitar ou minimizar a competição por luz, água e nutrientes.

### **Análise de agrupamento (cluster)**

Pela análise da Figura 6 verifica-se que o grupo 1 (Cluster 1) é constituído pelos tratamentos BT, BEC, BEB, BTA e BSUA. Já o grupo 2 é formado pelos tratamentos CT, CEC e CEB, enquanto, os grupos 3 e 4 apresentam os tratamentos CSUA, CTM, CTA e BTM, respectivamente. Pode-se afirmar que, os tratamentos que constituem um mesmo grupo apresentam correlação positiva e homogeneidade no que se refere às características de crescimento, produção e produtividade em estudo. Resultados semelhantes quanto à formação de grupos foram obtidos por Parsaeian *et al.* (2011). Isto significa que a cultivar BRS Seda em função dos tratamentos aplicados expressou melhor desempenho relacionado à produtividade econômica (massa de 100 e 1000 sementes, produtividade em kg/ha e produção por parcela útil) e crescimento em altura. Já a cultivar CNPA G4 mostrou maior desempenho em relação à produtividade biológica, ou seja, os seus maiores valores foram alcançados nas variáveis número de folhas por planta, número de ramos por planta, número de frutos por planta, número de sementes por fruto, número de sementes por planta, massa de matéria seca da folha, do caule, do fruto e da raiz.

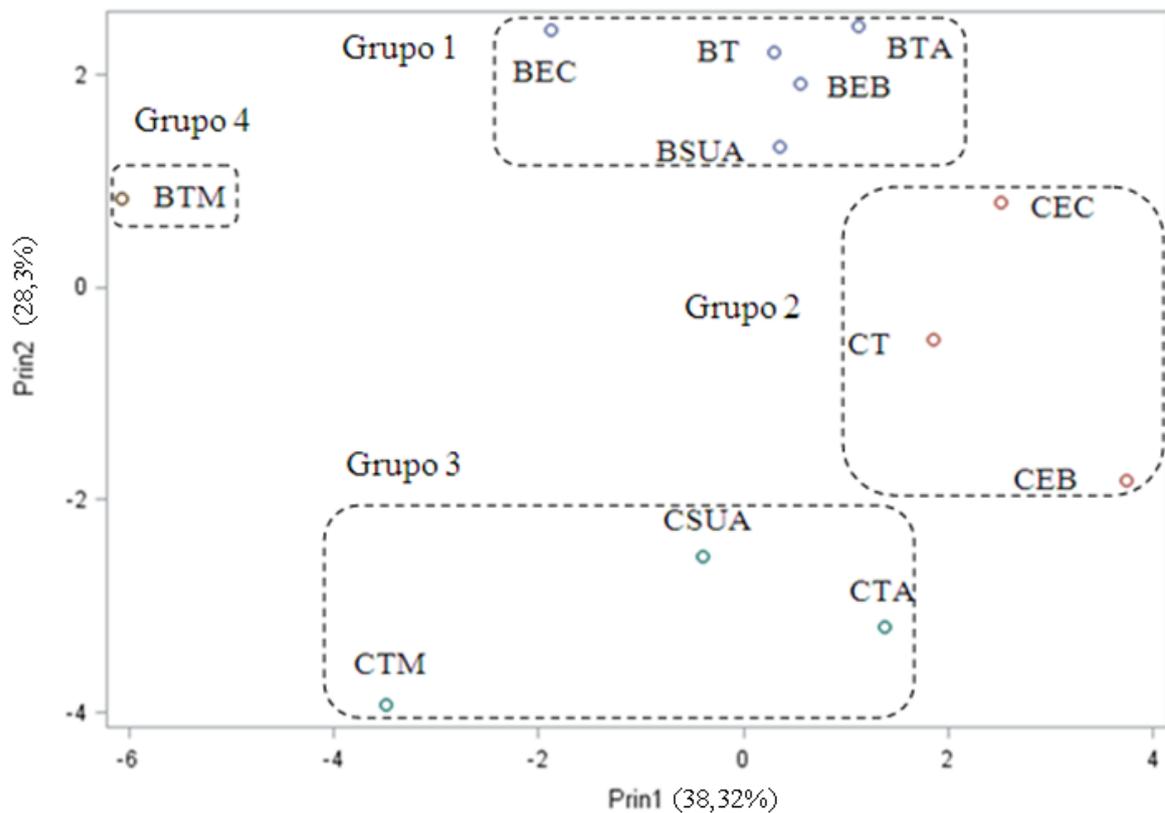


Figura 6. Agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro e do segundo componente principal (Prin1 e Prin2) do experimento com a cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. Médias ( $n = 12$ ). BRS Seda esterco bovino (BEB); BRS Seda esterco caprino (BEC); BRS Seda testemunha (BT); BRS Seda torta de algodão (BTA); BRS Seda torta de mamona (BTM); BRS Seda sulfato de amônio (BSUA); CNPA G4 esterco bovino (CEB); CNPA G4 esterco caprino (CEC); CNPA G4 testemunha (CT); CNPA G4 torta de algodão (CTA); CNPA G4 torta de mamona (CTM); CNPA G4 sulfato de amônio (CSUA).

A diferenciação dos genótipos em diferentes grupos deve-se a efeito cumulativo de um número de caracteres em vez da contribuição de poucos caracteres específicos ( $\pm 0,250 - 0,373$ ), de menor e maior contribuição entre os componentes principais (MENZIR, 2012). Assim, os resultados da presente pesquisa estão de acordo com os obtidos por Akbar *et al.* (2011) que utilizam em seu estudo características agro-morfológicas como base para o agrupamento.

A similaridade entre os tratamentos de um mesmo grupo é maior do que a similaridade destes com os tratamentos de outros agrupamentos. Assim, pela análise da Figura 6, grupo 1, pode ser verificado que os tratamentos testemunha (BT), esterco bovino (BEB), esterco caprino (BEC), torta de algodão (BTA) e sulfato de amônio (BSUA) aplicados no cultivo da variedade de gergelim BRS Seda apresentam homogeneidade no desempenho relativo às características de crescimento, produção e produtividade em estudo. Em relação ao grupo 2,

os tratamentos testemunha (CT), esterco bovino (CEB) e esterco caprino (CEC) aplicados no cultivo da variedade de gergelim CNPA G4 também apresentam homogeneidade no desempenho relativo às características de crescimento, produção e produtividade em estudo.

Já o grupo 3, que contempla a mesma variedade do grupo 2, apresentou semelhança entre os tratamentos CTM, CSUA e CTA, sendo que, CSUA e CTA foram os mais homogêneos. Também se verifica que dentro do grupo 1 ocorre maior homogeneidade entre os tratamentos BT e BEB; e, de forma isolada, formando o grupo 4, tem-se o tratamento torta de mamona (BTM) no cultivo da BRS Seda. Uma razão para o isolamento do tratamento BTM, talvez seja o fato da planta ter gastado mais energia na produção de biomassa seca da raiz. Porque em termos de produtividade econômica o referido tratamento apresenta similaridade com o grupo 1, em especial, com o tratamento BEC. Constata-se, ainda, pela análise da Figura 6 que nos grupos 2 e 3 ocorre maior dispersão do agrupamento formado pelos tratamentos do que no grupo 1.

Resultados semelhantes foram obtidos por Elfadl *et al.* (2012), pois se verifica que a análise de agrupamento confirmaram os resultados obtidos pela análise de componentes principais.

Com base na classificação conjunta dos escores do primeiro e do segundo componente principal, pode se verificar que, considerando todos os tratamentos da presente pesquisa, o tratamento CTM foi o de menor desempenho em relação às características de crescimento, produção e produtividade em estudo, e, de forma oposta, o tratamento BTA foi o de maior desempenho. Talvez, por razões de natureza ambiental, as plantas da variedade CNPA G4 cultivadas no tratamento com torta de mamona tenham gasto mais energia na produção de biomassa. Quando se analisa os componentes principais separadamente observa-se que, os tratamentos CEC e CEB são os indicados como melhores pelo primeiro componente principal e, BTA e BEC os melhores pelo segundo componente principal.

## CONCLUSÕES

As variedades de gergelim responderam de forma semelhante à adubação orgânica para maioria das variáveis de crescimento e produção verificadas.

Verificou-se superioridade da cultivar BRS Seda sobre a cultivar CNPA G4 no que se refere à produção, produtividade, massa de 1000 sementes e altura de planta.

Considerando o aumento do rendimento, o esterco caprino pode ser recomendável para as variedades de gergelim BRS Seda e CNPA G4.

A massa de 1000 sementes, seguido pela massa de matéria seca da cápsula, número de sementes por planta e número de cápsula por planta, podem ser utilizados para estimar o potencial de produtividade de variedade de gergelim.

## REFERÊNCIAS

- ADEBISI, M. A.; AJALA, M. O.; OJO, D. K.; SALAU, A. W. Influence of population density and season on seed yield and its components in nigerian sesame genotypes. **Journal of Tropical Agriculture**, Kerala, v.43, n.1-2, p.13-18, 2005.
- AKBAR, F.; RABBANI, A. M.; SHINWARI, Z. K.; KHAN, S. J. Genetic divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces based on qualitative and quantitative traits. **Pakistan Journal Botany**, Karachi, v.43, n.6, p.2737-2744, 2011.
- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. CALAGEM. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa-MG: CFSEMG, 1999. 359 p.
- ARRIEL, N. H. C.; ANDRADE, F. P. de.; FARIAS, F. J. C.; COSTA, I. T. da.; GUEDES, A. R. Aderência placentar das sementes e componentes de produção em progênies de gergelim. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande: v.2, n.2, p. 133-139, 1999.
- BHATTI, I. H.; AHMAD, R; NAZIR, M. S. Agronomic traits of sesame as affected by grain legumes intercropping and planting patterns. **Pakistan Journal Agriculture Science**, Tandojam, v.42, n.1-2, p.56-60, 2005.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA J. G. de; AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de. Ecofisiologia e Fisiologia. In: **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001. 348 p.
- BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L. B. da; SANTOS, J. W. dos. Adubação, cultivar e controle de plantas daninhas na cultura do gergelim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.5, p.605-611, 1991.
- BOUREIMA, S., OUKARROUMB, A., DIOUFA, M., CISSEA, N., DAMME, P. V. Screening for drought tolerance in mutant germplasm of sesame (*Sesamum indicum* L.) probing by chlorophyll a fluorescence. **Environmental and Experimental Botany**, Elsevier/Rio de Janeiro, v.81, p.37-43, 2012.
- BRASIL. Ministério de planejamento, orçamento e coordenação. Fundação instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE). **Zoneamento geoambiental do Estado do Maranhão: Diretrizes gerais para a ordenação territorial**. Salvador, 1997. 44p.
- CARVALHO, O. S.; BEZERRA, J. E. S. **Cultura de gergelim**. Apostila. CNPA Algodão. 1981. 13p.
- CHAHAL, G. S.; GOSAL, S. S. **Principles and procedures of plant breeding: biotechnology and conventional approaches**. Narosa Publishing House, New Delhi, 2002. 604p.

ELFADL, E.; REINBRECHT, C.; CLAUPEIN, W. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as a new oil crop in organic farming system: potential and stability in central Europe. **International Journal of AgriScience**, Kassel, v.2, n.6, p.477-495, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. DONAGEMMA, G. K. *et al.* (Orgs.). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS. 2. ed., 306p, 2006.

FURAT, S.; UZUN, B. The use of agro-morphological characters for the assessment of genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.). **Plant Omics Journal**, Southern Cross University, Sidney, v.3, n.3, p.85-91, 2010.

GRILO JÚNIOR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim BRS Seda na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Holos**, Natal, Ano 29, v.2, p.19-33, 2013.

HARUNA, I. M.; ABIMIKU, M. S. Yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by organic fertilizers in the southern guinea savanna of Nigeria. **Sustainable Agriculture Research**, Toronto, v.1, n.1, p.66-69, 2012.

HARUNA, I. M.; ALIYU, L.; OLUFAJO, O. O.; ODION, E. C. Contributions of some yield attributes to seed yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in the Northern Guinea Savanna of Nigeria. **Asian Journal of Crop Science**, New York, v.3, n.2, p.92-98, 2011.

JAKUSKO, B. B.; USMAN, B. D. Effects of NPK fertilizer and plant population density on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.). **Research Journal of Agricultural and Environmental Management**, Maitama, v.2, n.5, p.121-126, 2013.

MAIA FILHO, F. das C. F.; MESQUITA, E. F. de; GUERRA, H. O. C.; MOURA, M. F.; CHAVES, L. H. G. Effect of cattle manure on sunflower production and water use in two types of soil. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.3, p.397-405, 2013.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARANHÃO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Estado do Maranhão**. São Luis, Maranhão, 2011. 110 p.

MARQUES, L. F. **Crescimento e produtividade do gergelim (*Sesamum indicum* L.) submetido à adubação orgânica e mineral no semiárido da Paraíba**. 2012. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2012.

MENZIR, A. Phenotypic variability, divergence analysis and heritability of characters in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. **Nature and Science**, New York, v.10, n.10, p.117-126, 2012.

MESQUITA, J. B. R de; AZEVEDO, B. M. de; CAMPELO, A. R.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. de A. Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.18, p.364-375, 2013.

PARSAEIAN, M.; MIRLOHI, A.; SAEIDI, G. Study of genetic variation in sesame (*Sesamum indicum* L.) using agro-morphological traits and ISSR markers. **Russian Journal of Genetics**, Moscow, v.47, n.3, p.314-321, 2011.

QUEIROGA, V. de P.; BELTRÃO, N. E. de M. Produção de sementes. In: **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília, 2001. Embrapa Algodão, Campina Grande. p.285-301.

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**, Vitória da Conquista, v.24, n.1, p.103-106, 2006.

SANTOS, M. S; BARROS, H. M. M; MARTINS, E.S. C.S.; SAMPAIO, M.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; SALES SAMPAIO, F.M.A. de. Irrigação com efluente do reator UASB em duas cultivares de gergelim no semiárido paraibano. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.4, n.1, p.27-30, 2010.

SAS. SAS/STAT 9.3 **User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011, 8621 p.

SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D.; FARIAS, V. de A.; LIMA, C. L. D. de. **Estudo da fenologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.) cultivar CNPA G4**. Campina Grande, 2004. 18p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 54).

SHIN, E. C.; HWANG, C. E.; LEE, B. W.; KIM, H. T.; KO, J. M.; BAEK, I. Y.; LEE, Y. B.; CHOI, J. S.; CHO, E. J.; SEO, W. T.; CHO, K. M. Chemometric approach to fatty acid profiles in soybean cultivars by principal component analysis (PCA). **Preventive Nutrition and Food Science**, Busan, v.17, n.3, p.184-191, 2012.

SILVA, A. R.; NASCIMENTO, R. J. A.; SOUZA, L. C. Controle químico de plantas daninhas monocotiledôneas na cultura do gergelim. **Scientia Plena**, Aracaju, v.8, n.1, p.1-7, 2012.

TRIPATHI, A; BISEN, R.; AHIRWAL, R. P.; PAROHA, S.; SAHU, R.; RANGANATHA, A. R. G. Study on genetic divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm based on morphological and quality traits. **The Bioscan**, Jharkhand, v.8, n.4, p.1387-1391, 2014.

**CAPÍTULO 2. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO ÓLEO DE GERGELIM  
(*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL EM  
NEOSSOLO FLÚVICO**

## **CAPÍTULO 2. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO ÓLEO DE GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL EM NEOSSOLO FLÚVICO**

### **RESUMO**

Para elevar o rendimento de grãos é necessário, em geral, utilizar mais fertilizantes; entretanto, para sua aplicabilidade exige-se uma melhor compreensão da relação entre o rendimento da cultura do gergelim, doses de fertilizantes e as exigências da planta. O objetivo deste experimento foi verificar a resposta de duas variedades de gergelim à adubação orgânica e mineral e os efeitos dos mesmos na produtividade e qualidade do óleo. Para o efeito, um experimento a campo foi realizado no período de maio a outubro de 2013, em Caxias (MA), com uso de duas cultivares de gergelim, BRS Seda e CNPA G4, adubadas com seis fontes de nitrogênio: tortas de algodão e de mamona; esterco bovino e caprino, sulfato de amônio e a testemunha. Foi determinado o teor de óleo, índice de acidez, índice de peróxido e índice de saponificação. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de Tukey e análise de componentes principais e agrupamento. O fonte de adubação esterco caprino foi a melhor para o cultivo da variedade BRS Seda por ter aumentado o rendimento em óleo. A cultivar BRS Seda apresentou maior produtividade em óleo, enquanto que o óleo da cultivar CNPA G4 apresentou melhor qualidade no que se refere ao índice de acidez e peróxido.

**Palavras-chave:** cultivar BRS Seda, cultivar CNPA G4, índice de acidez, índice de saponificação, índice de peróxido, análise de componentes principais.

## ABSTRACT

To increase the seeds yield is necessary, in general, more fertilizer use; however, for its applicability requires a better understanding of the relationship between crop yield of sesame, fertilizer doses and plant requirements. The objective of this experiment was to investigate the response of two varieties of sesame to organic and mineral fertilizer and their effects on yield and oil quality. To this purpose a field experiment was conducted in the period May to October 2013 in Caxias (MA), using two cultivars of sesame, BRS Seda and CNPA G4, fertilized with six nitrogen sources: pies cotton and castor bean; cattle and goat manure, ammonium sulfate, and the witness. Oil content, acid value, peroxide value and saponification number was determined. Data were subjected to analysis of variance, Tukey's test and analysis principal components and grouping. The source of goat manure was the best fertilizer for growing BRS Seda on increasing the oil yield. BRS Seda cultivar presented higher yield in oil, while the oil CNPA G4 cultivar showed better quality with respect to the acid value and peroxide.

**Key words:** BRS Seda cultivar, CNPA G4 cultivar, acid value, saponification value, peroxide value, principal component analysis.

## INTRODUÇÃO

O baixo rendimento de gergelim (*Sesamum indicum* L.) em grãos e óleo, obtido na maioria das áreas de cultivo, como resultado da não aplicação de fertilizantes, exige mais pesquisas para compreensão do seu melhor desempenho produtivo com aplicações de fertilizantes orgânicos ou inorgânicos.

Pois o rápido esgotamento do solo em oferta de nutrientes para as plantas, o baixo teor de matéria orgânica e a má condição física do solo constituem fortes limitações à produção agrícola. Combinação de fontes de nutrientes orgânicos e fertilizantes minerais têm resultado em efeitos sinérgicos e melhora da sincronização, liberação e absorção de nutrientes pelas culturas levando a rendimentos mais elevados (MBAH; ONWEREMADU, 2009).

O esterco é um fertilizante orgânico fundamental no manejo sustentável do solo. Ele contém muitos dos elementos que são necessários para o crescimento e desenvolvimento da planta. Além de aumentar a fertilidade do solo, a adubação serve como condicionador do solo pela adição de matéria orgânica ao solo. O adubo orgânico também melhora significativamente a capacidade de retenção de água, aeração do solo, a estrutura do solo, retenção de nutrientes e atividade microbiana (HARUNA; ABIMIKU, 2012).

Para elevar o rendimento de grãos e conseqüentemente de óleo é necessário utilizar mais fertilizantes; entretanto, para sua aplicabilidade exige-se uma melhor compreensão da relação entre o rendimento da cultura, doses de fertilizantes e as exigências da planta (GAO *et al.*, 2012). Abbadi e Gerendas (2009) observaram que a oferta ideal de fertilizante nitrogenado na cultura do girassol resultou em rendimento de grãos de forma mais eficiente do que o baixo fornecimento de nitrogênio.

A demanda mundial por óleos vegetais, em especial, óleo de gergelim, tanto para fins alimentícios como industriais tem aumentado acentuadamente. Muitos países enfrentam escassez de óleo comestível, porque sua produção é muito baixa em relação ao nível de consumo. Conseqüentemente, uma parte importante de divisas é gasta em importações de óleo, que aumentam a cada ano.

O óleo de gergelim é considerado de alta qualidade devido à sua estabilidade, elevada conservação e resistência ao ranço (HARUNA; ABIMIKU, 2012), tem sido utilizado para salada, óleo de cozinha, produção de margarina, entre outros, por apresentar em sua composição ausência de colesterol. Em culturas oleaginosas, critério de qualidade é a

composição de ácidos graxos do óleo das sementes, como o ácido oléico (um ácido graxo monoinsaturado) com implicações importantes para a saúde humana (ALI; ULLAH, 2012).

Em solos de cerrado de baixa fertilidade, como o Neossolo Flúvico, para elevar o rendimento do gergelim em grãos e óleo, é necessário à aplicação de fertilizantes que atendam à exigência da cultura; para tal, realizou-se esta pesquisa com o objetivo de verificar a resposta de duas variedades de gergelim à adubação orgânica e mineral e os efeitos dos mesmos na produtividade e qualidade do óleo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A caracterização da área experimental, os tratamentos, delineamento experimental, preparo da área, calagem, semeadura, desbaste, tratos culturais e análise estatística foram iguais ao já descritos no capítulo anterior.

### **Determinação do teor de óleo**

O teor de óleo das sementes foi determinado em equipamento de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) de baixo campo (OXFORD Instruments - modelo MQA7000) no Laboratório de Análise de Plantas do CNPA/EMBRAPA em Campina Grande – PB (AOAC, 1995).

### **Extração do óleo das sementes**

Para extração de óleo, 5,0 g da amostra de sementes, em triplicata, foram trituradas em moinho analítico e, em seguida, colocando-a em cartucho próprio para extração de óleo suficiente para as análises (AOAC, 1995; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### **Determinação do teor de umidade**

A determinação do teor de umidade das sementes conforme descrito em Queiroga e Beltrão (2001) foi realizada pelo método da estufa a 105°C, durante 24 horas, utilizando-se três amostras de 10 g por repetição, medida em balança analítica de 0,0001 de precisão.

### **Determinação da acidez**

O índice de acidez do óleo foi determinado a partir de 2 g d amostra, em triplicata (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### **Determinação do índice de peróxido**

Utilizou-se 5 g da amostra, em triplicata, para determinar o índice de peróxido (AMERICAN OIL CHEMISTS´ SOCIETY, 1990).

### **Determinação do índice de saponificação**

Utilizou-se 4 g da amostra, em triplicata, para determinar o índice de saponificação (AMERICAN OIL CHEMISTS´ SOCIETY, 1990).

### **Cálculo da produtividade**

Para o cálculo da produtividade dividiu-se a massa das sementes (g/planta) pela densidade final de plantas/ha<sup>-1</sup> da área útil de cada parcela, e, o valor obtido em kg parcela<sup>-1</sup> foi transformado para kg ha<sup>-1</sup>, e, posteriormente, em t ha<sup>-1</sup>. O rendimento de óleo das sementes expresso em termos percentuais, e, posteriormente, em t ha<sup>-1</sup>, foi calculado pela relação entre a quantidade de sementes que entram na prensa, em gramas, pela quantidade de óleo obtido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de adubação foram significativas para teor de óleo e produtividade em óleo; e, as cultivares apresentaram efeito significativo apenas para teor de óleo. Não foi verificado efeito da interação para nenhuma das variáveis. Para o teor de umidade, não houve efeito de nenhum fator avaliado.

Para todas as fontes de adubação e variedades o teor médio de óleo nas sementes foi maior quando extraído por solvente do que quando estimado pelo método de ressonância magnética nuclear (Tabela 14). A superioridade do método de extração por solvente também foi constatada por Nzikou *et al.* (2009). Os testes de laboratório foram conduzidos com eficiência em razão do CV ter sido inferior a 3,8%.

Tabela 14. Resumo da análise de variância do teor de óleo extraído por solvente (OES), teor de óleo estimado por ressonância magnética nuclear (ORMN), teor de umidade (UMI) e produtividade em óleo na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013

Fontes de variação	GL	Variáveis			
		OES	ORMN	UMI	PRODUTIVIDADE EM ÓLEO
Blocos	3	16,6292	19,9462	0,3347	0,1043
Fontes (F)	5	11,2693 <sup>**</sup>	11,2091 <sup>**</sup>	0,1121 <sup>ns</sup>	0,0480 <sup>*</sup>
Cultivar (C)	1	11,9002 <sup>**</sup>	5,5216 <sup>ns</sup>	0,0120 <sup>ns</sup>	0,0147 <sup>ns</sup>
F x C	5	1,6655 <sup>ns</sup>	1,2706 <sup>ns</sup>	0,0222 <sup>ns</sup>	0,0124 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	1,4197	1,8255	0,05	0,0174
Total	47				
Média		50,99	49,19	5,71	0,59
CV %		2,34	2,75	3,80	22,31

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

Os resultados para teor de óleo, pelo método de extração por solvente, estão de acordo com os verificados por Queiroga *et al.* (2010) e divergem dos resultados encontrados por Antoniassi *et al.* (2013), estatisticamente inferiores, com significância de 5% ( $p < 0,005$ ). Para o teor de umidade das sementes, os primeiros autores constataram resultados estatisticamente superiores ( $p < 0,005$ ), para as mesmas cultivares deste estudo; enquanto, resultados

estatisticamente iguais foram observados por Antoniassi *et al.* (2013), que cultivaram genótipos de gergelim em ensaios experimentais sob regime de sequeiro e irrigação, sendo a classe de solo deste último ensaio semelhante ao da presente pesquisa.

Em experimento com cultivares de gergelim e diferentes níveis de adubação nitrogenada Hasanpour *et al.* (2012), com relação ao teor de óleo nas sementes, obtiveram resultados estatisticamente divergentes para a fonte de adubação e resultados concordantes para cultivares e a interação fonte de adubação e cultivares.

Quanto à produtividade Jooyban e Moosavi (2012), em experimento com níveis de adubação nitrogenada, obtiveram resultados significativos a 1% ( $p < 0,001$ ), significância superior ao desta pesquisa ( $p < 0,005$ ). Pereira *et al.* (2002), em experimento utilizando esterco bovino como fonte de nitrogênio obtiveram resultados não significativos para produtividade. As divergências acima entre as pesquisas destacadas podem ser devidas a diferenças nas respostas das cultivares a aplicação de nitrogênio ou a diferenças nas condições edáficas e climáticas (SHARAR *et al.*, 2000).

Constata-se que as plantas cultivadas sem adubação, as testemunhas absolutas, por ambos os métodos de determinação, foram superiores às demais no teor de óleo. As plantas adubadas com sulfato de amônio apresentaram o menor teor de óleo nas sementes, diferindo apenas da testemunha (Tabela 15). A superioridade “aparente” em teor de óleo das plantas cultivadas no tratamento testemunha não se traduziu em produtividade de óleo (t/ha), visto que neste aspecto o tratamento que alcançou maior produtividade foi o esterco caprino. Uma explicação para o maior teor de óleo nas sementes das plantas cultivadas sem adubação e, menor teor de óleo nas sementes das plantas cultivadas com adubação de sulfato de amônio, pode estar na quantidade de nitrogênio aplicada. Singh *et al.* (1960) estudando o efeito de adubação N, P e K no rendimento e no conteúdo de óleo de gergelim, verificaram que o rendimento de óleo por hectare aumentou significativamente pela aplicação de nitrogênio. A aplicação de fósforo e potássio, e, potássio isoladamente, não surtiu efeito na produção. E o nitrogênio tendeu a abaixar o conteúdo de óleo na semente, enquanto fósforo e potássio melhoraram. O rendimento de óleo por hectare foi grande pela aplicação de N e pela aplicação de P sobre o que não recebeu fósforo.

Tabela 15. Valor médio do teor de óleo extraído por solvente (OES), teor de óleo estimado por ressonância magnética nuclear (ORMN), teor de umidade (UMI) e produtividade em óleo de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013

Fontes de adubação	Variáveis			
	OES (%)	ORMN (%)	UMI (%)	PRODUTIVIDADE EM ÓLEO (t ha <sup>-1</sup> )
Esterco bovino	51,24abc	49,37ab	5,67ab	0,61ab
Esterco caprino	51,72ab	49,94ab	5,68ab	0,69a
Torta de mamona	50,45bc	48,51b	5,84a	0,65ab
Torta de algodão	49,96bc	48,35b	5,81ab	0,53ab
Sulfato de amônio	49,72c	47,90b	5,76ab	0,58ab
Testemunha	52,86a	51,09a	5,51b	0,49b
DMS	1,80	2,04	0,33	0,20

Médias (n = 8) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao teor de óleo nas sementes estimado pelo método de ressonância magnética nuclear os esterco caprino e bovino não diferiram da testemunha (Tabela 15), enquanto as demais adubações apresentaram teores inferiores. Segundo Singh *et al.* (1960) o nitrogênio tende a abaixar o conteúdo de óleo na semente.

Com relação ao rendimento em óleo, os resultados deste estudo variaram de 0,486 a 0,698 t/ha; enquanto, Hasanpour *et al.* (2012) com adubação nitrogenada equivalente, obtiveram 0,362 t/ha de óleo. Já Noorka *et al.* (2011), obtiveram resultados que variaram de 0,866 a 1.073 t/ha. O aumento no rendimento de óleo pode ser devido ao aumento na dose de nitrogênio, que favorece a elevação da produção de sementes, e, também, a colheita na época adequada (MALIK *et al.*, 2003).

A variação no rendimento de óleo pode ser devido a diferenças nas variedades das plantas, tipo e manejo da adubação, condições climáticas durante o cultivo, época de colheita das sementes e do método de extração usado (NZIKOU *et al.*, 2009). Neste experimento, é provável que a adubação aplicada, as condições climáticas e o momento da colheita, com parte dos frutos ainda não em processo de deiscência, parcialmente maduros (amarelos), tenham afetado negativamente o conteúdo de óleo.

As médias observadas para teor de óleo por ambos os métodos, em todas as fontes de adubação (Tabela 15), estão contempladas dentre as variações verificadas por outros

pesquisadores, como Tripathi *et al.* (2014), Hasanpour *et al.* (2012), Menzir (2012), Queiroga *et al.* (2012), Queiroga *et al.* (2010), Antoniassi *et al.* (2013) que observaram médias variando de 32,52-49,3, 50,69-54,1, 48,78-56,19, 50,9-56,24, 55,55(BRS Seda)-48,31(CNPA G4) e 47,08-60,71%, respectivamente, sendo que os últimos autores relacionaram o maior conteúdo de óleo nas sementes a maior disponibilidade de água no período de desenvolvimento das cápsulas (WERE *et al.*, 2006).

Nesta pesquisa observou-se que a produtividade em óleo (t/ha) aumentou em média 31 %. Com a fonte de adubação esterco caprino a elevação de produtividade foi da ordem de 47%, com torta de mamona 40 %, com esterco bovino 30%, com sulfato de amônio 26% e com torta de algodão 14%.

Em estudo com genótipos de gergelim e diferentes níveis de irrigação Silva *et al.* (2014) verificaram teor médio de óleo igual a 51,75 e 51,12 % para as variedades BRS Seda e CNPA G4, respectivamente. Em trabalho desenvolvido com 103 acessos de gergelim Uzun *et al.* (2008) observaram ampla variação no teor de óleo das sementes, indo de 41,3 a 62,7%, com valor médio igual a 53,3%. Destes, 26 acessos apresentaram resultados similares ao da presente pesquisa.

Teores de lipídio bruto iguais a 44 e 48% em sementes de gergelim marron inteiras e descascadas, respectivamente, foram constatadas por Bamigboye *et al.* (2010). Estes autores relatam que os referidos valores são inferiores aos encontrados em sementes de gergelim branco e preto, de origem sudanesa e indiana, respectivamente. E, atribuem que esta variação observada no teor de lipídios pode estar intimamente associada com a variedade e as diferenças geográficas.

As plantas de gergelim adubadas com torta de mamona produziram sementes com maior teor de umidade e a testemunha com o menor teor de umidade, enquanto as demais fontes de adubação foram estatisticamente iguais entre si. Com relação ao teor de água, Queiroga *et al.* (2010) consideram os resultados apresentados pelas cultivares BRS Seda (5,65%) como de alta qualidade, pois foram baixos em comparação a CNPA G4 (6,37%). Os mesmos autores recomendam que após a colheita do gergelim, o ideal seria reduzir o teor de água das sementes até 4,5%. Ou seja, o teor de umidade ideal deve ser menor igual a 5% (SESAME DEHULLING MACHINE, 2014). Os resultados um pouco acima do padrão comercial ( $\leq 5,0$ ) para o teor de umidade apresentada pelas sementes da presente pesquisa, pode ser devido a condições de processamento da colheita (finalização da secagem dos frutos sobre lona de plástico no campo de produção), armazenamento e transporte dos grãos.

Queiroga *et al.* (2012), com metodologia semelhante encontraram valores iguais a 5,62% para teor de umidade nas sementes das plantas cultivadas sem adubação (testemunha), portanto, valores superiores ao desta pesquisa. Bamigboye *et al.* (2010) observaram teores de umidade iguais a 6,4 e 5,2 em sementes de gergelim com casca e despelculadas, respectivamente, sendo o valor para sementes com casca (tegumento) também superior ao desta pesquisa (Tabela 15). Os menores valores de umidade nas amostras descascadas indicam que mais umidade reside no tegumento (BAMIGBOYE *et al.*, 2010).

Teor de umidade iguais a 5,31 e 5,37 foram verificados por Silva *et al.* (2014) em sementes das variedades BRS Seda e CNPA G4 cultivadas sob regime de irrigação. Em estudo bioquímico comparativo de sementes de gergelim, variedades branca e preta, oriundas da China, Kanu (2011) verificou maior teor de umidade para as sementes brancas ( $4,71 \pm 1,34$ ), no entanto, a diferença (0,51) entre as cores não foi significativa a 5% de probabilidade, o que está de acordo com os resultados deste estudo.

As plantas de gergelim adubadas com esterco caprino apresentaram a maior produtividade média e a testemunha apresentou as menores médias em grãos, diferindo do esterco caprino (Tabela 15). Talvez, a superioridade de produção das plantas cultivadas no tratamento adubado com esterco caprino seja o seu maior teor de nitrogênio em relação às demais fontes de adubação utilizadas. Perin *et al.* (2010), em experimento de campo com adubação NPK e sulfato de amônio como fonte de nitrogênio; e, Mesquita *et al.* (2013), em experimento com diferentes níveis de irrigação, adubação NPK, ureia como fonte de nitrogênio e variedade BRS Seda, obtiveram produtividade média de grãos de gergelim de 0,84 e 0,68 t/ha, respectivamente, valores abaixo do obtido com as testemunhas absoluta e relativa desta pesquisa. É provável que no caso do experimento de Perin *et al.* (2010) tenha ocorrido efeito salino, influenciando o crescimento e desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA, 2006). Em relação ao estudo de Mesquita *et al.* (2013) pode ter ocorrido perdas de nitrogênio por volatilização. E, em ambos os experimentos pode ter ocorrido também perdas de nitrogênio por lixiviação, notadamente na forma de  $\text{NO}^{-3}$ .

Jooyban e Moosavi (2012), quando aplicaram intervalos de irrigação e 0, 100 e 200 kg/ha de nitrogênio obtiveram, respectivamente, produtividade média de 0,46, 0,54, e 0,58 t/ha de sementes de gergelim, valores inferiores ao desta pesquisa. Pereira *et al.* (2002), obtiveram produtividade média igual a 0,45 t/ha sob diferentes dosagens de adubação orgânica com esterco bovino em dois anos sucessivos de cultivo, valores também inferiores ao da presente pesquisa. O fato dos resultados da presente pesquisa sobrepujarem os

resultados das pesquisas mencionadas neste parágrafo pode ser, em ambos os casos, devido a fatores edáficos e/ou ambientais, cultivares utilizadas, entre outros. No caso do experimento de Jooyban e Moosavi (2012) pode ter ocorrido inadequação no planejamento da irrigação que atendessem as exigências da cultura.

As fontes de adubação e a interação entre fontes de adubação e cultivares não apresentaram significância para índice de acidez (IAC), índice de acidez do ácido oleico (IAO), índice de peróxido (IPER) e índice de saponificação (ISAP); as cultivares apresentaram efeitos significativos a 1% ( $p < 0,001$ ) para IAC e IAO, e a 5% ( $p < 0,005$ ) para ISAP e não mostraram resultado distinto para IPER (Tabela 16).

Tabela 16. Resumo da análise de variância do índice de acidez (IAC), índice de acidez do ácido oleico (IAO), índice de peróxido (IPER), índice de saponificação (ISAP) na cultura do gergelim. Caxias – MA, 2013

Fontes de variação	GL	Variáveis			
		IAC	IAO	IPER	ISAP
Blocos	3	98,9112	25,7496	10,3810	25,6527
Fontes (F)	5	1,7017 <sup>ns</sup>	0,4319 <sup>ns</sup>	0,2394 <sup>ns</sup>	5,0922 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	1	15,5724 <sup>**</sup>	4,2721 <sup>**</sup>	0,7057 <sup>ns</sup>	28,1520 <sup>*</sup>
F x C	5	0,837608 <sup>ns</sup>	0,2271 <sup>ns</sup>	0,2565 <sup>ns</sup>	3,6943 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	1,6753	0,4255	0,23	3,8831
Total	47				
Média		9,51	4,77	2,35	196,40
CV %		13,61	13,67	20,41	1,00

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

A acidez do óleo da presente pesquisa foi superior à obtida por Antoniassi *et al.* (2013), sendo que os valores médios de 9,51% e 4,77% (Tabela 16), foram muito elevados quando comparados aos valores de 2,42% e 1,25% determinados pelos referidos autores, e, também por Warra (2011), que observou valores de acidez iguais a 0,5% e 0,45% para óleo de sementes de gergelim nigerianas de cor branca e vermelha.

Apesar dos valores para índice de peróxidos estarem dentro da faixa adequada. A acidez observada foi muito elevada. Os resultados da presente pesquisa podem ter sido influenciados e determinados pelas condições de armazenamento, visto que a acidez do óleo

decorre de hidrólise enzimática devido ao teor de umidade da semente, e a diferença observada entre as pesquisas deve-se, provavelmente, às diferenças de umidade por demora no processo de secagem no campo (cerca de 15 dias), ou colheita do grão com alta umidade. Os valores obtidos para acidez são surpreendentemente altos, mas podem ser devidos à presença de outras substâncias tituláveis com NaOH, mas não necessariamente ácidos graxos livres (ANTONIASSI; SOUZA, 2001), contribuição do sereno noturno. A acidez do óleo deve ser mantida o mais baixa possível já que valores elevados influenciam na sua aceitabilidade; além disso, na legislação brasileira, o limite de acidez para óleos prensados a frio e não refinados é de 4,0 mg KOH/g ou 2% de ácidos graxos livres (BRASIL, 2005).

Os IAC de óleos de gergelim obtidos de plantas cultivadas com variadas fontes de adubação orgânica não diferiram entre si, o mesmo se verificou para IAO, IPER e ISAP (Tabela 17). O fato destas variáveis não diferirem quanto à qualidade, está provavelmente relacionada às condições de armazenamento, temperatura e umidade, fatores responsáveis pela manutenção da qualidade das sementes (ANTONIASSI; SOUZA, 2001).

Tabela 17. Valores de índice de acidez (IAC), índice de acidez do ácido oleico (IAO), índice de peróxido (IPER) e índice de saponificação (ISAP) do óleo de gergelim cultivado em Neossolo Flúvico. Caxias – MA, 2013

Fontes de adubação	Variáveis			
	IAC (%)	IAO (%)	IPER (meq/kg)	ISAP (mg KOH/g)
Esterco bovino	9,50a	4,834a	2,35a	195,78a
Esterco caprino	9,18a	4,59a	2,13a	197,28a
Torta de mamona	9,32a	4,66a	2,66a	196,40a
Torta de algodão	8,95a	4,48a	2,35a	197,39a
Sulfato de amônio	9,98a	4,99a	2,26a	196,14a
Testemunha	10,12a	5,07a	2,33a	195,41a
DMS	1,96	0,99	0,72	2,98

Médias (n = 8) seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados para índice de peróxido constantes na Tabela 17 são considerados de boa qualidade, indicam reduzida possibilidade de deterioração oxidativa, já que o valor máximo a ser atingido por este parâmetro que avalia a qualidade do óleo deve ser de 10

meq/kg (miliequivalentes de oxigênio ativo contidos em um quilograma de óleo) (ANVISA, 1999). Quando o índice de peróxidos atinge valores acima de 15 meq/kg pode ser um indicativo de degradação do óleo (JORGE *et al.*, 2005).

Índices de peróxidos da ordem de  $0,04 \pm 0,32$  em óleo de sementes de gergelim oriundas do Congo foram determinados por Nzikou *et al.* (2009), valores muito inferiores ao deste pesquisa; já Warra (2011) verificou valores iguais a 8 e 7,45 em óleo de sementes de gergelim nigeriano de cor branca e vermelha; enquanto, Dashak e Fali (1993), também constataram, em variedades de gergelim nigerianos de cor branca, creme, preta e amarela índice de peróxidos iguais a 10,5;  $10,7 \pm 0,04$ ;  $10,5 \pm 0,04$ ; 11,3, respectivamente, sendo os valores de ambas pesquisas muito superiores ao deste estudo. Fatores como temperatura e umidade do local de armazenamento favorecem a peroxidação, que segundo Mendonça *et al.* (2008) resulta da reação do oxigênio com moléculas de óleos e gorduras formando peróxidos ou outros produtos similares resultantes da oxidação de gorduras.

Percebe-se que os resultados apresentados para todas as fontes de adubação, quanto ao índice de saponificação (Tabela 17), são considerados bons, visto que o valor ideal do referido parâmetro estimativo de qualidade de óleos vegetais oscila em torno de 187 a 195 mg KOH/g (ANVISA, 1999), quantidade necessária para saponificar 1,0 g de óleo. Quanto menor a massa molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação, para as gorduras vegetais, quanto mais altos os índices de saponificação mais se prestam para fins alimentares (MORETTO; FEET, 1998).

Nzikou *et al.* (2009) encontraram índices de saponificação da ordem de  $192 \pm 1,42$  e  $197 \pm 0,21$  em sementes de gergelim; Warra (2011) observou valores de 189 e 191 em óleo de sementes de gergelim nigerianos branca e vermelha, enquanto Dashak e Fali (1993), verificaram em variedades de gergelim nigerianos de cor branca, creme, preta e amarela índice de saponificação iguais a  $189 \pm 0,56$ ;  $191 \pm 0,28$ ;  $188 \pm 0,28$ ;  $178 \pm 1,40$ , respectivamente. Em ambas as pesquisas os valores alcançados pelos índices são inferiores ao deste estudo, exceto o valor de  $197 \pm 0,21$  obtido pelos primeiros autores que é semelhante aos valores desta pesquisa determinados em óleo extraído das sementes das plantas cultivadas com as fontes orgânicas esterco caprino e torta de algodão.

### Análise de componentes principais

A análise pelo método dos componentes principais, aplicada na matriz de correlação das características de produtividade em óleo e qualidade do óleo, permitiu identificar dois autovalores, CP1 e CP2, que explicam 69,1% da variância total (Tabela 18).

Tabela 18. Autovalor característico e percentual explicado por cada componente principal (CP1 e CP2) do experimento com gergelim, Caxias-MA, 2013

<b>Fator</b>	<b>Autovalor</b>	<b>Variância individual</b>	<b>Variância acumulada</b>
CP1	3,170	39,62	39,62
CP2	2,358	29,47	69,09

O primeiro componente – CP1, isto é, a combinação linear das variáveis originais que pode explicar individualmente a maior parcela da variância, captou 39,62% da variância; e o segundo componente – CP2, em ordem de contribuição para a variância total, captou 29,47% (Tabela 18). Resultados semelhantes foram obtidos por Yol e Uzun (2012); Furat e Uzun (2010), cujos componentes explicaram 70,6 e 69,9% da variação total, respectivamente; enquanto, em experimento com a cultura do açafrão Elfadl *et al.* (2012), verificaram que os componentes principais explicaram 74,8% da variação total.

Segundo Pace (2014), a análise de componentes principais mostrou-se eficaz na verificação da qualidade e diferenciação entre vários tipos de óleos de sementes.

A Tabela 19 apresenta os autovetores para os dois componentes considerados, para interpretação de cada um dos componentes, foram considerados valores absolutos superiores a 0,38 e 0,41 para os autovetores (destacados em negrito) dos componentes 1 e 2, respectivamente. Entre as características avaliadas os componentes principais 1 e 2 explicam 37,5 e 25% dos valores considerados, respectivamente.

Tabela 19. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, relativos aos valores das características de produtividade e qualidade do óleo de gergelim. Caxias – MA, 2013

Variáveis	CP1	CP2
OES	<b>0,532</b>	-0,143
ORMN	<b>0,532</b>	-0,046
PROD	-0,211	-0,220
IAC	0,039	<b>0,592</b>
IAO	0,031	<b>0,591</b>
IPER	-0,062	-0,363
ISAP	-0,307	0,278
UMI	<b>-0,537</b>	-0,139

OES = teor de óleo extraído por solvente; ORMN = teor de óleo estimado por ressonância magnética nuclear; PROD = produtividade; IAC = índice de acidez; IAO = índice de acidez ácido oleico; IPER = índice de peróxido; ISAP = índice de saponificação; UMI = teor de umidade.

Percebe-se que o primeiro componente está fortemente correlacionado com o teor de óleo e o teor de umidade. Os caracteres com maiores valores absolutos e mais próximos da unidade influenciam os componentes do grupo mais do que aqueles com menores valores absolutos e mais próximos de zero (CHAHAL; GOSAL, 2002).

Os índices de acidez (IAC, IAO) foram as características que melhor explicaram o componente principal 2, com escores na ordem de 0,592, 0,591, respectivamente; enquanto, umidade e teores de óleo melhor explicaram o CP1, com escores de 0,537 e 0,532 (Tabela 19).

Resultados inferiores em relação aos teores de óleo (-0,315; 0,28) foram obtidos por Menzir (2012) e por Elfadl *et al.* (2012), em experimentos com a cultura do gergelim e de açafrão, respectivamente. Enquanto, Yousuf *et al.* (2011), encontraram escores variando de -0,022 a -0,818 para teor de óleo na cultura da colza (*Brassica campestris* L.).

As variáveis IAC e IAO estão tão fortemente correlacionadas ( $r = 0,994$ ) que os vetores individuais, praticamente iguais, se sobrepõem, aparecendo apenas um vetor representando as duas; pode-se verificar, também, que ORMN e OES apresentam elevada correlação ( $r = 0,961$ ); enquanto, teor de óleo e demais características apresentam correlação negativa (Figura 7). Correlações positivas e negativas também foram observadas por Yousuf *et al.* (2011) em características de qualidade das sementes na cultura da colza.

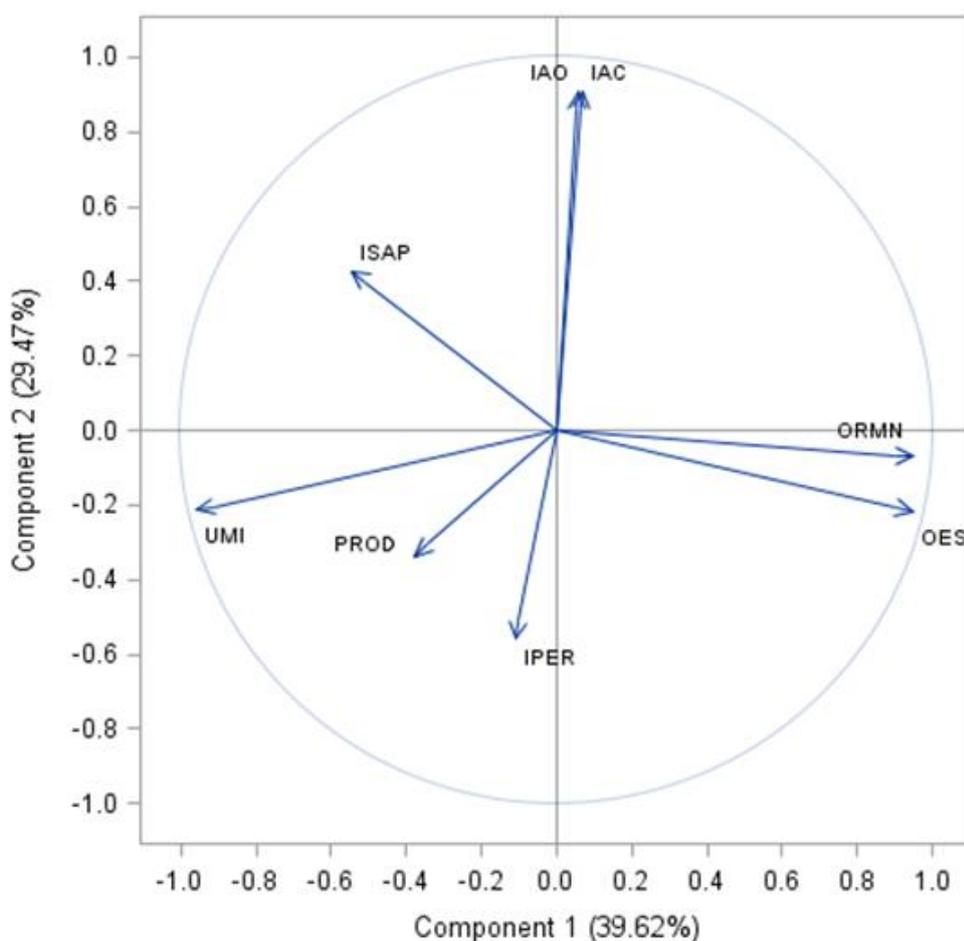


Figura 7. Autovetores dos componentes principais, CP1 e CP2, de variáveis avaliadas em experimento com a cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. OES = teor de óleo extraído por solvente; ORMN = teor de óleo estimado por ressonância magnética nuclear; PROD = produtividade; IAC = índice de acidez; IAO = índice de acidez ácido oleico; IPER = índice de peróxido; ISAP = índice de saponificação; UMI = teor de umidade.

### **Análise de agrupamento (cluster)**

Verificou-se a formação de três grupos (Figura 8), sendo o grupo 1 constituído da cultivar CNPA G4 com todas as fontes de adubação, exceto o tratamento com sulfato de

amônio, testemunha relativa, que contempla as duas cultivares, BRS Seda e CNPA G4. Enquanto, o grupo 2 é constituído pela variedade BRS Seda, também, adubada com todas as fontes orgânicas que constituíram o experimento. E, finalmente, o grupo 3, formado por ambas as cultivares na ausência de adubação.

No grupo 1, os tratamentos esterco bovino (CEB), esterco caprino (CEC) e torta de mamona (CTM) aplicados no cultivo da variedade de gergelim CNPA G4, e, no grupo 2, os tratamentos esterco bovino (BEB) e esterco caprino (BEC) aplicados no cultivo da variedade de gergelim BRS Seda, apresentam maior homogeneidade no desempenho relativo às características de qualidade de óleo e produtividade em óleo, respectivamente (Figura 8).

Resultados semelhantes utilizando esterco bovino foram obtidos por Maia Filho *et al.* (2013), que verificaram aumento nos componentes de produtividade na cultura de girassol.

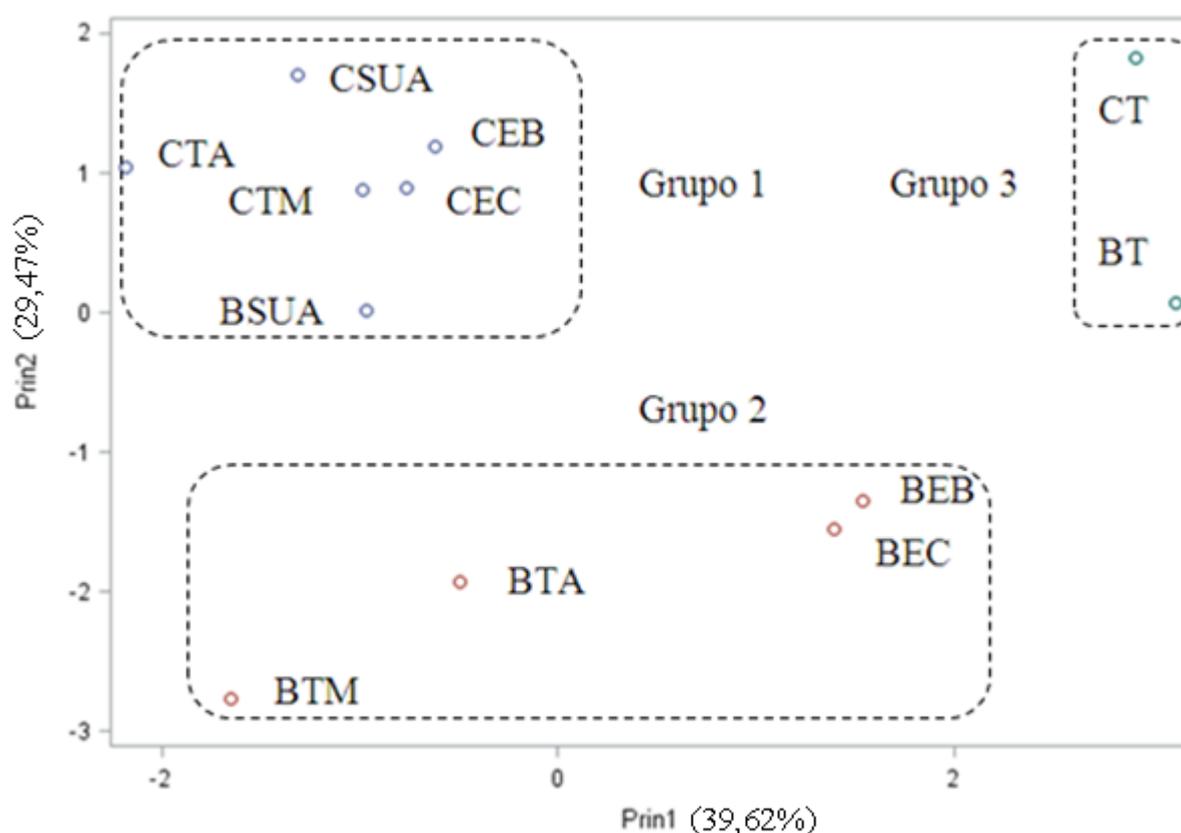


Figura 8. Agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro e do segundo componente principal, Prin1 e Prin2, do experimento com a cultura de gergelim. Caxias – MA, 2013. Médias (n = 12). BRS Seda esterco bovino (BEB); BRS Seda esterco caprino (BEC); BRS Seda testemunha (BT); BRS Seda torta de algodão (BTA); BRS Seda torta de mamona (BTM); BRS Seda sulfato de amônio (BSUA); CNPA G4 esterco bovino (CEB); CNPA G4 esterco caprino (CEC); CNPA G4 testemunha (CT); CNPA G4 torta de algodão (CTA); CNPA G4 torta de mamona (CTM); CNPA G4 sulfato de amônio (CSUA).

Constata-se que nos grupos 2 e 3 ocorre maior dispersão entre os tratamentos do que no grupo 1 (Figura 8), exceto entre BEB e BEC, grupo 2. As similaridades de comportamento observadas entre as plantas cultivadas nos tratamentos com esterco bovino e caprino podem ser devidas à pequena variação na composição química em nitrogênio, embora a relação C:N do esterco caprino seja maior, mas esta fonte é bastante concentrada em nitrogênio.

O grupo 1 apresenta os maiores valores nas variáveis relacionadas com o segundo componente principal, por exemplo, IAC (0,592) e IAO (0,591); enquanto os grupos 2 (BRS Seda) e 3, apresentam os maiores valores relacionados ao primeiro componente principal, ou seja, OES (0,532) e ORMN (0,532) (Figura 8). O fato das plantas cultivadas no tratamento testemunha formarem um grupo isolado é explicado pela existência de maior teor de óleo em suas sementes, confirmado na análise laboratorial e apresentado na Tabela 15.

Com base na classificação conjunta dos escores do primeiro e do segundo componente principal, pode-se verificar que, considerando todos os tratamentos da presente pesquisa, o tratamento BTM foi o de menor desempenho em relação às características de produtividade em óleo e qualidade do óleo em estudo, e, de forma oposta, o tratamento CT foi o de maior desempenho. A torta de mamona utilizada é considerada um excelente adubo por possuir em sua composição cerca de 5% em nitrogênio, neste aspecto, segundo Singh *et al.* (1960) o nitrogênio tende a abaixar o conteúdo de óleo na semente. O que explica, também, o melhor desempenho das plantas cultivadas no tratamento testemunha em relação ao teor de óleo mais elevado, embora não se confirmando em produtividade por área.

Os resultados da análise de cluster sugerem que há variação entre as cultivares no que se referem às características de qualidade das sementes e do óleo. Uma provável explicação pode ser o fato das sementes da cultivar BRS Seda apresentarem teor de umidade mais elevada (Tabela 19).

## CONCLUSÕES

Os esterco caprino e bovino podem ser recomendados para o cultivo da variedade BRS Seda por terem aumentado o teor e o rendimento em óleo.

A qualidade do óleo não foi afetada pelas fontes de adubo utilizadas.

A cultivar BRS Seda apresentou maior produtividade em óleo, enquanto que o óleo da cultivar CNPA G4 apresentou melhor qualidade no que se refere ao índice de acidez e peróxido.

## REFERÊNCIAS

ABBADI, J.; GERENDAS, J. Nitrogen use efficiency of safflower as compared to sunflower. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, n.32, v.6, p.929-945, 2009.

ALI, A.; ULLAH, S. Effect of nitrogen on achene protein, oil, fatty acid profile, and yield of sunflower hybrids. **Chilean Journal Of Agricultural Research**, Santiago, v.72, n.4, p.564-567, 2012.

AMERICAN OIL CHEMISTS´ SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists` Society**. 4th ed. Champaign, AOCS, 1990. [AOCS Official method Cd 8-53].

ANTONIASSI, R.; ARRIEL, N. H. C.; GONÇALVES, E. B.; FREITAS, S. C. de; ZANOTTO, D. L.; BIZZO, H. R. Influência das condições de cultivo na composição da semente e do óleo de gergelim. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.3, p.301-310, 2013.

ANTONIASSI, R.; SOUZA, D. de F. S. de. Composição, processamento e atividade antioxidante. In: **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001. 348 p.

ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999, Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p.82-87, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 920.39,C). Arlington: A.O.A.C., 1995, chapter 33. p.10-12

BAMIGBOYE, A. Y; OKAFOR, A. C.; ADEPOJU, O. T. Proximate and mineral composition of whole and dehulled Nigerian sesame seed. **African Journal of Food Science and Technology**, Ilha Victoria, Lagos, v.1, n.3, p.71-75, 2010.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº 270, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal**. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de setembro de 2005. Seção 1.

CHAHAL, G. S.; GOSAL, S. S. **Principles and procedures of plant breeding: biotechnology and conventional approaches**. Narosa Publishing House, New Delhi, 2002. 604p.

DASHAK, D. A.; FALI, C. N. Chemical composition of four varieties of Nigerian benniseed (*Sesamum indicum*). **Food Chemistry**, Reading, Reino Unido, v.47, n.3, p.253-255, 1993.

ELFADL, E.; REINBRECHT, C.; CLAUPEIN, W. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as a new oil crop in organic farming system: potential and stability in Central Europe. **International Journal of AgriScience**, Kassel, v.2, n.6, p.477-495, 2012.

FURAT, S.; UZUN, B. The use of agro-morphological characters for the assessment of genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.). **Plant Omics Journal**, Southern Cross University, Sidney, v.3, n.3, p.85-91, 2010.

GAO, Q.; LI, C.; FENG, G.; WANG, J.; CUI, Z.; CHEN, X.; Zhang, F. Understanding yield response to nitrogen to achieve high yield and high nitrogen use efficiency in rainfed corn. **Agronomy Journal**, Wooster, v.104, n.1, p.165-168, 2012.

HARUNA, I. M.; ABIMIKU, M. S. Yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by organic fertilizers in the Southern Guinea Savanna of Nigeria. **Sustainable Agriculture Research**, Toronto, v.1, n.1, p.66-69, 2012.

HASANPOUR, R.; PIRDASHTI, H.; ESMAEILI, M.; ABBASIAN, A. Effect of plantgrowth promoting rhizobacterial (PGPR) and nitrogen on qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, London, v.4, n.11, p.662-665, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1.:** Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos, 3. ed. Sao Paulo: IMESP, 1985. p. 245-246. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com\\_remository&Itemid=20&func=startdown&id=17](http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=20&func=startdown&id=17) Acesso em: 15 mai. 2014.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P; LUNARDI, V. M.; MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n.6, p.947-951, 2005.

JOOYBAN, Z.; MOOSAVI, S. G. Seed yield and some yield components of sesame as affected by irrigation interval and different levels of fertilization and superabsorbent. **Advances in Environmental Biology**, Amman, v.6, n.2, p.593-597, 2012.

KANU, P. J. Biochemical analysis of black and white sesame seeds from China. **American Journal of Biochemistry and Molecular Biology**, New York, v.1, n.2, p.145-157, 2011.

LUCENA, A. M. A.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; BORTOLUZI, C. R. D. J. Caracterização física e química de sementes da mamoneira cv. BRS nordestina pela cor do tegumento. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.14, n.2, p.83-90, 2010.

MAIA FILHO, F. das C. F.; MESQUITA, E. F. de; GUERRA, H. O. C.; MOURA, M. F.; CHAVES, L. H. G. Effect of cattle manure on sunflower production and water use in two types of soil. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.3, p.397-405, 2013.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALIK, M. A; SALEEM, M. F.; CHEEMA, M. A. A; AHMED, S. H. Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. **International Journal of Agriculture e Biology**, Beijing, v.5, n.4, p.490-492, 2003.

- MBAH, C. N.; ONWEREMADU, E. U. Effect of organic and mineral fertilizer inputs on soil and maize grain yield in an acid ultisol in Abakaliki-South Eastern Nigeria. **American Eurasian Journal of Agronomy**, Dubai, v.2, n.1, p.7-12, 2009.
- MENDONÇA, M. A.; BORGIO, L. A.; ARAÚJO, W. M. C.; NOVAES, M. R. C. G. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Comunicação Ciências Saúde**, Brasília, v.19, n.2, p.115-122, 2008.
- MENZIR, A. Phenotypic variability, divergence analysis and heritability of characters in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. **Nature and Science**, New York, v.10, n.10, p.117-126, 2012.
- MESQUITA, J.B.R de; AZEVEDO, B.M. de; CAMPELO, A.R.; FERNANDES, C.N.V.; VIANA, T.V. de A. Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.18, p.364-375, 2013.
- MORETTO, E.; FEET, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela Editora e Livraria, 1998.
- NOORKA, I. R.; HAFIZ, S. I.; EL-BRAMAWY, M. A. S. Response of sesame to population densities and nitrogen fertilization on newly reclaimed sandy soils. **Pakistan Journal Botany**, Karachi, v.43, n.4, p.1953-1958, 2011.
- NZIKOU, J. M.; MATOS, L.; BOUANGA-KALOU, G; NDANGUI, C. B.; PAMBOU-TOBI, N. P. G.; KIMBONGUILA, A.; SILOU, T. H.; LINDER, M.; DESOBRY, S. Chemical composition on the seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) grown in Congo-Brazzaville. **Advance Journal of Food Science and Technology**, Brazzaville, v.1, n1, p.6-11, 2009.
- PACE, N. Detection of adulterant seed oils in extra virgin olive oils by LC-MS and principal components analysis. **Food and Environmental**, Ontário, p.1-5. Disponível em: <<http://www.absciex.com/Documents/Downloads/Literature/mass-spectrometry-Adulteration-OliveOil-1282510.pdf>> Acesso em: 18 jul. 2014.
- PEREIRA, J. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, E. S. B. Adubação orgânica do gergelim, no seridó paraibano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.6, n.2, p.515-523, 2002.
- PERIN, A.; CRUVINEL, D. J.; SILVA, J. W. da. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.93-98, 2010.
- QUEIROGA, V. de P.; BELTRÃO, N. E. de M. Produção de sementes. In: **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília, 2001. Embrapa Algodão, Campina Grande. p.285-301.
- QUEIROGA, V. de P.; BORBA, F. G.; ALMEIDA, K. V. de; SOUSA, W. J. B. de; JERÔNIMO, J. F.; QUEIROGA, D. A. N. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.4, n.1, p.27-33, 2010.

QUEIROGA, V. de P.; FREIRE, R. M. M.; FIRMINO, P. de T.; MARINHO, D. R. F.; SILVA, A. C.; BARBOSA, W. T.; QUEIROGA, D. A. N. Avaliação da qualidade das sementes de gergelim submetidas aos processos de despelículação manual, físico e mecânico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.4, p.307-315, 2012.

QUEIROGA, V. de P.; GONDIM, T. M. de S.; VALE, D. G.; GEREON, H. G. M.; QUEIROGA, D. A. N. Produção de gergelim orgânico em agricultura familiar no Nordeste brasileiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.5, n.2, p.166-172, 2011.

SAS. **SAS/STAT 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011, 8621 p.

SESAME DEHULLING MACHINE. **Máquina descascamento de gergelim**. Disponível em: <<http://eng.clima.org.cn/Machine/Seeds-Hulling-Machine/Sesame-Dehulling-Machine.html>> Acesso em: 14 mai. 2014.

SHARAR, M. S.; AYUB, M.; CHOUDHRY, M.; ASIF, M. Growth and yield of sesame genotypes as influenced by NP application. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v.1, n.2, p.86-88, 2000.

SILVA, J. C. A. da; FERNANDES, P. D.; BEZERRA, J. R. C.; ARRIEL, N. H. C.; CARDOSO, G. D. Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.408-416, 2014.

SINGH, H.; BUPTA, M. L.; RAO, A. N. K. Effect of N, P and K on the yield and oil content of sesame. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v.4, n.[S.I.], p.176-181, 1960.

TRIPATHI, A; BISEN, R.; AHIRWAL, R. P.; PAROHA, S.; SAHU, R.; RANGANATHA, A. R. G. Study on genetic divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm based on morphological and quality traits. **The Bioscan**, Jharkhand, v.8, n.4, p.1387-1391, 2014.

UZUN, B; ARSLAN, Ç.; FURAT, S. Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). **Journal of the American Oil Chemists Society**, New York, v.85, n.12, p.1135-1142, 2008.

WARRA, A. A. Sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil methods of extraction and its prospects in cosmetic industry: A review. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, Grahamstown, v.4, n.2, p.164-168, 2011.

WERE, B. A.; ONKWARE, A. O.; GUDU S.; WELANDER M.; CARLSSON, A. S. Seed oil content and fatty acid composition in east African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. **Field Crops Research**, Bonn, v.97, n.2-3, p.254-260, 2006.

YOL, E.; Uzun, B. Geographical patterns of sesame accessions grown under mediterranean environmental conditions, and establishment of a core collection. **Crop Science**, Madison, v.52, n.5, p.2206-2214, 2012.

YOUSUF, M.; AJMAL, S. U.; MUNIR, M.; GHAFOR, A. Genetic diversity analysis for agro morphological and seed quality traits in rapeseed (*Brassica campestris* L.). **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v.43, n.2, p.1195-1203, 2011.

Apêndice. Quantidade de nutrientes aplicados com cada fonte orgânica utilizada na adubação do experimento com a cultura do gergelim. Caxias – MA, 20013

Nutrientes	Fontes Orgânicas			
	Esterco bovino	Esterco caprino	Torta de algodão	Torta de mamona
N (g)	520,8	295,26	339,18	156,4
P (g)	21,03	6,16	63,13	40,8
K (g)	62,31	11,62	56,61	19,38
Ca (g)	28,52	18,48	22,54	28,22
Mg (g)	8,99	12,04	20,04	12,92
S (g)	-	-	11,02	6,46
C (g)	4.470	5.340	2.520	1.653
M.O. (g)	7.708	9.216	4.346	2.849

N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; C = carbono; M.O. = matéria orgânica. Base de cálculo: 31,0 kg esterco bovino; 14,0 kg esterco caprino; 5,01 kg torta de algodão e 3,4 kg torta de mamona.