



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCA ROBEVANIA MEDEIROS BORGES

**CULTIVO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE BIOFERTILIZANTE
CAPRINO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ**

FORTALEZA

2017

FRANCISCA ROBEVANIA MEDEIROS BORGES

CULTIVO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE BIOFERTILIZANTE CAPRINO E
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Titular Francisco Marcus Lima Bezerra

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Albanise Barbosa Marinho

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B731c Borges, Francisca Robevania Medeiros.
Cultivo do girassol submetido a doses de biofertilizante caprino e lâminas de irrigação na Região do Maciço de Baturité / Francisca Robevania Medeiros Borges. – 2017.
122 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra.

Coorientação: Profa. Dra. Albanise Barbosa Marinho.

1. Helianthus annuum L.. 2. Adubação. 3. Biofertilização. 4. Manejo da irrigação. 5. Tanque classe "A". I. Título.

CDD 630

FRANCISCA ROBEVANIA MEDEIROS BORGES

CULTIVO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE BIOFERTILIZANTE CAPRINO E
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 18 de agosto de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Titular Francisco Marcus Lima Bezerra (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof^a. Dr^a. Albanise Barbosa Marinho (Coorientadora)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

Prof^a. Titular Maria Clarete Cardoso Ribeiro (Conselheira)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

Prof. Dr. Alexandre Reuber Almeida da Silva (Conselheiro)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Prof. Dr. Cley Anderson Silva de Freitas (Conselheiro)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Para o meu amado pai, Antônio Robério Borges
(*in memoriam*), que permanece sorrindo comigo
na Casa da Eternidade. Te amo, paiho...

Para minha mãezinha, Valdenia Medeiros
Borges, minha força e motivação...

De nada adiantaria a minha caminhada se vocês
não tivessem me ensinado os primeiros passos.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que incomparável e inconfundível na sua infinita bondade, compreende os meus anseios e me deu a necessária força para atingir os meus objetivos.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – DENA, aos seus docentes, discentes e funcionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra por sua amizade, atenção, confiança e orientação na realização deste trabalho. Poucos são tão privilegiados, como eu, por ter tido a sorte de conviver com uma pessoa tão generosa.

À professora Dr^a. Albanise Barbosa Marinho pelo apoio técnico, colaboração e amizade. O seu apoio foi incondicional à execução dessa pesquisa. Para mim, é uma imensa honra e orgulho, a parceria construída desde 2010, com seus preciosos conselhos e sua inestimável confiança.

Aos membros da Banca Examinadora prof^a. Dr^a. Maria Clarete Cardoso Ribeiro, Prof. Dr. Alexandre Reuber Almeida da Silva e prof. Dr. Cley Anderson Silva de Freitas por contribuírem para a melhoria deste trabalho, com sábias considerações.

À Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB por apoiar o desenvolvimento dessa pesquisa, disponibilizando sua área experimental, a Fazenda Piroás, para execução deste trabalho. Deixo também os meus sinceros agradecimentos aos colaboradores da Fazenda Experimental.

Ao professor Dr. Alexandre Bosco de Oliveira por disponibilizar o Laboratório de Análise da Produção para execução da extração do óleo das sementes e sua equipe de bolsistas.

Aos professores Fernando Felipe Ferreyra e Ismail Soares pela liberação dos Laboratórios de Química e Nutrição Mineral, no Departamento de Ciências do Solo, para realização das análises de proteína e dos teores foliares de nutrientes e ao técnico Crisanto Dias pelo auxílio e amizade.

Ao Grupo de Pesquisa em Irrigação e Drenagem e ao Grupo de Pesquisa em Biofertilização (GPBio). Obrigada por auxiliarem na condução dos experimentos de campo, análises de laboratório e pela amizade de todos vocês.

Aos meus pais Antônio Robério Borges (*In memoriam*) e Valdenia Medeiros Borges, que não se contentando em presentear-me com a vida, abriram as portas do meu futuro, iluminando meu caminho com a luz mais brilhante que puderam encontrar: o amor. A vocês que hoje sorriem orgulhosos ou choram emocionados, onde quer que estejam, agradeço, por tudo que sou e que tenho. “Painho, eu consegui, e sei que o senhor sempre esteve segurando a minha mão...”

Ao meu esposo Émerson Santana, pessoa com quem amo partilhar a vida. Você que entendeu minhas ausências, aceitou minhas omissões, compartilhou de minhas lágrimas e sorrisos... Obrigada por seu amor e por sua capacidade de me trazer paz em meio as turbulências da vida. Às minhas irmãs Maria Valdeliz Borges Neta, Valeska Medeiros Borges e Valéria Medeiros Borges por todo o companheirismo. Laços de sangue nos unem, mas exercer o verdadeiro sentido de fraternidade é o nosso diferencial. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro são mais divertidas! Amo vocês!

Aos meus familiares que também dividem comigo esta alegria, em especial às minhas avós Maria Valdeliz Borges (*In memoriam*) e Olindina Maria da Conceição.

À todas as pessoas que sempre me incentivaram com votos de plena confiança, deixo os agradecimentos de uma verdadeira amizade. Hoje, apesar de pensar saber bastante, não aprendi ainda algo que seja suficiente e possa substituir o simples “muito obrigada”.

“girassol (s. m.)

Era a flor preferida dela, que não gostava de rosas. É o amarelo mais bonito do seu jardim. É pai de semente famosa. É o tom preferido de amarelo do Van Gogh. É filha do sol com a natureza. É flor que sabe sorrir. É quem sabe achar o sol em dias nublados demais. É saber que dias bons não somem nem se perdem, só se escondem vez ou outra.

eu, líri (c)o, ela, girassol.”

(João Doederlein)

RESUMO

BORGES, Francisca Robevania Medeiros, Universidade Federal do Ceará. Agosto de 2017. **Cultivo do girassol submetido a doses de biofertilizante caprino e lâminas de irrigação na região do Maciço de Baturité.** Orientador: Francisco Marcus Lima Bezerra. Coorientadora: Albanise Barbosa Marinho. Conselheiros: Maria Clarete Cardoso Ribeiro, Alexandre Reuber Almeida da Silva e Cley Anderson Silva de Freitas.

O cultivo de girassol possui importância econômica atribuída principalmente à presença de óleo em suas sementes, o qual pode ser limitado pela baixa disponibilidade hídrica e adubação inadequada. Este estudo objetivou cultivar o girassol sob fertilização orgânica sob doses de biofertilizante caprino e lâminas de irrigação, baseados em percentuais de evaporação do Tanque Classe “A”, em dois ciclos de cultivo consecutivos. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, no município de Redenção, Ceará. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas em que as parcelas foram constituídas por dois ciclos de cultivo, as subparcelas por cinco doses de biofertilizante caprino (0; 300; 600; 900 e 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹) aplicadas via sistema de irrigação e as subsubparcelas por cinco lâminas de irrigação (33; 66; 100; 133 e 166% da evaporação medida no tanque Classe “A”). Foram avaliadas as características de crescimento (altura de plantas, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e diâmetro interno do capítulo), as características de produção (produtividade e peso de 1.000 aquênios), características de pós-colheita (teor e produtividade de óleo, teor e produtividade de proteína), além de características químicas do solo, análises de material vegetal e eficiência de uso da água na produção de aquênios. Os teores de nutrientes no solo apresentam os maiores valores no 1º ciclo de cultivo, com exceção de Ca e Mg, e respondem acentuadamente à aplicação do biofertilizante caprino, sendo mais efetivos nas maiores doses. Os teores foliares se adequaram à faixa recomendada para a cultura apenas no 1º ciclo, exceto em Na e Ca. Doses entre 900 e 1.000 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e lâmina acima de 120% da ECA são indicadas para proporcionar maior crescimento das plantas de girassol. A maior produtividade foi obtida no 1º ciclo com valor de 1.220,78 kg ha⁻¹. Doses de biofertilizante entre 800 e 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹ associadas a lâminas de irrigação na faixa de 120 a 166% da ECA proporcionaram respostas positivas em variáveis de produção e pós-colheita no primeiro ciclo. Já no 2º ciclo, a associação entre doses entre 1.000 e 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e lâmina de irrigação entre 140 e 166% da ECA demonstraram melhores resultados. A aplicação do biofertilizante caprino não altera o

teor de óleo de girassol, todavia, evidencia-se incrementos para esta variável em resposta às lâminas de irrigação, com maximização dos valores indicados nas lâminas de 409,42 e 843 mm para 1º e 2º ciclos, respectivamente. O teor de óleo apresenta valores semelhantes entre os ciclos de cultivo (48%). Os teores de proteína se mostram superiores no 2º ciclo de cultivo (14%) respondendo de forma efetiva a combinação da lâmina média de 100% da ECA com a dose 536 mL planta⁻¹ semana⁻¹ de biofertilizante líquido caprino.

Palavras-Chave: *Helianthus annuum* L. Adubação. Biofertilização. Manejo da irrigação. Tanque classe “A”.

ABSTRACT

BORGES, Francisca Robevania Medeiros, Federal University of Ceará. August 2017. **Sunflower cultivation and goat biofertilizer doses and water levels in the Massif of Baturité region.** Advisor: Francisco Marcus Lima Bezerra. Co mentor: Albanise Barbosa Marinho. Counsellor: Maria Clarete Cardoso Ribeiro, Alexandre Reuber Almeida da Silva e Cley Anderson Silva de Freitas.

Sunflower cultivation has economic importance attributed mainly to the presence of oil in its seeds, which can be limited by low water availability and inadequate fertilization. This study aimed to cultivate the sunflower under organic fertilization under doses of goat biofertilizer and irrigation slides, based on percentage of evaporation of Class "A" tank, in two consecutive crop cycles. The research was conducted at the Experimental Farm Piroás, belonging to the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusophony - UNILAB, in the municipality of Redenção, Ceará. The experimental design was a randomized complete block design, with sub-divided plots in which the plots consisted of two cultivation cycles, the subplots for five doses of goiter biofertilizer (0, 300, 600, 900 and 1,200 mL plant⁻¹ week⁻¹) applied via the irrigation system and the sub-sub-plots for five irrigation blades (33, 66, 100, 133 and 166% of the evaporation measured in Class "A" tank). Growth characteristics (plant height, stem diameter, shoot dry matter, root dry matter and internal diameter of the shoot) were evaluated, production characteristics (yield and weight of 1,000 achenes), post-harvest characteristics (oil content and yield, protein content and yield), as well as soil chemical characteristics, plant material analysis and water use efficiency in the production of achenes. The soil nutrient contents presented the highest values in the 1st cycle of cultivation, with the exception of Ca and Mg, and respond strongly to the application of the gofer biofertilizer, being more effective in the higher doses. The leaf contents were adequate to the recommended range for the crop only in the 1st cycle, except in Na and Ca. Doses between 900 and 1,000 mL plant⁻¹ week⁻¹ and leaf above 120% of ACE are indicated to provide greater plant growth of sunflower. The highest productivity was obtained in the 1st cycle with a value of 1,220.78 kg ha⁻¹. Biofertilizer doses between 800 and 1200 mL plant⁻¹ week⁻¹ associated with irrigation slides in the range of 120 to 166% of ACE provided positive responses in production and post-harvest variables in the first cycle. Already in the 2nd cycle, the association between doses between 1,000 and 1,200 mL plant⁻¹ week⁻¹ and irrigation depth between 140 and 166% of ACE showed better results. The application of the goat biofertilizer does not alter the sunflower oil content, however, there is evidence of increases for this variable in response to the irrigation

slides, with maximization of the values indicated in the slides of 409.42 and 843 mm for the 1st and 2nd cycles, respectively. The oil content presented similar values between the cultivation cycles (48%). Protein levels were higher in the second crop cycle (14%), effectively responding to the combination of the mean 100% ECA leaf with the 536 mL plant⁻¹ week⁻¹ dose of goiter liquid fertilizer.

Keywords: *Helianthus annuum* L. Fertilization. Biofertilization. Irrigation management. Tank class "A".

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental. Redenção, Ceará, 2014/2015	38
Figura 2 - Datalogger HOBO® (A), Tanque Classe “A” (B) e Pluviômetro (C) para monitoramento e coleta de dados climáticos. Redenção, Ceará, 2014/2015	39
Figura 3 - Layout da área experimental. Redenção, Ceará, 2014.....	40
Figura 4 - Condutivímetro (A) e pHmetro (B) digital. Redenção, Ceará, 2014.....	41
Figura 5 - Peneiramento do biofertilizante caprino: peneira com malha 50% (A) e peneira com malha de 80% (B). Redenção, CE, 2014/2015.....	42
Figura 6 - Cabeçal de controle do sistema adaptado para a biofertilização. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	43
Figura 7 - Emissor Agrojet® com vazão regulável para aplicação do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	43
Figura 8 - Combinação de gotejadores para irrigação. Redenção, Ceará, 2014/2015	44
Figura 9 - Açude da Fazenda Piroás. Redenção, Ceará, 2014.....	45
Figura 10 - Coleta do volume de água para avaliação do sistema de irrigação. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	46
Figura 11 - Tensiômetro instalado no solo (A) e tensímetro digital de punção para leitura do potencial mátrico (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	47
Figura 12 - Colheita dos capítulos de girassol BRS 324. Redenção, Ceará, 2014/2015	48
Figura 13 - Medição da altura da planta (A) e paquímetro digital (B) para medição do diâmetro do caule de girassol. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	49
Figura 14 - Secagem das raízes do girassol para serem posteriormente pesadas. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	50
Figura 15 - Medição do diâmetro interno do capítulo. Redenção, Ceará, 2014/2015	51
Figura 16 - Pesagem de aquênios. Fortaleza, Ceará, 2014/2015.....	51
Figura 17 - Aparelho extrator de gordura TE - 044 da TECNAL® para extração do óleo (A) e amostra de óleo de girassol (B). Fortaleza, Ceará, 2014/2015.....	52
Figura 18 - Processo para determinação do teor de proteínas: destilação (A) e titulação (B). Fortaleza, Ceará, 2014/2015.....	54
Figura 19 - Temperatura (°C) durante o 1º e o 2º ciclo, na área experimental. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	57
Figura 20 - Evaporação, precipitação, lâmina de irrigação e lâmina aplicada para o primeiro (A) e segundo ciclo (B) de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015	59

Figura 21 - Teores de carbono - C (A) e Matéria Orgânica - MO (B) do solo, em função das épocas de coleta e das doses de biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	63
Figura 22 - Teores médios de Fósforo - P (A), Potássio - K (B), Cálcio - Ca (C), Magnésio - Mg (D) e Sódio - Na (E) do solo em função das épocas de coleta e das doses de biofertilizante caprino líquido. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	64
Figura 23 – Teores médios de CTC (A), SB (B), CE (C) e pH (D) do solo em função das épocas de coleta (inicial, 1º ciclo e 2º ciclo) e das doses de biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	67
Figura 24 - Teores foliares médios de Nitrogênio - N (A), Fósforo - P (B), Potássio - K (C), Enxofre - S (D) e Sódio - Na (E) em função dos ciclos de cultivo e das doses de biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	71
Figura 25 - Teores foliares médios de Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio) em função dos ciclos de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	74
Figura 26 - Teores foliares médios de Ca (Cálcio) em função das doses de biofertilizante caprino líquido. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	75
Figura 27 - Altura das plantas de girassol BRS-324 em função das doses de biofertilizante caprino líquido. Redenção, 2014/2015.....	77
Figura 28 - Altura das plantas de girassol BRS-324 em função das lâminas de irrigação (% ECA). Redenção, 2014/2015.....	79
Figura 29 - Teste de média para diâmetro do caule de girassol BRS-324 em função dos ciclos de cultivo. Redenção, 2014/2015.....	80
Figura 30 - Superfície de resposta para diâmetro do caule (DC) em resposta às combinações de doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	81
Figura 31 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) do girassol BRS-324 em função das doses de biofertilizante caprino líquido em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	83
Figura 32 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) do girassol BRS-324 em função das lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	84
Figura 33 - Superfície de resposta para MSR em resposta às doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo: 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	86

Figura 34 - Superfície de resposta para diâmetro interno do capítulo em resposta às doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo: 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	89
Figura 35 - Superfície de resposta para produtividade em resposta às doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo: 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015	92
Figura 36 - Superfície de resposta para peso de 1.000 aquênios em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	96
Figura 37 - Superfície de resposta para a EUA_{Aq} na produção de aquênios em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	98
Figura 38 - Teores de óleo do girassol BRS-324 em função lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	101
Figura 39 - Superfície de resposta para a produtividade de óleo em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	102
Figura 40 - Teores de proteína do girassol BRS-324 em função das lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015	104
Figura 41 - Superfície de resposta para o teor de proteína em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e no 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	105
Figura 42 - Superfície de resposta para a produtividade de proteína em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas de interpretação das concentrações de nutrientes nas folhas de girassol....	25
Tabela 2 - Composição em Nitrogênio, Fósforo e Potássio no esterco de diferentes espécies domésticas	30
Tabela 3 - Atributos químicos do solo inicial da área experimental, na camada de 0 a 0,2 m. Redenção, Ceará, 2014	39
Tabela 4 - Atributos químicos do biofertilizante líquido caprino após peneiramento do primeiro e segundo ciclos de cultivo. Fortaleza, Ceará, 2014/2015.....	42
Tabela 5 - Valores médios de temperatura do ar, evaporação do Tanque Classe “A” (ECA) e precipitação (PPT) no período experimental. Redenção, Ceará, 2014/2015	58
Tabela 6 - Indicadores de desempenho (CUC, CUD, Ef) do sistema de irrigação por gotejamento da cultura do girassol para as diferentes vazões (2; 4; 6; 8 e 10 L h ⁻¹). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	60
Tabela 7 - Indicadores de desempenho (CUC, CUD, Ef) do sistema de biofertilização da cultura do girassol. Redenção, Ceará, 2014/2015	60
Tabela 8 - Necessidade de complementação nutricional para a cultura do girassol BRS-324. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	61
Tabela 9 - Teores de macronutrientes fornecidos em função da aplicação de biofertilizante caprino na cultura do girassol BRS 324. Redenção, Ceará, 2014/2015	61
Tabela 10 - Resumo da análise de variância das características químicas do solo em função da aplicação do biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015	62
Tabela 11 - Valores médios da CE e pH do biofertilizante caprino líquido antes da aplicação nas plantas. Redenção, Ceará, 2014/2015.....	68
Tabela 12 - Resumo da análise de variância dos teores foliares em função dos ciclos de cultivo e da aplicação do biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015	70
Tabela 13 - Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e diâmetro interno do capítulo (D. Cap.). Redenção, Ceará, 2014/2015	76
Tabela 14 - Resumo da análise de variância para as características produtividade (PROD), peso de mil aquênios (P1000) e Eficiência de uso da água na produtividade de aquênios (EUA _{Aq}). Redenção, Ceará, 2014/2015	91

Tabela 15 - Resumo da análise de variância para teor de óleo (ÓLEO) e produtividade (PROD ÓLEO), teor de proteína e produtividade (PROD PROT). Redenção, Ceará, 2014/2015.....	100
--	-----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Hipóteses	19
1.2	Objetivos	20
1.2.1	Objetivo geral	20
1.2.2	Objetivos específicos	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	A cultura do girassol	21
2.1.1	Classificação botânica e aspectos morfofisiológicos	21
2.1.2	Exigências climáticas, edáficas e adubação	23
2.1.3	Variedade BRS 324	26
2.1.4	Importância econômica e potencialidades	26
2.2	Fertilização orgânica	28
2.2.1	Esterco caprino	29
2.3	Biofertilizantes	31
2.4	Irrigação	33
2.4.1	Tanque Classe “A” (TCA)	35
2.4.2	Girassol e a irrigação	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	Localização e caracterização do experimento	38
3.2	Clima	38
3.3	Plantio e condução da cultura	39
3.4	Delineamento experimental, tratamentos e condução do experimento	40
3.4.1	Constituição e preparo do biofertilizante	41
3.4.2	Sistema e manejo de irrigação	44
3.4.3	Colheita e beneficiamento	47
3.5	Variáveis analisadas	48
3.5.1	Análises químicas do solo	48
3.5.2	Estado nutricional da planta por diagnose foliar	48
3.5.3	Crescimento	49
3.5.4	Produtividade e pós-colheita	50

3.5.5	Teor de óleo.....	52
3.5.6	Teor de proteína.....	53
3.5.7	Produtividade de óleo e de proteína.....	55
3.5.8	Eficiência de uso da água na produção de aquênios.....	55
3.6	Análise estatística.....	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1	Características meteorológicas.....	57
4.2	Lâminas de irrigação.....	58
4.3	Indicadores de desempenho do sistema de irrigação e biofertilização.....	59
4.4	Balço nutricional do solo.....	61
4.5	Análises químicas de solo.....	62
4.6	Estado nutricional por diagnose foliar.....	69
4.7	Crescimento das plantas.....	76
4.7.1	Altura de planta.....	77
4.7.2	Diâmetro do caule.....	80
4.7.3	Matéria Seca da parte aérea (MSPA).....	82
4.7.4	Matéria seca da raiz (MSR).....	86
4.7.5	Diâmetro interno do capítulo.....	88
4.8	Parâmetros produtivos do girassol.....	90
4.8.1	Produtividade (PROD).....	91
4.8.2	Peso de mil aquênios (P1000).....	95
4.8.3	Eficiência do uso da água na produção de aquênios (EUA _{Aq}).....	97
4.9	Parâmetros de pós-colheita do girassol.....	99
4.9.1	Teor e produtividade do óleo.....	100
4.9.2	Teor e produtividade de proteína.....	104
5	CONCLUSÕES.....	109
	REFERÊNCIAS.....	110

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.), espécie da família Asteraceae, se destaca entre as oleaginosas em produção de grãos e do ponto de vista econômico, apresenta viabilidade para a região Nordeste, desde que seja adotado o manejo adequado. Essa espécie apresenta características desejáveis sob o ponto de vista agrônomo, como ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento em óleo, entretanto, a área cultivada com girassol no Brasil aumentou até 2008, onde começou a ter redução em sua produção e se tornou pouco expressiva. Desta forma, tem-se buscado estabelecer práticas de cultivo do girassol que permitam viabilizar sua exploração sob técnicas racionais e econômicas, maximizando o seu potencial produtivo.

Em diversas áreas do Estado do Ceará, é possível encontrar praticantes de fertilização orgânica em cultivos de hortaliças e flores, algodão agroecológico, mel orgânico, café agroecológico e orgânico, castanha de caju orgânica, fruteiras e flores tropicais. Estes produtos são comercializados desde pequenas feiras, que são frutos de parcerias entre produtores e consumidores, e até mesmo em exportações, como por exemplo a castanha de caju orgânica. Portanto, o Estado apresenta possibilidades de fortalecer a sua produção orgânica, associando sistemas de cultivos com técnicas de preservação de água e solo, a fim de promover uma agricultura irrigada de forma sustentável.

Dentre os materiais com uso potencial na nutrição vegetal, destacam-se os biofertilizantes, que são produtos naturais utilizados de forma líquida, obtidos da fermentação de materiais orgânicos com água. Esta combinação pode ser uma alternativa econômica para os produtores, uma vez que é produzido nas respectivas propriedades, e diversos são os materiais que podem ser empregados na produção do biofertilizante.

Dentre as fontes de matéria orgânica utilizadas se destacam o esterco bovino, caprino, ovino e de galinha. A utilização do esterco caprino na região Nordeste do Brasil ainda é pouco explorada, sendo esta mesma região responsável por 91% do rebanho caprino do país (IBGE, 2012).

A produção de alimentos de forma ecológica é estratégica em todo o mundo e atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas. A irrigação, sendo uma estratégia para aumento da produção, produtividade e rentabilidade da propriedade agrícola de forma sustentável, demonstra a sua importância em regiões semiáridas.

No Nordeste brasileiro, a agricultura é muito dependente das condições climáticas, principalmente no que se refere à baixa precipitação pluviométrica, que leva à escassez hídrica,

impossibilitando a agricultura de sequeiro. Para superar estas limitações, só através da irrigação é possível, produzir com segurança.

A água é um fator limitante para a expansão da agricultura principalmente, em regiões áridas e semiáridas, caso da maior parte do estado do Ceará. Segundo Bernardo et al. (2009), a ausência de um programa de manejo tem sido a principal causa de insucesso da agricultura irrigada, uma vez que as práticas irrigatórias em uso são na maioria das vezes, baseadas em costumes herdados ou em conveniências particulares. Assim sendo, um manejo de irrigação adequado pode ser realizado a partir do uso de um instrumento de medição da evaporação que é de fácil utilização pelo produtor: o tanque classe “A”.

Por conseguinte, uma interação entre doses de biofertilizante (adubação) e lâminas de irrigação, que são fatores limitantes de produção, pode proporcionar aumento da retenção da umidade do solo e redução da evapotranspiração, vantagens relevantes para as regiões semiáridas, em que as temperaturas são elevadas e a precipitação irregular.

1.1 Hipóteses

1. É possível ajustar uma dose de biofertilizante caprino ao cultivo de girassol, de modo a proporcionar a maximização do potencial agrônômico da cultura e permitindo a exploração agrícola racional, de forma economicamente rentável, sem conduzir à degradação dos recursos naturais solo e água;
2. A utilização do manejo de irrigação baseados em percentuais de evaporação do Tanque Classe A poderá incrementar a produtividade da cultura e a eficiência do uso da água, garantindo a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas;
3. A aplicação contínua de biofertilizante no solo melhora as características químicas do mesmo ao longo dos ciclos de cultivo;
4. Incrementos positivos nas respostas do biofertilizante caprino ocorrem em um determinado nível de suprimento hídrico, baseados na evaporação do Tanque Classe “A”.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Cultivar o girassol sob fertilização orgânica em diferentes doses de biofertilizante caprino e lâminas de irrigação, baseados em percentuais de evaporação do Tanque Classe “A” para fins de experimentação agrícola, em dois ciclos de cultivo consecutivos.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Avaliar o efeito dos diferentes níveis de irrigação, aplicados em função dos percentuais de evaporação do Tanque Classe “A”, no desenvolvimento e na produtividade do girassol;
2. Averiguar a adequabilidade da fertilização orgânica (biofertilizante caprino), para atender as exigências nutricionais da cultura;
3. Avaliar a influência das diferentes dosagens de biofertilizante no desenvolvimento e na produtividade do girassol;
4. Estudar o crescimento, a produção e a qualidade da produção de girassol sob diferentes lâminas de irrigação e fertilização orgânica, em dois ciclos consecutivos;
5. Determinar a combinação dose de biofertilizante e lâmina de irrigação que proporcione respostas positivas em crescimento, produção e qualidade da produção de girassol;
6. Analisar a consistência dos dados obtidos através da repetição do ciclo de cultivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é originário da América do Norte (ZOBIOLE et al., 2010), onde foram encontradas evidências arqueológicas nos Estados de Arizona e Novo México, que revelaram o uso do girassol por índios norte-americanos.

No Brasil, o seu cultivo se iniciou na região Sul, no período da colonização. Atualmente é cultivado em todos os continentes, pois é uma cultura de ampla capacidade de adaptação às diversas condições de latitude, longitude e fotoperíodo. A maior parte da área cultivada reside no solo árido e semiárido devido à sua ampla adaptabilidade, adequação para mecanização, baixas necessidades de mão-de-obra e altos teores de proteína e óleo (CANAVAR et al., 2010).

2.1.1 Classificação botânica e aspectos morfofisiológicos

O girassol é uma espécie da família Asteraceae, dicotiledônea anual. O gênero deriva do grego *helios*, que significa sol, e de *anthus*, que significa flor, ou "flor do sol" (GAZZOLA et al., 2012). Essa nomenclatura botânica faz menção ao comportamento da inflorescência desta planta que do início de sua floração até a antese se encontra voltada para o lado de onde provém a luz do sol.

Helianthus é um gênero complexo, compreendendo 49 espécies e 19 subespécies, sendo 12 espécies anuais e 37 perenes. Do ponto de vista comercial, a *Helianthus annuus* L. é a espécie mais importante do gênero, pois apresenta características agrônomicas desejáveis, como ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento em óleo, fato que torna a cultura do girassol uma das oleaginosas mais promissoras para a produção de biocombustíveis (SILVA et al., 2007a). Ademais, apresenta elevada adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, sobretudo, por não ter seu rendimento afetado por parâmetros como latitude, longitude e fotoperíodo.

O ciclo vegetativo do girassol pode variar entre 90 e 130 dias, dependendo da cultivar, da data de semeadura e das condições ambientais características de cada região (EMBRAPA, 2010). O sistema radicular é pivotante e cresce mais rapidamente que a parte aérea da planta, no começo do desenvolvimento, sendo formado por um eixo principal e raízes secundárias abundantes. A profundidade explorada pelo sistema radicular do girassol depende

dos atributos físicos e químicos do solo e cerca de 65% das raízes funcionais se encontram nos primeiros 40 cm. Porém, quando no início do ciclo a planta é exposta ao déficit hídrico, ocorrerá um maior desenvolvimento das raízes que acabam atingindo maiores profundidades e alterando a relação raiz-parte aérea (CASTRO; FARIAS, 2005).

Uma planta de haste única, o girassol cultivado é não ramificado, ereto, pubescente e áspero, tendo cor verde até o final do florescimento, quando passa a coloração amarelada, e pardacento no momento da colheita (GAZZOLA et al., 2012). Sua altura nas variedades para produção de óleo varia de 60 a 220 cm, diâmetro do caule entre 1,8 e 5 cm. O crescimento em altura da planta se deve à atividade da gema apical vegetativa, localizada no ápice do caule.

O desenvolvimento do caule é muito influenciado pelas condições ambientais, pelo arranjo e pela população de plantas, sendo desejável caules grossos e com entrenós curtos pois essas características estão associadas a plantas resistentes, que são capazes de sustentar a produção, evitando os riscos de quebra ou acamamento.

O número de folhas pode variar entre 20 e 40, que se distribuem ao longo do caule e exibem variabilidade quanto ao tamanho, forma, intensidade da coloração, pilosidade e ângulo de inserção no caule. São mais comumente encontradas com o limbo em formato de coração (cordiforme), sendo desprovidas de bainha já que o pecíolo se insere diretamente no caule (pecioladas) (CASTRO; FARIAS, 2005). As folhas são os órgãos mais sensíveis à falta de água, sendo o principal sintoma de déficit hídrico a redução do seu número e, posteriormente, a redução do tamanho das mesmas. A folha é, ainda, o principal aparato fotossintético, acumulando, além de nutrientes, compostos orgânicos que em seguida serão translocados para os órgãos reprodutivos e os grãos.

Segundo Gazzola et al. (2012), a inflorescência é do tipo capítulo e a sua semente (pseudofruto seco) é chamada de aquênio, constituído de pericarpo (casca), mesocarpo e endocarpo (amêndoa) e originado de um ovário inferior e de um pistilo dicarpelar. O capítulo, aliado ao caule, são os componentes de maior contribuição na produção da biomassa final do girassol e em ornamentações, podendo ter formação plana, convexa ou côncava, com flores que se desenvolvem do exterior para o interior do capítulo, dando origem aos frutos. O diâmetro médio do capítulo pode variar de 17 a 22 cm e as flores são dispostas ao longo do receptáculo floral, o qual apresenta brácteas imbricadas, compridas e ovais, ásperas e pilosas.

A orientação do capítulo na direção do sol, conhecido como heliotropismo, se deve ao crescimento diferenciado do caule. O lado da planta que está sombreado acumula auxina (hormônio regulador de crescimento vegetal) fazendo com que essa parte tenha um crescimento mais acelerado, quando comparado ao lado que está ao sol. Desse modo, o caule e o capítulo se

inclinam para o sol (CASTRO; FARIAS, 2005). Ainda conforme os autores, com o pôr do sol, a auxina é redistribuída e o capítulo retorna à posição inicial. No início do florescimento, o tropismo cessa.

O aquênio é indeiscente e possui uma só semente, conectada à parede do fruto (pericarpo) por apenas um ponto, o funículo (CASTRO; FARIAS, 2005). Ainda conforme os autores, as sementes claras lisas ou claras estriadas apresentam geralmente um menor teor de óleo, e em contrapartida as sementes negras ou negras estriadas possuem um maior rendimento de óleo. Segundo EMBRAPA (2010), nos genótipos comerciais, o peso de 1.000 aquênios varia de 30 a 60 g e o número mais frequente de aquênios pode variar entre 800 e 1.700 por capítulo.

Em função dos principais compostos orgânicos de reservas armazenados (óleo e proteínas), a semente de girassol é classificada como aleuro-oleaginosa (GAZZOLA et al. (2012). Castro e Farias (2005) mencionam que os aquênios formados na periferia do capítulo são maiores e têm mais peso, porém menor teor de óleo que os formados no centro do capítulo.

O genótipo e as condições edafoclimáticas podem determinar variações nas características das plantas, como altura, tamanho do capítulo e circunferência do caule, assim como a época de semeadura (MELLO et al., 2006). Além disso, os genótipos de ciclo mais curto podem proporcionar a possibilidade ao produtor de obter uma segunda colheita dentro do mesmo ano agrícola.

2.1.2 Exigências climáticas, edáficas e adubação

O girassol é uma espécie que apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e pelo fotoperíodo (FEITOSA et al., 2013), cuja classificação é espécie insensível (SMIDERLE et al., 2004). Desenvolve-se bem em temperaturas variando entre 20 e 25 °C, embora estudos indicam que 27 a 28 °C parecem ser as temperaturas ótimas em condições controladas. Os mesmos autores ainda afirmam que a faixa de temperatura entre 8 a 34 °C é tolerada pelo girassol, sem redução significativa da produção, indicando adaptação da cultura a regiões com dias quentes e noites frias. Temperaturas elevadas e tempo seco aceleram a floração e, ocasionalmente, dificultam uma polinização adequada.

A escolha de genótipos de girassol com elevado potencial produtivo só apresentará o efeito esperado se forem respeitadas as exigências nutricionais e hídricas da cultura. Para esta cultura, o adequado suprimento de água e nutrientes, em especial o nitrogênio, é fundamental

para o estabelecimento, para a manutenção e para a redistribuição de fotoassimilados (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

A textura do solo pode variar de arenosa a argilosa, porém não pode haver compactação e acidez, sendo a drenagem essencial para o seu bom desenvolvimento. A exigência nutricional da cultura do girassol varia em função do desenvolvimento, no qual as plantas se encontram. Castro e Oliveira (2005) verificaram que a maior absorção de nutrientes e água e, conseqüentemente, maior crescimento das plantas de girassol, ocorre a partir da emissão do botão floral até o florescimento pleno.

O girassol tem alta capacidade de absorver nutrientes, característica que está associada à produção de matéria seca e ao volume de solo explorado pelo sistema radicular, determinando a ciclagem de nutrientes recuperados das camadas mais profunda do solo. O período que compreende o final do enchimento de aquênios possui intensa translocação, principalmente de N (Nitrogênio) e P (Fósforo), dos órgãos vegetativos para os reprodutivos, demonstrando uma alta exportação. A ordem de exportação é $N > P = K > Mg = S > Ca$ (ZOBIOLE et al., 2010) sendo que, para uma boa produção de aquênios, a disponibilidade de potássio (K) deve ser média a alta devido à elevada demanda.

Os nutrientes desempenham funções estruturais e metabólicas essenciais em plantas e o nível de disponibilidade está diretamente correlacionado com o rendimento dos grãos. A produtividade, em condições de deficiência nutricional, pode estar associada a sintomas característicos para cada nutriente (CASTRO; OLIVEIRA, 2005). Malavolta et al. (1997) afirmam que o crescimento e a produtividade poderão ser limitados antes mesmo do aparecimento dos sintomas, situação denominada de fome oculta.

O órgão mais adequado para a avaliação do estado nutricional é a folha, porque apresenta maior atividade metabólica e deve ser amostrada no período de máxima demanda nutricional das plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Para Blamey et al. (1997), a amostragem na cultura do girassol deve ser realizada no início do florescimento, devendo-se coletar a primeira folha completamente desenvolvida e madura.

Para a cultura do girassol, os níveis críticos em faixa de suficiência na diagnose foliar, onde são considerados os níveis nutricionais para a expressão máxima do potencial produtivo, estão expostos na Tabela 1. Conforme Castro e Oliveira (2005), valores abaixo do nível médio de suficiência podem indicar limitação do potencial produtivo por deficiência nutricional. Ao passo que, valores muito superiores ao adequado, podem restringir o desenvolvimento das plantas, caracterizando a toxidez por excesso ou por desequilíbrio nutricional.

Tabela 1- Faixas de interpretação das concentrações de nutrientes nas folhas de girassol

Nutriente	Baixo	Suficiente ou médio	Alto
	g kg^{-1}		
N	< 35,0	35,0 a 50,0	> 50,0
P	< 2,9	2,9 a 4,5	> 4,5
K	<31,0	31,0 a 45,0	> 45,0
Ca	< 19,0	19,0 a 32,0	> 32,0
Mg	< 5,1	5,1 a 9,4	> 9,4
S	< 3,0	3,0 a 6,4	> 6,4
	mg kg^{-1}		
B	< 35,0	35,0 a 80,0	> 80,0
Cu	< 24,0	24,0 a 42,0	> 42,0
Fe	< 120,0	120,0 a 235,0	> 235,0
Mn	< 55,0	55,0 a 180,0	> 180,0
Zn	< 29,0	29,0 a 43,0	> 43,0

Fonte: Castro e Oliveira (2005).

A resposta do girassol à adubação é limitada pelo potencial produtivo e pela taxa de exportação de nutrientes que não é elevada. O potássio (K) é o elemento exigido em maior quantidade pela cultura do girassol (GAZZOLA et al., 2012). Porém, a redistribuição para os aquênios é baixa, de forma que as concentrações do nutriente se mantêm elevadas, principalmente, no capítulo e no caule.

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais requerido pela cultura e o que mais limita a produção do girassol (BLAMEY et al., 1997), proporcionando redução de 60% na produtividade em decorrência da sua deficiência. Nas oleaginosas, o nitrogênio influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes, determinando o equilíbrio nos teores de óleo e de proteínas acumulados (CASTRO; OLIVEIRA, 2005). Com o aumento dos teores de nitrogênio no solo ocorre redução do teor de óleo, porém há uma compensação, em grande parte, pelo aumento nos rendimentos de aquênios e rendimento de óleo por hectare.

O fósforo (P) é o nutriente mais exportado pelos aquênios, e o contato do íon fosfato com as raízes ocorre, preferencialmente, por difusão (MALAVOLTA et al., 1997). Portanto, a absorção do nutriente depende do volume de solo explorado pelas raízes. A resposta do girassol à adubação fosfatada está relacionada à disponibilidade do nutriente no solo, a disponibilidade de água e a profundidade de exploração do sistema radicular, e, em alguns casos a deficiência de P pode afetar o conteúdo total de óleo nos aquênios (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

O potássio (K) participa de um grande número de processos biológicos na planta e o contato do íon com as raízes ocorre, preferencialmente, por difusão e fluxo de massa (MALAVOLTA et al., 1997). A baixa disponibilidade do nutriente pode causar redução na taxa de crescimento e na produtividade. O cálcio (Ca) é o terceiro nutriente mais exigido pela cultura do girassol (ZOBIOLE et al., 2010).

O boro (B) é um nutriente essencial para o desenvolvimento de plantas e sua ausência tem causado problemas nutricionais na cultura do girassol (SANTOS et al. 2010b). Os sintomas da deficiência de B consistem de manchas foliares no começo da floração e algumas vezes, também antes, na pré-floração. As folhas passam a apresentar manchas necróticas, sendo também afetados os tecidos internos da parte superior do caule, prejudicando o desenvolvimento do capítulo em floração.

2.1.3 Variedade BRS 324

A cultivar BRS 324 é uma variedade de polinização aberta com alto teor de óleo nos grãos, agregando valor à produção. Ela é precoce, característica que facilita a sua utilização nos diferentes sistemas produtivos das principais regiões agrícolas do país (CARVALHO et al., 2013). Possui teor de óleo entre 45 e 49% e aquênios com a cor estriado escuro. Seu florescimento inicia-se entre 52 e 60 dias e a maturação fisiológica acontece entre 80 e 100 dias. As plantas podem alcançar altura média entre 170 e 190 cm e o peso de 1000 aquênios entre 50 e 65 g, sendo suas características médias dependentes das condições edafoclimáticas. Registram-se médias de produtividades de 1.500 kg ha⁻¹ nas Regiões Sul, Central e Nordeste.

A profundidade da sementeira deve ser entre 4 e 5 cm e o espaçamento entre linhas entre 0,5 e 0,9 m. A densidade populacional da colheita é de 40.000 a 45.000 plantas ha⁻¹, e o solo deve ser bem estruturado, fértil e bem drenado. Ainda, conforme Carvalho et al. (2013), a adubação deve ser de 40 a 60 kg ha⁻¹ de N, 40 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 40 a 80 kg de K₂O e ainda entre 1 e 3 kg ha⁻¹ de boro (B), juntamente com dessecante ou adubação de base ou em cobertura, dependente da análise de solo e do teor de argila. A cultura deve ser mantida livre de competição, principalmente até os 30 dias após a emergência e a colheita deve ser iniciada quando a umidade dos aquênios estiver entre 14 a 16%.

A variedade BRS 324 é uma opção ao produtor brasileiro em função da precocidade, para atender a demanda da indústria para produção de óleo comestível e biocombustíveis, além de ser uma alternativa de rotação, consórcio ou sucessão de culturas (CARVALHO et al., 2013).

2.1.4 Importância econômica e potencialidades

O mercado mundial de sementes de girassol é dominado por Ucrânia, Rússia, China, Romênia e Argentina, de acordo com o levantamento da Food and Agriculture

Organization (FAO) para o ano de 2014 (FACTFISH, 2016). As áreas de girassol no Brasil se expandiram no ano agrícola 2014/2015 em relação ao ano anterior, sendo alcançado um rendimento médio de 1.376 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015), concentrada principalmente na região Centro-Oeste. No ranking de produção, para o mesmo período agrícola, o país ocupa a 24ª posição, com 158,6 mil toneladas em uma área de 115,6 mil hectares (FACTFISH, 2016).

A grande importância da cultura do girassol no mundo se deve à qualidade do óleo comestível que se extrai de seus aquênios e o aproveitamento dos subprodutos da extração (BACKES et al., 2008). Além dos usos anteriormente citados, o óleo de girassol pode também ser utilizado nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos, de tintas e de limpeza.

Aproveita-se do girassol todas as suas partes (GAZZOLA et al., 2012) e, dentre os seus usos, estão a produção de forragem alternativa, planta melífera, ornamental, produção de óleo para alimentação humana e biocombustíveis (NOBRE et al., 2010b). Ainda conforme os autores, a produção do óleo extraída dos aquênios pode ser usada como uma fonte potencial de energia renovável e também na alimentação humana.

Outro fator que justifica a implantação de áreas de girassol é sua contribuição para melhoria da qualidade do solo. Este processo ocorre com a ciclagem de nutrientes, disponibilizando grande quantidade de nutrientes após a mineralização dos restos culturais, beneficiando o desenvolvimento e o estado nutricional das culturas subsequentes (UNGARO, 2000). Além da produção de grãos, o girassol se destaca como uma das oleaginosas potencialmente promissoras, capaz de fomentar o programa Biodiesel no Brasil.

O óleo de girassol possui uma ótima qualidade nutricional e organoléptica (aroma e sabor). Dentre os óleos vegetais comestíveis, o óleo de girassol possui o maior teor de percentual de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente o ácido linoléico, essencial ao organismo humano e não sintetizado pelo mesmo, devendo ser ingerido através dos alimentos (GAZZOLA et al., 2012). As sementes não-oleosas também podem ser comercializadas para consumo humano como amêndoas, mistura para granola e bolos ou como ração para pássaros.

Conforme informações descritas por Salgado et al. (2012), diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas em todo o mundo, visando à obtenção de proteínas de alto valor nutricional. Em sementes de girassol, encontra-se cerca de 24% de proteínas, 20% de carboidratos totais e 4% de minerais, em sua composição. As proteínas de girassol têm um bom perfil de aminoácidos essenciais e são caracterizadas por um nível moderado de albuminas e um alto nível de globulinas, apresentando ainda glutelinas e prolaminas.

A cultura do girassol também é utilizada na apicultura, possibilitando a produção de 20 a 40 kg de mel por hectare plantado. O girassol ainda produz proteína em torno de 35 a

42% do seu conteúdo, que pode ser muito útil na produção animal, porém misturado a outras fontes de proteína para preparo de ração.

2.2 Fertilização orgânica

No cenário atual, tem-se buscado maximizar o potencial produtivo das culturas associando sistemas de cultivos com técnicas de preservação de água e solo, a fim de promover uma agricultura irrigada de forma sustentável. Além disso, os altos custos dos fertilizantes químicos, devido à alta demanda de energia em sua industrialização, aumentam os custos das áreas cultivadas. Vale salientar que a matéria orgânica serve como um reservatório de nutrientes e de água no solo, ajudando a reduzir a compactação e aumentando a infiltração de água no solo (SCHMIDT et al., 2011).

Comparando adubos minerais com adubos orgânicos, independente da forma de aplicação, pode-se verificar que os adubos orgânicos podem apresentar resultados tão bons quanto à aplicação de adubos minerais. Porém, vale salientar que a quantidade de esterco e/ou de outros resíduos orgânicos a ser adicionada a uma determinada área depende, entre outros fatores, da composição e do teor de matéria orgânica dos referidos resíduos, exigências nutricionais da cultura explorada e condições climáticas regionais (DURIGON et al., 2002).

Severino et al. (2004) mencionam que a vantagem do uso de adubos orgânicos em relação a fertilizantes minerais, está na liberação gradual dos nutrientes à medida que são demandados. Uma outra questão é que se os nutrientes são imediatamente disponibilizados no solo, como ocorre com os adubos 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 coco, fazendo com que os nutrientes não sejam disponibilizados em quantidade suficiente e o crescimento da planta seja limitado por deficiência nutricional.

Oliveira et al. (2009) afirmam que a aplicação de matéria orgânica ao solo contribui não só para o fornecimento de nutrientes, mas também para a melhoria das características físicas do meio de cultivo. Assim, o uso de matéria orgânica de forma equilibrada é de fundamental importância para o pleno desenvolvimento das plantas. Para melhor entendimento, Santos et al. (2010a) explicam que, indiretamente, a matéria orgânica atua na biologia do solo pelos seus efeitos nas propriedades físicas e químicas, melhorando as condições para a vida vegetal.

A utilização de fontes alternativas de nutrientes vem sendo investigada por diversos autores, principalmente em função da redução nos custos de produção. Dentre as várias fontes

orgânicas com potencial para utilização na agricultura destacam-se o lodo de esgoto (RIBEIRINHO et al., 2012; LOBO et al., 2013), o resíduo de indústria de carnes (SOMAVILLA et al., 2014), os dejetos líquidos de suínos (DOBLINSKI et al., 2010; SARTOR et al., 2012), os dejetos bovinos (SILVEIRA et al., 2011) e a cama de frango (GUARESCHI et al., 2013).

Figuroa et al. (2012), avaliando o efeito de doses de esterco no suprimento de nitrogênio (N) e no rendimento de grão da cultura de trigo, verificaram que a aplicação de 2,8 t ha⁻¹ de esterco de ave poedeira foi suficiente para suprir a cultura do trigo para tal variável, proporcionando resposta semelhantes às obtidas com a aplicação deste nutriente na forma de ureia. Sousa et al. (2013) também demonstraram resultados positivos com a aplicação de biofertilizante para satisfazer as exigências nutricionais das plantas sobre trocas gasosas e a produtividade do pinhão-manso. Respostas positivas à adubação orgânica também foram encontradas por Severino et al. (2006), utilizando esterco bovino para a adubação da mamoneira (*Ricinus communis* L.).

A cultura do girassol apresenta ótimos desempenhos produtivos, quando submetida à utilização de fontes orgânicas. Ribeiros et al. (2012) utilizaram o lodo de esgoto como fonte de nutrientes e observaram uma produtividade equivalente à da adubação mineral. Oliveira et al. (2016) avaliaram o efeito de doses de húmus de minhoca e concluíram que o uso do insumo favoreceu o crescimento das plantas, bem como proporcionou aumentos na produção de massa seca e razão de peso foliar. Andrade et al. (2014) comprovaram melhoria nas características morfológicas de plantas de girassol ornamental quando receberam adubação com esterco bovino, e perceberam que, quando houve redução do adubo aplicado, ocorreu precocidade no aparecimento e abertura dos botões. Somavilla et al. (2014) avaliando a utilização de resíduo de indústria de carnes concluíram que a dose igual ou superior a 20 m³ ha⁻¹ proporcionou produtividades iguais ou superiores às obtidas com adubação mineral.

2.2.1 Esterco caprino

A caprinocultura ocorre nas cinco grandes regiões do país sendo o 22º rebanho mundial, com predominância na região Nordeste, concentrando aproximadamente 91% do rebanho nacional de caprinos (IBGE, 2012), e tem aumentado no país mesmo em condições de seca. É uma atividade fortemente ligada à economia e ao agronegócio nordestinos, porém a utilização do esterco caprino, como fonte de nutrientes para as plantas, não é muito corriqueira.

A produção das culturas tem sofrido modificações devido ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras, incluindo práticas de manejo integrado com nutrientes envolvendo insumos naturais como os biofertilizantes (CAVALCANTE et al., 2010a) ou mesmo tradicionais, usando fontes abundantes de fertilizantes de caráter regional, como os esterco bovinos e caprinos.

O esterco caprino tem características que favorecem o seu uso na agricultura, pois o insumo é mais sólido e muito menos aquoso que o dos bovinos e suínos, tem a estrutura mais fofa, permitindo a aeração e por essa razão fermentam rapidamente (MALAVOLTA et al., 2011), após um menor período de degradação que os demais. Os autores ainda mencionam que os estrumes de ovinos, caprinos e equinos são mais concentrados, mais pobres em umidade quando comparados aos bovinos e suínos.

Os teores médios de NPK no esterco de diferentes espécies domésticas podem ser visualizados na Tabela 2. A composição química varia com a espécie animal, o regime e a natureza das camas empregadas. Por exemplo, os estrumes (ou esterco) de animais adultos, gordos e descansados são mais ricos do que os dos animais novos, magros e trabalhados (MALAVOLTA; ROMERO, 1975).

Tabela 2- Composição em Nitrogênio, Fósforo e Potássio no esterco de diferentes espécies domésticas

Espécie animal	% Nitrogênio	% Fósforo	% Potássio
Coelho	2,48	2,50	1,33
Cabra	0,97	0,48	0,65
Carneiro	1,00	0,25	0,60
Galinha	1,75	1,25	0,85
Porco	1,00	0,40	0,30
Cavalo	0,60	0,25	0,50
Vaca	0,50	0,30	0,45

Fonte: Vieira (1984 apud ALVES; PINHEIRO, 2005).

O esterco caprino apresenta concentrações de macronutrientes superiores ao esterco bovino, e com um percentual viável para aplicação nos cultivos. Alves e Pinheiro (2005) relatam que o esterco de cabra é tido como um dos adubos mais ativos e concentrados, demonstrando em seus experimentos que 250 kg deste esterco produzem o mesmo efeito que 500 kg de esterco bovino. Em tempo, ainda podem ser utilizados com sucesso na adubação de terrenos argilosos, duros e frios, nas areias do litoral, para lavouras de cana-de-açúcar e hortaliças, sendo também, recomendado como excelente para as plantas oleaginosas.

Alguns estudos examinaram o potencial de utilização de esterco caprino e todos ressaltam o seu valor, tendo em vista as comparações feitas com os esterco bovinos. Araújo et al. (2010) verificaram influência positiva do esterco no crescimento das mudas de mamoeiro. Cavalcante et al. (2010b) demonstraram que o esterco caprino pode substituir o esterco bovino na adubação orgânica da melancia Crimson Sweet. Quadros et al. (2010) avaliando o aproveitamento de dejetos de caprinos e ovinos em um biodigestor contínuo de PVC flexível, concluíram que o biofertilizante foi equilibrado para aplicação em pastagens estabelecidas de capim-elefante, com considerável concentração de nutrientes.

Dutra et al. (2016), estudando o comportamento da cultura melancieira em sistemas orgânicos sobre os componentes de produção e a caracterização química dos frutos, verificaram que a adubação orgânica com húmus, esterco bovino, esterco caprino e biofertilizante influenciaram positivamente os componentes de produção dos frutos de melancia. Afirmam ainda, que a utilização do esterco caprino pode substituir o esterco bovino e o húmus na adubação orgânica da melancia.

2.3 Biofertilizantes

Os biofertilizantes, que são produtos naturais utilizados de forma líquida obtidos da fermentação de materiais orgânicos com água, também se destacam dentre os materiais com uso potencial na nutrição vegetal (BRASIL, 2009). Araújo (2008) considera o reduzido custo e as inúmeras vantagens proporcionadas pelo biofertilizante, um estímulo para a pesquisa a fim de melhor compreensão da sua prática, assim como o aperfeiçoamento da produção e estudo de novas tecnologias.

O emprego de biofertilizantes na forma líquida proporciona maior deslocamento dos nutrientes necessários para as plantas, por possuir na sua composição, nutrientes mais facilmente disponíveis, quando comparados a outros adubos orgânicos. Também pode promover melhoria das propriedades químicas, isso porque o fornecimento de biofertilizante ao solo eleva os teores de K, Ca e Mg (ALVES et al., 2009), além disso apresentam redução de custos e a preocupação com a qualidade de vida no planeta (ARAÚJO et al., 2007).

Segundo Soares e Galbiati (2012), resíduos oriundos dos sistemas de produção animal, constituem em adubos orgânicos com potencialidade para aplicação na agricultura. Estes insumos possibilitam a redução total ou parcial de fertilizantes sintéticos, reduzindo dessa forma, os custos de produção, além de conferir maximização da produtividade de culturas (SOUSA et al., 2013), bem como reduzir o consumo de água (FREIRE et al., 2011).

Plachá et al. (2008) mencionam que, para serem utilizados de maneira segura, os resíduos orgânicos devem ser estabilizados, significando que a matéria orgânica original deve ser convertida para uma forma mais resistente à degradação e, conseqüentemente, menos mineralizável (RATHOD et al., 2009).

O pH do biofertilizante, em geral, situa-se entre 7,0 e 8,0 (SOUZA et al., 1995). Os autores ainda explicam que, o pH menor que 7,0 quase sempre indica digestão incompleta, enquanto que pH maior que 8,0 (alcalino) pode indicar tempo de retenção excessivamente longo do resíduo. A alcalinidade também pode ser causada pelo emprego de restos orgânicos com relação C/N muito baixa. Quadros et al. (2010) consideram a faixa de pH ideal para o desenvolvimento das culturas entre 6,0 e 8,0, pois são valores onde se encontram solúveis a maioria dos macro e micronutrientes.

A fermentação da matéria orgânica presente nos esterco deve ser realizada para reduzir ou inativar os microrganismos patogênicos e a toxicidade desses resíduos, antes de serem aplicados ao solo (SEDIYAMA et al., 2008). Os autores afirmam que, para o dejetivo líquido, pode-se usar a agitação com motor e hélice para manter a matéria orgânica em movimento, o que permite o aumento da concentração de oxigênio e a multiplicação das bactérias decompositoras.

A temperatura é um dos fatores importantes para a fermentação (MEIRELLES et al., 1997). Para o biofertilizante feito com esterco, a melhor temperatura é 38° C, que é a temperatura da pança (rúmen) dos animais que pastam, e por este motivo, no Nordeste brasileiro, há regiões que permitem ter o produto em 14 dias.

A produção de biofertilizantes é decorrente do processo de fermentação aeróbica e /ou anaeróbica, ou seja, da atividade dos microorganismos na decomposição da matéria orgânica e complexação de nutrientes. O insumo pode ser obtido com a simples mistura de água e esterco fresco (TIMM et al., 2004), reciclando os resíduos gerados nas propriedades que praticam a agricultura de base familiar, tornando a atividade agrícola sustentável.

O binômio tempo e temperatura proporcionam os processos de fermentação e a inativação de possíveis contaminantes, além de sua caracterização quanto aos aspectos químicos, físicos e microbiológicos (SEDIYAMA et al., 2000).

Para Araújo (2008), o ideal é que o esterco seja coletado o mais fresco possível para uma maior atividade microbiológica. Ainda conforme o autor, o biofertilizante sólido ou líquido quando bem manejado não possui cheiro desagradável, tampouco atrai moscas, pois o odor característico das excreções é consideravelmente diminuído/eliminado pela ação dos

microorganismos. O biofertilizante pode ser aplicado diretamente às plantas no campo, em quantidades adequadas via solo ou foliar.

A composição do biofertilizante varia conforme o método de preparo e o material pelo qual foi obtido. Santos (1992) menciona que a maior concentração de nutrientes se dá aos 30 dias após a fermentação. Diversos são os materiais que podem ser utilizados na produção do biofertilizante, como por exemplo: esterco (inoculante microbiano), composto orgânico enriquecido com minerais, carboidratos, proteínas, vitaminas e ácidos orgânicos. Dentre as fontes de matéria orgânica utilizadas se destacam o esterco bovino, caprino e de galinha.

O esterco bovino é considerado a fonte de matéria orgânica mais utilizada por apresentar, na sua composição, nitrogênio, fósforo e potássio (SANTOS et al., 2010a). O esterco caprino apresenta fermentação mais rápida que o esterco de galinha e bovino podendo ser utilizado com sucesso na agricultura.

A mistura de água com esterco de boa qualidade pode ser uma alternativa econômica para os produtores cearenses, uma vez que pode ser produzido na propriedade pelos agricultores, melhorando a fertilidade e a conservação do solo (ARAÚJO et al., 2007) e a qualidade dos produtos (RODRIGUES et al., 2008). No entanto, para Somavilla et al. (2014) os resíduos orgânicos geralmente possuem baixa concentração de nutrientes, necessitando-se da aplicação de grandes volumes para satisfazer às exigências das plantas.

Além da ação nutricional e hormonal conhecidas, os biofertilizantes também exercem as ações fungistática e bacteriostática sobre fitopatógenos (ARAÚJO, 2008). Para o autor, os biofertilizantes promovem as atividades fisiológicas, além de estimular o desenvolvimento de plantas atuando sobre a floração, área foliar, enraizamento e atividade da germinação das sementes.

Inoue et al. (2011) constataram um aumento na concentração de nutrientes em plantas de milho adubadas com biofertilizantes, obtidos a partir da digestão anaeróbia da manipueira. Sousa et al. (2013) estudando o crescimento da cultura do pinhão-manso sob fertirrigação com biofertilizante bovino, constataram que esse insumo orgânico estimulou variáveis de crescimento.

2.4 Irrigação

Atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas, e a irrigação se insere como uma estratégia para aumento da produção, produtividade e rentabilidade da propriedade agrícola de forma sustentável,

preservando o meio ambiente e criando condições para manutenção do homem no campo, através da geração de empregos permanentes e estáveis (MANTOVANI et al., 2009).

Dentre os recursos utilizados pelas plantas considera-se que a água é o mais requerido e, ao mesmo tempo, o mais frequentemente limitante. No semiárido do Nordeste brasileiro, as precipitações irregulares têm comprometido significativamente a produção agrícola (SANTOS et al., 2009).

Considera-se, desta forma, que a necessidade de se recorrer à prática da irrigação reflete o fato de que a água é essencial para a produtividade dos vegetais, cujo desenvolvimento é afetado de maneira bastante significativa pela disponibilidade hídrica, tanto pela sua falta ou excesso (TAIZ; ZEIGER, 2013). Ainda conforme os autores, a escassez desse recurso afeta drasticamente o metabolismo das plantas, induzindo o fechamento dos estômatos, a fim de evitar a perda de água por transpiração, o que acarreta a redução da atividade fotossintética e uma série de outros processos nos vegetais.

A irrigação, em todas as suas etapas, depende fundamentalmente do conhecimento dos fatores meteorológicos, a começar pelo planejamento, dimensionamento dos sistemas de irrigação e do manejo da água nos sistemas de produção agrícola (COUTO; SANS, 2002). Portanto, a lâmina hídrica ideal a ser aplicada deve variar em função das condições meteorológicas no local de produção. Vale considerar que o excesso de água pode causar a lixiviação dos nutrientes presentes no substrato (REGO et al., 2005) além de proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças.

De acordo com Bernardo et al. (2009), a ausência de um programa de manejo tem sido a principal causa de insucesso da agricultura irrigada, uma vez que as práticas irrigatórias em uso são na maioria das vezes, baseadas em costumes herdados ou em conveniências particulares.

Para um manejo adequado existem os métodos baseados em medidas no solo e se fundamentam na determinação do seu teor de água; os que utilizam medidas na planta consideram o monitoramento do seu potencial hídrico e avaliações da resistência estomática, da temperatura da folha, dentre outros; já os métodos baseados no clima consideram, desde simples medições da evaporação da água num tanque, como o Classe A, até complexas equações para estimativa da evapotranspiração (ROCHA et al., 2003).

O estudo de diferentes lâminas de irrigação constitui uma maneira bastante prática para se determinar as necessidades hídricas de uma espécie, em certa região para se estimar a quantidade de água que a cultura necessita para crescer e produzir dentro dos limites impostos por seu potencial genético (AZEVEDO; BEZERRA, 2008). Por meio das diferentes lâminas de

irrigação e do conhecimento do comportamento agrônômico das plantas em função das variações na disponibilidade hídrica do solo, se torna possível optar pela aplicação de uma lâmina de água que atenda totalmente ou parcialmente as necessidades hídricas das culturas. Desde que, seja mais conveniente para o produtor, uma vez que nem sempre a aplicação da lâmina de irrigação que promove a maior produtividade é sinônimo de maior rentabilidade (SILVA et al., 2011).

2.4.1 Tanque Classe “A” (TCA)

O método do tanque Classe “A” (TCA) integra variáveis meteorológicas (radiação solar, vento, temperatura e umidade relativa do ar) e da cultura e é de fácil execução. O tanque de evaporação é circular, tendo um diâmetro de 121 cm e uma profundidade de 25,5 cm. É de material galvanizado (calibre 22), sendo montado em uma plataforma de madeira aberta e o fundo está a 15 cm sobre o nível da terra. Enche-se com água até 5 cm da borda e o nível da água não deve baixar mais que 7,5 cm além desta borda. A água deve ser renovada regularmente para eliminar as impurezas (DOORENBOS; PRUITT, 1984). A evaporação é medida com um micrômetro de gancho, assentado sobre um poço tranquilizador (BERNARDO et al., 2009). O tanque pode ser instalado no campo, próximo à cultura.

O TCA foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte-Americano (U.S.W.B.) e quando bem conduzido, este método oferece resultados confiáveis na determinação da evapotranspiração de referência (OLIVEIRA et al., 2008). O uso desse método é bastante generalizado, inclusive no Brasil, devido ao seu custo que é relativamente baixo e fácil manejo (BRAGA et al., 2008), apesar de ser menos preciso quando comparado aos métodos diretos, como o lisímetro, porém permite a aquisição *in loco* dos dados.

2.4.2 Girassol e a irrigação

Uma adequada disponibilidade de água durante o período inicial do desenvolvimento é essencial para alcançar uma considerável uniformidade no estande de plantas. Entre a formação das flores nos capítulos e o amadurecimento dos aquênios e, por conseguinte, a formação de óleo, a água é um fator decisivo para se obter consideráveis rendimentos (SILVA et al., 2011).

O consumo de água pelo girassol varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo. A necessidade de água para o girassol vai aumentando

de 0,5 a 0,7 mm dia⁻¹ durante a fase da semeadura à emergência, para um máximo de 6 a 8 mm dia⁻¹, na floração e no enchimento de grãos, decrescendo após esse período até a maturação fisiológica, necessitando entre 400 a 500 mm de água bem distribuídos durante seu ciclo (CASTRO; FARIAS, 2005) para obter um rendimento próximo ao potencial máximo. Gazzola et al. (2012) afirmam que as exigências hídricas nesta cultura não é algo definido, podendo requerer entre 400 e 600 mm de água durante o ciclo da planta.

Apesar do girassol ser classificado como resistente a seca, o déficit hídrico tem afetado negativamente, durante o período de floração, o rendimento e o teor de óleo (IQBAL et al., 2005). Estudos realizados com diferentes níveis de irrigação na cultura do girassol indicam que o aumento da quantidade de água leva ao acréscimo de parâmetros de crescimento como altura, matéria seca, matéria seca de capítulo e ainda parâmetros de produção, como o peso das sementes.

Uma menor disponibilidade hídrica pode levar a redução na expansão celular, redução na área foliar, aumento na abscisão foliar, diminuição da relação entre a biomassa da raiz com a parte aérea, fechamento de estômatos e redução na fotossíntese. Outra condição ambiental que provoca estresse nas plantas é o solo alagado. Esta condição leva a falta de oxigênio para as raízes, o que provoca a morte dos tecidos radiculares por favorece a fermentação láctica e acidose nas células, podendo também levar a redução na absorção de nutrientes e água por falta de energia (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O girassol tem baixa eficiência de uso da água, porém pode ser melhorada em condições de déficit hídrico, já que sua eficiência relativa pode aumentar de 20 a 50%, porque a fotossíntese é reduzida (CASTRO; FARIAS, 2005).

Nobre et al. (2010b) avaliaram a produção do girassol cv. Embrapa – 122, sob irrigação com efluente doméstico e averiguaram que a reposição da necessidade hídrica mediante balanço hídrico favoreceu a elevação da produtividade.

Já Silva et al. (2011) concluíram que a lâmina de irrigação de 533,70 mm proporcionou os maiores potenciais de produção de aquênios 4.222,76 e 3.948,02 kg ha⁻¹, e de óleo 1.851,55 e 1.760,63 kg ha⁻¹ para as cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente, em estudo com girassol no Município de Pentecoste, CE. Silva et al (2007a) estudaram quatro níveis de lâmina de água (117,20; 350,84; 428,70 e 522,14 mm) e verificaram maior produção, teor de óleo e altura de plantas em lâmina de 522,14 mm.

2.5 Biofertilizante x Lâminas de irrigação

Kerbauy (2008) menciona que quando uma planta recebe a quantidade de água adequada ao seu crescimento associada à aplicação dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento, expressa o máximo potencial produtivo. Com isso, pesquisas têm sido conduzidas para analisar o efeito isolado da irrigação e da adubação, que podem ser limitantes ao cultivo, assim como a interação que existe entre estes processos.

A região semiárida apresenta problemas relacionados à baixa disponibilidade de água e solos pobres em nutrientes e a aplicação de água via manejo de irrigação pode implicar em parâmetros ligados à eficiência da adubação.

A adubação com biofertilizante ao solo, pode induzir aumento no ajustamento osmótico do solo, devido a acumulação de solutos orgânicos, promovendo desta forma a absorção de água e nutrientes pelas plantas em diversos meios, principalmente os adversamente salinos (CAMPOS; CAVALCANTE, 2009). O biofertilizante líquido proporciona uma maior quantidade de água para a planta e atenua o efeito das perdas elevadas de água por evaporação no semiárido, o que pode gerar economia na quantidade de água a ser repostada com a irrigação.

Lima et al. (2013) avaliando o rendimento produtivo da cultura do gergelim sob diferentes níveis de irrigação na presença e ausência de biofertilizante bovino, concluíram que a interação irrigação e biofertilizante bovino eleva a capacidade produtividade do gergelim cultivado em vaso.

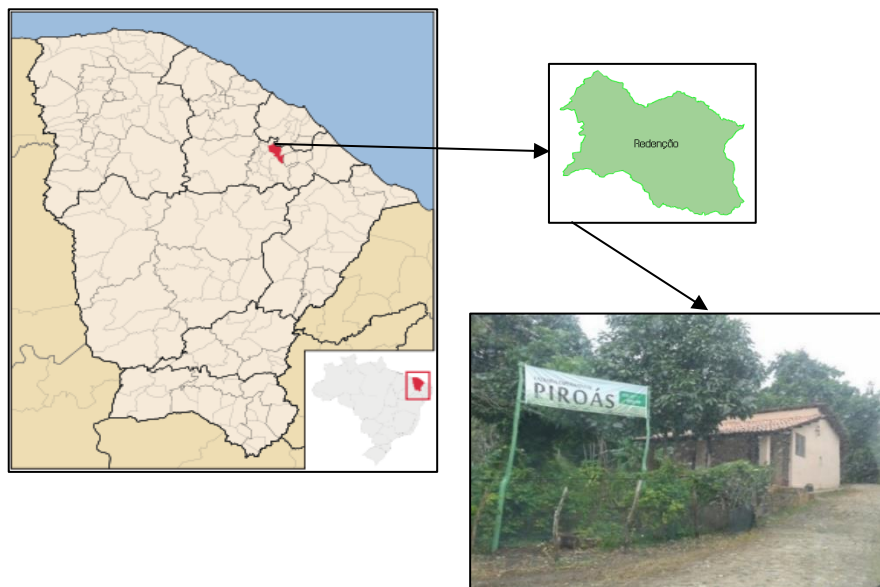
Em seus estudos, Sousa et al. (2014a) verificaram que a lâmina de irrigação de 181,5 mm da EToPM na presença do biofertilizante bovino proporciona a maior altura de plantas na cultura do gergelim. Lima (2014) evidenciou efeito positivo da interação entre lâmina de irrigação e biofertilizante bovino na biomassa de plantas de morango.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do experimento

O trabalho de campo foi conduzido na Fazenda Experimental pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada no sítio Piroás, em Redenção, CE ($04^{\circ}13'S$; $38^{\circ}43'O$; 88 m de altitude), conforme Figura 1. Foram avaliados dois ciclos de cultivo do girassol, sendo o 1º ciclo no período de 19/11/2014 a 19/02/2015 e o 2º ciclo no período compreendido entre 08/08/2015 e 03/11/2015).

Figura 1 – Localização da área experimental. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Wikipédia, alterado pela autora.

3.2 Clima

De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima local é do tipo BSh, semiárido quente, que se caracteriza por apresentar baixa nebulosidade, forte insolação, índices elevados de evaporação e temperaturas médias elevadas. As chuvas são concentradas entre janeiro a abril com distribuição irregular, deixando de ocorrer durante alguns anos.

Os dados climáticos de temperatura, umidade relativa e luminosidade do período experimental foram coletados utilizando-se datalogger HOBO® U12-4 External (Figura 2A). A evaporação e a precipitação em tanque classe “A” (Figura 2B) e pluviômetro (Figura 2C), respectivamente, sendo todos os equipamentos instalados ao lado da área experimental.

Figura 2 – Datalogger HOBO® (A), Tanque Classe “A” (B) e Pluviômetro (C) para monitoramento e coleta de dados climáticos. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Site do fabricante (Datalogger) e autora (tanque classe “A” e pluviômetro).

3.3 Plantio e condução da cultura

A variedade BRS 324 foi cultivada em vasos de 39,5 L, sendo semeadas seis sementes por vaso e sete dias após a germinação, realizou-se o desbaste manual, deixando-se apenas uma planta. Para o enchimento dos vasos foi utilizado solo local, com textura franco arenosa (EMBRAPA, 2013) e areia na proporção de 2:1. Uma camada de brita de 5 cm foi colocada no interior do vaso para facilitar a drenagem.

Antes da aplicação dos tratamentos, foram coletadas amostras do solo e submetidas à análise laboratorial para caracterização química, conforme Embrapa (2011). Os resultados da análise estão expostos na Tabela 3. O solo dos vasos não foi descartado ao final do 1º ciclo, sendo utilizado o mesmo solo para aplicação dos respectivos tratamentos no 2º ciclo.

Tabela 3- Atributos químicos do solo inicial da área experimental, na camada de 0 a 0,2 m. Redenção, Ceará, 2014

Características Químicas							
mg dm ³		mmol _c kg ⁻¹					
P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC
60	1,1	20,0	10,0	0,80	3,30	32	35
-----g kg ⁻¹ -----		-----%-----		dS m ⁻¹			
pH	C	M.O.	V	PST	CE	C/N	
7,3	1,98	3,41	91	2	0,24	10	

Fonte: Laboratório de Solos UFC/FUNCEME.

A quantidade de nutrientes do solo foi calculada a partir da densidade (1,3 g cm⁻³), do volume de solo do vaso e as quantidades de N, P e K da análise do solo (Tabela 3). A

necessidade de complementação nutricional foi calculada com base na recomendação de Carvalho et al. (2013) para cada ciclo e para suprir a necessidade de boro, foi aplicado ácido bórico, na dose recomendada de 2 kg ha^{-1} .

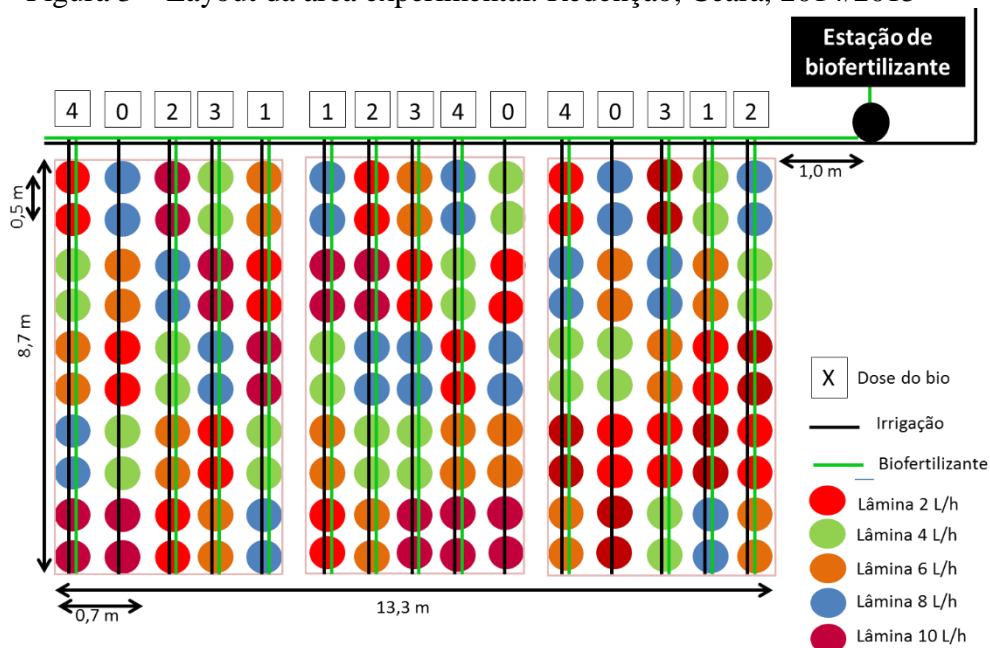
Para prevenção do ataque de pragas foram utilizadas soluções à base de castanha de caju e álcool, em que a castanha, cortada ao meio, e o álcool foram colocados em uma garrafa de 500 mL e deixados em infusão por 3 dias. Para uso dessa solução, utilizou-se 3 mL para cada 1 litro de água, semanalmente.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subsubdivididas, sendo os dois ciclos de cultivo na parcela, as doses de biofertilizante caprino (0; 300; 600; 900 e $1.200 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$) na subparcela e as lâminas de irrigação (33; 66; 100; 133 e 166% da ECA) na subsubparcela, com três blocos.

O experimento foi constituído por 75 unidades experimentais, com duas plantas úteis por tratamento, totalizando 150 plantas (Figura 3) e conduzido a pleno sol, em um período de aproximadamente 90 DAS (dias após a sementeira) para cada ciclo. O espaçamento adotado para a cultura foi de $0,5 \times 0,7 \text{ m}$ e densidade de 28.570 plantas por hectare.

Figura 3 – Layout da área experimental. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

Para condução e aplicação do biofertilizante e da lâmina de irrigação foram utilizados sistemas independentes, descritos nos tópicos seguintes. Para isso, cada fileira de vasos tinha duas mangueiras e assim, possíveis fatores não-controlados como entupimento dos emissores de um tratamento, não afetou a aplicação do outro tratamento e vice-versa.

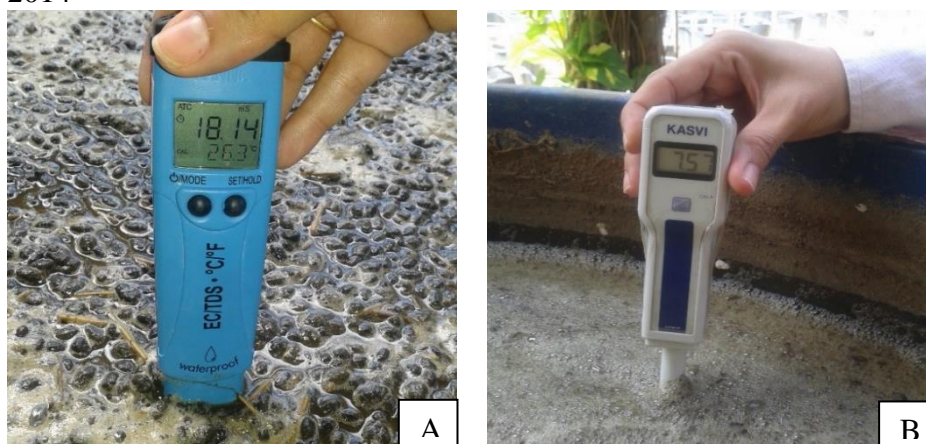
3.4.1 Constituição e preparo do biofertilizante

As doses de biofertilizante testadas foram 0; 300; 600; 900 e 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹, com aplicação realizada uma vez por semana, via sistema pressurizado, a partir dos 15 DAG (dias após a germinação), totalizando 11 aplicações ao longo de cada ciclo. As aplicações foram distribuídas semanalmente para que não houvesse intoxicação das plantas, uma vez que o adubo na forma líquida proporciona nutrientes de forma mais disponível.

O biofertilizante caprino foi preparado por meio da fermentação aeróbia contendo esterco caprino fresco, cinza de madeira e água na proporção de 100 L de esterco, 10 L de cinza e 220 L de água, por um período de trinta dias. O insumo foi acondicionado em caixa d'água plástica com capacidade para 500 L, na presença de ar, sendo aerado duas vezes por dia (processo manual) durante uma hora para acelerar o processo de decomposição.

Antes de cada aplicação foi quantificado a condutividade elétrica (CE), a temperatura e o pH do biofertilizante para monitoramento, com o auxílio de um condutivímetro portátil e de um pHmetro digital, respectivamente (Figura 4).

Figura 4 - Condutivímetro (A) e pHmetro (B) digital. Redenção, Ceará, 2014



Fonte: A autora.

Após estabilização dos parâmetros (em aproximadamente 30 dias), amostras do biofertilizante foram coletadas para análise laboratorial dos atributos químicos. As amostras

foram peneiradas conforme aplicação do tratamento. Os resultados da análise laboratorial estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 - Atributos químicos do biofertilizante líquido caprino após peneiramento do primeiro e segundo ciclos de cultivo. Fortaleza, Ceará, 2014/2015

Características Químicas – 1º ciclo								
g kg ⁻¹								
N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	Zn	Cu	Mn
0,4	0,1	3,6	1,3	1,6	-	2,5	0,8	4,6
Características Químicas – 2º ciclo								
g kg ⁻¹								
N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	Zn	Cu	Mn
0,1	0,36	1,6	0,29	0,37	-	6,91	0,01	6,34

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal do Ceará.

Para estimar a quantidade de N, P e K aplicada durante o experimento (1º e 2º ciclos) via biofertilizante líquido caprino, multiplicou-se a quantidade de cada nutriente do biofertilizante (Tabela 4), pelo número de aplicações de cada ciclo (11 aplicações) e a dose aplicada em cada tratamento.

Para ser possível aplicar o biofertilizante via sistema de irrigação por gotejamento, o material foi duplamente peneirado, sendo peneiras com malha de 50% e 80%, ambas montadas artesanalmente (Figura 5). O material retido nas peneiradas era, posteriormente, descartado.

Figura 5 - Peneiramento do biofertilizante caprino: peneira com malha 50% (A) e peneira com malha de 80% (B). Redenção, CE, 2014/2015



Fonte: A autora.

Após peneiramento e para a aplicação do biofertilizante via sistema de irrigação (biofertilização), o volume de cada dose era colocado em uma bombona (Figura 6) e o sistema era acionado, até que todo o volume fosse aplicado. Essa operação era repetida até que todas as doses fossem aplicadas. Para a medição da pressão de serviço foi possível acoplar um

manômetro com glicerina e no início de cada linha lateral foram instalados registros para controle da aplicação de acordo com os tratamentos. A tubulação de retorno teve como objetivo aliviar o excesso de pressão durante a aplicação do biofertilizante.

Figura 6 - Cabeçal de controle do sistema adaptado para a biofertilização. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

Para aplicação do biofertilizante utilizou-se gotejadores de vazão regulável GA-2 Agrojet® (Figura 7), podendo trabalhar com vazão entre 0 a 20 L h⁻¹. Porém, a fim de evitar entupimento, mesmo após o peneiramento, o emissor foi desmontado, ficando a sua saída totalmente aberta. Após testes de vazão, verificou-se que os emissores passaram a apresentar vazão média de 40 L h⁻¹. Foi utilizado um emissor por planta, no sistema de biofertilização.

Figura 7 - Emissor Agrojet® com vazão regulável para aplicação do biofertilizante. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

3.4.2 Sistema e manejo de irrigação

O método de distribuição da água de irrigação foi localizado, do tipo gotejamento, dimensionado para operar com uma linha de emissores por fileira de vasos, trabalhando com uma pressão média de 20 mca. A linha lateral era de polietileno com diâmetro nominal de 16 mm e gotejadores do tipo PCJ, autocompensantes, que foram combinados para a diferenciação dos tratamentos de lâminas de irrigação (Figura 8), resultando em vazões de 2; 4; 6; 8 e 10 L h⁻¹, respectivamente para as lâminas 33; 66; 100; 133 e 166% da ECA.

Figura 8 - Combinação de gotejadores para irrigação. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

A linha principal era de PVC com diâmetro de 32 mm, contendo um filtro de disco de 2" e um manômetro de glicerina instalado no início da linha. A água era bombeada para um reservatório e sua distribuição se deu por gravidade. Esta água foi retirada do açude localizado na própria fazenda experimental (Figura 9), com CE média de 0,32 dS m⁻¹.

No cálculo das lâminas de água foram levados em consideração os índices pluviométricos das últimas 24 h, ou seja, quando a precipitação pluviométrica superou a evaporação do Tanque Classe "A", a irrigação foi suspensa. Caso contrário, se a precipitação ocorrida não fosse suficiente, a irrigação complementava a evaporação.

Figura 9 - Açude da Fazenda Piroás. Redenção, Ceará, 2014.



Fonte: Arquivo da Fazenda Experimental.

O tempo de irrigação diário era calculado a partir da evaporação medida no tanque classe “A”, que apesar de ser um método menos preciso em comparação aos métodos diretos (como por exemplo, os lisímetros) é mais simples para uso de produtores. O cálculo foi realizado em conformidade com a equação 1.

$$T_i = \frac{F \cdot ECA \cdot A_v \cdot F_c}{E_i \cdot q_g} \quad (1)$$

em que,

T_i - tempo de irrigação, em h;

F- fator de ajuste correspondente à lâmina d'água (0,33; 0,66; 1,0; 1,33 ou 1,66);

ECA - evaporação medida no tanque classe “A”, em mm dia⁻¹;

A_v – área do vaso (0,1182 m²);

FC - fator de cobertura do solo, adimensional (0,4 até os 18 DAS; 0,7 de 19 DAS até o final);

E_i - eficiência de irrigação (88,4% para o 1º ciclo e 87,3% para o 2º ciclo, obtido através de avaliações em campo);

q_g - vazão do gotejador, em L h⁻¹.

Para a realização da avaliação do sistema de irrigação utilizado no experimento foram utilizados uma proveta graduada de 500 mL, um cronômetro e recipientes plásticos. Todos os emissores instalados foram avaliados pois existiam diferentes vazões ao longo do sistema de irrigação.

De posse dos valores das vazões medidas em cada gotejador, foram calculados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Distribuição (CUD) e a

Eficiência de Irrigação (EF) para cada vazão de emissor (Equações 2, 3 e 4), conforme metodologia de Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980).

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{\bar{X}} \quad (3)$$

$$E_f = Tr \cdot CUC \quad (4)$$

em que:

CUC/CUD- Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e Uniformidade de Distribuição (%);

E_f - eficiência de irrigação (%);

X_i - vazão do coletor de ordem *i* (L h⁻¹);

\bar{X} - média das vazões dos coletores (L h⁻¹);

n - número de coletores;

q_{25%} - vazão média dos 25% menores valores dos gotejadores (L h⁻¹);

Tr - coeficiente de transmissividade (KELLER; KARMELI, 1974); utilizou-se o valor 0,95.

A duração do teste foi de 3 min para cada vazão aplicada (2; 4; 6; 8 e 10 L h⁻¹). O volume coletado (Figura 10) foi medido com o auxílio de uma proveta, sendo posteriormente transformados em vazão do emissor.

Figura 10 - Coleta do volume de água para avaliação do sistema de irrigação. Redenção, Ceará, 2014/2015

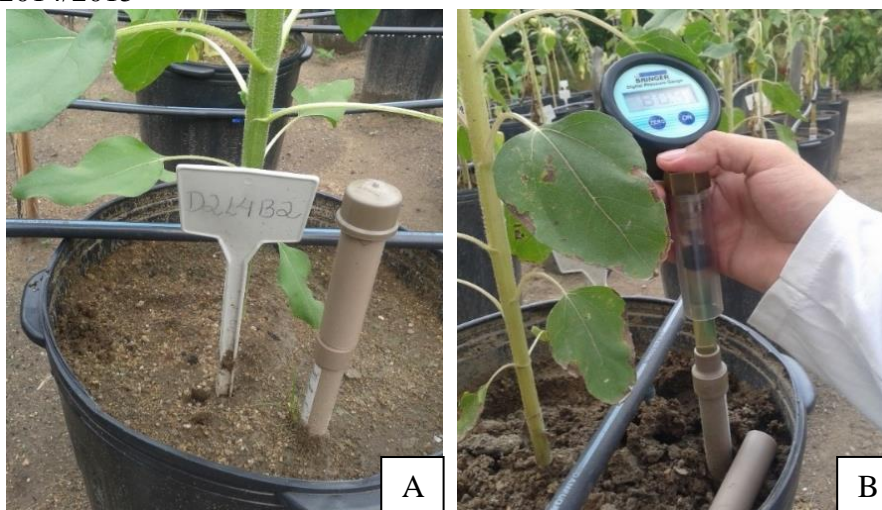


Fonte: A autora.

As equações supracitadas foram utilizadas para o cálculo dos parâmetros no sistema de biofertilização, porém nos testes realizados em campo seguiu-se a metodologia de Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980).

Para o acompanhamento do potencial mátrico do solo foram instalados tensiômetros de punção (Figura 11A), com a cápsula porosa a 20 cm de profundidade e em função dos tratamentos aplicados, sendo em três doses de biofertilizante (0; 600 e 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹) e nas cinco lâminas de irrigação, nas três repetições.

Figura 11 – Tensiômetro instalado no solo (A) e tensímetro digital de punção para leitura do potencial mátrico (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

As leituras foram realizadas sempre antes das irrigações com o auxílio de um tensímetro digital de punção (Figura 11B).

3.4.3 Colheita e beneficiamento

A colheita foi efetuada manualmente, seguindo as recomendações de Silva et al. (2009), utilizando-se de tesoura de poda (Figura 12) e de sacos de kraft. Depois de colhidos, os capítulos foram separados por tratamento e bloco, e em seguida devidamente identificados e colocados para completar o processo de secagem, sendo que o beneficiamento dos capítulos foi realizado de forma manual.

Figura 12 - Colheita dos capítulos de girassol BRS 324. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

3.5 Variáveis analisadas

3.5.1 Análises químicas do solo

As avaliações das características químicas do solo foram realizadas no início do experimento e ao final de cada ciclo da cultura em função das doses de biofertilizante, na lâmina média (100% da ECA). Os elementos analisados foram carbono (C), matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), soma das bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e condutividade elétrica (CE). Os extratores foram Mehlich (P, Na e K), KCl (Ca e Mg) e Água 1:2,5 (pH). As análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas em Silva (2009).

3.5.2 Estado nutricional da planta por diagnose foliar

A diagnose foliar foi feita para avaliar o estado nutricional das plantas, tendo-se em vista que a folha recém madura é o órgão que, geralmente responde mais às variações no suprimento do nutriente, seja pelo solo, seja pelo fertilizante (MALAVOLTA et al., 1997). As coletas das folhas foram realizadas em cada ciclo do experimento, em função dos tratamentos, na lâmina média (100% da ECA).

De cada tratamento foram retiradas nove folhas (três folhas de cada bloco), na floração, as quais foram acondicionadas imediatamente em sacos de papel para serem levadas

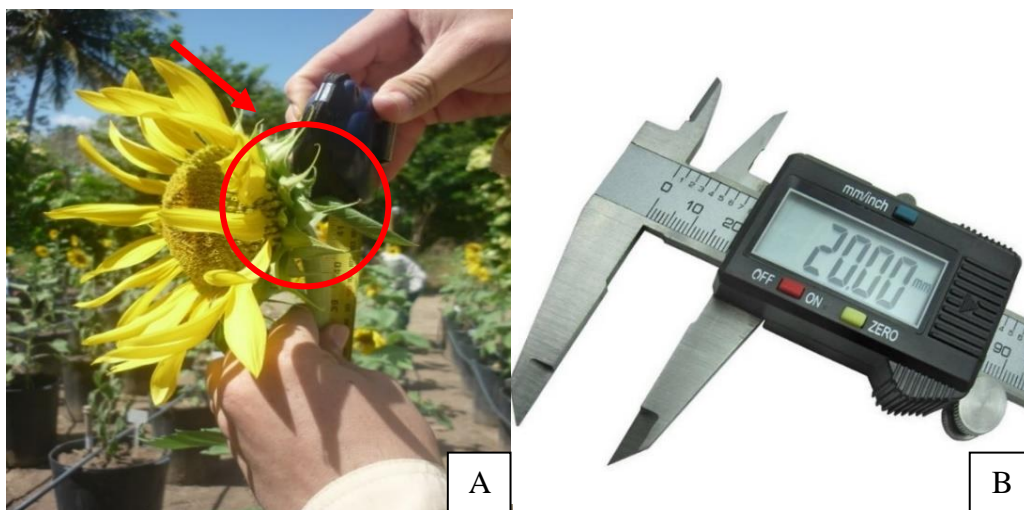
ao laboratório. Os elementos analisados foram N, P, K, Ca, Mg, S e Na e as análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas em Silva (2009).

3.5.3 Crescimento

O crescimento de plantas foi analisado ao final de cada ciclo de cultivo, com a mensuração das variáveis altura de planta, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) conforme procedimentos a seguir:

- **Altura de planta:** com o auxílio de uma trena métrica graduada em centímetros foram mensuradas as alturas das plantas (Figura 13A), sendo considerada a distância vertical do nível do solo até a altura da inserção do capítulo no caule.
- **Diâmetro do caule:** com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 13B) foi mensurado o diâmetro basal do caule das plantas a uma altura de aproximadamente 5 cm da superfície do solo. O valor foi expresso em milímetros (mm).

Figura 13 – Medição da altura da planta (A) e paquímetro digital (B) para medição do diâmetro do caule de girassol. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

- **Matéria seca da parte aérea (MSPA):** As plantas foram coletadas rente ao solo e separadas em parte vegetativa (caules, folhas e pecíolos) e em parte reprodutiva (capítulos). Os diferentes órgãos foram pesados para quantificação da MSPA. Na sequência, as diferentes partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel (Kraft) e colocadas

para secar (aproximadamente 10 dias) em ambiente protegido e posteriormente em estufa com circulação de ar forçado, mantendo-se a temperatura na faixa de 65° a 70 °C. O tempo de secagem foi determinado por pesagens das amostras até a manutenção de peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança analítica para aferição da matéria seca acumulada em cada parte vegetal, e os valores expressos em gramas (g).

- **Matéria seca da raiz (MSR):** A raiz foi coletada e lavada para retirar o solo. Após secagem para retirar o excesso de água (Figura 14), a mesma foi pesada para quantificação da matéria fresca e acondicionadas em sacos de papel (Kraft) para secar em estufa com circulação de ar forçado, mantendo-se a temperatura na faixa de 65 a 70 °C. O tempo de secagem foi determinado por pesagens das amostras até a manutenção de peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança analítica para aferição da matéria seca acumulada, e os valores expressos em gramas (g).

Figura 14 - Secagem das raízes do girassol para serem posteriormente pesadas. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

- **Diâmetro interno do capítulo:** Após a colheita, foi mensurado o diâmetro do capítulo, obtido através da medida da distância de uma extremidade à outra do capítulo, com o auxílio de uma régua graduada (Figura 15). O valor foi expresso em centímetros (cm).

3.5.4 Produtividade e pós-colheita

- **Peso de 1.000 aquênios:** Foi determinada por meio da contagem direta dos aquênios e por meio da mensuração das respectivas massas, de acordo com as Regras para Análise

de Sementes (BRASIL, 1992). Para tanto, utilizou-se uma balança analítica com quatro casas decimais e o valor apresentado foi expresso em gramas (g).

Figura 15 - Medição do diâmetro interno do capítulo.
Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

- **Produtividade de aquênios:** A estimativa da produtividade de aquênios foi realizada por meio da pesagem de aquênios (Figura 16). De posse deste valor, foi calculada a média da produtividade de aquênios por hectare (em kg ha^{-1}) para cada unidade experimental. A produtividade de aquênios por hectare foi estimada para um estande de colheita composto por $28.570 \text{ plantas ha}^{-1}$, conforme o espaçamento dos vasos.

Figura 16 - Pesagem de aquênios.
Fortaleza, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

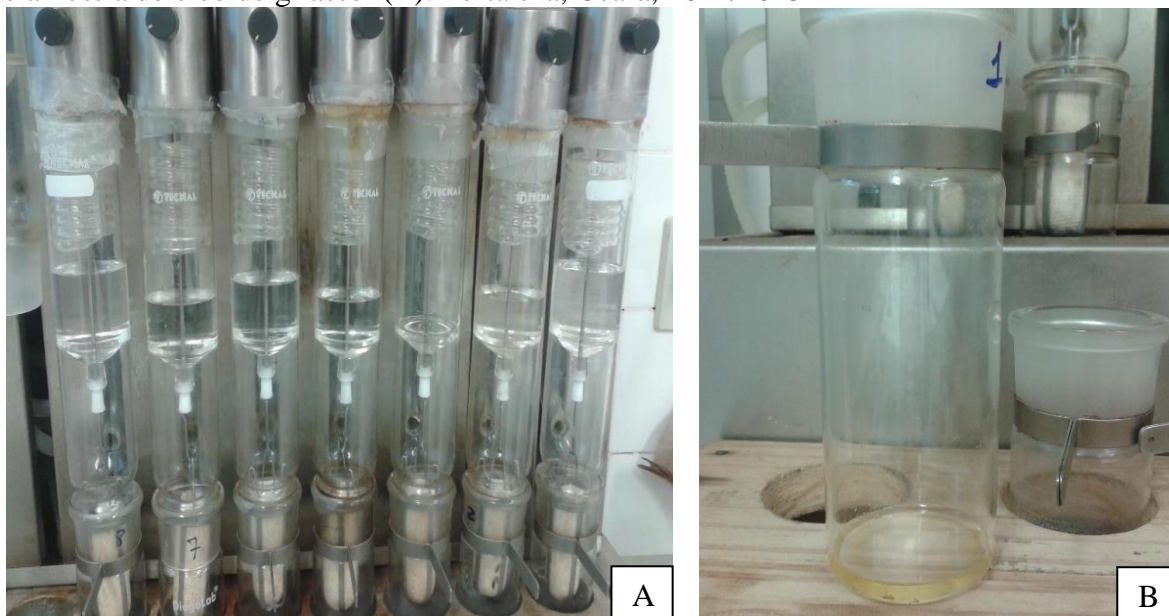
3.5.5 Teor de óleo

De cada unidade experimental foram tomadas amostras de aquênios, identificadas e acondicionadas em sacos plásticos para determinar o teor de óleo, mediante o cálculo do extrato etéreo, segundo a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2004).

No laboratório de Análise da Produção do Departamento de Fitotecnia/UFC, os aquênios foram macerados objetivando aumentar a superfície de contato dos mesmos com o solvente e uma alíquota de 5 g foi embrulhada em papel de filtro na forma de cartucho. Todos os tubos coletores foram pesados, para obtenção das respectivas taras.

O cartucho de papel com a amostra de aquênio macerado seguiu para o aparelho extrator de gordura TE - 044 da TECNAL[®] (Figura 17A), onde foram adicionados 125 mL do solvente Hexano [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$] no tubo coletor, que é volume suficiente para cobrir totalmente a amostra, e este foi colocado sob o condensador.

Figura 17 - Aparelho extrator de gordura TE - 044 da TECNAL[®] para extração do óleo (A) e amostra de óleo de girassol (B). Fortaleza, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

As amostras ficaram submersas no solvente por um período de 1 hora e sob temperatura de 130° C, sendo que no procedimento seguinte elas ficaram suspensas durante 4 horas. Por fim, fechou-se a passagem do hexano para a sua recuperação (que demanda aproximadamente 1 hora), onde ajusta-se a temperatura para 160 °C. O aparelho foi mantido em funcionamento por um período de aproximadamente seis horas para a total extração do óleo, e para a conseguinte separação do solvente do mesmo.

Após este período, os tubos coletores foram levados à estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, a fim de promover a evaporação completa de qualquer resquício de solvente.

Em seguida, os tubos coletores foram levados ao dessecador para resfriamento e posterior pesagem (Figura 17B). Esta última massa foi subtraída da tara e resultou na massa de óleo extraída.

De posse da massa da amostra de aquênios e da respectiva massa de óleo, foi calculada a porcentagem de óleo da amostra em base seca (Equação 5).

$$\%Óleo_{Aq} = \frac{m_{\text{óleo}}}{m_{\text{aquênios}}} \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

$\%Óleo_{Aq}$ – Rendimento do óleo (%);

$m_{\text{óleo}}$ - massa de óleo extraída (g);

$m_{\text{aquênios}}$ - massa da amostra dos aquênios (g).

3.5.6 Teor de proteína

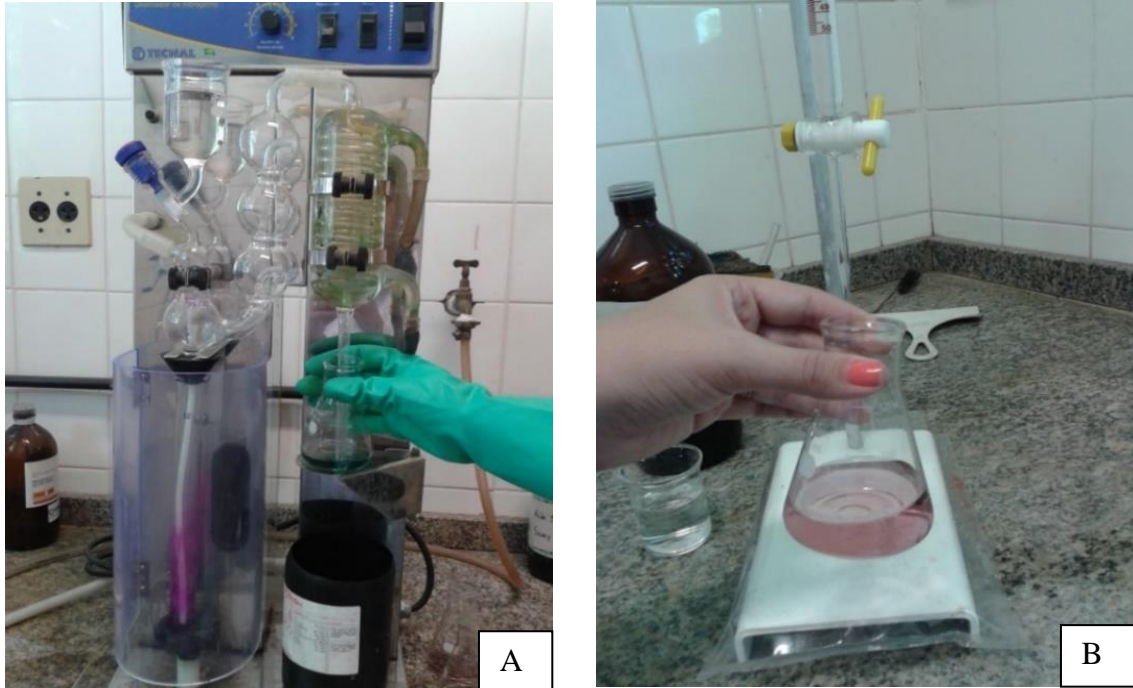
Para a determinação do teor de proteína dos aquênios, também foram tomadas amostras de aquênios, as quais foram identificadas e acondicionadas para determinação do teor de nitrogênio em base de massa seca, usando-se o procedimento Kjeldahl, de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2004).

No Laboratório de Química e Fertilidade do solo do Departamento de Solos/UFC, moeu-se os aquênios e pesou-se 0,1 g do material já moído em tubo de digestão de 300 mL. Foi adicionado uma mistura catalisadora composta de 100 g de sulfato de potássio, 10 g de sulfato de cobre e 3 mL de ácido sulfúrico concentrado.

As amostras foram levadas para um bloco digestor, ajustado a uma temperatura de 250 °C, que foi gradativamente sendo elevada até atingir 400 °C. O extrato ficou pronto ao atingir a cor verde e foram retirados, então, do bloco digestor para resfriamento.

Após o resfriamento, o tubo de destilação foi colocado em um destilador manual e a extremidade ficou mergulhada em ácido bórico (Figura 18A). Quando o volume de destilado atingiu 50 mL, o aquecimento foi desligado e o erlenmeyer contendo a solução foi levado para titular com ácido sulfúrico.

Figura 18 - Processo para determinação do teor de proteínas: destilação (A) e titulação (B). Fortaleza, Ceará, 2014/2015



Fonte: A autora.

Quando ocorreu a mudança de cor, foi anotado o volume de ácido utilizado (Figura 18B). Para a determinação do teor de nitrogênio da amostra utilizou-se a equação 6.

$$\%N = \frac{(\text{Vol H}_2\text{SO}_4 - \text{Vol}_{\text{branco}}) \cdot F \cdot 0,1 \cdot 0,014 \cdot 100}{P1} \quad (6)$$

em que,

%N - porcentagem de nitrogênio (%);

Vol. H₂SO₄ - volume de ácido consumido na titulação da amostra (mL);

Vol. branco - volume de ácido consumido na titulação do branco (mL);

F – fator de correção para o ácido clorídrico 0,02 mol L⁻¹;

P1 – massa da amostra (g).

Os teores de proteína foram obtidos por meio do produto entre o teor de nitrogênio total encontrado pelo método de Kjeldahl e o fator 6,25, considerando que a proteína contém em sua molécula aproximadamente 16% de nitrogênio.

3.5.7 Produtividade de óleo e de proteína

A produtividade de óleo e de proteína em kg ha^{-1} foi estimada para cada unidade experimental a partir dos valores do potencial de produção de aquênios, e dos respectivos percentuais de óleo e de proteína que foram correspondentes aos mesmos, conforme é expresso na equação 7.

$$PP_{\text{Óleo (ou Proteína)}} = \frac{PP_{\text{Aquênios}} \cdot T_{\text{Óleo (ou Proteína)}}}{100} \quad (7)$$

em que,

$PP_{\text{ÓLEO (PROTEÍNA)}}$ – produtividade de óleo e de proteína (kg ha^{-1});

$PP_{\text{AQUÊNIOS}}$ – produtividade de aquênios (kg ha^{-1});

$T_{\text{ÓLEO (PROTEÍNA)}}$ – teor de óleo e de proteína dos aquênios (%).

3.5.8 Eficiência de uso da água na produção de aquênios

A eficiência do uso da água (EUA) em produzir aquênios em $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ foi determinada para cada unidade experimental por meio da relação entre a produtividade de aquênios e a lâmina total de água aplicada na irrigação de cada unidade experimental (W) durante cada ciclo conforme a equação 8, proposta por Doorenbos e Kassam (1994).

$$EUA_{\text{Aq}} = \frac{PP_{\text{Aq}}}{W} \quad (8)$$

em que,

EUA_{Aq} – eficiência de uso da água na produtividade de aquênios ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$);

PP_{Aq} – produtividade Potencial de aquênios (kg ha^{-1});

W – lâmina total de água aplicada no ciclo (mm ciclo^{-1}).

3.6 Análise estatística

Os dados coletados para cada variável foram analisados pela estatística descritiva clássica, sendo aplicados testes para verificar a normalidade dos dados e posteriormente, mediante análise de variância, analisou-se a significância dos tratamentos pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de natureza qualitativa (ciclos de cultivo) foram analisados por teste de média. Os dados de natureza quantitativa (doses de biofertilizante e lâminas de irrigação) foram analisados através de regressão, selecionando-se as equações que melhor se ajustarem aos dados através da significância dos coeficientes de regressão a 5% (*) e do maior coeficiente de determinação (R^2). Foram testados os modelos linear, logarítmico, exponencial e o polinomial quadrático.

Segundo Bertoldo et al. (2008), o efeito das interações entre fatores é uma medida de variação que ocorre com a característica de estudo correspondente à variação dos níveis de um fator, ao se passar de um nível a outro (efeito simples). Assim, para as interações duplas entre tratamento qualitativo (ciclo de cultivo) e quantitativo (doses de biofertilizante ou lâminas de irrigação), ajustaram-se equações de regressão e para interações duplas entre dois tratamentos quantitativos, os dados foram analisados através da superfície de resposta, obtendo-se os modelos matemáticos que melhor representassem a relação entre a variável em estudo em função das doses de biofertilizante e das lâminas de irrigação.

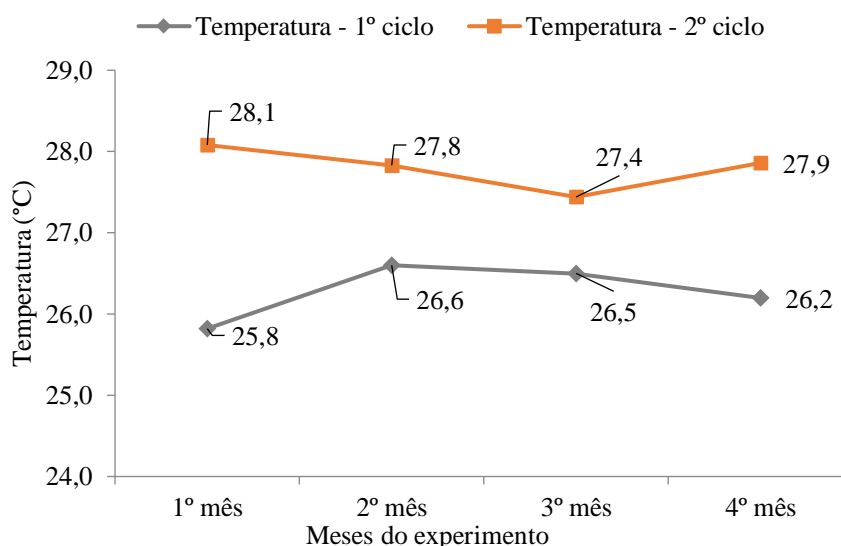
Quando a interação tripla (ciclo de cultivo x doses de biofertilizante x lâminas de irrigação) foi significativa, optou-se pelo desdobramento das doses de biofertilizante x lâminas de irrigação dentro de cada ciclo de cultivo haja vista que os ciclos de cultivo foram incluídos para proporcionar uma maior consistência aos resultados. Os gráficos de superfície de resposta e as equações foram gerados no software Table Curve 3D, sendo selecionada a equação que melhor se ajustou aos dados através da significância dos coeficientes de regressão a 5% (*) e do maior coeficiente de determinação (R^2). A melhor combinação dos tratamentos (dose de biofertilizante e lâmina de irrigação) também foi fornecida pelo software.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características meteorológicas

A variação da temperatura média mensal ao longo dos ciclos de cultivo pode ser visualizada na Figura 19. No 1º ciclo (novembro/2014 a fevereiro/2015), a temperatura média foi de 26,3 °C, com maiores valores nos meses de dezembro e janeiro/2015 (2º e 3º mês, respectivamente). No 2º ciclo (agosto/2015 a novembro/2015), a temperatura média foi de 27,8 °C com maior valor no primeiro mês (agosto/2015).

Figura 19 - Temperatura (°C) durante o 1º e o 2º ciclo, na área experimental. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

A temperatura no 2º ciclo de cultivo foi mais elevada, entretanto de acordo com Gazzola et al. (2012), o girassol se desenvolve bem entre as temperaturas de 20°C a 25°C, com ponto ótimo entre 27°C e 28°C. Não há redução significativa de produção na faixa de 8 °C a 34°C, o que demonstra uma grande tolerância da cultura, suportando regiões de dias quentes e noites frias.

Na Tabela 5, os dados de Evaporação do Tanque Classe “A” e precipitação (PPT) estão expostos de acordo com o número de dias de cada ciclo do período experimental.

Tabela 5 - Valores médios de temperatura do ar, evaporação do Tanque Classe “A” (ECA) e precipitação (PPT) no período experimental. Redenção, Ceará, 2014/2015

1º ciclo	Nº de dias	Temperatura (°C)	ECA (mm mês ⁻¹)	ECA (mm dia ⁻¹)	PPT (mm mês ⁻¹)	PPT (mm dia ⁻¹)
Novembro	12	25,82	38,80	3,23	7,90	0,66
Dezembro	31	26,60	131,20	4,23	26,90	0,87
Janeiro	31	26,50	33,60	1,08	113,20	3,65
Fevereiro	19	26,20	18,30	0,96	76,80	4,04
Total/Média	93	26,28	221,90	2,38	224,80	2,31
2º ciclo	Nº de dias	Temperatura (°C)	ECA (mm mês ⁻¹)	ECA (mm dia ⁻¹)	PPT (mm mês ⁻¹)	PPT (mm dia ⁻¹)
Agosto	24	28,08	132,00	5,50	0,0	0,00
Setembro	30	27,83	151,30	5,04	3,63	0,12
Outubro	31	27,44	201,60	6,50	3,38	0,11
Novembro	03	27,86	16,70	5,57	0,0	0,00
Total/Média	88	27,80	501,60	5,65	7,01	0,06

Fonte: Fazenda Piroás - UNILAB.

Os dados da ECA foram utilizados para calcular a lâmina de água aplicada à cultura. A ECA acumulada durante o 1º ciclo atingiu 221,9 mm e a precipitação acumulada foi de 224,8 mm, valor este superior à ECA do período. Observa-se ainda que ocorreu grande diferença entre a precipitação e a evaporação no 2º ciclo, o que caracteriza grande deficiência hídrica no solo.

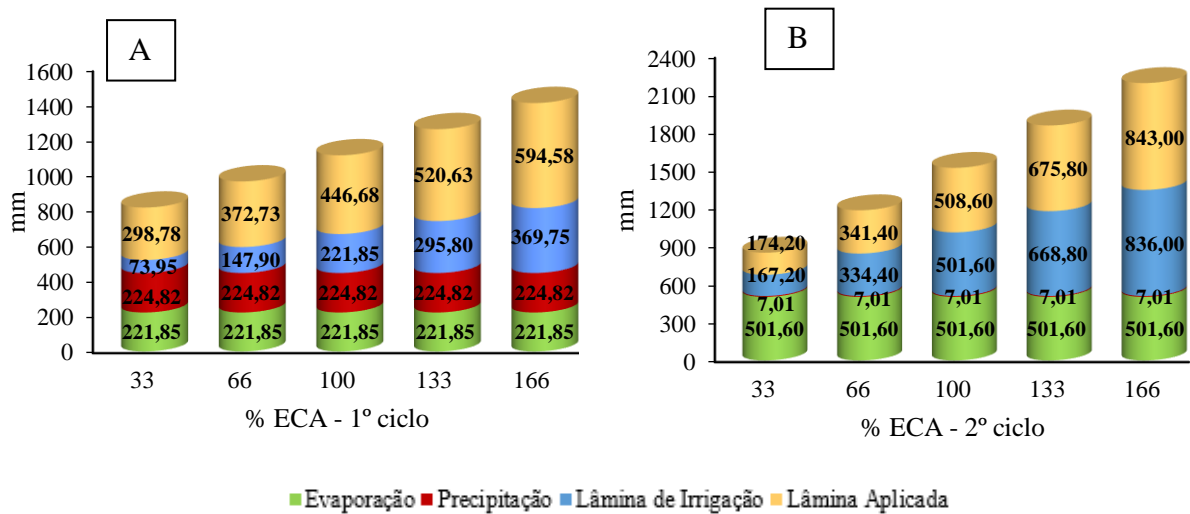
Os meses mais chuvosos foram janeiro (113,2 mm - 1º ciclo), com o início da estação chuvosa no Ceará, e setembro de 2015 (3,63 mm - 2º ciclo). O mês com menor pluviosidade no primeiro ciclo foi novembro de 2014 (7,90 mm) e em agosto e novembro de 2015 (2º ciclo) não houve precipitação.

A maior precipitação obtida no primeiro ciclo ainda não foi suficiente para atender à exigência hídrica do girassol, que conforme Gazzola et al. (2012), está entre 400 e 600 mm de água durante o ciclo da planta.

4.2 Lâminas de irrigação

Para o cálculo da lâmina total aplicada, foi considerada a precipitação ocorrida no 1º ciclo (224,80 mm) e no 2º ciclo (7,01 mm). Assim, foram adicionados aos percentuais de evaporação (33; 66; 100; 133 e 166%) os valores de 100% da precipitação em cada ciclo, resultando para o 1º ciclo, os totais das lâminas aplicadas 298,78; 372,73; 446,68; 520,63 e 594,58 mm e para o 2º ciclo 174,20; 341,40; 508,60; 675,80 e 843,00 (Figura 20). Vale ressaltar que, no 1º ciclo, houve excesso de chuvas em alguns períodos, o que ocasionou em alteração das lâminas programadas para o experimento.

Figura 20 - Evaporação, precipitação, lâmina de irrigação e lâmina aplicada para o primeiro (A) e segundo ciclo (B) de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

Independente do ciclo de cultivo, as lâminas de irrigação tiveram amplitudes equidistantes entre os tratamentos (percentuais) aplicados. A variação da quantidade de água aplicada entre um ciclo para lâmina 1 e lâmina 2 foram superiores no primeiro ciclo em 41,7 e 8,4%, respectivamente. Já para as lâminas 3, 4 e 5 houve superioridade no segundo ciclo em relação ao primeiro em 12,2; 22,9 e 29,5%, respectivamente.

4.3 Indicadores de desempenho do sistema de irrigação e biofertilização

Os valores dos coeficientes calculados a partir do teste de uniformidade realizado para cada vazão do sistema de irrigação podem ser visualizados na Tabela 6. Com os resultados obtidos para o CUC (média de 93,1 e 91,9 %, para o 1º e o 2º ciclo, respectivamente), observa-se que as uniformidades de irrigação apresentaram valores que as caracterizam como excelente, conforme a classificação de Bernardo et al. (2009). Segundo os autores, os valores de CUC para irrigação por gotejamento são classificados como excelente quando estão entre 90 e 100%, bom entre 80 e 90%, regular entre 70 e 80%, ruim entre 60 e 70% e inaceitável quando estão menores que 60%.

O valor médio do CUC para o sistema de irrigação foi superior no 1º ciclo em 1,27%, em relação ao 2º ciclo. A eficiência de irrigação também reduziu seguindo a tendência do CUC, o que pode ser reflexo do uso já que o mesmo sistema de irrigação foi utilizado em ambos os ciclos. De acordo com Mantovani et al. (2009), a eficiência de aplicação se resume

na diferença entre a quantidade de água que se aplica e a que é efetivamente aproveitada pela planta.

Tabela 6 - Indicadores de desempenho (CUC, CUD, Ef) do sistema de irrigação por gotejamento da cultura do girassol para as diferentes vazões (2; 4; 6; 8 e 10 L h⁻¹). Redenção, Ceará, 2014/2015

Ciclo de cultivo	Vazão do emissor (L h ⁻¹)	CUC (%)	CUD (%)	Ef (%)
1º ciclo	L1 - 2 L h ⁻¹	92,69	89,28	88,06
	L2 - 4 L h ⁻¹	91,55	90,71	86,97
	L3 - 6 L h ⁻¹	96,18	94,31	91,37
	L4 - 8 L h ⁻¹	93,76	88,17	89,08
	L5 - 10 L h ⁻¹	91,20	86,25	86,64
	Valor médio	93,08	89,74	88,42
2º ciclo	L1 - 2 L h ⁻¹	92,60	86,70	87,90
	L2 - 4 L h ⁻¹	93,10	88,70	88,40
	L3 - 6 L h ⁻¹	91,40	87,40	86,80
	L4 - 8 L h ⁻¹	91,80	84,00	87,20
	L5 - 10 L h ⁻¹	90,50	84,10	85,90
	Valor médio	91,90	86,20	87,30

Fonte: Elaborado pela autora.

Para os valores de CUD obtidos com os testes de desempenho do sistema (Tabela 6), obteve-se uma classificação “bom” em ambos os ciclos. Para tal, seguiu-se a classificação de Merriam e Keller (1978) que interpretam os valores em sistemas que estejam em operação por um ou mais anos como excelente quando maiores que 90%; bom com valores entre 80 e 90%. Comparando os coeficientes dos ciclos, observou-se uma redução de CUD em 3,94%.

Os valores dos coeficientes de uniformidade realizado para o sistema de biofertilização podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7 - Indicadores de desempenho (CUC, CUD, Ef) do sistema de biofertilização da cultura do girassol. Redenção, Ceará, 2014/2015

Ciclo de cultivo	CUC (%)	CUD (%)	Ef (%)
1º ciclo	72,11	66,45	68,50
2º ciclo	84,95	77,44	80,71

Fonte: Elaborado pela autora.

Para classificação do desempenho do sistema, foram utilizadas as mesmas classificações utilizadas no sistema de irrigação. Conforme Bernardo et al. (2009), o CUC pode ser classificado como regular para o 1º ciclo e bom para o 2º ciclo. O CUD no primeiro ciclo, pode ser classificado, conforme Merriam e Keller (1978) em ruim e no segundo ciclo, regular. Observa-se que entre os valores dos coeficientes, o CUD é o menor entre todos analisados, por

ser mais sensível a pequenas variações na distribuição de água e biofertilizante em um sistema de irrigação.

A eficiência de aplicação no 1º ciclo foi bastante inferior ao valor recomendado pela FAO 36, que deve estar entre 90 e 95%. No 2º ciclo, após manutenção e limpeza de todo o sistema de aplicação, houve um incremento de 15,1% na eficiência. Vale ressaltar que o biofertilizante era aplicado peneirado porém sem diluição em água (puro), e isso ocasionou alguns entupimentos nos emissores.

4.4 Balanço nutricional do solo

A necessidade de complementação, com base na recomendação de Carvalho et al. (2013) para cada ciclo, está demonstrada na Tabela 8.

Tabela 8 – Necessidade de complementação nutricional para a cultura do girassol BRS-324. Redenção, Ceará, 2014/2015

Nutrientes	N	P	K
Recomendação (g planta ⁻¹)	2,1	2,8	2,8
Substrato (g kg ⁻¹)	9,32	2,63	1,88
Necessidade de complementação (g planta ⁻¹)	7,22	-0,17	-0,92

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com os dados obtidos constata-se que, apenas o N presente no solo era suficiente para suprir a necessidade da cultura, no entanto, os nutrientes P e K apresentaram necessidade de complementação. A partir das análises dos solos e dos biofertilizantes (1º e 2º ciclos) foi possível estimar as quantidades de N, P e K aplicadas durante os experimentos (Tabela 9), via biofertilizante caprino líquido. Observa-se que a partir da primeira dose (300 mL planta⁻¹ semana⁻¹) foi possível atender as exigências de P e K pela cultura do girassol.

Tabela 9 – Teores de macronutrientes fornecidos em função da aplicação de biofertilizante caprino na cultura do girassol BRS 324. Redenção, Ceará, 2014/2015

Biofertilizante caprino	----- 1º ciclo -----			----- 2º ciclo -----			Biofertilizante aplicado
	N	P	K	N	P	K	
mL planta ⁻¹ semana ⁻¹	g planta ⁻¹						L planta ⁻¹ ciclo ⁻¹
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
300	1,32	0,33	11,55	0,33	1,19	5,28	3,30
600	2,64	0,66	23,10	0,66	2,38	10,56	6,60
900	3,96	0,99	34,65	0,99	3,56	15,84	9,90
1.200	5,28	1,32	46,20	1,32	4,75	21,12	13,20

Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 Análises químicas de solo

O resumo da análise de variância das características químicas do solo em função das épocas de avaliação (inicial, 1º ciclo e 2º ciclo) e das doses de biofertilizantes aplicadas (apenas na lâmina 100% da ECA), está apresentada na Tabela 10. Os resultados indicam que houve interação significativa entre os tratamentos aplicados (épocas de avaliação x doses de biofertilizantes) para todas as características químicas avaliadas.

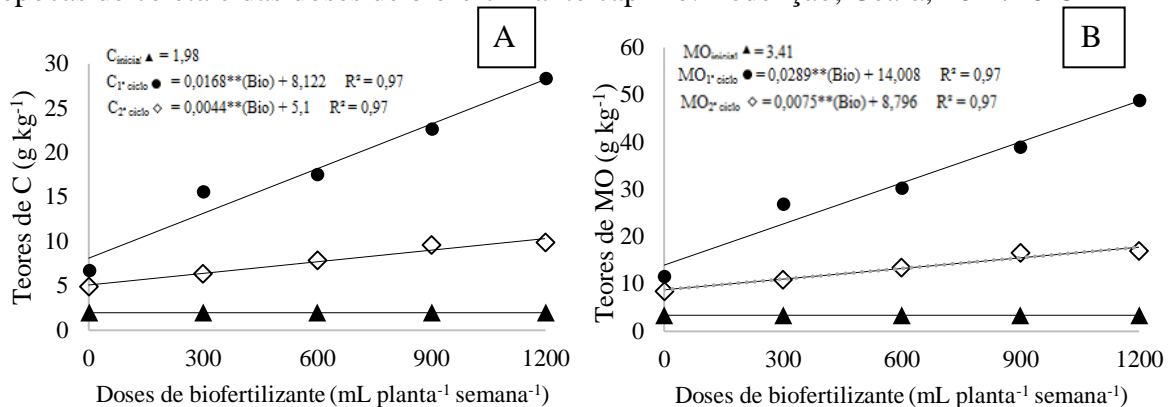
Tabela 10 - Resumo da análise de variância das características químicas do solo em função da aplicação do biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio					
		MO	C	P	K	Ca	Mg
Blocos	2	5,186 ^{ns}	0,022 ^{ns}	8,816 ^{ns}	0,346 ^{ns}	2,204 ^{ns}	11,267 ^{ns}
Ep. Avaliação (Ea)	2	3415,023**	3071,89**	5778,15**	112,672**	1692,337**	188,413**
Resíduo (Ea)	4	3,889	0,406	134,817	0,139	8,679	3,129
Biofertilizante (Bio)	4	215,471**	544,596**	2568,575**	13,013**	24,500**	20,425**
Interação Ea x Bio	8	100,067**	448,486**	1053,837**	7,702**	11,150*	15,100**
Resíduo (Bio)	24	1,694	0,270	41,317	0,618	3,33	2,529
Total	44	-	-	-	-	-	-
CV – Ea (%)	-	11,89	4,91	17,62	14,15	9,14	12,61
CV – Bio (%)	-	7,85	4,00	9,75	29,78	5,66	11,33

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		Na	pH	SB	CTC	CE
Blocos	2	0,041 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	4,676 ^{ns}	22,034 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Ep. Avaliação (Ea)	2	434,271**	5,002**	3480,966**	7247,336**	54,11**
Resíduo (Ea)	4	0,048	0,0002	4,676	7,296	0,007
Biofertilizante (Bio)	4	10,654**	0,460**	141,873**	301,335**	9,139**
Interação Ea x Bio	8	8,912**	0,225**	56,887**	187,739**	3,796**
Resíduo (Bio)	24	0,818	0,018	7,323	18,546	0,218
Total	44	-	-	-	-	-
CV – Ea (%)	-	5,67	0,16	4,38	4,48	3,81
CV – Bio (%)	-	23,26	1,68	5,48	7,14	21,05

Para os teores de C e MO, os dados apresentaram ajuste linear crescente (Figura 21 A e B, respectivamente), com os teores máximos ocorridos quando se aplicou a maior dose de biofertilizante testada. O carbono participa com 58% da matéria orgânica do solo, o que explica a mesma tendência seguida pelos nutrientes.

Figura 21 – Teores de carbono – C (A) e Matéria Orgânica – MO (B) do solo, em função das épocas de coleta e das doses de biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

Os teores de C variaram de 6,73 g kg⁻¹ a 28,37 g kg⁻¹ no final do primeiro ciclo e de 4,94 a 9,85 g kg⁻¹ no final do segundo ciclo. Seguindo a mesma tendência, os teores de MO variaram entre 11,61 (baixo) e 48,91 g kg⁻¹ (alto) no primeiro ciclo e entre 8,52 (baixo) e 16,98 g kg⁻¹ (médio), no segundo ciclo, conforme classificação de Fernandes et al. (1993).

Os maiores valores encontrados no final do 1º ciclo de cultivo podem estar relacionados ao maior teor de nutrientes do biofertilizante líquido aplicado durante o ciclo, assim como do solo que, inicialmente, já apresentou teores elevados. No final do 2º ciclo, os teores nutricionais do biofertilizante foram inferiores e ainda houve a extração dos nutrientes pela produção.

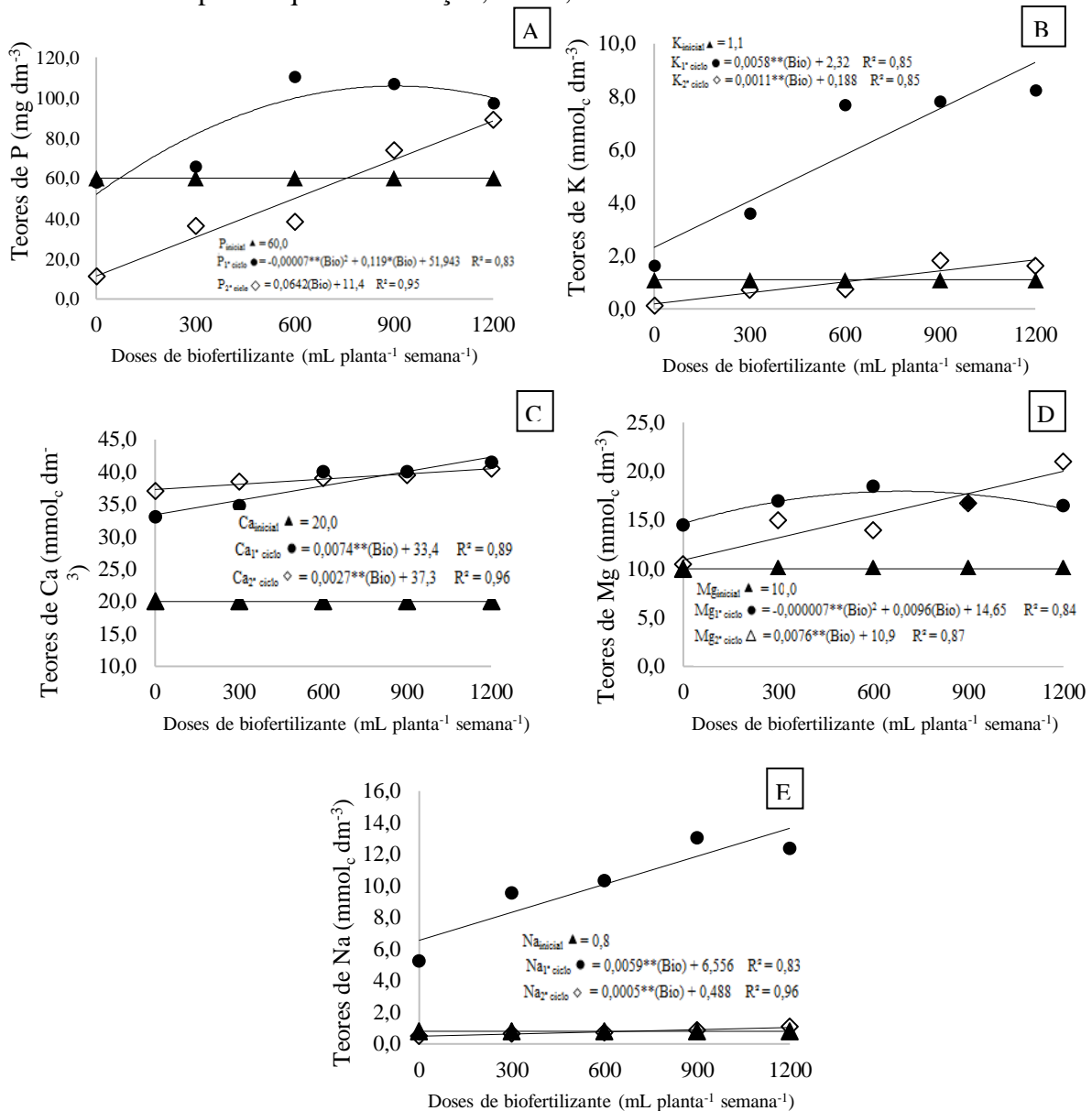
O aumento da MO no solo com o incremento das doses do biofertilizante já era esperado, sendo o insumo (biofertilizante), o produto final da fermentação da MO. Esse processo de decomposição é fundamental na liberação dos nutrientes que poderão ser imobilizados pelos organismos e utilizados na síntese de novos compostos orgânicos, ou mineralizados e liberados para a solução do solo (SILVA et al., 2012).

Na análise de regressão para os teores de P (Figura 22A) verificou-se ajuste polinomial quadrático para o final do primeiro ciclo, onde o máximo teor de P (102,52 mg dm⁻³) foi verificado na dose de biofertilizante 850 mL planta⁻¹ semana⁻¹. No entanto, os dados relativos ao teor de P no final do segundo ciclo apresentaram ajuste linear crescente, com valores entre 11,5 e 89,0 mg dm⁻³, na ausência e com a dose de 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹, respectivamente.

Todos os valores de P encontrados são classificados como altos, exceto na dose 0 (testemunha) do 2º ciclo, fato que pode ser atribuída à proteção que a MO fornece ao fosfato. A MO aumenta teores de P a partir da decomposição e da mineralização da matéria orgânica,

pois promove a redução da fixação do fósforo, pelos óxidos de ferro e alumínio, bloqueando os sítios de fixação com os radicais orgânicos (OURIVES et al., 2010).

Figura 22 – Teores médios de Fósforo – P (A), Potássio – K (B), Cálcio – Ca (C), Magnésio – Mg (D) e Sódio – Na (E) do solo em função das épocas de coleta e das doses de biofertilizante caprino líquido. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

A ação da adubação orgânica, em relação ao aumento da disponibilidade de nutrientes, ocorre em função de sua interação com as argilas, formando o complexo argilo-húmico, responsável pela melhoria da CTC, especialmente na ação sobre a disponibilidade de P e pela ação estabilizante sobre variações ambientais no solo (LOPES; THEODORO, 1998).

De acordo com Santos et al. (2008), fontes orgânicas podem substituir todo ou parte do fósforo requerido pelas plantas, podendo proporcionar alterações significativas nos atributos químicos do solo, aumentando a disponibilidade de cálcio, nitrogênio e fósforo e os teores de carbono orgânico.

O P tem relação direta com a produção de aquênios, isso pode ser confirmado por Oliveira Júnior et al. (2009). Os autores observaram aumento significativo na produtividade, número de grãos por capítulo, peso de 1.000 grãos e altura de plantas de girassol, com o aumento das doses de fósforo aplicadas, sendo que, as maiores produtividades alcançadas ocorreram quando foram aplicadas as maiores doses desse nutriente.

Na Figura 22B tem-se os teores de K em função das épocas de coleta e das doses de biofertilizante caprino líquido. Para ambos os ciclos de cultivo, o ajuste foi linear crescente, com superioridade dos teores para o final do 1º ciclo. De forma semelhante à MO, o biofertilizante possui maior quantidade de K em sua composição no 1º ciclo (Tabela 4), o que justifica os maiores teores encontrados e posteriormente, uma menor quantidade de K foi aplicada com o biofertilizante e ainda houve a extração de nutrientes pela cultura.

Na análise inicial do solo, o teor de K correspondeu a $1,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ que, conforme classificação de Fernandes et al. (1993) é baixo (0 a $1,15 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). No fim do 1º ciclo de cultivo, os valores apresentaram variação entre 1,64 (médio) e $8,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (alto), na ausência do biofertilizante e na maior dose aplicada, respectivamente. Conforme mencionado anteriormente, os valores obtidos no fim do 2º ciclo são menores, com variação entre 0,12 (baixo) e $1,64 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (médio), também nas menores e maiores doses aplicadas, respectivamente.

Em estudos desenvolvidos por Zobiolo et al. (2010), o potássio foi o nutriente mais absorvido pelas plantas. Os autores avaliaram a marcha de absorção de nutrientes em plantas girassol, e verificaram, ainda, que a redistribuição do K foi considerada baixa, sendo que através da decomposição, grande parte do nutriente absorvido voltou para o solo. Borkert et al. (1997) ao estudarem o efeito residual da adubação potássica em plantas de girassol e milho, verificaram que a baixa disponibilidade reduziu o crescimento e a produtividade da cultura do girassol.

A análise de regressão para os teores de Ca pode ser visualizada na Figura 22C, com ajuste linear crescente para ambos os ciclos. Na análise de solo inicial, o teor de Ca encontrado foi $20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (médio). Com a aplicação das doses de biofertilizante, o Ca variou de 33 (médio) a $41,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (alto) no final do 1º ciclo e de 37 (médio) a 40 (médio) $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no fim do 2º ciclo.

Na Figura 22D têm-se a análise de regressão para os teores de Mg. Inicialmente o teor de Mg encontrado no solo foi de $10,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. No fim do 1º ciclo, os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático em que a dose de $685,71 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$ foi considerada suficiente para expressar o teor máximo de Mg, que corresponde a $17,94 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado alto na classificação de Fernandes et al. (1993). No final do 2º ciclo, os dados se ajustaram ao modelo linear crescente, com variação de 10,5 a $21 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valores considerados altos para este nutriente. O teor inicial de Mg no solo era de $10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que demonstra efeito positivo da aplicação do biofertilizante nos teores desse nutriente, apesar da extração pela cultura.

O Ca e o Mg são nutrientes importantes e necessários ao bom desenvolvimento das plantas, respondendo em aumento de produtividade, porém altos teores de Ca podem reduzir a absorção de Mg e ainda são antagônicos com o K. Na análise inicial do solo a relação Ca:Mg foi de 2, no final do 1º ciclo esta mesma relação apresentou, em média, magnitude de 2,3 e no fim do 2º ciclo, a média foi de 2,6.

A literatura recomenda uma relação Ca:Mg entre 3-5 como a ideal para a maioria das culturas, estando a relação encontrada no experimento abaixo da recomendação. Vale salientar ainda que, no fim do 2º ciclo experimental, a relação Ca:Mg variou entre as doses de biofertilizante, em média, de 3,5 a 1,9 (na ausência do insumo e na dose $1.200 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$, respectivamente), o que pode ter contribuído para uma menor produtividade.

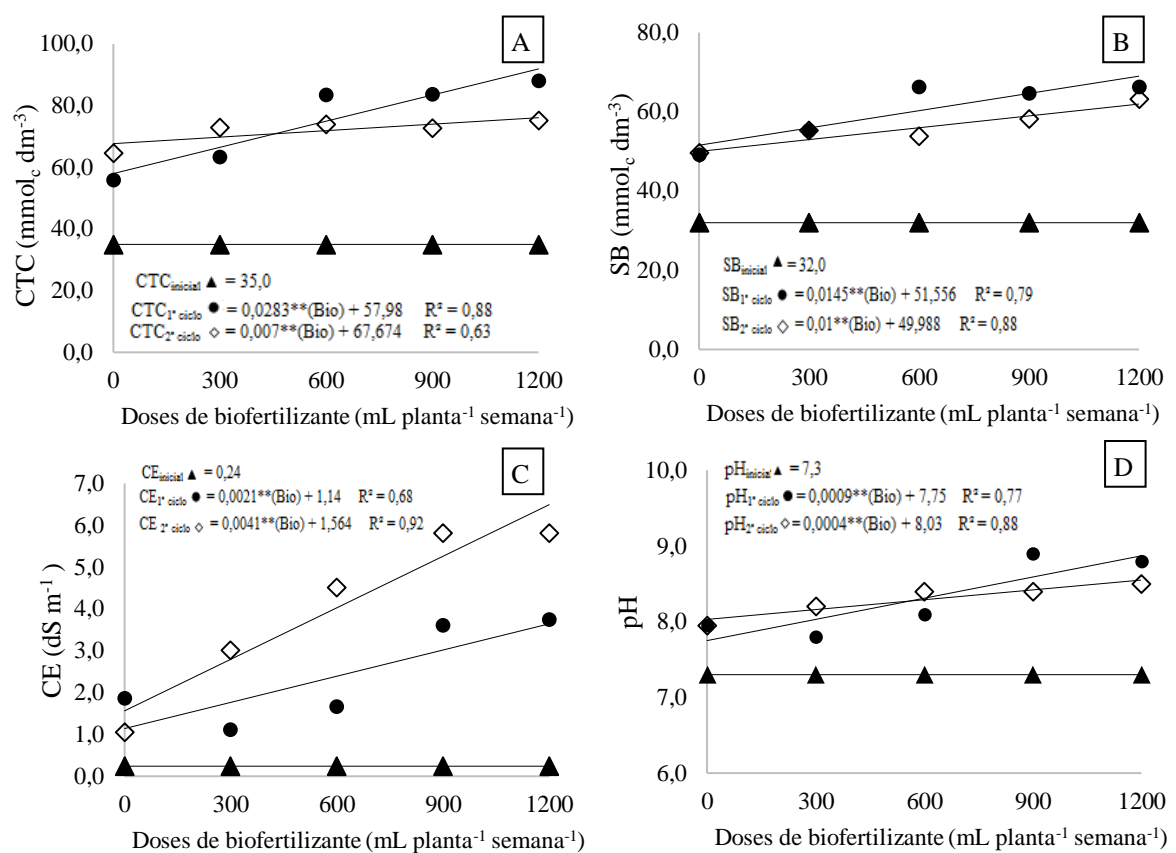
Os dados dos teores de Na podem ser visualizados na Figura 22E, onde o ajuste foi linear para todas as épocas de coleta das amostras de solo. Na análise inicial, o teor de Na foi $0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. No final do 1º ciclo de cultivo, os dados variaram entre 5,24 e $12,36 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, já no final do 2º ciclo o teor de Na variou entre 0,5 e $1,09 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. De forma semelhante aos teores de P, K e Mg, os maiores valores foram encontrados no 1º ciclo de cultivo.

Quanto ao Na, apesar de não ser nutriente essencial à planta, é classificado por muitos autores como elemento benéfico, que não é absolutamente necessário para que a planta complete seu ciclo de vida ou não agir diretamente na planta, porém promove o crescimento. Na presença de Na, o teor de Ca diminui e a absorção de Mg fica comprometida (RAIJ, 2012).

As características químicas do solo Capacidade de troca de cátions (CTC), Soma de bases trocáveis (SB), CE e pH apresentaram ajuste linear crescente em função das épocas de coleta e das doses de biofertilizante caprino líquido, na lâmina 100% da ECA. A CTC (Figura 23A) da análise inicial do solo foi de $35 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, que pode ser classificada como média. Ao final do 1º ciclo, os valores de CTC variaram entre 55,9 e $88,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, alterando a sua

classificação de “bom” para “muito bom”. No fim do 2º ciclo, os valores de CTC variaram de 64,2 a 75,2 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, sendo classificadas como “bom”. A elevação da CTC pode ser justificada pelo grande aporte de matéria orgânica representado pelas adições do biofertilizante, aumentando, dessa maneira, as cargas negativas do solo, favorecendo a agregação e, conseqüentemente, alterando os atributos físico-químicos do solo (ZOLIN et al., 2011).

Figura 23 – Teores médios de CTC (A), SB (B), CE (C) e pH (D) do solo em função das épocas de coleta (inicial, 1º ciclo e 2º ciclo) e das doses de biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o cálculo da CTC é necessário conhecer os teores de cátions trocáveis, como K, Ca, Mg, Al e (H + Al) e quanto maior a CTC do solo, maior a quantidade de cátions que este solo pode manter. Os nutrientes que o solo não pode reter apresentam alto potencial de lixiviação. De forma semelhante, Erthal et al. (2010) observaram de modo geral, aumentos na CTC com a aplicação de efluente de bovinocultura, que passou, aproximadamente, de 2,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ aos 53 dias do início da aplicação, para 5,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ aos 235 dias, atribuindo à alta concentração de íons e aos colóides orgânicos presentes neste efluentes.

Medeiros et al. (2008) relatam melhorias nas condições químicas do solo, tais como diminuição dos teores de Al trocável e saturação de alumínio, elevação dos teores de N, P, K, S, Ca, Mg, SB, MO, CTC, saturação por bases (V%) e micronutrientes, com a utilização de água residuária no cafeeiro.

A SB (Figura 23B) obtida na análise inicial foi de 32 mmolc dm^{-3} , apresentando maiores valores nas épocas de coleta seguintes. No fim do primeiro ciclo, a SB variou entre 49,1 e $66,3 \text{ mmolc dm}^{-3}$, com valores semelhantes no final do segundo ciclo (49,6 e $63,1 \text{ mmolc dm}^{-3}$). Estes resultados demonstram efeito positivo da aplicação do biofertilizante ao longo do tempo de aplicação. A SB de um solo representa a quantidade de cátions trocáveis que o solo possui, exceto H^+ e Al^{3+} ($\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$).

A análise de regressão da CE do solo pode ser visualizada na Figura 23C. O valor inicial para esta variável foi de $0,24 \text{ dS m}^{-1}$. Com a aplicação das doses de biofertilizante, a CE do solo apresentou valores no fim do 1º ciclo de 1,86 a $3,74 \text{ dS m}^{-1}$, para a ausência do insumo e a maior dose aplicada, respectivamente. Enquanto isso, no final do 2º ciclo, os valores se apresentaram variando entre 1,04 e $5,80 \text{ dS m}^{-1}$.

As médias de CE e pH do biofertilizante, coletadas antes das aplicações, estão expostas na Tabela 11. Diante das respostas da variável em questão, nas maiores doses de biofertilizante aplicadas com suprimento hídrico de 100% da ECA, verifica-se que os valores da CE do solo se elevaram, porém, são bem inferiores à CE do biofertilizante.

Tabela 11 – Valores médios da CE e pH do biofertilizante caprino líquido antes da aplicação nas plantas. Redenção, Ceará, 2014/2015

	CE (dS m^{-1})	Ph
1º ciclo	14,78	7,88
2º ciclo	10,63	7,94

Fonte: Elaborado pela autora.

No 2º ciclo, a partir da dose $600 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$, o solo apresentou CE acima de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e PST média de 1%, já sendo classificado como salino, na lâmina de 100 % da ECA. Isto leva a supor que a aplicação contínua do biofertilizante, em suas maiores doses, pode prejudicar as futuras produções da cultura, com esta lâmina de irrigação (100% da ECA). Em maiores lâminas de irrigação, a fração de lixiviação pode proporcionar variação em valores de CE do solo, nestas condições experimentais.

Apesar de não informar limites específicos de salinidade limiar, Ayers e Westcot (1999) classificam o girassol como planta moderadamente sensível à salinidade e ainda, segundo as diretrizes dos autores e considerando a classificação do potencial de salinidade com

base na CE da água de irrigação, o biofertilizante líquido apresenta grau de restrição severo ($CE > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$). Porém, com relação ao pH da água de irrigação, a faixa considerada normal situa-se entre 6,5 e 8,4.

De acordo com Richards (1954), os solos são considerados salinos, quando a CE do extrato de saturação é maior ou igual a 4 dS m^{-1} e a percentagem de sódio trocável (PST) é menor que 15%, sendo que, normalmente, o pH desse solo é menor que 8,5.

De forma semelhante, os valores de pH também aumentaram com o incremento das doses de biofertilizante caprino líquido (Figura 23D). Na análise inicial, o pH do solo foi 7,3. Com a aplicação do biofertilizante no 1º ciclo, os valores de pH variaram entre 7,95 e 8,80 e no segundo ciclo, os valores também apresentaram variação semelhante (7,95 a 8,5).

Em todas as épocas de coleta, o pH foi classificado como alcalino. Este aumento do pH do solo pode ser atribuído a diversos fatores, como: o pH do insumo (Tabela 11), o aporte de reserva alcalina (cátions trocáveis e ânions) advindos do insumo e ao aumento do processo de desnitrificação no solo, onde ocorre consumo de um mol de H^+ para cada mol de NO_3^- desnitrificado (FRIEDEL et al., 2000).

Solos com pH alcalino podem apresentar altos teores de Ca, Mg e K, além de deficiência dos micronutrientes. A saturação por bases (V%) também pode apresentar-se alta em solos alcalinos, conforme observado nos ciclos de cultivo, com valores médios de 100 e 80%, para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Há de se considerar também que, em solos alcalinos, há maior perda de N por volatilização (MALAVOLTA et al., 2011).

4.6 Estado nutricional por diagnose foliar

O resumo da análise de variância dos teores foliares em função dos ciclos de cultivo (1º ciclo e 2º ciclo) e das doses de biofertilizantes aplicadas (na lâmina 100% da ECA), pode ser observado na Tabela 12. Verifica-se a partir dos dados que houve interação significativa entre os tratamentos aplicados (ciclos de cultivo x doses de biofertilizante) para os teores foliares de N, P, K, S e Na, sendo, para os demais nutrientes, efeito significativo isolado para os tratamentos: Ciclos e doses de biofertilizante para o Ca e apenas ciclo de cultivo para Mg.

Os teores de nutrientes nos tecidos vegetais refletem suas disponibilidades no substrato de cultivo, pois existe relação entre o fornecimento de um nutriente pelo substrato de cultivo ou por um fertilizante e a concentração na folha, e uma relação entre essa concentração e a produção da cultura (MALAVOLTA et al., 1997). Ainda conforme os autores, para atender

aos requisitos de produção e de qualidade, os nutrientes devem estar presentes nas folhas, não somente em concentração adequada, mas também dentro de uma relação adequada entre eles.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância dos teores foliares em função dos ciclos de cultivo e da aplicação do biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na
Blocos	2	0,370 ^{ns}	0,02 ^{ns}	17,59 ^{ns}	10,31 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,14 ^{ns}	4,39*
Ciclos de cultivo (Cc)	1	2570,57**	12,59**	401,47 ^{ns}	472,35**	511,78**	61,79**	187051,67**
Resíduo (Cc)	2	0,05	0,01	93,68	2,07	0,78	0,05	277,01
Biofertilizante (Bio)	4	8,31**	0,27 ^{ns}	451,31**	258,89**	1,69 ^{ns}	0,61*	5025,28**
Interação Cc x Bio	4	44,37**	0,86**	173,65*	53,85 ^{ns}	3,23 ^{ns}	0,96**	2841,09**
Resíduo (Bio)	16	0,42	0,15	52,53	21,68	2,65	0,18	216,42
Total	29	-	-	-	-	-	-	-
CV – Cc (%)	-	0,68	3,45	21,62	4,44	12,30	10,57	9,74
CV – Bio (%)	-	2,04	15,30	16,19	14,38	22,70	19,67	8,61

As análises de regressões dos teores nutricionais foliares para as interações significativas entre os tratamentos estão dispostas na Figura 24. Os teores foliares de N (Figura 24A) apresentaram ajuste polinomial quadrático para o 1º ciclo, em que a dose 572,5 mL foi suficiente para maximizar esta variável (42,84 g kg⁻¹ de N). No 2º ciclo o ajuste foi linear decrescente com valores entre 25,87 e 21,16 g kg⁻¹, na ausência do insumo e na maior dose aplicada (1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹), respectivamente.

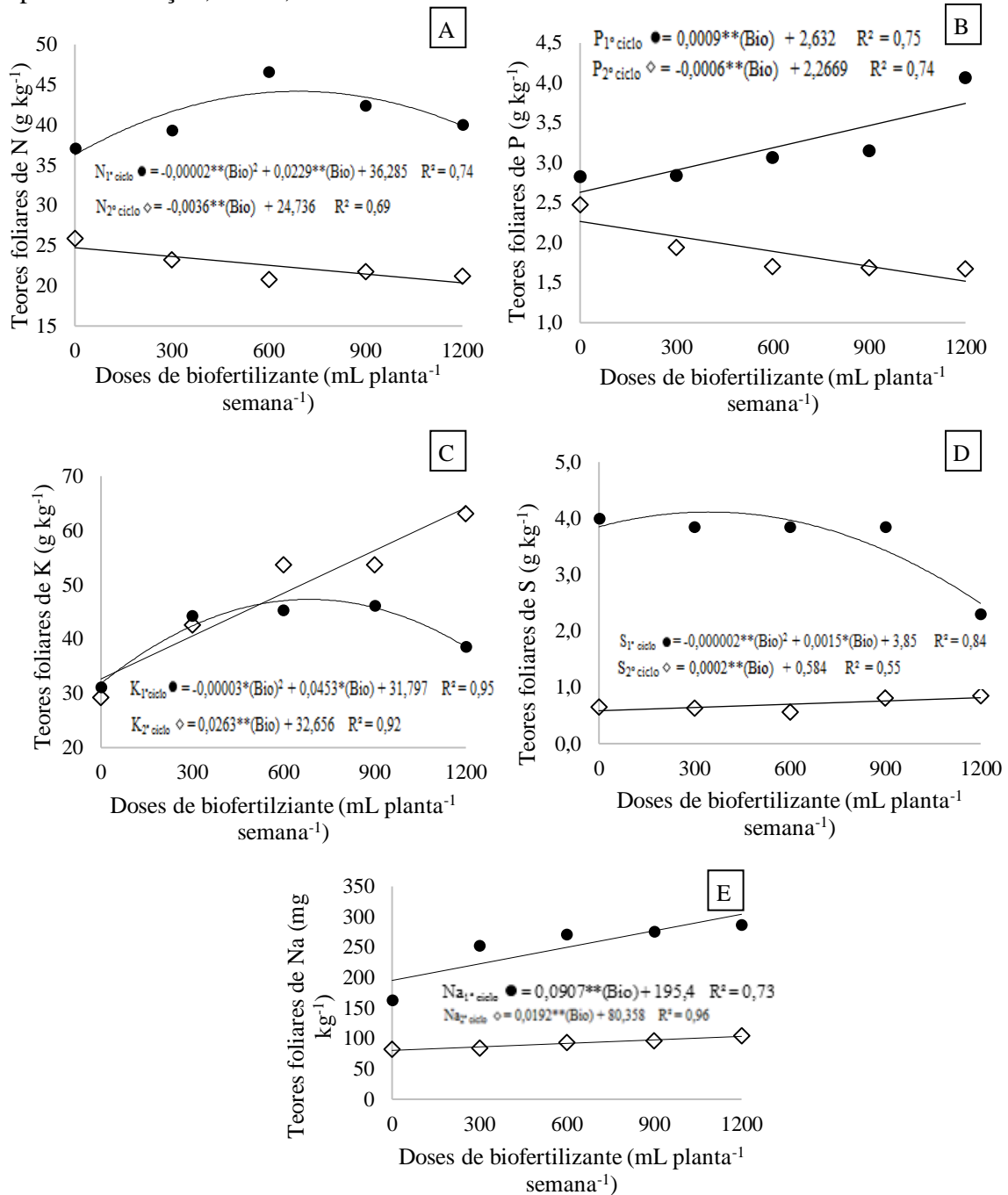
Conforme Castro e Oliveira (2005), o teor foliar de N no 1º ciclo está dentro da faixa recomendada para a cultura citada na Tabela 1 (35,0 – 50,0 g kg⁻¹). Entretanto, os teores de N do 2º ciclo estão abaixo dessa recomendação apesar de não terem sido observados sintomas de deficiência de N.

No 1º ciclo, a análise inicial do solo demonstrou altos valores de MO, que podem justificar os teores foliares mais altos neste período. Além disso, o biofertilizante utilizado no 1º ciclo também era mais rico em N. No 2º ciclo, com a extração de N pela colheita do ciclo anterior e provável perdas do nutriente, o biofertilizante não conseguiu fornecer N suficiente para elevar os teores foliares à faixa recomendada para a cultura. Este resultado pode ter ocasionado, dentre outros fatores, em menor produtividade quando comparada ao 1º ciclo de cultivo.

O ajuste linear decrescente no 2º ciclo pode estar relacionado ao aumento da produtividade nas maiores doses do biofertilizante, justificando-se pela exportação do nutriente para os aquênios, tendo em vista que as folhas foram coletadas após a floração. O N é transformado em composto orgânico acumulando-se nas folhas e caules para depois ser

translocado para os grãos. Zobiolo et al. (2010) verificaram que o N foi o nutriente mais exportado pelos aquênios.

Figura 24 – Teores foliares médios de Nitrogênio - N (A), Fósforo - P (B), Potássio - K (C), Enxofre - S (D) e Sódio - Na (E) em função dos ciclos de cultivo e das doses de biofertilizante caprino. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol. Blamey et al. (1997) citam que o N (juntamente com o K) é o maior limitante nutricional na

produtividade do girassol, proporcionando redução de até 60% de seu potencial de produção, em decorrência da sua deficiência e também deve-se considerar que podem ocorrer muitas perdas de N no sistema através de lixiviação de NO_3^- , volatilização de NH_3 e desnitrificação. Com isso não se pode afirmar que todo o N fornecido no sistema foi aproveitado pelo girassol, apesar dos altos teores de MO no solo.

Outro fato que merece exposição é a maneira como a planta absorve o N, predominantemente por fluxo de massa. Assim, a água transporta este elemento ao sistema radicular e mesmo tendo recebido o mesmo percentual em lâmina de irrigação (100% da ECA) foram constatadas magnitudes diferentes entre os ciclos (446,68 e 508,60 mm para o 1º e o 2º ciclo, respectivamente).

Alguns autores também avaliaram o teor de N nas folhas de girassol e encontraram resultados semelhantes a esse estudo. Avaliando o híbrido BRS-191, Zobiole et al. (2010) obtiveram teor de N de 46 g kg^{-1} . Já Aquino et al. (2013) em seus estudos sobre o estado nutricional em cultivares de girassol sob irrigação, verificaram uma variação de 37,40 a $44,71 \text{ g kg}^{-1}$ de N, atingindo uma produtividade de 2.888 a 4.631 kg ha^{-1} entre as cultivares.

Na Figura 24B observa-se a resposta do teor foliar de P em função dos ciclos de cultivo e das doses de biofertilizante caprino líquido. No 1º ciclo, o ajuste foi linear crescente com valores entre 2,82 e $4,06 \text{ g kg}^{-1}$ (teores médios ou suficientes) da menor para a maior dose aplicada. Com ajuste divergente, o 2º ciclo nos mostra teores foliares de P variando entre 2,47 e $1,67 \text{ g kg}^{-1}$, com maior valor na ausência do biofertilizante, e todos os valores inferiores à faixa recomendada para o girassol. Castro e Oliveira (2005) consideram os teores entre 2,9 e $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ de P suficientes para o cultivo (Tabela 1).

As elevadas quantidades de P averiguadas nas análises de solo, em todas as épocas de coleta, podem não remeter a sua disponibilidade em totalidade para a planta ou, ainda, nas condições hídricas do 2º ciclo, a absorção e o suprimento para as partes em desenvolvimento podem ter sido afetadas.

Vitti e Domeniconi (2010) mencionam que 94% do fósforo é absorvido por difusão. À medida que a planta vai absorvendo o P da solução do solo (P lábil), ocorre uma reposição pelo fósforo da parte sólida, pois há um equilíbrio entre o P da solução do solo (forma líquida) com o P da fase sólida, que poderia resultar em menor disponibilidade no 2º ciclo.

A máxima absorção de P ocorre até o ponto de enchimento dos grãos, podendo ser translocado das folhas e caule durante o período de maturação, numa razão de até 60% (HOCKING; STEER, 1983). De acordo com Araújo e Machado (2006), os grãos constituem a principal reserva de P da planta. Ivanoff et al. (2010) reportam que, a sensibilidade à baixa

concentração do N e do P, além de proporcionar em menores potenciais produtivos, também podem promover decréscimos da altura e do diâmetro do caule.

Em relação aos teores de K, observa-se na Figura 24C um ajuste polinomial quadrático no 1º ciclo de cultivo, com o máximo teor de K (48,89 g kg⁻¹) encontrado na dose de biofertilizante 755 mL planta⁻¹ semana⁻¹. No 2º ciclo, o ajuste dos dados seguiu tendência linear crescente, com valores entre 29,2 e 63,11 g kg⁻¹ e, com exceção da dose 0, todos os valores encontrados então superiores à recomendação da literatura (CASTRO; OLIVEIRA, 2005). Conforme os autores, a faixa de concentração de K nas folhas de girassol recomendado como suficiente está entre os valores de 31 a 45 g kg⁻¹ (Tabela 1).

Blamey et al. (1997) afirmam que produtividades máximas do girassol somente são obtidas com teores de K maiores que 24,0 g kg⁻¹ nas folhas maduras e fisiologicamente ativas. Em adição, Bergmann (1992) acredita que plantas podem tolerar relativamente altas concentrações de potássio sem apresentar distúrbios. Porém, ele pode causar efeitos indiretos pela deficiência induzida de outros elementos, como o cálcio e o magnésio.

Valores inferiores de 24 g kg⁻¹ de K foram encontrados por Uchôa et al. (2011) avaliando os componentes de produção de três cultivares de girassol submetidas a diferentes doses de cobertura de potássio, em Roraima. Prado e Leal (2006) observaram resposta da cultura do girassol à adubação potássica, obtendo-se o rendimento máximo quando o teor de K na folha alcançou 40,5 g kg⁻¹.

O potássio (K) é o elemento exigido em maior quantidade pela cultura (SANTOS, 2009b), porém a ação do K depende do teor de N. É um elemento muito móvel na planta (MALAVOLTA et al., 2011), com alta mobilidade intracelular e nos tecidos. Essa mobilidade e absorção de K pela planta podem ser afetadas em concentrações elevadas de Ca e Mg na solução do solo pois possuem mecanismos de absorção diferentes. O Ca e o Mg se deslocam por fluxo de massa e o K se desloca por difusão, mecanismo mais lento. O antagonismo existente entre esses nutrientes pode diminuir a absorção de K.

Para os teores de S (Figura 24D), o ajuste dos dados do 1º ciclo de cultivo seguiu tendência polinomial quadrática, em que a dose 375 mL planta⁻¹ semana⁻¹ de biofertilizante caprino maximizou o teor foliar em 4,13 g kg⁻¹. Em relação ao 2º ciclo de cultivo, houve uma redução significativa dos valores obtidos e os dados se ajustaram a um modelo linear crescente com discreta variação dos teores (0,65 a 0,85 g kg⁻¹).

Considerando a faixa recomendada por Castro e Oliveira (2005), apresentada na Tabela 1, classifica-se como “suficiente” o teor de S encontrado no primeiro ciclo de cultivo (entre 3,0 e 6,4 g kg⁻¹), porém os teores de S do segundo ciclo de cultivo são “baixos” (< 3,0).

Aquino et al. (2013) verificaram teores foliares de S na proporção de 7,20 a 8,54 g kg⁻¹, com menores valores nos híbridos Hélio 251, 253 e 360.

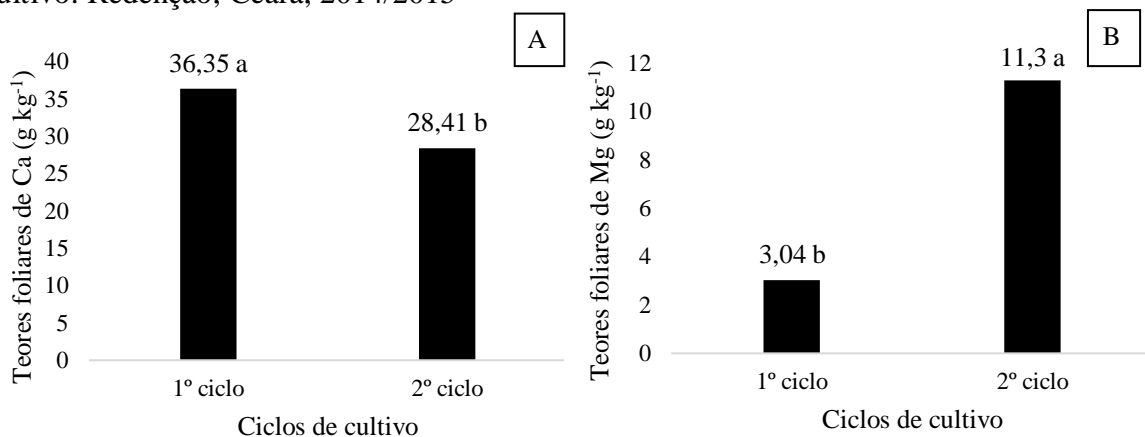
O enxofre (S) é requerido pela cultura do girassol em níveis semelhante ao fósforo (ZOBIOLE et al., 2010), porém não foram contabilizados os teores de S nas análises de solo e nem nas análises do biofertilizante realizadas. Apesar dos baixos níveis de S no 2º ciclo, não foram detectados sintomas de deficiência desse nutriente. Para Alvarez V. et al. (2007), o S disponível para a planta depende do equilíbrio entre as reservas lábeis e não-lábeis e da dinâmica dessas formas no solo.

De acordo com os teores foliares de Na (Figura 24E), o ajuste dos dados para ambos os ciclos seguiu tendência linear crescente, com teores variando entre 162,5 e 287 mg kg⁻¹ no 1º ciclo e ainda entre 81,9 e 104,7 mg kg⁻¹ no 2º ciclo. Não foram encontrados na literatura intervalo recomendado ou crítico para este nutriente na cultura do girassol.

Os teores foliares de Na seguiram a mesma tendência dos teores deste elemento no solo, sendo os maiores valores encontrados no primeiro ciclo. Santos et al. (2009) afirmam que o Na em excesso na solução do solo provoca desequilíbrio nutricional, por ser absorvido em altas quantidades pelas raízes das plantas e reduzir a absorção de outros cátions, como potássio, magnésio e cálcio.

Na Figura 25 observa-se a resposta do teor de Ca (A) e Mg (B) nas folhas em função dos ciclos de cultivo. Para o Ca, o teste de médias indicou superioridade em 21,8% no 1º ciclo de cultivo e para o teor foliar de Mg a superioridade de absorção do nutriente ocorreu no 2º ciclo de cultivo (superior em 73,1%). Estes resultados podem ser explicados pelo antagonismo que existe entre estes nutrientes pois altos teores de Ca reduzem a absorção do Mg.

Figura 25 – Teores foliares médios de Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio) em função dos ciclos de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015



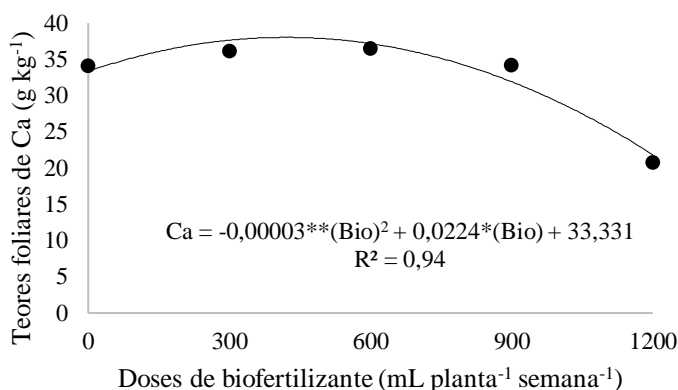
Fonte: Elaborado pela autora.

O teor foliar de Ca do 1º ciclo foi superior aos limites (19 a 32 g kg⁻¹) preconizados por Castro e Oliveira (2005), porém o valor obtido no 2º ciclo (28,4 g kg⁻¹) adequa-se ao intervalo adequado à cultura.

As formas iônicas de Ca²⁺ existentes na solução do solo, são absorvidas pelas plantas por interceptação radicular e fluxo de massa, o que pode ter sido favorecido pela superioridade da lâmina aplicada no primeiro ciclo. O cálcio (Ca) apesar de considerado um macronutriente secundário, é o terceiro nutriente mais exigido pela cultura do girassol (ZOBIOLE et al., 2010). Segundo Vitti et al. (2006), sua absorção pode ser diminuída por altas concentrações no solo de K⁺, Mg²⁺ e NH⁴⁺.

A Figura 26 apresenta a análise de regressão dos teores foliares de Ca em relação às doses de biofertilizante. Os dados foram ajustados ao modelo polinomial quadrático em que a dose 373,33 mL planta⁻¹ semana⁻¹ foi suficiente para maximizar o teor foliar (37,51 g kg⁻¹).

Figura 26 – Teores foliares médios de Ca (Cálcio) em função das doses de biofertilizante caprino líquido. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

O teor foliar de Mg (Figura 25B) no 1º ciclo de cultivo está abaixo do intervalo considerado satisfatório para o girassol (5,1 a 9,4 g kg⁻¹). Essa redução pode ter sido causada pelos altos teores de Ca e pela presença de Na, que dificulta a absorção de Mg. No 2º ciclo de cultivo, os teores do nutriente ficaram acima do intervalo recomendando por Castro e Oliveira (2005) apresentado na Tabela 1, o que pode ser justificado pelos menores teores de Ca, fato este decorrente da interação antagonista entre esses nutrientes.

A fertilização orgânica tem demonstrado efeito positivo diante dos teores nutricionais foliares. Lobo e Grassi Filho (2009) encontraram níveis adequados de Ca e Mg na cultura do girassol utilizando lodo de esgoto compostado. Cavalcante et al. (2010a) verificaram

que o esterco de frango proporcionou maiores teores foliares de Ca, P e Mg, o esterco caprino maior acumulação de K e o esterco bovino mais N nas folhas do quiabeiro. Ourives et al. (2010) avaliando o adubo orgânico Bokashi concluíram que o insumo pode substituir, de forma viável, a adubação química convencional da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, suprindo o solo e a planta com níveis adequados de nutrientes e mantendo a produção de massa seca.

De modo geral, os teores foliares de N, P, S, Na e Ca apresentaram superioridade no 1º ciclo de cultivo, com os teores dentro da faixa recomendada para a cultura, exceto em Na e Ca. No segundo ciclo, os teores foliares não se adequaram à faixa recomendada, mesmo respondendo à aplicação das doses de biofertilizante.

4.7 Crescimento das plantas

Na Tabela 13 estão expostos os resumos das análises das variâncias aplicadas aos dados de altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e diâmetro interno do capítulo (DCap).

Tabela 13 - Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e diâmetro interno do capítulo (D. Cap.). Redenção, Ceará, 2014/2015

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		AP (cm)	DC (mm)	MSPA	MSR	D. Cap (cm).
Blocos	2	265,34 ^{ns}	2,2875 ^{ns}	18,295 ^{ns}	123,391 ^{ns}	0,383 ^{ns}
Ciclos de cultivo (Cc)	1	2046,107 ^{ns}	743,863 ^{**}	5536,129 ^{**}	4156,952 [*]	649,480 ^{**}
Resíduo (Cc)	1	594,247	1,551	12,000	101,533	2,124
Biofertilizante (Bio)	4	939,964 ^{**}	51,428 [*]	93,954 ^{**}	323,203 ^{**}	33,712 ^{**}
Interação Cc x Bio	4	99,711 ^{ns}	5,321 ^{ns}	233,903 ^{**}	201,685 ^{**}	4,987 [*]
Resíduo (Bio)	16	135,423	11,121	17,231	15,703	1,283
Lâm. de irrigação (Lam)	4	2379,731 ^{**}	27,491 ^{**}	665,164 ^{**}	398,009 ^{**}	57,687 ^{**}
Ciclo x Lam	4	25,903 ^{ns}	2,350 ^{ns}	278,926 ^{**}	27,101 ^{ns}	1,025 ^{ns}
Bio x Lam	16	149,614 ^{ns}	6,002 [*]	32,477 ^{ns}	155,189 ^{**}	3,337 ^{**}
Cc x Bio x Lam	16	93,423 ^{ns}	2,141 ^{ns}	24,388 ^{ns}	132,104 ^{**}	4,126 ^{**}
Resíduo (Lam)	80	115,719	3,288	19,304	25,375	0,617
Total	149	-	-	-	-	-
CV – Cc (%)	-	28,19	10,19	16,18	26,95	13,67
CV – Bio (%)	-	13,46	27,29	19,39	10,60	10,62
CV – Lam (%)	-	12,44	14,84	20,52	13,47	7,37

GL = Grau de liberdade; CV= Coeficiente de variação; * = Significativo a 1%, ** Significativo a 5% e ns = não significativo.

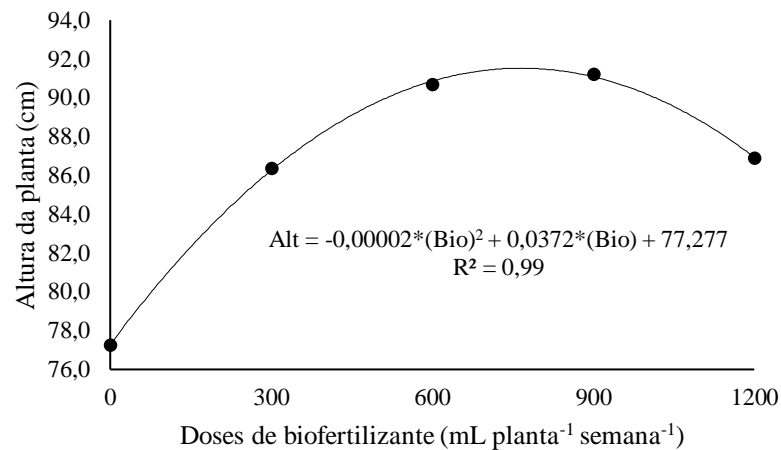
A AP foi influenciada pelas doses de biofertilizante e lâminas de irrigação, não havendo interação entre os fatores. Para a variável DC houve influência significativa para os

ciclos de cultivo e a interação entre as doses de biofertilizante e as lâminas de irrigação. Houve interações significativas ciclo de cultivo x doses de biofertilizante e ciclo de cultivo x lâminas de irrigação para a variável MSPA. As variáveis MSR e DCap apresentaram interação tripla significativa entre todos os tratamentos.

4.7.1 Altura de planta

Os valores de altura de planta em função das doses de biofertilizante caprino ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático (Figura 27). A dose de biofertilizante estimada em 930 mL planta⁻¹ semana⁻¹ foi suficiente para que as plantas de girassol expressassem o máximo de crescimento (94,58 cm). Estes resultados corroboram com as informações de Pereira et al. (2014), em que a planta respondeu com ajuste polinomial quadrático à aplicação de esterco ovino. No referido estudo, a altura foi 15,8% menor no tratamento sem adição de esterco ovino em comparação a maior altura do tratamento com 60 Mg ha⁻¹, reduzindo-se de 90,0 cm para 75,7 cm, no híbrido Hélio 251.

Figura 27 - Altura das plantas de girassol BRS-324 em função das doses de biofertilizante caprino líquido. Redenção, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

A maior dose do biofertilizante caprino não proporcionou o maior valor de AP do girassol. A resposta da variável leva a supor que a planta pode ter absorvido os nutrientes na dose máxima, havendo aumento na concentração dos tecidos da planta, mas sem respostas em crescimento, o que é evidenciado pelos resultados das análises foliares. Altas concentrações de esterco, aplicadas nas maiores doses do biofertilizante, promovem desequilíbrio nutricional no

solo, conforme observações reportadas por Oliveira et al. (2009), tendo como consequência redução no desenvolvimento e na produção final da cultura. Os autores ainda mencionam que plantas cultivadas com esterco bovino ou caprino podem apresentar desenvolvimento similares.

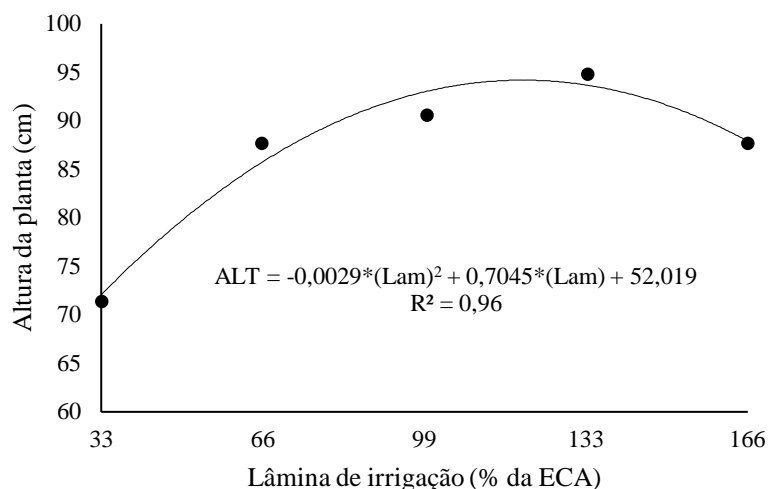
Nobre et al. (2010b), avaliando o efeito da adubação orgânica com esterco bovino sobre o girassol cv. EMBRAPA 122, também constataram efeito quadrático dos níveis de esterco para a altura das plantas (143,9 cm com a dosagem de 1,5%). Ainda conforme os autores, a adoção de adubação orgânica como esterco de bovinos e caprinos, entre outros, torna-se uma alternativa interessante, visto a facilidade de obtenção e o custo relativamente baixo. Resultados análogos foram citados por Oliveira Júnior et al. (2009) que estudaram o desenvolvimento de mudas de moringa (*Moringa oleífera Lam.*), sob diferentes fontes de matéria orgânica.

A AP no estudo em questão variou entre 71,4 e 94,8 cm, valores inferiores aos 170 e 190 cm mencionados por Carvalho et al. (2013) para a variedade BRS 324, o que sugere, entre outros fatores, que plantas cultivadas em vasos podem apresentar taxas de crescimento inferiores. Kiær et al. (2013) também corroboram com as informações, ao afirmarem que o volume de solo limitado de experimentos em vasos pode restringir o crescimento da planta (parte aérea e raiz).

Conforme equação de regressão referente à AP, em função das lâminas de irrigação aplicadas, verificou-se que os dados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, indicando que a planta atingiu a altura máxima de 94,81 cm quando irrigada com a lâmina referente à 121,5% da ECA (Figura 28). A deficiência hídrica resultante das menores lâminas de irrigação, pode ter efeito em redução do potencial hídrico das células componentes do caule até o alcance de um nível de potencial hídrico inferior ao mínimo necessário para o desencadeamento do processo de alongamento celular dos entrenós, acarretando, assim, uma menor altura de plantas (NEZAMI et al., 2008).

Os estudos com diferentes lâminas de irrigação para o girassol indicam que o aumento da quantidade de água disponível proporciona incrementos de parâmetros como altura, fitomassa e peso das sementes. Tais resultados demonstram a importância do teor de água no solo ou substrato no crescimento e desenvolvimento da cultura (DUTRA et al., 2012). Em contrapartida, em condições de hipoxia (redução da aeração), o crescimento pode ser inibido, pois as raízes crescem somente na região superficial e não conseguem explorar totalmente o volume do solo, como em condições aeradas.

Figura 28 - Altura das plantas de girassol BRS-324 em função das lâminas de irrigação (% ECA). Redenção, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

Silva et al. (2007b), em experimento com a cultura do girassol em Lavras – MG, aplicaram lâminas de irrigação referentes a 75, 100 e 130% da ETc e constataram que a irrigação promoveu elevação na altura das plantas de girassol. A lâmina correspondente a 130% da ETc proporcionou maiores valores, com altura de 1,51 m (híbridos Hélio 250 e Hélio 251), valor superior ao encontrado no presente trabalho, porém o experimento não foi cultivado em vaso.

Em seus ensaios experimentais, Silva et al. (2014) avaliaram o crescimento vegetativo do girassol cv. Hélio 251 irrigado com diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica sob condições de ambiente protegido. Os autores constataram que a AP aumentou com o incremento da reposição hídrica até o nível de 120% da ETr atingindo uma altura de planta máxima de 130,39 cm. Por outro lado, a menor altura de planta verificada foi de 111,19 cm para lâminas de irrigação de 40% da ETr.

Com incremento significativo em função das lâminas de irrigação, Freitas et al. (2012) verificaram aumento em altura das plantas de 17 e 23%, entre o limite mínimo (L1 = 74,16 mm) e máximo (L5 = 370,80 mm) da lâmina fornecida, com maior média experimental de 112,41 cm na cultivar Multissol de girassol.

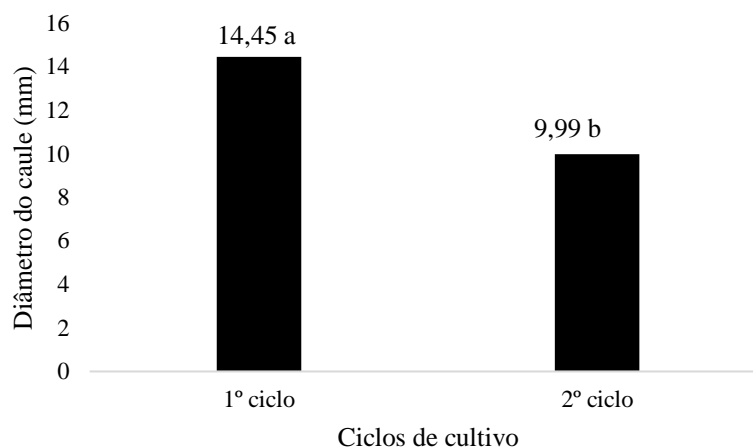
As informações existentes na literatura sobre as necessidades hídricas do girassol indicam desde menos de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo (GOMES et al., 2010). Entretanto 400 a 500 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo (CASTRO; FARIAS, 2005). Portanto, pode-se inferir, a partir das lâminas de irrigação aplicadas neste trabalho (298,8 a 594,6 mm no 1º ciclo e 174,2 a 843 mm no 2º ciclo) e por resultados citados por outros autores, que o consumo de água pela cultura

do girassol varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura.

4.7.2 Diâmetro do caule

O teste de média realizado para os ciclos de cultivo (Figura 29) mostrou superioridade para o 1º ciclo em 30,86%. No 1º ciclo, realizado entre novembro/2014 e fevereiro/2015, houve uma precipitação de 224,8 mm. Adicionada à irrigação, a lâmina de irrigação pode ter suprido a necessidade hídrica da cultura e ainda reduziu as magnitudes das respoatas aos tratamentos de lâmina expondo a cultura à condições de déficit, proporcionando maiores diâmetros. Já no 2º ciclo, realizado entre agosto/2015 e novembro/2015, a precipitação foi de 7,01 mm, proporcionando a aplicação das lâminas de água pré-estabelecidas.

Figura 29 – Teste de média para diâmetro do caule de girassol BRS-324 em função dos ciclos de cultivo. Redenção, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

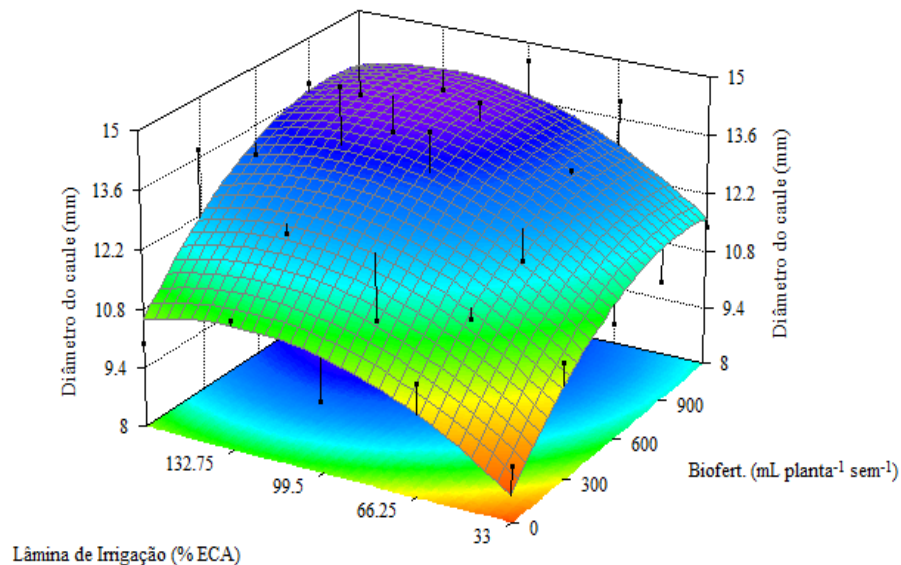
O diâmetro do caule é uma característica importante no girassol. Elevados valores de diâmetro do caule impedem que ocorra acamamento da cultura e facilita seu manejo, tratos culturais e a colheita (BISCARO et al., 2008). O incremento dos diâmetros do caule reflete nos acúmulos da matéria seca ao longo do ciclo do caule, a fim de sustentar a futura produção.

Os hormônios vegetais, principalmente o etileno e o ácido abscísico (ABA), estão associados às mudanças morfológicas e fisiológicas nas plantas sob estresse hídrico ou por hipoxia, aumentando os seus níveis nessas condições (SHARP, 2002). Essa inferência pode ser complementada, levando-se em consideração as informações fornecidas por Dutra et al. (2012).

Os autores mencionam que o maior diâmetro do caule pode estar relacionado com a produção dos hormônios, principalmente o etileno, que leva ao menor crescimento da raiz principal e, conseqüentemente, o aumento de raízes laterais e axilares. O processo de crescimento dos caules é menos estudado, mas, provavelmente, afetado pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar durante a exposição à fatores de estresse (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Na Figura 30 está representada a superfície de resposta associada ao modelo matemático que descreve a relação funcional entre os fatores em estudo para a variável diâmetro do caule. Pode-se afirmar que os dados apresentaram ajuste polinomial quadrático e, conforme o modelo proposto, o valor máximo para o DC de 14,08 mm foi obtido com a combinação da dose de biofertilizante 1.009,2 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e a lâmina de irrigação correspondente a 129,8 % da ECA.

Figura 30 - Superfície de resposta para diâmetro do caule (DC) em resposta às combinações de doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$\text{Diâm do Caule} = 6,7383* + 0,00618*(\text{Bio}) + 0,06503*(\text{Lam}) - 0,000003**\text{Bio}^2 - 0,00025**(\text{Lam})^2 + 0,0000005 (\text{Bio})(\text{Lam}) \quad R^2=0,76$$

Esse comportamento pode ser atribuído, dentre outras causas, ao maior número de divisão e expansão celular favorecido pelo ambiente mais úmido proporcionado pela aplicação de alta dose de biofertilizante (CAMPOS et al., 2008) e pela lâmina de irrigação, e que resultou

num maior diâmetro do caule. Esta é uma característica desejável no girassol para evitar acamamento na fase de produção.

Semelhantemente a este estudo, Pereira et al. (2014) observaram relação entre diâmetro de caule e doses de esterco ovino com ajuste matemático de ordem quadrática, no híbrido Hélio 251.

Em estudos realizados na cultura do girassol cv Multissol, submetido a lâminas de esgoto doméstico tratado e água de poço freático e adubado com doses de nitrogênio, se observaram valores entre 13,3 e 15,23 mm de diâmetro caulinar (FREITAS et al., 2012), valores semelhantes ao encontrado no estudo.

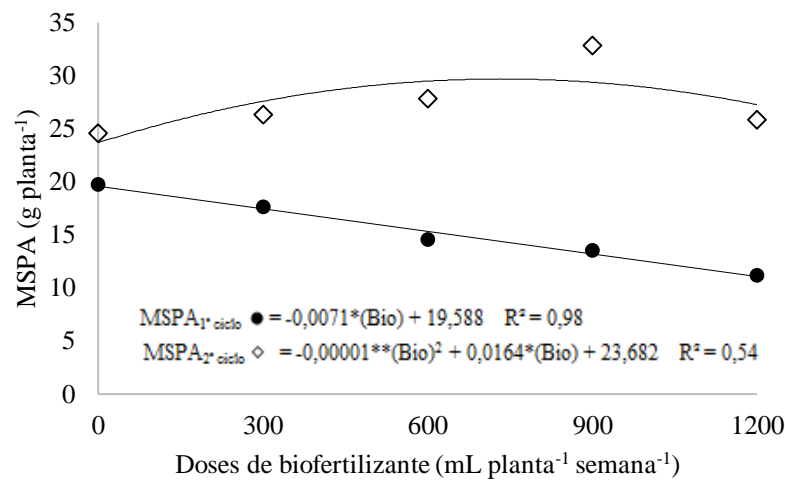
Andrade et al. (2014) avaliando a qualidade de flores de girassol ornamental (cv. Sol Noturno) cultivada sob o efeito de doses de esterco bovino e sob irrigação com água residuária e de abastecimento, verificaram que o incremento das doses de esterco proporcionou melhores características morfológicas e de crescimento, sendo a dose de 15,7% de esterco responsável pelo maior DC (13,84 mm).

Viana et al. (2012) ao estudarem lâminas de irrigação e coberturas de solo na cultura do girassol, encontraram ajuste linear aos dados de DC, sendo que a maior lâmina aplicada de 807,1 mm (125% da ECA) proporcionou o maior diâmetro (13,23 mm). Tais resultados estão condizentes com Boareto et al. (2012) ao relatarem que as lâminas de irrigação aplicadas na cultura do girassol influenciaram no diâmetro do caule das plantas avaliadas. Tendências semelhantes foram observados por Sobrinho et al. (2011), nas cultivares Charrua e Olisun 3 e em Dutra et al. (2012), com a variedade Embrapa 122/V-2000.

4.7.3 Matéria Seca da parte aérea (MSPA)

Como a interação entre ciclo de cultivo e lâminas de irrigação aplicadas nos teores médios de MSPA foi significativa, estudou-se a resposta das lâminas de irrigação dentro de cada ciclo de cultivo por meio da análise de regressão (Figura 31). No 1º ciclo, o ajuste dos dados apresentou tendência linear decrescente, demonstrando que o maior valor de MSPA foi encontrado na ausência do biofertilizante. A aplicação do insumo reduziu os valores médios da variável em torno de 15% por incremento unitário da dose, o que pode ter ocorrido pela fertilidade inicial do solo que apresentava baixa necessidade de complementação nutricional, não respondendo à aplicação do biofertilizante caprino líquido para esta variável.

Figura 31 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) do girassol BRS-324 em função das doses de biofertilizante caprino líquido em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

A precipitação intensa e irregular do 1º ciclo com o incremento das doses de biofertilizante pode ter proporcionado condições de hipoxia, que ocasiona redução da parte aérea (LETEY; STOLZI; BLANK, 1962). Malavolta et al. (1997) mencionam que os parâmetros de rendimento de matéria seca estão intimamente associados à quantidade de N colocados à disposição da planta.

O ajuste polinomial quadrático dos dados no 2º ciclo apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,54 (Figura 31). A partir da equação proposta, estima-se que a dose de 820 mL planta⁻¹ semana⁻¹ proporcionou o valor máximo de 30,41 g planta⁻¹. Os dados de MSPA variaram entre 24,6 e 32,8 g planta⁻¹, maiores que os valores encontrados no 1º ciclo.

Com respostas semelhantes aos dados obtidos no 1º ciclo, Lobo et al. (2013) verificaram aumento de matéria seca de mamona com a aplicação de lodo de esgoto. Diniz et al. (2011) observaram incrementos na biomassa do maracujazeiro amarelo adubado com esterco bovino líquido, sendo os valores observados tão maiores quanto maior foi a dosagem do fertilizante aplicado, porém, semelhantes aos dados do 2º ciclo.

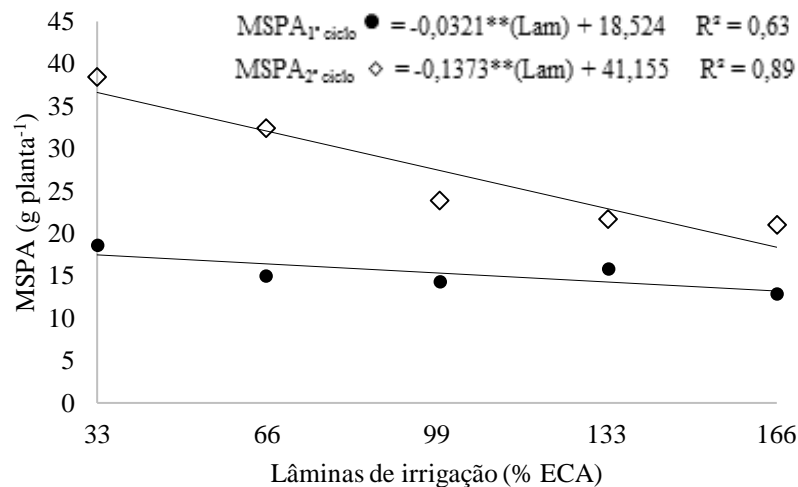
A condutividade elétrica (CE) média do biofertilizante, após os 30 dias de fermentação foi de 14,78 dS m⁻¹ no 1º ciclo e 10,63 dS m⁻¹ no 2º ciclo. Esta redução da matéria seca pode ser associada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do biofertilizante e do solo, principalmente nas maiores doses. A CE no 1º ciclo variou de 1,1 a 3,74 dS m⁻¹ e no 2º ciclo a variação foi de 1,04 a 5,8 dS m⁻¹. Logo, os menores valores da MSPA podem ser indicativos dos prováveis efeitos deletérios decorrentes da elevada concentração de sais.

Sousa et al. (2010), em condições de campo, embora avaliando a salinidade da água de irrigação na cultura do milho, concluíram que a produção de MSPA das plantas sofrera decréscimo com o aumento da CE da água de irrigação, o que pode ser aplicado às doses de biofertilizante.

Pesquisas desenvolvidas por Duarte et al. (2010), avaliando o crescimento em mudas de melancia sob doses de adubo orgânico no substrato, registraram um modelo quadrático para matéria seca do caule. Em divergência aos estudos, Lima et al. (2012) e Sousa et al. (2012), na cultura do milho e amendoim, respectivamente, apontam a influência positiva do biofertilizante bovino sobre a matéria seca.

A MSPA em função das lâminas de irrigação (% ECA) para os dois ciclos de cultivo (Figura 32) apresentou um comportamento linear decrescente com menor produção de MSPA na maior lâmina aplicada.

Figura 32 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) do girassol BRS-324 em função das lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

No 1º ciclo os valores apresentaram uma discreta variação com o incremento das lâminas de irrigação, estando os seus valores entre 12,9 e 18,6 g planta⁻¹, fato que não ocorre no 2º ciclo pois além de se apresentarem superiores em termos absolutos, tiveram uma maior variação (21,0 a 38,5 g planta⁻¹). Cumpre salientar que a precipitação no 1º ciclo foi acima do esperado, e com distribuição irregular durante os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, fato que acabou mascarando a aplicação dos tratamentos. O estresse hídrico, seja por falta ou excesso de água, refletiram em baixa produção de matéria seca.

Outro fato existente é que os percentuais da ECA quando convertidos em lâminas aplicadas (precipitação + % ECA) possuem magnitudes divergentes para cada ciclo. A maior lâmina aplicada no 1º ciclo foi de 594,6 mm, ficando entre 100% (508,6 mm) e 133% (675,8 mm) da ECA do 2º ciclo. As maiores lâminas aplicadas no segundo ciclo resultaram em menores valores de MSPA, porém a partir da lâmina 100% da ECA (508,6 mm) os valores seguiram quase constantes.

Muitos estudos divergem dos resultados expostos neste trabalho. Nobre et al. (2010a) obtiveram crescimento linear da fitomassa seca da parte aérea do girassol cv. Embrapa 122/V-2000, com o incremento da lâmina de irrigação, indicando um aumento de 280,9% em comparação ao tratamento em condição de hipoxia e 40% de necessidade hídrica. Dutra et al. (2012) e Sobrinho et al. (2011) também verificaram aumento nos valores de matéria seca das folhas de plantas de girassol com o acréscimo da lâmina de irrigação.

Boareto et al. (2012) também verificaram que a menor lâmina de irrigação, correspondente a 50% da evaporação de um mini tanque evaporímetro, proporcionaram os menores valores de matéria seca do caule de plantas de girassol, cv BRS 122 V2000. Para esses autores, a aplicação de menores lâminas de irrigação reduz a evapotranspiração, o que amortiza a assimilação de carbono, levando a redução da produção de biomassa.

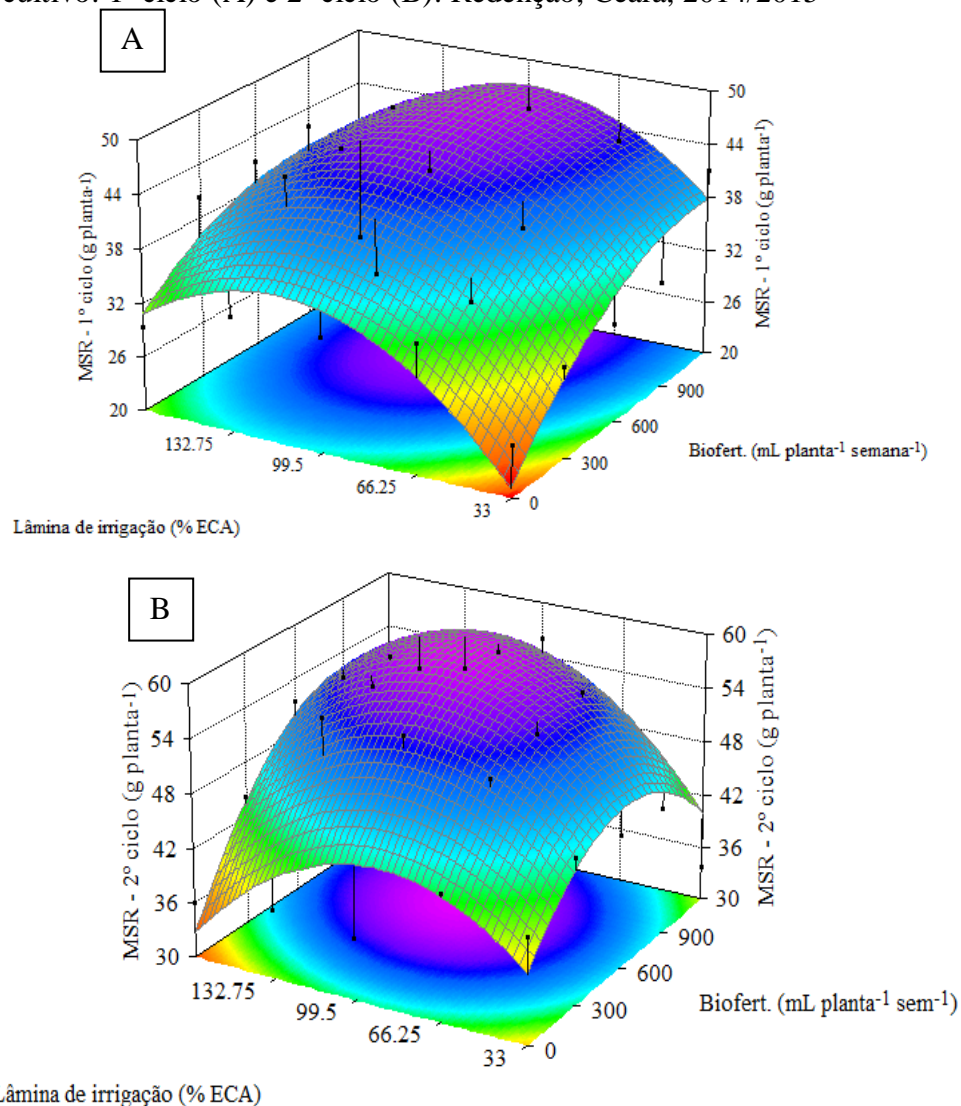
A produção de biomassa reduzida tem pouco efeito sobre o rendimento final, uma vez que a cultura é capaz de compensar em termos de capacidade de produção (SMITH, 1991). O autor ainda menciona que, em alguns casos, os períodos de estresse hídrico podem desencadear processos fisiológicos que efetivamente aumentam o rendimento de óleo de girassol.

O rendimento médio de matéria seca é de fundamental importância tendo em vista que essas partes da planta (capítulo, caule e folha) podem retornar ao solo, trazendo benefícios às plantas subsequentes, contribuindo com uma retenção maior de umidade no solo e melhor disponibilidade de nutrientes (LOBO et al., 2013). Ainda conforme informações divulgadas pelos autores, a decomposição da folha e do capítulo é rápida, por apresentar baixa relação C/N. Já a decomposição do caule é mais lenta haja vista apresenta alta relação C/N. Fato interessante pois as partes que se decompõem rapidamente fornecem nutrientes para a próxima cultura enquanto, por outro lado, a outra parte permanecerá mais tempo no solo favorecendo a retenção de umidade e protegendo o solo.

4.7.4 Matéria seca da raiz (MSR)

Na Figura 33, estão apresentadas as superfícies de resposta da MSR, em função das doses de biofertilizante líquido caprino e das lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo avaliado, associados aos seus respectivos modelos matemáticos.

Figura 33 - Superfície de resposta para MSR em resposta às doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo: 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$MSR_{1^\circ \text{ ciclo}} = 6,75327 + 0,0318389*(\text{Bio}) + 0,505269*(\text{Lam}) - 0,00001319(\text{Bio})^2 - 0,002171*(\text{Lam})^2 - 0,0000649 (\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,66)$$

$$\text{MSR}_{2^{\circ} \text{ ciclo}} = 27,1068* + 0,027639*(\text{Bio}) + 0,389336*(\text{Lam}) - 0,000024*(\text{Bio})^2 - 0,0021413*(\text{Lam})^2 + 0,000093475(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (\text{R}^2=0,75)$$

No 1º ciclo (Figura 33A), o modelo matemático indica que a maior MSR (ponto de máxima) estimada foi de 47 g planta⁻¹, obtida a partir da combinação dos tratamentos D4 (1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹) e da lâmina de irrigação correspondente a 98,4% da ECA (443,2 mm). No 2º ciclo de cultivo (Figura 34B), o valor máximo para MSR (58,99 g planta⁻¹) foi encontrado com a dose de biofertilizante correspondente a 785,36 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e a lâmina de irrigação 108,05% da ECA (551,67 mm).

Face ao exposto pode-se inferir que, no 1º ciclo, a dose máxima de biofertilizante foi necessária para o desenvolvimento da raiz em sua máxima matéria seca. Com a aplicação contínua do insumo associadas à lâmina de irrigação, as características do solo podem ter sido melhoradas, o que resultou em necessidade de menor dose no segundo ciclo para obtenção de MSR superior em 20,3%.

Acrescenta-se, ainda, que a presença da maior dose de biofertilizante no segundo ciclo pode ter contribuído para o aumento da população de microrganismos concorrentes por nutrientes como nitrogênio e potássio, resultando em menor crescimento da biomassa radicular. Portanto, o suprimento inadequado de nutrientes, tanto pela falta quanto pelo excesso, pode provocar restrições ao seu crescimento e alterar relações entre biomassa aérea e radicular.

Adicionalmente, Kiehl (1985) menciona que o efeito do uso de fertilizantes de origem orgânica sobre a produtividade das culturas pode ser direto, através do fornecimento de nutrientes, ou indireto, através da modificação das propriedades físicas do solo que, por sua vez, melhoram o ambiente radicular e estimulam o desenvolvimento das plantas. As substâncias húmicas, presentes na matéria orgânica, aumentam o fluxo de H⁺ na região da rizosfera, expandindo, através de estímulos químicos, o desenvolvimento radicular.

Em estudos desenvolvidos por Oliveira et al. (2016) com a cultivar Hélio 360, houve maior acúmulo de MSR quando as plantas não receberam a adubação orgânica, e nas maiores doses aplicadas o acúmulo foi mínimo (0,30 g), o que mostra que não são doses elevadas de matéria orgânica que irão proporcionar aumento no acúmulo de massa seca em plantas de girassol.

Campos et al. (2009) avaliando o efeito do biofertilizante na MSR da mamoneira, observaram um maior desempenho na presença desse insumo em relação a testemunha (sem biofertilizante bovino). De forma semelhante, Sousa et al. (2012) e Sousa et al. (2014b) registraram essa mesma evidencia em plantas de amendoim e feijão-caupi, respectivamente.

Em ambos os ciclos de cultivo, observou-se que as menores lâminas aplicadas associadas às menores doses de biofertilizante demonstraram baixos valores de MSR, o que pode estar relacionado ao diâmetro molhado proporcionado pela irrigação localizada e suprimento inadequado do insumo líquido (biofertilizante). Conforme inferências de Taiz e Zeiger (2013), a falta de água nas menores lâminas pode ter levado à redução da expansão celular, fechamento de estômatos, redução na fotossíntese, afetando severamente a produção de biomassa da raiz.

Denota-se ser a produção de fitomassa das plantas controlada por um balanço funcional entre absorção de água pelas raízes e fotossíntese pela parte aérea, ou seja, a parte aérea vai crescendo até que a absorção de água pelas raízes se torne limitante; inversamente, as raízes crescerão até que sua demanda por fotoassimilados da parte aérea se iguale ao suprimento.

Os resultados obtidos também estão condizentes com as afirmações de Sobrinho et al. (2011), ao reportarem que, em condições de restrição hídrica, a planta apresenta baixos valores de MSR, por afetar a capacidade da planta de absorver íons essenciais ao seu desenvolvimento.

4.7.5 Diâmetro interno do capítulo

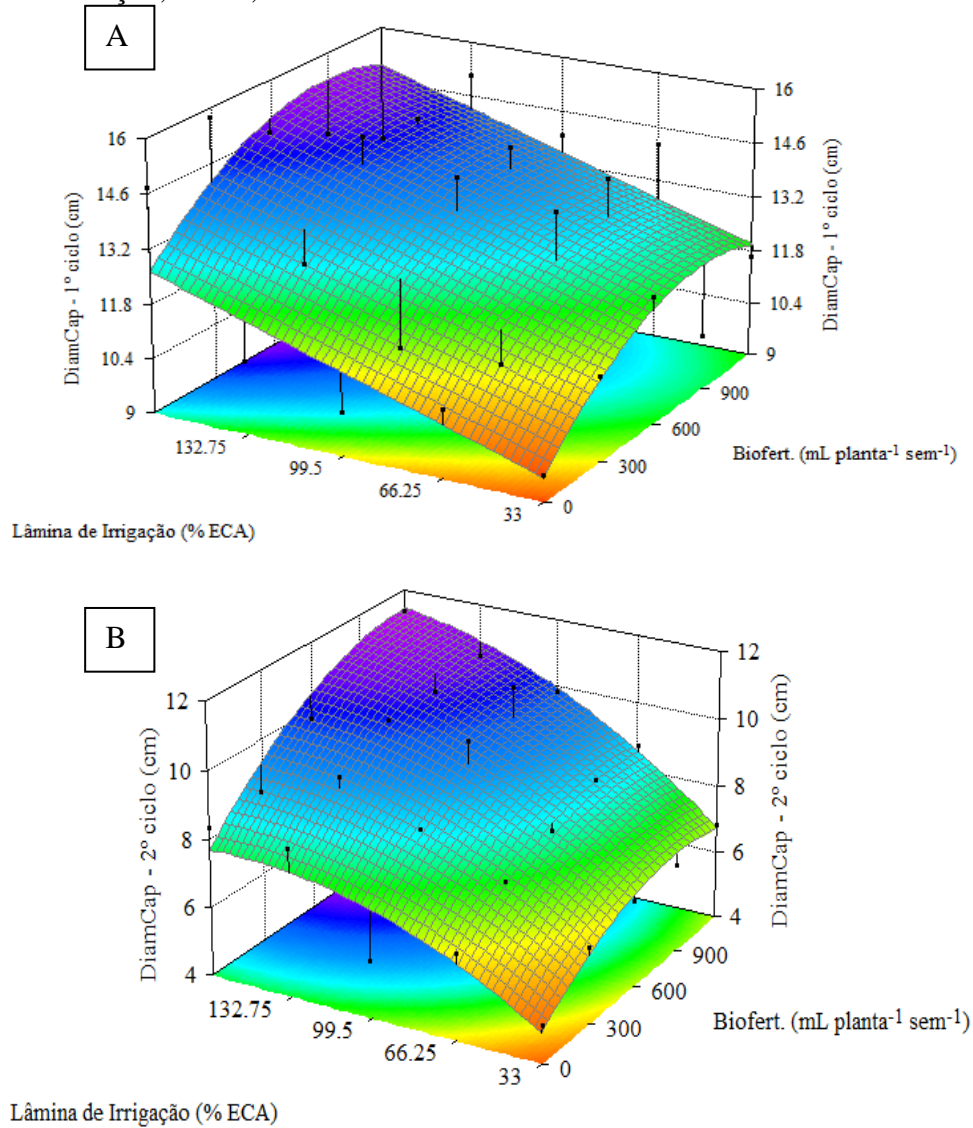
O diâmetro interno do capítulo variou entre 5,05 e 16,20 cm sendo que, apenas parte dos valores encontrados, estão inseridos no intervalo estabelecido por Mello et al. (2006). Os autores verificaram que o diâmetro dos capítulos das cultivares comerciais do girassol (Rumbosol-91, M-734, C-11 e BRS-191) variaram entre 12,9 e 20 cm.

Sakata Seed Corporation (2003) considera que os valores de diâmetro de inflorescência devem ter entre 10 e 15 cm de bráctea. Freitas et al. (2012) verificaram diâmetros médios dos capítulos de 14,62 e 16,05 cm com lâminas de esgoto doméstico tratado e água de poço freático e adubado com doses de nitrogênio, na cultivar Multissol.

O modelo de superfície de resposta estimado, usando-se as médias dos tratamentos e sua respectiva representação gráfica, com relação à variável diâmetro interno do capítulo, em função das doses de biofertilizante e das lâminas de irrigação está apresentado na Figura 34. Através do modelo matemático proposto, estimou-se que a combinação dose de biofertilizante de 891,8 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e lâmina de irrigação de 166 % da ECA (594,6 mm) resultou no valor máximo do diâmetro interno do capítulo de 15,31 cm, no 1º ciclo. No 2º ciclo, a dose

máxima de biofertilizante ($1.200 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$) combinada à máxima lâmina de irrigação (166% da $ECA=843,0 \text{ mm}$) resultou no diâmetro interno do capítulo $11,46 \text{ cm}$.

Figura 34 - Superfície de resposta para diâmetro interno do capítulo em resposta às doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo: 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$\text{Diâm do Capítulo } 1^{\circ} \text{ ciclo} = 8,83962* + 0,00598319*(\text{Bio}) - 0,0000033545**(\text{Bio})^2 + 0,0229341*(\text{Lam})$$

$$(R^2=0,63)$$

$$\text{Diâm do Capítulo } 2^{\circ} \text{ ciclo} = 3,159027* + 0,00411346*(\text{Bio}) + 0,058497*(\text{Lam}) - 0,000002482*(\text{Bio})^2 -$$

$$0,0001875**(\text{Lam})^2 + 0,00001201(\text{Bio})(\text{Lam})$$

$$(R^2=0,91)$$

No 1º ciclo, os dados seguiram tendência polinomial quadrática para as doses de biofertilizante, porém a partir do seu ponto de máxima, atingido com a dose 891,8 mL, os valores da variável em questão apresentaram pequena tendência de decréscimos. Em contrapartida, os dados do segundo ciclo assumiram tendência linear, em que, os maiores diâmetros foram obtidos na maior combinação dose/lâmina dos tratamentos.

A resposta positiva da variável em relação às doses de biofertilizante líquido caprino pode estar relacionada aos teores de N presentes no insumo, pois conforme afirmam Biscaro et al. (2008), a adubação nitrogenada é muito importante para o girassol, porém, não é necessária uma alta quantidade para proporcionar bom crescimento do diâmetro do capítulo.

Moraes et al. (2012) avaliando a utilização de fertilização orgânica (doses de resíduos líquidos de efluentes da agroindústria de carne) e adubação mineral observaram incrementos lineares no diâmetro de capítulos de girassol, cultivar HLA-360, em função do aumento nas doses de resíduos orgânicos, porém, não houve diferenças de diâmetro dos capítulos, em relação à adubação mineral.

Diante dos menores valores expressos nas menores lâminas aplicadas e nas menores doses de biofertilizante líquido, independente do ciclo, denota-se que em condições de baixa umidade no solo, vários processos metabólicos das plantas podem ser influenciados, como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, levando ao declínio no crescimento, conforme citados por Portes et al. (2006).

Resultados que corroboram com os encontrados neste trabalho foram verificados na literatura. Silva et al. (2011) observaram incrementos do diâmetro do capítulo com aumento da disponibilidade hídrica, com ajuste linear, e os autores recomendam a lâmina equivalente a 222,48 mm. Silva et al. (2007a) trabalhando com a cultura do girassol cv. Hélio 250 e cv. Hélio 251 sob lâminas de irrigação observaram que o incremento hídrico contribuiu para o aumento dos diâmetros internos dos capítulos sendo o valor médio 7,2 cm na maior lâmina (130% da ECA = 522,14 mm).

O aumento do diâmetro do capítulo é desejável ao produtor, pois tem elevada importância pelo fato de tão maior ser a produção de aquênios, quanto maior foi o diâmetro do capítulo (JONER et al., 2011).

4.8 Parâmetros produtivos do girassol

A Tabela 14 apresenta o resumo das análises de variância aplicada aos dados de Produtividade (PROD), Peso de mil aquênios (P1000) e Eficiência do uso da água na produção

de aquênios (EUA_{Aq}). Observou-se que as variáveis supracitadas sofreram influências dos tratamentos aplicados (ciclos de cultivo, doses de biofertilizante e lâminas de irrigação), havendo interação (tripla) entre os tratamentos.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para as características produtividade (PROD), peso de mil aquênios (P1000) e Eficiência de uso da água na produtividade de aquênios (EUA_{Aq}). Redenção, Ceará, 2014/2015

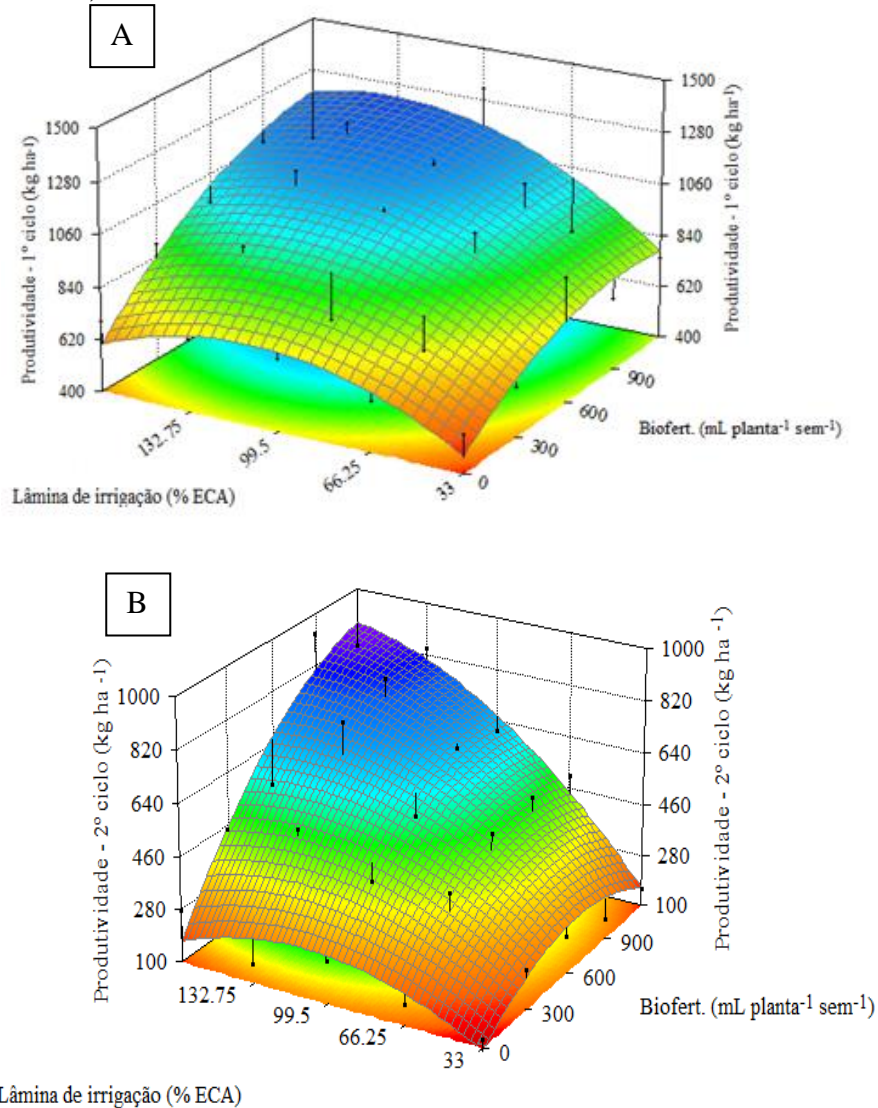
Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		PROD (kg ha ⁻¹)	P1000 (g)	EUA _{Aq} (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Blocos	2	15822,896 ^{ns}	37,4807 ^{ns}	0,0683 ^{ns}
Ciclos de cultivo (Cc)	1	7691721,447 ^{**}	3739,9832 ^{**}	48,0035 ^{**}
Resíduo (Cc)	1	849,3447	31,115	0,0036
Biofertilizante (Bio)	4	922020,4465 ^{**}	1323,3679 ^{**}	3,8542 ^{**}
Interação Cc x Bio	4	22803,7395 ^{ns}	291,8387 ^{**}	0,2558 [*]
Resíduo (Bio)	16	13572,2703	57,2362	0,0712
Lâminas de irrigação (Lam)	4	742690,8235 ^{**}	931,2000 ^{**}	1,8910 ^{**}
Ciclo x Lam	4	49297,9628 ^{**}	43,4678 ^{ns}	0,2975 ^{**}
Bio x Lam	16	73984,1488 ^{**}	84,3739 ^{**}	0,2993 ^{**}
Cc x Bio x Lam	16	29149,4725 ^{**}	91,8039 ^{**}	0,1313 ^{**}
Resíduo (Lam)	80	4416,1345	29,9623	0,0245
Total	149	-	-	-
CV – Cc (%)	-	4,25	11,89	3,94
CV – Bio (%)	-	17,00	16,12	17,38
CV – Lam (%)	-	9,70	11,67	10,20

GL = Grau de liberdade; CV= Coeficiente de variação; * = Significativo a 1%, ** Significativo a 5% e ns = não significativo.

4.8.1 Produtividade (PROD)

O desdobramento da interação tripla para a variável produtividade é apresentado através das superfícies de resposta e de seus respectivos modelos matemáticos expostos na Figura 35, em cada ciclo de cultivo. Estimou-se que a dose máxima de biofertilizante (1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹) combinada à lâmina de irrigação 134,9% da ECA (524,9 mm) resultou em uma produtividade de 1.220,78 kg ha⁻¹, no 1º ciclo. Já no 2º ciclo, para as mesmas condições experimentais, a máxima produtividade de 882,07 kg ha⁻¹ foi obtida também com a maior dose de biofertilizante e a máxima lâmina de irrigação (166% da ECA=843,0 mm). O estande de plantas utilizado para o cálculo da variável foi de 28.570 plantas ha⁻¹.

Figura 35 - Superfície de resposta para produtividade em resposta às doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo: 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$\text{Produt.}_{1^\circ \text{ ciclo}} = 198,6274 + 0,59353^{**}(\text{Bio}) + 9,6547^*(\text{Lam}) - 0,000334 (\text{Bio})^2 - 0,04343^*(\text{Lam})^2 + 0,00172 (\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,75)$$

$$\text{Produt.}_{2^\circ \text{ ciclo}} = -96,2571 + 0,37917^{**}(\text{Bio}) + 6,54073^*(\text{Lam}) - 0,000373^*(\text{Bio})^2 - 0,02965^*(\text{Lam})^2 + 0,003976^*(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,91)$$

De forma semelhante em ambos os ciclos, o estudo apresentou melhores produtividades em condições de máxima disponibilidade de biofertilizante líquido e altos

percentuais de reposição hídrica, demonstrando a importância da associação entre esses dois processos para obtenção de maiores rendimentos.

Em efeitos de simulação, quando se aplica a densidade usual para esta variedade (40.000 plantas ha⁻¹), a produtividade estimada seria 1.709,18 kg ha⁻¹ no 1º ciclo e 1.234,96 kg ha⁻¹ no 2º ciclo de cultivo, valores que estariam de acordo com a média de produtividade de 1.500 kg ha⁻¹ divulgadas em Carvalho et al. (2013) para a BRS-324 na Região Sul, Região Central e na Região Nordeste.

Para a mesma variedade, Santos (2014) conseguiu uma produtividade de 2.227,50 kg ha⁻¹ no Norte Fluminense e Feitosa et al. (2016) verificaram um rendimento máximo de 4.050 kg ha⁻¹ obtido com concentração de água salina 0,8 dS m⁻¹ e 75 kg N ha⁻¹ e um rendimento mínimo de 1.480 kg ha⁻¹ sob a maior concentração de água salgada (CE = 6,4 dS m⁻¹) e na ausência de adubação nitrogenada.

A produtividade do girassol respondeu de forma positiva ao incremento das doses de biofertilizante caprino, é tanto que, independente do ciclo de cultivo, as maiores produtividades foram obtidas com a dose máxima do insumo. O acréscimo na produtividade pode ser atribuído ao aumento na disponibilidade de nutrientes e na melhoria das condições físicas do solo, proporcionados pela adição de matéria orgânica. O efeito positivo do biofertilizante também foi citado por Cancellier et al. (2011). Entretanto, os autores mencionam que a eficiência da aplicação dos adubos orgânicos é maximizada a longo prazo, promovendo condições adequadas ao desenvolvimento das culturas.

A maior produtividade do experimento foi obtida no 1º ciclo de cultivo, em que foram exibidos os capítulos de maiores diâmetros, reforçando a associação positiva entre o diâmetro do caule e a produtividade de aquênios, obtida por Amorin et al. (2008) e mencionada por Joner et al. (2011).

O aumento da produtividade dos aquênios é influenciado por maiores quantidades de radiação solar no período de enchimento dos aquênios e de chuva na floração, o que pode ter acontecido no 1º ciclo, haja vista que os maiores índices de precipitação ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro que coincide com o período de alta demanda da cultura (floração), fato que alterou as lâminas pré-estabelecidas, tornando-as excessivas.

A menor produtividade obtida no 2º ciclo de cultivo também pode ser explicada pelos baixos teores de N nas folhas, apesar de ter sido avaliado apenas em função das doses de biofertilizante e dos teores de MO no solo serem classificados como médios e altos. Todos os teores foliares de N obtidos estavam abaixo da faixa recomendada para a cultura. Conforme inferências citadas por Blamey et al. (1997), o N (juntamente com o K) é o maior limitante nutricional na

produtividade do girassol, proporcionando redução de até 60% de seu potencial de produção em decorrência da sua deficiência.

Diante do exposto, ainda é válido considerar que o incremento de MO no solo com a aplicação contínua do biofertilizante pode ter proporcionado desequilíbrio nutricional ao girassol, isto porque doses elevadas desse adubo podem causar desbalanço nutricional e, conseqüentemente, redução de produtividade na cultura. O equilíbrio entre os elementos nutritivos proporciona maiores produtividades que maiores quantidades de macronutrientes isoladamente (PRIMAVESI, 1989).

Santos e Grangeiro (2013) obtiveram produtividades de 880 e 936 g kg ha⁻¹ de aquênios, com a aplicação de 11,95 e 10,44 t ha⁻¹ de esterco bovino, respectivamente, valores similares aos alcançados nessa pesquisa. Ribeirinho et al. (2012) trabalhando com lodo de esgoto obtiveram produtividade dentro do intervalo esperado para a cv. Catissol 01 (1,5-2,5 t ha⁻¹) e não houve diferença entre o tratamento com adubação mineral.

Os menores potenciais produtivos de aquênios nos tratamentos submetidos às aplicações das menores lâminas de irrigação e menores doses do biofertilizante líquido podem ser justificados ao considerar que, em condições de baixa umidade, as plantas utilizam o mecanismo de fechamento dos estômatos no intuito de restringir a perda de água reduzindo a transpiração, sacrificando a absorção de CO₂. Como consequência, ocorrem reduções nas taxas fotossintéticas, na acumulação de fotossintatos e, por conseguinte na produtividade de aquênios nesta cultura (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Silva et al. (2011) verificaram uma tendência crescente da curva de resposta do potencial produtivo do girassol, nas cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, com a aplicação de lâminas de irrigação (25 a 150% da ECA). Os autores evidenciaram que a cultura do girassol se comporta de maneira significativa à reposição de água no solo por meio da prática da irrigação.

Em estudos realizados por Araújo et al. (2012), também foram observados a ocorrência de aumentos lineares da produtividade do girassol, Catissol 01, em função do aumento das lâminas de irrigação aplicadas. O maior valor da produtividade de 1.634,38 kg ha⁻¹ foi verificado na aplicação da lâmina de 807,1 mm (125% da ECA), superior em 33,9% da maior produtividade obtida neste ensaio.

Gomes et al. (2012) também constataram incrementos na produtividade do girassol, cv. Aguará 4, com o aumento da lâmina aplicada, obtendo valores de 4.788 kg ha⁻¹ nas plantas não irrigadas e de 6.963 kg ha⁻¹ nas plantas que receberam a maior lâmina de irrigação,

representando um incremento de 45,4% no valor de produtividade e valores superiores aos encontrados neste trabalho, sendo estimado para um estande de 28.570 plantas ha⁻¹.

4.8.2 Peso de mil aquênios (P1000)

Utilizando-se a metodologia da superfície de resposta, desdobrou-se o efeito das combinações dos tratamentos avaliados (Figura 36), em cada ciclo. Para a variável peso de 1.000 grãos, estimou-se que a dose de biofertilizante que proporcionou o máximo valor da variável em questão (63,0 g) é 923,7 mL planta⁻¹ semana⁻¹ associada à lâmina máxima de irrigação aplicada (166% da ECA = 594,6mm), no 1º ciclo de cultivo. No 2º ciclo, estimou-se um peso de 1.000 aquênios de 56,7 g obtido com a combinação de dose de biofertilizante e lâmina de irrigação em seus níveis máximos (1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e 166% da ECA=843,0 mm).

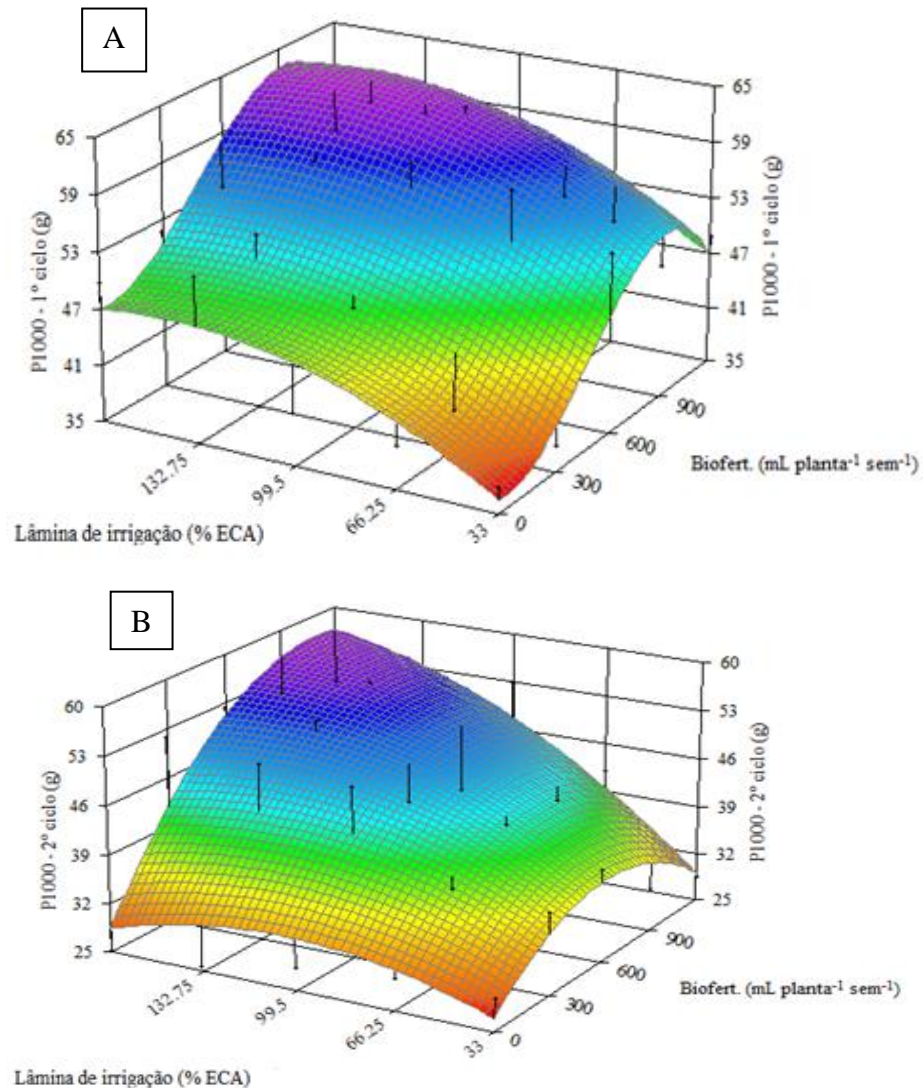
Os valores encontrados para esta variável estão em conformidade com as especificações técnicas para a variedade BRS 324, mesmo utilizando-se de adubação orgânica, sendo a faixa esperada entre 50 e 65g (CARVALHO et al., 2013).

Nota-se que as doses de biofertilizantes aplicadas proporcionaram efeito positivo no desenvolvimento das plantas e conseqüentemente no peso de 1.000 aquênios. De forma semelhante, Lobo et al. (2013) também reportaram este efeito com o uso de insumo orgânico. Os autores avaliaram o efeito do lodo de esgoto e do N-mineral nos parâmetros produtivos do girassol com diferentes manejos de aplicação e verificaram que o aumento da dose de lodo compostado proporcionou aumento na massa de 1.000 sementes, com média experimental 72,5 g e valor máximo de 79,5 g.

Castoldi et al. (2011) avaliaram o desempenho produtivo de milho submetido a fontes de adubação (mineral, orgânica com biofertilizante de suínos e organomineral) e constataram que não houve diferença estatística de peso de 1.000 grãos. Para os autores, isto indica que a adubação mineral pode ser substituída por fontes orgânicas, sem que haja perdas nas características agrônômicas da cultura.

Silva et al. (2012) confirmaram que a eficiência do biofertilizante pode ser atribuída ao fato de que ele se apresenta na forma de fácil assimilação proporcionando aumento na velocidade de infiltração de água em virtude da matéria orgânica contribuir para a melhoria das condições edáficas e atender às exigências nutricionais da cultura.

Figura 36 - Superfície de resposta para peso de 1000 aquênios em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$P1000Aq_{1^\circ \text{ ciclo}} = 28,72472^* - 0,0039199(\text{Bio}) + 0,00006462^{**}(\text{Bio})^2 - 0,00000004511^{**}(\text{Bio})^3 - 0,26200(\text{Lam}) + 0,0009136\text{Lam}^2 \quad (R^2=0,77)$$

$$P1000Aq_{2^\circ \text{ ciclo}} = 20,45573^* + 0,02523403^{**}(\text{Bio}) + 0,2260449(\text{Lam}) - 0,00002388798^*(\text{Bio})^2 - 0,0010690267(\text{Lam})^2 + 0,00016221833^{**}(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,77)$$

Em relação às lâminas de irrigação, independente do ciclo, os dados apresentaram tendência linear com o maior valor para a variável estimado na maior lâmina aplicada (594,58 mm e 843 mm para o 1º e o 2º ciclo, respectivamente).

Sob condições de restrição hídrica imposta pelo aumento do potencial osmótico, os aquênios de girassol têm seu enchimento prejudicado em função de uma maior incidência percentual de aquênios anormais ou “chochos”, uma vez que a fase de enchimento de aquênios (formação da produção) caracteriza-se por ser um período de forte competição por assimilados entre os próprios aquênios, sendo, portanto, essencial um suprimento hídrico adequado nesta fase, a fim de se assegurar uma homogeneidade entre o conteúdo de fotoassimilados encerrado nos mesmos (UNGARO, 2000).

Pesquisas realizadas por Silva et al. (2011) indicaram que os maiores valores de peso de 1.000 aquênios nas plantas de girassol (cv Catissol 01 e Embrapa 122 V- 2000) que receberam o tratamento com a maior lâmina de irrigação (533,7 mm).

Resultados semelhantes também foram verificados por Biscaro et al. (2008) na cv. Embrapa 122 V-2000. Araújo et al. (2012) trabalhando com a variedade Catissol em Russas - CE, obtiveram 48,23g no peso de 1.000 aquênios aplicando a lâmina de 807,1 mm (125% da ECA) e Góes (2010) obteve 47,3 g, ambos os valores inferiores à média deste experimento. Silva et al. (2009) obtiveram o valor de 60,1g.

Aquino et al. (2013) observaram valores médios do peso de 1.000 sementes em torno de 73 g, nas cultivares 122 V-2000, Hélio 250, Hélio 251, Hélio 253, Hélio 358, Hélio 360, IAC Iarama, Dow Agrosience M 734 e MG 02, aproximadamente 11% superior ao maior valor observado no presente trabalho que atingiu 63 g. O fator clima pode ter influenciado em tal diferença, já que o experimento dos referidos autores foi desenvolvido no Norte de Minas Gerais.

4.8.3 Eficiência do uso da água na produção de aquênios (EUA_{Aq})

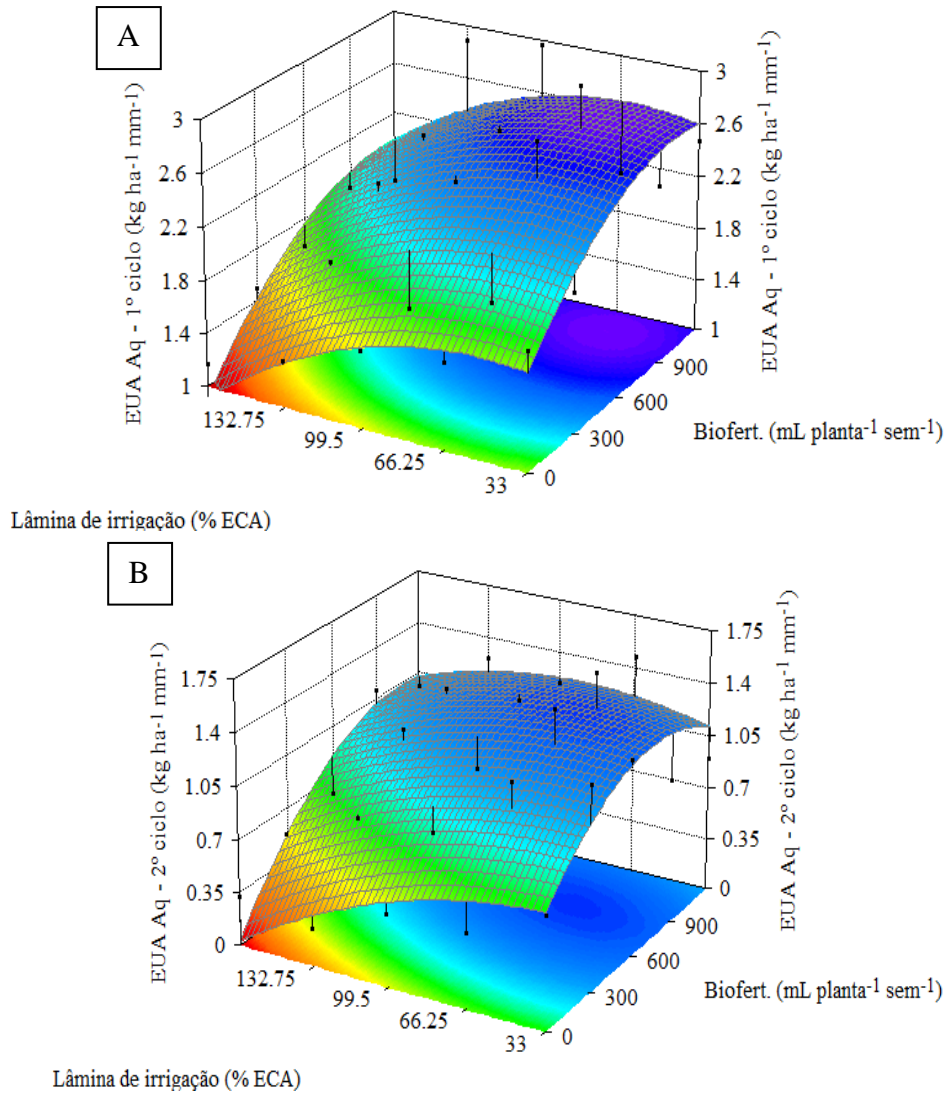
Na Figura 37 apresenta-se as superfícies de resposta associadas aos respectivos modelos matemáticos que descrevem as relações funcionais entre os fatores em estudo para a variável EUA_{Aq} em resposta às combinações de doses de biofertilizante e de lâminas de irrigação, em dois ciclos de cultivo.

A melhor resposta em EUA_{Aq} ($2,72 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) no 1º ciclo, foi registrada na dose de biofertilizante $1.060,6 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$ com a lâmina de irrigação 33 % da ECA (298,8 mm). No 2º ciclo, a EUA_{Aq} máxima de $1,33 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, foi alcançada com a aplicação da dose de biofertilizante $845,8 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$ e a lâmina de irrigação 70,9 % da ECA (365,5 mm). A EUA_{Aq} está relacionada a economia de água, o uso altamente eficiente da água pela

planta e tolerância ao estresse hídrico com médio-alto rendimento nestas condições (MEI et al., 2013).

Observa-se que a EUA_{Aq} no 1º ciclo foi crescente com o incremento das doses de biofertilizante. No 2º ciclo, a maior curvatura pode ser visualizada no fator lâmina, indicando superior manifestação sobre este fator sobre a variável. Vale mencionar inferências de Campos et al. (2015) em que a cultura do girassol tem baixa EUA_{Aq} , uma vez que, cada litro de água consumido produz menos de 2 g de matéria seca.

Figura 37 - Superfície de resposta para a EUA_{Aq} na produção de aquênios em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$EUA_{Aq_{1^\circ\ ciclo}} = 2,2712^{**} + 0,00185^{**} (Bio) - 0,00000087^{*} (Bio)^2 - 0,02512(Lam) + 0,0003093(Lam)^2 - 0,000001249(Lam)^3 \quad (R^2=0,74)$$

$$EUA_{Aq_{2^o\ ciclo}} = 0,73249* + 0,001246*(Bio) + 0,00185(Lam) - 0,0000009*(Bio)^2 - 0,000037(Lam)^2 + 0,00000395(Bio)(Lam) \quad (R^2=0,79)$$

A cultura apresenta ainda um desempenho contraditório no que se relaciona à sua baixa EUA_{Aq} , pois em condições de baixa umidade, a mesma aumenta de forma considerável (CASTRO; FARIAS, 2005), o que corrobora com os resultados obtidos pelo presente trabalho.

A maximização da EUA_{Aq} nas oleaginosas pode ser alcançada quando o gerenciamento do abastecimento de água é realizado com o objetivo de minimizar as perdas por evaporação durante o crescimento vegetativo, e quando também se assegura um suprimento hídrico adequado durante os estádios de floração e enchimento das sementes.

Duarte et al. (2012) observaram redução na EUA_{Aq} com a aplicação de maiores lâminas de irrigação, quando irrigaram com suspensão hídrica a cultivar Catissol 01, divergindo dos resultados obtidos nestas condições experimentais. A média da eficiência do uso da água em produzir aquênios foi de $9,26 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ com variação experimental entre $5,26 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e $12,30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Azevedo e Bezerra (2008) mencionam que na maioria das vezes, o aumento da EUA é obtido como consequência do decréscimo da quantidade de água aplicada.

Sezen et al. (2011) verificaram maior EUA_{Aq} de irrigação na produção de aquênios quando a cultura foi irrigada com 50% da capacidade de campo durante todo o ciclo. Para os autores, em situação de escassez de água, esta estratégia de manejo da água é a mais aceitável por maximizar o rendimento de aquênios do girassol por unidade de água aplicada.

4.9 Parâmetros de pós-colheita do girassol

Os resultados da ANOVA apresentados na Tabela 15 para as características de pós-colheita do girassol indicam interações significativas entre ciclos de cultivo e lâminas de irrigação para as variáveis teor de óleo e de proteína. Houve interação biofertilizante x lâmina de irrigação para teor de proteína e interação tripla para produtividade de óleo e de proteína.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância para teor de óleo (ÓLEO) e produtividade (PROD ÓLEO), teor de proteína e produtividade (PROD PROT). Redenção, Ceará, 2014/2015

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		ÓLEO (%)	PROD ÓLEO (kg ha ⁻¹)	PROTEÍNA (%)	PROD PROT (kg ha ⁻¹)
Blocos	2	65,018 ^{ns}	13487,882 ^{ns}	0,021 ^{ns}	287,203 ^{ns}
Ciclos de cultivo (Cc)	1	0,826 ^{ns}	1624416,79 ^{**}	687,445 ^{**}	23624,348 ^{**}
Resíduo (Cc)	1	69,229	6729,947	0,625	34,538
Biofertilizante (Bio)	4	82,658 ^{ns}	177363,578 ^{**}	8,563 [*]	12769,106 ^{**}
Interação Cc x Bio	4	94,103 ^{ns}	4580,070 ^{ns}	2,167 ^{ns}	918,441 [*]
Resíduo (Bio)	16	31,746	6827,614	2,067	299,908
Lâm. de irrigação (Lam)	4	56,006 [*]	166528,179 ^{**}	11,526 ^{**}	12697,419 ^{**}
Ciclo x Lam	4	113,009 ^{**}	28016,853 ^{**}	6,084 ^{**}	510,308 ^{**}
Bio x Lam	16	32,478 ^{ns}	19316,759 ^{**}	5,525 ^{**}	752,329 ^{**}
Cc x Bio x Lam	16	25,341 ^{ns}	8863,116 ^{**}	2,000 ^{ns}	445,633 ^{**}
Resíduo (Lam)	80	20,442	2633,414	1,142	125,186
Total	149	-	-	-	-
CV – Cc (%)	-	17,90	25,67	6,65	7,66
CV – Bio (%)	-	12,12	25,86	12,09	22,58
CV – Lam (%)	-	9,73	16,06	8,99	14,59

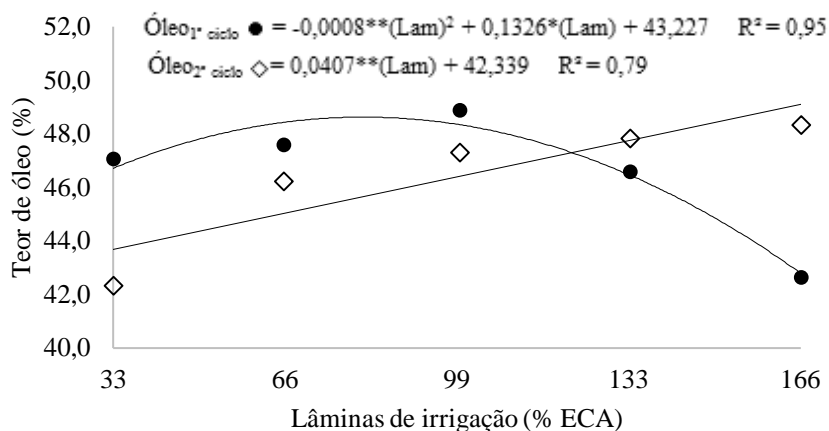
GL = Grau de liberdade; CV= Coeficiente de variação; * = Significativo a 1%, ** Significativo a 5% e ns = não significativo.

4.9.1 Teor e produtividade do óleo

Na Figura 38 visualiza-se graficamente que a resposta do teor de óleo em função das lâminas de água aplicadas resultou em um ajuste quadrático para o 1º ciclo, em que a lâmina de irrigação de 82,87 % da ECA (409,42 mm) foi considerada suficiente para que as plantas de girassol expressassem o máximo teor de óleo (48,7%). Com a precipitação intensa na fase de produção, o acréscimo das lâminas aplicadas gerou uma tendência decrescente, após o ponto de inflexão da curva, que pode ter sido causado pelo excesso de água aplicada.

No 2º ciclo, os teores de óleo variaram entre 42,3 e 48,3% e apresentaram ajuste linear crescente, em que os maiores teores de óleo foram encontrados nas maiores lâminas de irrigação aplicadas. Corroborando com estes resultados, Silva et al. (2011) observaram aumento no teor de óleo para a cultivar Catissol 01 com o incremento nas lâminas de água, porém obtiveram o maior rendimento (43%) com a lâmina de 533,7 mm. Gomes et al. (2012) não observaram diferenças nos teores de óleo, em função das lâminas de irrigação, na cv. Aguará 4 e Anastasi et al. (2010) verificaram aumento no teor de óleo devido à irrigação, com valores entre 44,7% e 50,4% de óleo.

Figura 38 – Teores de óleo do girassol BRS-324 em função lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

O teor de óleo nos aquênios é influenciado por vários fatores, destacando-se além da particularidade genética inerente a cada cultivar, o estresse hídrico durante o período de enchimento dos aquênios (CASTRO; FARIAS, 2005). Gomes (2005) ainda menciona que a síntese de óleo se dá por meio dos produtos obtidos na degradação da glicose e exige, portanto, maior consumo energético.

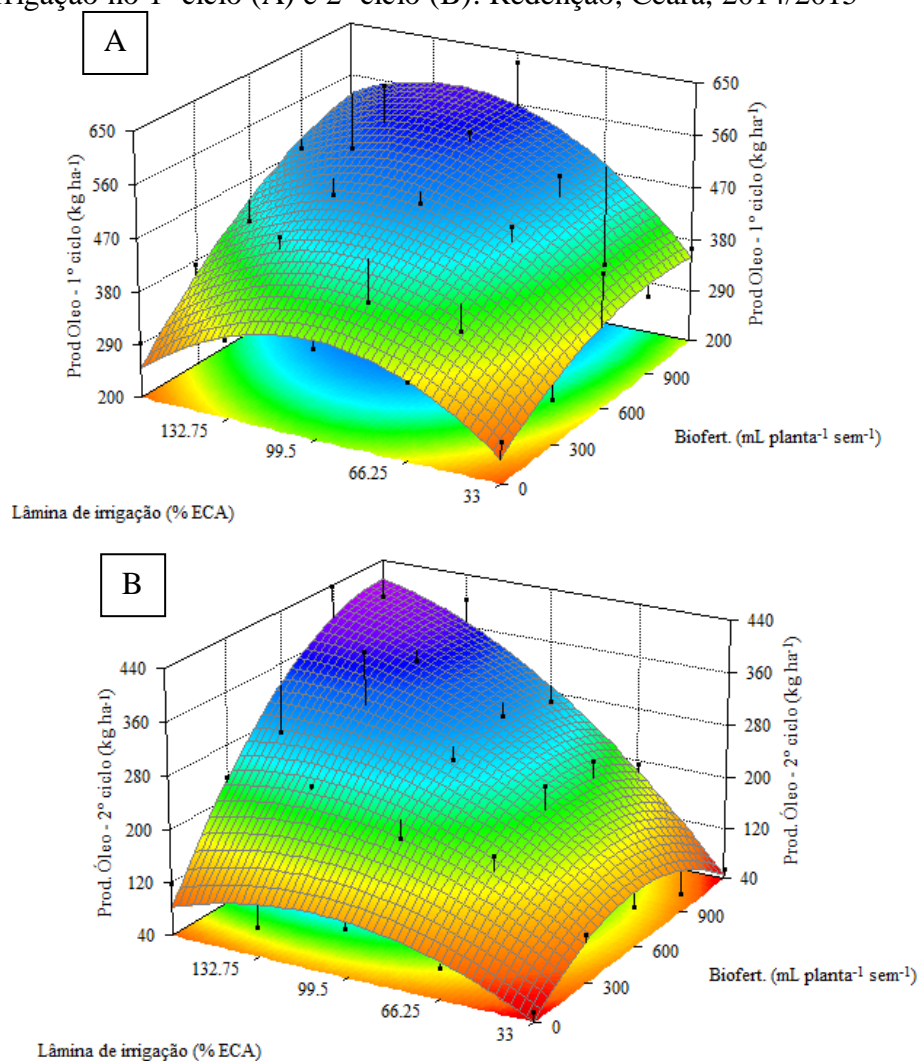
O teor médio de óleo foi de 46,5%, ficando na faixa de rendimento esperada (entre 45 a 49%) para a cultivar, conforme as recomendações de Carvalho et al. (2013). Em adição, o teor de óleo não respondeu à lâmina de irrigação de forma semelhante à produção dos aquênios demonstrando tendências díspares, evidenciando independência destas variáveis. Santos (2014) avaliando oito genótipos de girassol no Norte Fluminense, encontrou um teor de óleo de 34,71% com a variedade BRS 324, valor inferior aos encontrados neste trabalho.

A produtividade de óleo, que é o resultado da combinação entre produção de aquênios e o teor de óleo dos mesmos, seguiu as mesmas tendências de variação da produtividade de aquênios, com maiores valores no primeiro ciclo de cultivo e respondendo bem à adubação orgânica, tendo em vista a produção máxima nas maiores doses aplicadas. A Figura 39 representa a superfície de resposta da produtividade de óleo em função das doses de biofertilizante e das lâminas de irrigação, em dois ciclos de cultivo.

De acordo com o modelo matemático escolhido para o 1º ciclo, observa-se um aumento da produtividade de óleo (Figura 39A) com o aumento da dose de biofertilizante e da lâmina de irrigação até o ponto de máxima. O modelo indicou que a combinação da dose 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e a lâmina 124,3% da ECA (501,13 mm), resultou na maior produtividade do óleo (571,97 kg ha⁻¹). No 2º ciclo (Figura 39B), o aumento da dose (1.200 mL planta⁻¹

semana⁻¹) e o incremento da lâmina de irrigação (166 % da ECA = 843,0 mm) proporcionaram a maior produtividade de óleo (411,58 kg ha⁻¹).

Figura 39 - Superfície de resposta para a produtividade de óleo em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$\text{Prod}t\text{Óleo}_{1^\circ\text{ciclo}} = 90,599457 + 0,2075817 (\text{Bio}) + 5,4454729^{**} (\text{Lam}) - 0,00012828244(\text{Bio})^2 - 0,026991742^{**}(\text{Lam})^2 + 0,0010537077(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,70)$$

$$\text{Prod}t\text{Óleo}_{2^\circ\text{ciclo}} = -46,058789 + 0,2067142^*(\text{Bio}) + 3,0474695^*(\text{Lam}) - 0,00022454241^*(\text{Bio})^2 - 0,013664462^*(\text{Lam})^2 + 0,0020260249^*(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,92)$$

Sachs et al. (2006) relatam que se o objetivo principal de um rendimento é a produção de óleo, só se justificam esforços para aumentar o teor de óleo no grão quando este

parâmetro apresentar alta correlação com o aumento da produção total de óleo por unidade de área. De outra forma, deve-se investir apenas na produtividade de aquênios ou ainda escolher variedades mais apropriadas para altas produtividades tendo em vista que a BRS 324 foi desenvolvida tendo como foco alto rendimento de óleo e ciclo de cultivo reduzido.

O aumento na produtividade potencial de óleo com incremento nas doses de biofertilizante, deve-se a performance dos nutrientes, principalmente o nitrogênio sobre o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e da produção de óleo, já que influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes.

Menores valores de rendimento nas menores lâminas de irrigação podem ser atribuídos ao déficit hídrico com o fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração, a fotossíntese e a respiração (TAIZ; ZEIGER, 2013), reduzindo a acumulação de fotossintatos e por conseguinte o teor de óleo no girassol. Smith (1991) menciona que, em alguns casos, os períodos de estresse hídrico podem desencadear processos fisiológicos que efetivamente aumentam o rendimento de óleo de girassol.

De modo geral, utilizando-se dos dados encontrados neste estudo para a variável rendimento do óleo e considerando um estande de 40.000 plantas, seriam obtidos no 1º ciclo um valor de 802,76 kg ha⁻¹ e no 2º ciclo 577,66 kg ha⁻¹ de óleo. Para a variedade BRS 324, Santos (2014) encontrou um rendimento de óleo correspondente a 597,8 kg ha⁻¹ com o estande de 40.000 plantas ha⁻¹, valor semelhante ao divulgado neste trabalho. Feitosa et al. (2016) verificaram uma variação entre 590 e 2.000 kg ha⁻¹, também utilizando o estande recomendado para a cultura. Em cultivos de girassol, o rendimento de óleo sem irrigação se mantém entre 400 a 1.000 kg ha⁻¹ e sob irrigação de 700 a 2.200 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 2007a; ANASTASI et al., 2010).

Diversos autores desenvolveram estudos com esta variável, porém utilizando em seus experimentos, variedades/cultivares diferentes. Duarte et al. (2012) avaliando a EUA na produção de óleo do girassol sob suspensões hídricas encontraram média para a produção de 404,22 kg ha⁻¹ de óleo com valores entre 175,20 kg ha⁻¹ e 614,89 kg ha⁻¹ de óleo, intervalo este que abrange os valores verificados neste ensaio.

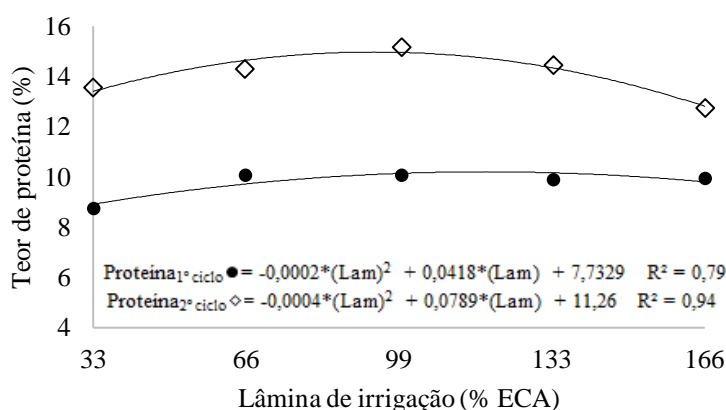
Lobo et al. (2013) verificaram que, com o aumento da dose de lodo, ocorreu ajuste linear no rendimento de óleo do girassol, com valor máximo de 1.597,6 kg ha⁻¹. Silva et al. (2011) também verificaram incremento na produtividade de óleo com o acréscimo nas lâminas de água para a cultivar Catissol 01. Os autores obtiveram a produtividade de óleo máxima de 1.851,55 kg ha⁻¹ com a lâmina de 533,7 mm (150% ECA), sendo superior ao resultado obtido nestas condições experimentais.

Tanto o teor de óleo nos grãos quanto a produtividade de óleo por unidade de área são parâmetros importantes comercialmente, mas para a indústria, o teor no grão é o mais importante (SACHS et al, 2006). Alves et al. (2012) ressaltam que grãos maiores têm maior peso, porém menor teor de óleo, isso porque os grãos maiores têm maior volume e superfície de casca e menor volume da amêndoa, o que gera menor teor de óleo.

4.9.2 Teor e produtividade de proteína

A interação entre ciclo de cultivo e lâminas de irrigação para a cultura do girassol BRS-324, ajustou-se a um modelo polinomial quadrático de regressão (Figura 40). No 1º ciclo, a lâmina de irrigação correspondente a 104,5% da ECA (456,76 mm) foi suficiente para maximizar o teor de proteína (9,92%) e por sua vez, no 2º ciclo, o maior teor de proteína (15,15%) foi estimado na lâmina 98,6% da ECA (501,81 mm).

Figura 40 – Teores de proteína do girassol BRS-324 em função lâminas de irrigação em cada ciclo de cultivo. Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

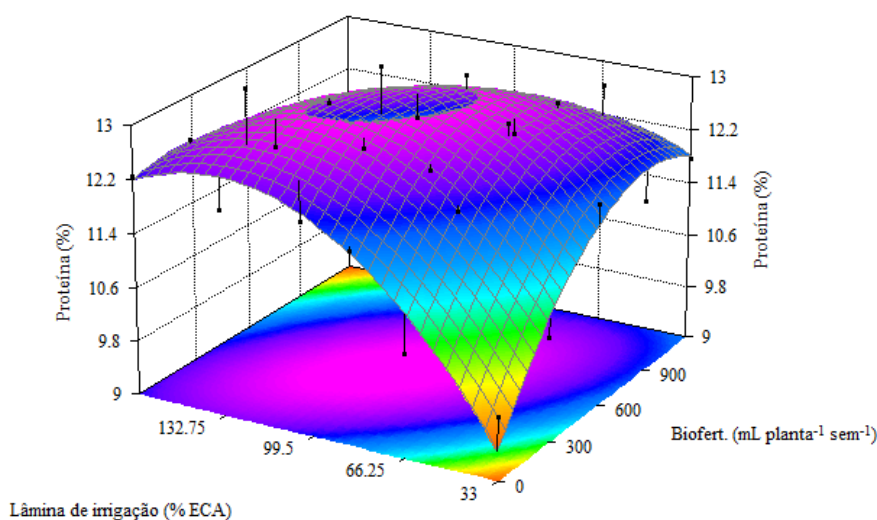
No 2º ciclo de cultivo, os teores foliares de N foram baixos quando comparados aos teores do primeiro ciclo, podendo ter sido exportados aos aquênios e, por isso, o maior teor de proteína. Mesmo assim, os teores de proteína são classificados como baixos quando comparados à literatura. A concentração de nutrientes no tecido vegetal além de influenciar a produtividade de grãos e os teores de óleo, é determinante na síntese proteica. O motivo está relacionado com a demanda de nutrientes para formação das proteínas, principalmente no que se refere ao nitrogênio, pois, as proteínas são constituídas de conjuntos de aminoácidos (VOET et al., 2008).

Santos (2009a) afirma que os teores de proteína e seus rendimentos também estão relacionados ao fator diluição (produtividade – proteína). Nos tratamentos cujos rendimentos de grãos foram menores (segundo ciclo de cultivo), houve um maior acúmulo de proteína nos mesmos, e quando houve uma maior quantidade de grãos, a tendência foi a maior distribuição entre eles.

Os valores médios obtidos variaram entre 8,8 e 15,1%, inferiores aos observados por Sachs et al. (2006) que, em seus estudos, encontraram valores entre 20,9 e 27,4%, com a variedade EMBRAPA 122 V2000. Fassio et al. (2007) obtiveram uma média de 12% de proteína bruta e Santos et al. (2011) observaram que a média para a proteína bruta está em torno de 11,9%, ambos os resultados são semelhantes aos obtidos para esta variável, no presente trabalho.

Na interação entre doses de biofertilizante caprino e lâminas de irrigação, o modelo matemático quadrático foi o que melhor se ajustou aos valores médios de proteína para o girassol BRS cv. 324 (Figura 41). A variável respondeu bem ao incremento dos tratamentos aplicados, sendo a combinação 536 mL planta⁻¹ semana⁻¹ de biofertilizante líquido caprino e lâmina de 104,8% da ECA suficiente para maximizar o teor de proteína (13,1%).

Figura 41 - Superfície de resposta para o teor de proteína em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e no 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$\text{Proteína} = 7,1177414* + 0,0066747978*(\text{Bio}) + 0,080072998*(\text{Lam}) - 0,0000030110952*(\text{Bio})^2 - 0,00029783236*(\text{Lam})^2 - 0,000032874533*(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,84)$$

A resposta do teor de proteína diante das doses de biofertilizante pode ser atribuído ao aumento na atividade microbiana no solo motivado pelo aumento da disponibilidade de N no solo com o incremento da aplicação do insumo. A fertilização orgânica apresenta diversos benefícios, desde o incremento nos teores de P e K no solo, além de incremento na produtividade de massa seca, nos teores de P foliar e na proteína bruta (SILVA et al., 2012).

O excesso ou déficit de água, proporcionado pela aplicação das lâminas de irrigação, provocou diminuição dos teores de proteína, conforme demonstrado na Figura 41. Menores valores de proteína dos aquênios em condição de déficit hídrico também foram observados por Rodríguez et al. (2002).

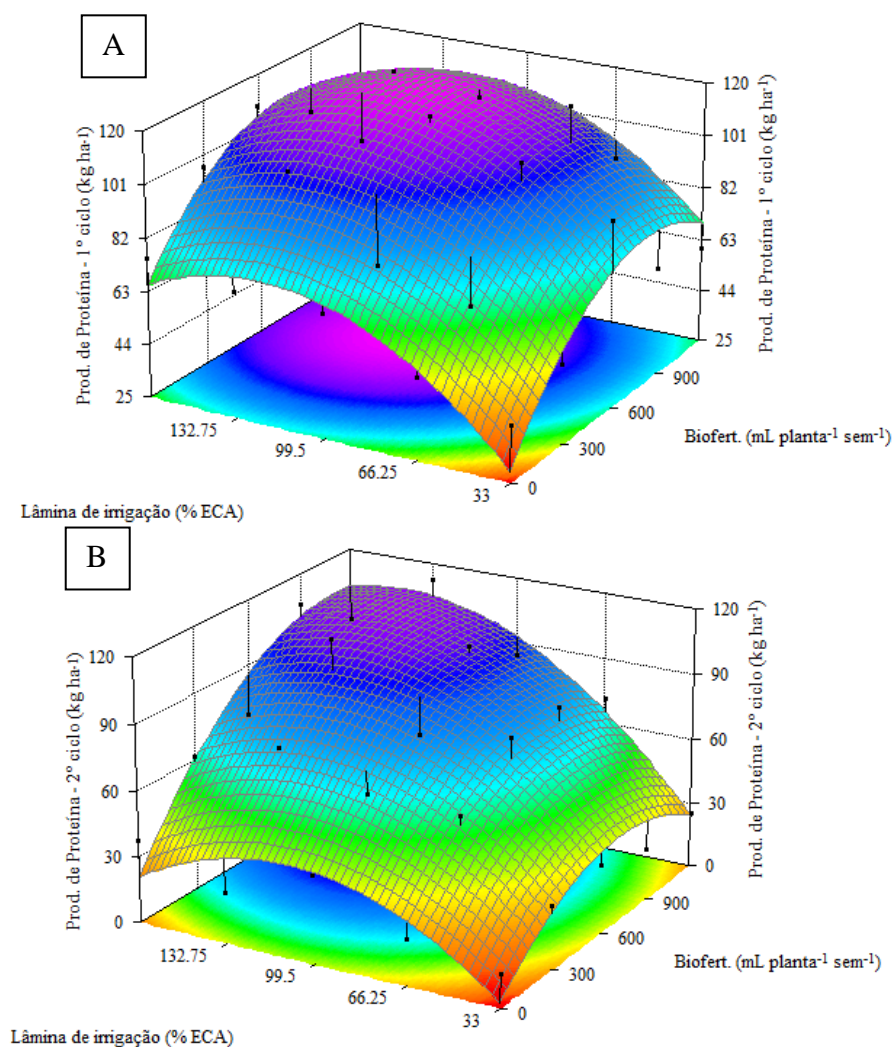
Uma condição oposta foi descrita por Alahdadi, Oraki e Khajani (2011) que observaram, em seus experimentos, que nas condições em que a cultura foi plenamente irrigada, a mesma apresentou os menores teores de proteína. Andrade (2000) não constataram influência da disponibilidade hídrica no teor de proteína de girassol. No caso de restrição hídrica severa, os assimilados são orientados para a síntese de produtos de menor custo energético, como as proteínas, o que explica aumento no teor de proteína e diminuição no teor de óleo nas plantas (GOMES, 2005).

De acordo com a superfície de resposta (Figura 42A) verificou-se que a produtividade de proteína do 1º ciclo de cultivo foi máxima ($119,09 \text{ kg ha}^{-1}$) quando as plantas receberam a dose de biofertilizante de $793,59 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$ e irrigadas com a lâmina $119,2 \%$ da ECA ($489,7 \text{ mm}$). Nas condições experimentais do 2º ciclo de cultivo, a produtividade de proteína ($107,4 \text{ kg ha}^{-1}$) foi obtida a partir da combinação de $1.032,41 \text{ mL planta}^{-1} \text{ semana}^{-1}$ de biofertilizante caprino e da lâmina de irrigação de $139,45 \%$ da ECA, correspondente a $708,5 \text{ mm}$ (Figura 42B).

De forma semelhante à produtividade de óleo, a produtividade de proteína seguiu a mesma tendência de variação da produtividade dos aquênios. Além da densidade de plantas, a produtividade de proteína por hectare depende da massa dos aquênios e do teor de proteína nos aquênios de girassol. É oportuno mencionar que o estande de plantas utilizado no experimento foi de 28.570 plantas e não $40.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ conforme indicado para esta variedade.

Os valores de produtividade de proteína estão inferiores aos encontrados por Silva (2012) que, quando expôs a cultura do girassol (Catissol 01) ao déficit hídrico durante a fase vegetativa, encontrou o maior potencial de produção de proteína ($671,94 \text{ kg ha}^{-1}$).

Figura 42 - Superfície de resposta para a produtividade de proteína em função das doses de biofertilizante caprino líquido e lâminas de irrigação no 1º ciclo (A) e 2º ciclo (B). Redenção, Ceará, 2014/2015



Fonte: Elaborado pela autora.

$$\text{Produt de Proteína } 1^{\circ} \text{ ciclo} = -10,4878 + 0,1189165^*(\text{Bio}) + 1,382628^*(\text{Lam}) - 0,000069517^*(\text{Bio})^2 - 0,00556083^*(\text{Lam})^2 - 0,0000720024^*(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,77)$$

$$\text{Produt de Proteína } 2^{\circ} \text{ ciclo} = -38,5547^{**} + 0,085835^*(\text{Bio}) + 1,45778^*(\text{Lam}) - 0,0000669065^*(\text{Bio})^2 - 0,00661532^*(\text{Lam})^2 + 0,0003751398^{**}^*(\text{Bio})(\text{Lam}) \quad (R^2=0,88)$$

Com os baixos rendimentos de proteína encontrados neste trabalho, pode-se inferir que, como a variedade BRS-324 foi desenvolvida para proporcionar um alto rendimento de óleo, não apresentando um alto potencial produtivo de proteína. Não foram encontrados na literatura trabalhos com produtividade de proteína para esta variedade.

Existe correlação negativa entre óleo e proteínas e relação inversa entre produtividade de grãos e a concentração de proteínas (BURTON, 1985), esta última, sendo observada neste trabalho. E, por essas razões, conforme Rangel et al. (2007), é difícil aprimorar essas características por meio de melhoramento de plantas. Ainda conforme os autores, tem sido dada maior ênfase ao incremento na produtividade de aquênios e à resistência às doenças, do que à composição química dos grãos, até mesmo porque o agricultor é remunerado pela quantidade produzida e não pela concentração de proteínas e/ou óleo nas sementes (aquênios).

5 CONCLUSÕES

- Os teores de nutrientes no solo apresentaram incremento positivo com o aumento da dose do biofertilizante caprino líquido, na lâmina correspondente a 100% da ECA.
- Na lâmina de 100% da ECA e com a aplicação das doses de biofertilizante líquido caprino, os teores foliares se adequaram à faixa recomendada para a cultura apenas no primeiro ciclo de cultivo, com exceção de Na e Ca.
- Doses de biofertilizante caprino entre 900 e 1.000 mL planta⁻¹ semana⁻¹ e lâmina de irrigação média de 120% da ECA são indicadas para proporcionar maior crescimento vegetativo em plantas de girassol, variedade BRS 324.
- No primeiro ciclo, os maiores rendimentos em produção foram estimados a partir da combinação entre as doses de 800 e 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹ de biofertilizante caprino, associadas a lâminas de irrigação na faixa de 120 a 166% da ECA, com maior produtividade de 1.220,78 kg ha⁻¹.
- No segundo ciclo, a produtividade máxima foi de 882,07 kg ha⁻¹ e os maiores rendimentos em produção foram estimados a partir da combinação entre 1.000 e 1.200 mL planta⁻¹ semana⁻¹ de biofertilizante caprino, associada a lâminas de irrigação na faixa de 140 a 166% da ECA.
- A eficiência de uso da água na produção de aquênios foi maior no primeiro ciclo, na menor lâmina de irrigação aplicada (33% = 298,78 mm) e na dose 1.060 mL planta⁻¹ semana⁻¹.
- O teor de óleo apresentou rendimento médio de 48%, independente da aplicação do biofertilizante caprino, com maximização da variável no primeiro ciclo quando se aplicou 82,9% da ECA (409,42 mm) e no segundo ciclo, na lâmina de irrigação de 166% da ECA (843,0 mm).
- Os maiores teores de proteína foram obtidos no segundo ciclo (em média 14%), com a combinação da lâmina média de 100% da ECA e da dose 536 mL planta⁻¹ semana⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ALAHADADI, I.; ORAKI, H.; KHAJANI, F. P. Effect of water stress on yield and yield components of sunflower hybrids. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.34, p.6504-6509, 2011.
- ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.595-644.
- ALVES, F. S. F.; PINHEIRO, R. R. O esterco caprino e ovino como fonte de renda. **Revista O Berro**, n.77, p.94-96, 2005.
- ALVES, G. S.; SANTOS, D.; SILVA, J. A.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G. Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. **Revista Acta Scientiarum**, v.31, n.4, p.661-665, 2009.
- ALVES, F.V.; SÁ JUNIOR, A.; SANTANA, D.G.; SANTOS, C. M. Composição química e qualidade fisiológica de sementes de girassol de plantas submetidas à competição intraespecífica. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.3, p.457- 465, 2012.
- AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIHL, TAMMY A. M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Revista Bragantia**, v.67, n.2, p.307-316, 2008.
- ANASTASI, U.; SANTONOCETO, C.; GIUFFRE, A. M.; SORTINO, O.; ABBATE, V. Yield performance and grain lipid composition of standard and oleic sunflower as affected by water supply. **Field Crops Research**, v.119, p.145-153, 2010.
- ANDRADE, S. J. **Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2000. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; NOBRE, R. G.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassol ornamental irrigada com água residuária e doses de esterco. **Revista Caatinga**, v.27, n.3, p.142–149, 2014.
- AQUINO, L. A.; SILVA, F. D. B.; BERGER, P. G. Características agrônômicas e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.5, p.551-557, 2013.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. F. (ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p.252- 280.
- ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. S. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.11, n.5, p.466–470, 2007.
- ARAÚJO, J. F. **Biofertilizantes líquidos**. Juazeiro: Universidade do Estado da Bahia UNEB, 2008. 95 p.

ARAÚJO, W. B. M.; ALENCAR, R. D.; MENDONÇA, V.; MEDEIROS, E. V.; ANDRADE, R. C.; ARAÚJO, R. R. Esterco caprino na composição de substratos para formação de mudas de mamoeiro. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.68-73. 2010.

ARAÚJO, T. V. O.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Revista Irriga**, v.17, n.2, p.126-136, 2012.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. 1999. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB. 218 p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29, Revisado 1).

AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agrônômica**, v.39, n.1, p.28-33, 2008.

BACKES, R. L.; SOUZA, A. M.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; GALLOTI, G. J. M.; ALVIMAR, B. A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Revista Scientia Agraria**, v.9, n.1, p.41-48. 2008.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. Gustav Fischer Publishing House Jena, New York, ed.2, p.741, 1992.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. 2ª reimpressão. Viçosa: Editora UFV, 2009. 625p.

BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; MANTOVANI, A.; VALE, N. M. Problemas relacionados com o uso de testes de comparação de médias em artigos científicos. **Revista Biotemas**, v.21, n.2, p.145-153, 2008.

BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; ZOLLINGER, R. K.; SCHNEITER, A.A. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. v.1, cap.5, p.595-670.

BOARETO, B.; SANTOS, R. F.; CARPINSKI, M.; MARCO JUNIOR, J.; BASSEGIO, D.; WAZILEWSKI, W. T. Manejo de irrigação de plantas energéticas – Girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Acta Iguazu**, v.1, n.1, p.48-58, 2012.

BORKERT, C.M.; SFREDO, G. J.; FARIAS, J. R. B.; CASTRO, C.; SPOLADORI, C. L.; TUTIDA, F. Efeito residual da adubação potássica, sobre girassol e milho, em três diferentes Latossolos Roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.12, p.1227-1234, 1997.

BRAGA, M. B.; CALGARO, M., MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F. Coeficientes do tanque classe "A" para estimativa da evapotranspiração de referência na região do Vale do Submédio São Francisco, estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.49-57, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Legislação para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo**, Brasília, Mapa/ACS, 2009.

BURTON, J. W. **Breeding soybeans for improved protein quantity and quality**. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. Proceedings... Boulder: Westview, 1985. p. 361-367.

CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F.; MORAIS, T. A.; MENESES JÚNIOR, J. C.; PRAZERES, S. S. Potássio, biofertilizante bovino e cobertura do solo: Efeito no crescimento do maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde**, v.1, n.3, p.78.-86, 2008.

CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, L. F. Salinidade da água e biofertilizante bovino: efeito sobre a biometria do pimentão. **Holos**, v.25, n.2, p.10-20. 2009.

CAMPOS, V. B. SOUSA, G. G; MOTTA, J. K. M.; CAVALCANTE, L. F.; RODOLFO JÚNIOR, F. Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Revista Magistra**, v.21, p.41-47, 2009.

CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Adubação com NPK e irrigação em Luvisolo: Comportamento vegetativo. **Revista Ambiente e Água**, v.10, n.1, p.221- 233, 2015.

CANAVAR, Ö.; ELLMER, F., CHMIELEWSKI, F. M. Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (Germany). **Helia**, v.33, n.53, p.117–130, 2010.

CANCELLIER, L.L.; AFFÉRI, F.S.; ADORIAN, G.C.; RODRIGUES, H.V.M.; MELO, A.V.; PIRES, L.P.M.; CANCELLIER, E.L. Adubação orgânica na linha de semeadura no desenvolvimento e produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.2, p.527-540, 2011.

CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; AMABILE, R. F.; CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, I. R.; GODINHO, V. P. C.; RAMOS, N. P.; LEITE, R. M. V. B. C.; GONCALVES, S. L.; BRIGHENTI, A. M. **Cultivar de girassol BRS 324** – Variedade com alto teor de óleo e produtividade. Londrina: Embrapa Soja, 2013. Folder.

CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.139-146, 2011.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. **Ecofisiologia do girassol**. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (eds.) Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.163-218.

CASTRO, C.; de OLIVEIRA, F. A. **Nutrição e adubação do girassol**. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (eds.) *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.317-373.

CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, L. C. F. S.; REBEQUI, A. M.; NUNES, J. C.; BREHM, M. A. S. Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica. **Revista Semina**, v.31, n.1, p.19-28, 2010a.

CAVALCANTE, I. H. L.; ROCHA, L. F.; SILVA JUNIOR, G. B.; AMARAL, F. H. C.; FALCÃO NETO, R.; NOBREGA, J. C. A. Fertilizantes orgânicos para o cultivo da melancia em Bom Jesus-PI. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.518-524, 2010b.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Girassol: conjuntura mensal – julho 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2016.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Requerimento de água das culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 20).

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v.27, n.50, p.155-162, 1980.

DINIZ, A.A. CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; NUNES, J. C.; BREHM, M. A. S. Esterco líquido e uréia no crescimento e produção de biomassa do maracujazeiro amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p. 597- 604, 2011.

DOBLINSKI, A. F.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, V. R.; NÓBREGA, L. H. P.; GOMES, S. D.; DAL BOSCO, T. C. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean crop. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.1, p.87-93, 2010.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da irrigação no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. **FAO Irrigação e Drenagem**, n.33.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Las necesidades de agua de los cultivos. 4. ed. Roma: **FAO**, 1984. 194p. **Estudio FAO: Riego y Drenage**, n. 24.

DUARTE, A. K. A.; CARDOSO, M. O.; FIGUEIREDO, L. Crescimento e macronutrientes em mudas de melancia sob doses de adubo orgânico no substrato. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p.1633-1638, 2010.

DUARTE, J. M. L.; LIMA, A. D.; NASCIMENTO, R. S.; VIANA, T. V. A.; SARAIVA, K. R.; AZEVEDO, B. M. Eficiência no uso da água na produção de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.), sob suspensão hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n.3, p.166-175, 2012.

DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; PAVINATO, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 26:983-992, 2002.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S.P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina**. v.33, n.1, p.2657-2668, 2012.

DUTRA, K. O. G.; CAVALCANTE, S. N.; VIEIRA, I. G. S.; COSTA, J. C. S.; ANDRADE, R. A adubação orgânica no cultivo da melancia cv.crimson sweet. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.6, n.1., p.34-45, 2016.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do girassol** - Embrapa Soja. (Sistema de Produção, n.1). 2010. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/importancia.htm>. Acesso em: 25/12/2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.5, p.467–477, 2010.

FACTFISH. **Sunflower seed, area harvested (hectare) - for all countries**. 2016. Disponível em: <http://www.factfish.com/statistic/sunflower%20seed%2C%20production%20quantity>. Acesso em: 19 fev. 2017.

FASSIO, A.; GIMENEZ, A.; FERNANDEZ, E.; MARTINS, D. V.; COZZOLINO, D. Prediction of chemical composition in sunflower whole plant and silage (*Helianthus annuus* L.) by near infrared reflectance spectroscopy. **Journal Near Infrared Spectroscopy**, v.15, n.3, p.201-207, 2007.

FEITOSA, H. O.; FARIAS, G. C.; SILVA JÚNIOR, R. J. C.; FERREIRA, F. J.; ANDRADE FILHO, F. L.; LACERDA, C. F. Influência da adubação borácica e potássica no desempenho do girassol. **Comunicata Scientiae**, v.4, n.3, p.302-307, 2013.

FEITOSA, H. O.; LACERDA, C. F.; MARINHO, A. B.; COSTA, R. N. T.; CARVALHO, C. M.; GHEY, H. R. Productivity and economic analysis of sunflower/maize crop rotation under different levels of salinity and nitrogen. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.23, p.1999-2006, 2016.

FERNANDES, V. L.B (Coord.) **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**, Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Fortaleza- Ceará,1993,248p.

FIGUEROA E. A.; ESCOSTEGUY P. A. V.; WIETHÖLTER S. Dose de esterco de ave poedeira e suprimento de nitrogênio à cultura do trigo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.7, p.714–720, 2012.

- FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; SOUTO, A. G. L. Necessidade hídrica do maracujazeiro-amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 82-91, 2011.
- FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.10, p.1031–1039, 2012.
- FRIEDEL, J. K.; LANGER, T.; SIEBE, C.; STAHR, K. Effects of long-term wastewater irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central Mexico. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.414-421, 2000.
- GAZZOLA, A.; FERREIRA JUNIOR, C.T.G.; CUNHA, D. A.; BORTOLINI, E.; PAIAO, G. D.; PRIMIANO, I. V.; PESTANA, J.; D'ANDRÉA, M. S. C.; OLIVEIRA, M. S. **A cultura do girassol**. Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP, 2012.
- GÓES, G. B. **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, Mossoró.
- GOMES, E. M. **Parâmetros básicos para a irrigação sistemática do girassol (*Helianthus annus L.*)**. 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- GOMES, E. P.; AVILLA, M. R.; RICKLI, M. E.; PETRI, F.; FEDRI, G. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do arenito caiuíá, estado do Paraná. **Revista Irriga**, v.15, n.4, p.373-385, 2010.
- GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ÁVILA, M. R.; BISCARO, G. A.; REZENDE, R. K. S.; JORDAN, R. A. Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.3, p.237–246, 2012.
- GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; ANDRADE, D. N.; ROCHA, A. C. Adubação com cama de frango e esterco bovino na produtividade de feijão azuki (*Vigna angularis*). **Revista Agrarian**, v.6, n.19, p.29-35, 2013.
- HOCKING, P. J.; STEER, B. T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annus L.*) during growth. **Field Crops Research**, v.6, p.93-107, 1983.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal (Economia, Agropecuária, Produção Pecuária). **Dados 2004 a 2011**. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- INOUE, K. R. A.; SOUZA, C. F.; MATOS, A. T.; SANTOS, N. T.; FERREIRA, W. P. M. Concentração de nutrientes em plantas de milho adubadas e biofertilizantes obtidos na digestão anaeróbia da manipueira. **Engenharia na Agricultura**, v.19, p.236-243, 2011.

IQBAL, N.; ASHRAF, M.; ASHRAF, M. Y.; AZAM, F. Effect of exogenous application of glycinebetaine on capitulum size and achene number of sunflower under water stress. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v.2, p.765-771, 2005.

IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.319-325, 2010.

JONER, G.; METZ, P. A. M.; ARBOITTE, M. Z.; PIZZUTI, L. A. D.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J. Aspectos agronômicos e produtivos dos híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) Helio 251 e Helio 360. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.2, p.266-273, 2011.

KIÆR L. P., WEISBACH A. N.; WEINER, J. Root and shoot competition: a meta-analysis. **Journal of Ecology**, v.101, n.5, p.1298-1312, 2013.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, v.17, p.678-684, 1974.

KELLER, J.; KARMELI D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres, 1985. 492p

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.

LETEY, J.; STOLZI, H.; BLANK, G. B. Effect of duration of timing of low soil oxygen content on shoot and root growth. **Agronomy Journal**, v.54, n.1, p.34-37, 1962.

LIMA, J. G. A.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; WANDERLEY, J. A. C.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho fertirrigado com biofertilizante. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.1, p.39-44, 2012.

LIMA, F. A.; SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M.; CARVALHO, C. M. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.102-111, 2013.

LIMA, F.A. **Cultivo de morango em ambiente tipo telado, sob manejos diferenciados de irrigação e de fertilização orgânica nas condições climáticas de Fortaleza, Ceará**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, 2014.

LOPES, J. F. P.; THEODORO, V. C. A. **Apostila de criação de minhocas e criação de húmus**. Lavras: UFLa/ Faepe, 1998.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. Sewage sludge levels on the development and nutrition of sunflower plants. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, v.9, p.245-255, 2009.

- LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T.; KUMMER, A. C. B. Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.5, p.504-509, 2013.
- MALAVOLTA, E. ROMERO, J. P. **Manual de adubação**. 2.ed. São Paulo, ANDA, 1975. 346p
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MALAVOLTA, E., PIMENTEL-GOMES, F., ALACARDE, J. C. **Adubos e adubações: adubos minerais e orgânicos, interpretação da análise do solo e prática da adubação**. São Paulo: Nobel, 200p. 2011. Reimpressão.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., atual. e ampl.: Viçosa: Ed. UFV, 2009. 358p.
- MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.2, p.109–115, 2008.
- MEI, X. R.; ZHONG, X. L.; VADEZ, V.; LIU, X. Y. Improving water use efficiency of wheat crop varieties in the North China Plain: Review and Analysis. **Journal of Integrative Agriculture**, v.12, n.7, p.101-108, 2013.
- MEIRELLES, L.; BRACAGIOLI NETO, A.; MEIRELLES, A. L.; GONÇALVES, A.; GUAZZELLI, M. J.; VOLPATO, C., BELLÉ, N. **Biofertilizantes enriquecidos: caminho da nutrição e proteção das plantas**. Ipê: Centro de Agricultura Ecológica, CAE Ipê. 1997. 12p.
- MELLO, R.; NORNBORG, J. L.; RESTLE, J.; NEUMANN, M.; QUEIROZ, A. C.; COSTA, P. B.; MAGALHÃES, A. L. R.; DAVID, D. B. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.672-682, 2006.
- MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271.
- MORAES, M. T.; SILVA, V. R.; ARNUTI, F. Resíduos líquidos de efluentes de agroindústria de carnes na produtividade de girassol. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14, p.843-853, 2012.
- NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; REZAZADEH, Z. B.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) in controlled conditions. **Journal Desert**, v.12, p.99-104, 2008.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.3, p.358-365, 2010a.

- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.7, p.747-754, 2010b.
- OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.2, p.166-173, 2008.
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LINHARES, P. C.F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.206-211, 2009.
- OLIVEIRA JÚNIOR, S.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; SOUTO, P. C.; MAIOR JÚNIOR, S. G. S. Adubação com diferentes esterços no cultivo de moringa (*Moringa oleifera Lam.*). **Revista Verde**, v.4, n.1, p.125–134, 2009.
- OLIVEIRA, V. C.; NASCIMENTO, M. H.; SANTOS, A. R.; SOUZA, L. S. Efeito da matéria orgânica no crescimento de plantas de girassol (*Helianthus annuus L.*) cultivadas em Latossolo Amarelo. **Revista Biociências**, v.22, n.1, p.1-9, 2016.
- OURIVES, O. E.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. marandú. **Pesq. Agropec. Trop.**, v.40, n.2, p.126-132, 2010.
- PEREIRA, T. A.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. S.; PAIVA, E. P.; SOUZA, D. L.; SILVA, V. N.; SOUZA, F. M. Esterco ovino como fonte orgânica alternativa para o cultivo do girassol no semiárido. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.10, n.1, p.59- 64, 2014.
- PLACHÁ, I.; VENGLOVSKY, J.; MAKOVA, Z.; MARTINEZ, J. The elimination of *Salmonella typhimurium* in sewage sludge by aerobic mesophilic stabilization and lime hydrated stabilization. **Bioresource Technology**, v.99, p.4269-4274, 2008.
- PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.4, p.491-512, 2006.
- PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.3, p.187-193, 2006.
- PRIMAVESI, A. **Manejo biológico do solo: A agricultura em regiões tropicais**. 8.ed. São Paulo: Nobel, 1989, 541p.
- QUADROS, D.G.; OLIVER, A.P.M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P.H.F.; FERREIRA, E.J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.3, p.326– 332, 2010.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 420 p. 2012.

RANGEL, M. A. S.; MINUZZI, A.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; CARDOSO, P. C. Efeitos da interação genótipos x ambientes no rendimento de grãos e nos teores de proteína de cultivares de soja. **Revista Acta Sci. Agron.**, v.29, n.3, p.351-354, 2007.

RATHOD, P. H.; PASTEL, J. C.; SHAH, M. R.; JHALA, A. J. Recycling gamma irradiated sewage sludge as fertilizer: A case study using onion (*Allium cepa*). **Applied Soil Ecology**, v.41, p.223-233, 2009.

REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, p.155-159, 2005.

RIBEIRINHO, V. S.; MELO, W. J.; SILVA, D. H.; FIGUEIREDO, L. A.; MELO, G. M. P. Fertilidade do solo, estado nutricional e produtividade de girassol, em função da aplicação de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.166-173, 2012.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washinton: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160p. Agricultural Handbook, 60.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.7, n.2, p.263-268, 2003.

RODRIGUES, A. C.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, T. A. G.; CAMPOS, V. B.; DINIZ, A. A. Caracterização de frutos de maracujazeiro-amarelo em solo tratado com “biofertilizante supermagro” e potássio. **Revista Magistra**, v.20, n.3, p.264-272, 2008.

RODRÍGUEZ, J. D., ROMERO-GARCÍA, J.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, R.; ANGULO SÁNCHEZ, J. L. 2002. Characterization of proteins from sunflower leaves and seeds: Relationship of biomass and seed yield. p. 143–149. In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (Eds.), **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 2002. P.143-149.

SACHS, L. G.; PORTUGAL, A. P.; FERREIRA, S. H. P.; IDA, E. L.; SACHS, P. J. D.; SACHS, J. P. D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Revista Semina**, v.27, n.4, p.533-546, 2006.

SAKATA SEED CORPORATION. **Sakata’s reliable seeds**: flower seed catalogue 2001-2003. Bragança Paulista: Sakata Sementes Agroflora, 2003. 99 p.

SALGADO, P. R.; DRAGO, S. R.; MOLINA ORTIZ, S. E.; PETRUCCELLI, S.; ANDRICH, O.; GONZÁLEZ, R. J.; MAURI, A. N. Production and characterization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) protein- enriched products obtained at pilot plant scale. **Journal LWT – Food Science and Technology**, v.45, p.65-72, 2012.

SANTOS, A. C. V. **Biofertilizante líquido**: o defensivo agrícola da natureza. Niterói: EMATER-RIO, 1992.16p (Agropecuária Fluminense, 8).

SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. CAMARGO, F. O. (eds) **Fundamentos da matéria orgânica no solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

SANTOS, E. L. **Desempenho de cultivares de soja sob déficit hídrico**. 2009. 114f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009a.

SANTOS, L.G. **Suprimento de fósforo e boro no desenvolvimento e rendimento de óleo na cultura de girassol em Latossolo Amarelo Coeso**. 2009. 79f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009b.

SANTOS, P. R.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Acúmulo de cátions em dois cultivares de feijoeiro crescidos em soluções salinas. **Revista Ceres**, v.56, p.666-678, 2009.

SANTOS, J. F.; BRITO, C. H.; SANTOS, M. C. C. A. Avaliação da produção de batata-doce em função de níveis de adubação orgânica. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.4, p.663-666, 2010a.

SANTOS, L. G.; MELO, F. V. S. T.; SOUZA, U. O.; PRIMO, D. C.; SANTOS, A. R.; Fósforo e boro na produção de grãos e óleo no girassol. **Enciclopédia biosfera**, v.6, n.11; 2010b.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T. Doses de esterco bovino em relação ao desempenho produtivo do girassol no Agreste Paraibano. **Tecnol. e Ciên. Agropec.**, v.7, n.2, p.20-28, 2013.

SANTOS, Z. M. **Cultivo de girassol em diferentes épocas no norte fluminense: características morfológicas, produtivas e teor de óleo**. 2014. 61 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

SARTOR, L. R.; ASSMANN, A. L.; ASSMANN, T. S.; BIGOLIN, P. E.; MIYAZAWA, M.; CARVALHO, P. C. F. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.2, p.661-669, 2012.

SCHMIDT, M. W., TORN, M. S., ABIVEN, S., DITTMAR, T., GUGGENBERGER, G., JANSSENS, I. A., KLEBER, M., KÖGEL-KNABNER, I., LEHMANN, J., MANNING, D. A., NANNIPIERI, P. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, v.478, p.49–56, 2011.

SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, v.57, n.1, p.185-189, 2000.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; PINTO, C. L. O.; SALGADO, L. T. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.6, p.638–644, 2008.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e casca de

mamona estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.5, n.1, 2004.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p.879-882, 2006.

SEZEN, S. M.; YAZARB, A.; KAPURB, B.; TEKINB, S. Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. **Agricultural Water Management**, v.98, p.1153-1161, 2011.

SHARP, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant Cell Environment**, v.25, n.2, p.211-222, 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 235p.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entrassafra com diferentes lâminas de água. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.11, n.5, p.482- 488, 2007a.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; REIS, R. P.; SANTANA, M. J.; MATTIOLI, W. Viabilidade Técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, n.31, n.1, p.200-205, 2007b.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.

SILVA, H. P.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; SAMPAIO, R. A.; DUARTE, R. F.; NEVES, J. M. G.; AQUINO, C. F. Momento ideal para a colheita do girassol em função da coloração do dorso dos capítulos. **Revista Agrarian**, v.2, n.4, p.41-48, 2009.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.57-64, 2011.

SILVA, A. R. A. **Irrigação plena e com déficit em diferentes estádios fenológicos da cultura do girassol no semiárido cearense**. 2012. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, 2012.

SILVA, J. A. S.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A. N. P./ ARAUJO, M. A. M. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.3, p.253–257, 2012.

- SILVA, S. S.; WANDERLEY, J. A. C.; BEZERRA, J. M.; CHAVES, L. H. G.; SILVA, A. A. R. Crescimento do girassol com níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **Revista ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, n.2, p 104-110, 2014.
- SILVEIRA, F. M.; FAVARETTO, N.; DIECKOW, J.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M.; SILVA, E. D. Dejeito líquido bovino em plantio direto: Perda de carbono e nitrogênio por escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1759-1767, 2011.
- SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D. **Época de plantio de girassol para as condições dos cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 5p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 9).
- SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for cro water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45p.
- SOARES, S. R.; GALBIATTI, J. A. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura na *Brachiaria brizantha* 'Marandu'. **Rev Colomb Cienc Anim**, v.4, p.185-203, 2012.
- SOBRINHO, S. P.; TIEPPO, R. C.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico. **Enciclopédia biosfera**, v.7, n.12, p. 1-12, 2011.
- SOMAVILLA, A.; SILVA, V. R.; ROS, C. O.; MORAES, M. T.; LUZ, F. B. Potencial agrícola do uso de resíduo de indústria de carnes em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.3, p.311-317, 2014.
- SOUSA G. G.; LACERDA, C. F.; SILVA, G. L.; FREITAS, C. A. S.; CAVALCANTE, L. F.; SOUSA, C. H. C. Acumulação da biomassa, teores e extração de micronutrientes em plantas de milho irrigada com águas salinas. **Revista Agropecuária Técnica**, v.31, n.2, p.1-10, 2010.
- SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M. de; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MESQUITA, J. B. R.; VIANA, T. V. A. Características agrônômicas do amendoimzeiro sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes. **Revista Agro@mbiente**, v.6, n.2, p.124-132, 2012.
- SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; BRAGA, E. S.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; BORGES, F. R. M. Fertirrigação com biofertilizante bovino: Efeitos no crescimento, trocas gasosas e na produtividade do pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.503-509, 2013.
- SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; DIAS, C. N.; SILVA, G. L.; AZEVEDO, B. M. Lâminas de irrigação para cultura do gergelim com biofertilizante bovino. **Revista Magistra**, v.26, n.3, p.343-352, 2014a.
- SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente**, v.8, n.3, p.359-367, 2014b.
- SOUZA, J. S. I.; PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F. F. **Enciclopédia Agrícola Brasileira: A – B**. São Paulo: EdUSP, 1995. 508p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TIMM, P. J.; GOMES, J. C. C.; MORSELLI, T. B. Insumos para agroecologia: Pesquisa em vermicompostagem e produção de biofertilizantes líquidos. **Revista Ciência e Ambiente**, v.15, n.29, p.131-140, 2004.

UCHÔA, S. C. P.; IVANOFF, M. E. A.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.8-15, 2011.

UNGARO, M. R. G. **Cultura do girassol**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.36 p. (Boletim Técnico, 188).

VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Revista Irriga**, v.17, n.2, p.126-136, 2012.

VITTI, G. C.; DOMENICONI, C. F. Dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta visando boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e técnicas de suporte. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (eds) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Ed: Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010, p. 145-199.

VITTI, G. C.; LIMA, E. CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, SBCS, 2006. p.299-325.

VOET, D., VOET, J. G., PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica: A vida em nível molecular** (2ª ed.). Porto Alegre: Artmed, 2008.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.425-433, 2010.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; FOLEGATTI, M. F. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. I. Características do solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.1, p.22–28, 2011.