

FRANCISCA MARIA DA SILVA CORREIA

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA

Serra Talhada-PE

2015

FRANCISCA MARIA DA SILVA CORREIA

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Serra Talhada-PE

2015

Ficha catalográfica

C824c Correia, Francisca Maria da Silva.

Crescimento e produtividade do girassol em função da adubação nitrogenada / Francisca Maria da Silva Correia. – Serra Talhada: O Autor, 2015.

50 f.: il.

Orientador: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2015.

Inclui Referências.

1. *Helianthus annuus* L. 2. Girassol. 3. Biodiesel. 4. Nitrogênio. 5. Produção de óleo. 6. Sistema Radicular. I. Oliveira, Emídio Cantídio Almeida de, orientador. II. Título.

CDD 631

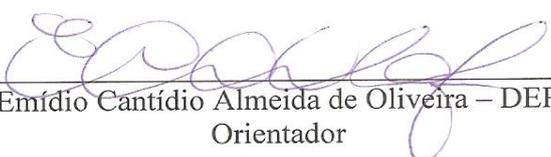
FRANCISCA MARIA DA SILVA CORREIA

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 17 / 06 / 2015.

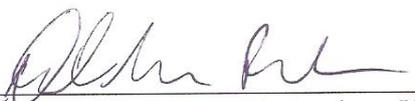
Banca Examinadora



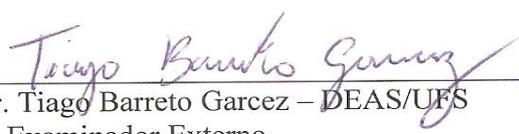
Prof.º Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira – DEPA/UFRPE
Orientador



Prof.º Dr. Alexandre Campelo de Oliveira – UAST/UFRPE
Examinador Interno



Prof.º Dr. Alexandre Tavares da Rocha – UAG/UFRPE
Examinador Externo



Prof.º Dr. Tiago Barreto Garcez – DEAS/UFS
Examinador Externo

A Deus razão do meu viver, a minha avó Ana Maria (*in memoriam*), meu avô José Cícero, minha mãe Maria das Dores, minha irmã, meu irmão (*in memoriam*), afilhados e sobrinhos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus sempre e em todo momento, pelo dom da vida, pelas copiosas graças, por seu infinito amor e misericórdia, a Jesus Eucarístico fonte vida “a Ele a honra, a Ele a glória, e o domínio e o poder, toda força e exaltação!” ontem, hoje e sempre. A Santíssima Trindade manancial de inefável amor e a Nossa Senhora “*Tuus totus ego sum, et omnia mea tua sunt*” *hódie et semper Mariae*.

A família por ser a base onde todos os passos são alicerçados, minha mãe, minha irmã, ao meu avô José Cícero, minha avó Ana Maria (*in memoriam*), Fabiano, pelos princípios transmitidos e por todos os ensinamentos e firmeza nas mais variadas circunstâncias.

Aos afilhados, Fábio, William, Robson, Maria e ao também sobrinho Vítor Gabriel e a Ana Vitória pelas constantes alegrias e ensinamentos e por todo o carinho manifesto.

Ao padre Manuel dos Santos Neves (*in memoriam*) pelos inúmeros ensinamentos e pelos conselhos referentes a esta etapa da minha vida.

Ao meu orientador Professor Emídio Cantídio Almeida de Oliveira pela orientação.

Aos professores do mestrado pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

Aos Professores da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Thieres Freire, Walter Evangelista, Genival Barros Jr. e Carlos Teixeira pela gentileza e auxílio quando busquei ajuda.

A Fabiana Aquino, Israelle Sousa, Patrícia Souza, Juliana Felix, Tchiara Alves, Patrícia Costa, José Ailton, Roneilson Costa, Paulo, Marcelo Andrade, Radamés, Maércio Farias por toda a ajuda prestada e a Francilene Alves.

A Luiz Ferreira, Domingos Neto, Moab Andrade.

As amigas da casa de estudante da sede pela convivência diária.

Aos amigos de sempre e da vida toda por compreenderem minha ausência nesse período do curso, pelo fortalecimento da amizade em meio à distância e por me fazerem e se fazerem presentes mesmo ausentes.

A Irá Façanha pelas palavras de incentivo e pelo durante toda minha vida acadêmica.

A Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC) e todos os funcionários do Laboratório de Solos e Adubação pela acolhida e por todo o auxílio prestado.

Ao Centro de Apoio à Pesquisa (Cenapesq) e funcionários pelo acolhimento para a realização das análises.

A EMBRAPA pela concessão das sementes de girassol.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa.

A todos que de alguma forma na medida das suas forças contribuíram nem muito e nem pouco, mas na proporção necessária do que estavam ao seu alcance para o cumprimento desse trabalho os meus sinceros agradecimentos.

Nada te perturbe,
Nada te espante,
Tudo passa
Só Deus não muda
A quem Deus tem
Nada falta
Só Deus basta.
(Santa Teresa de Ávila)

CORREIA, Francisca Maria da Silva. **Crescimento e produtividade do girassol em função da adubação nitrogenada.** 2015. 50 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2015. Orientador: Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira.

RESUMO

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) apresenta tolerância a baixas temperaturas na fase inicial de desenvolvimento, resistência à seca e rendimento pouco afetado por fatores como latitude, altitude e fotoperíodo. Em virtude de sua adaptação as condições adversas, o girassol pode ser considerado como opção para o Semiárido para a produção do Biodiesel nessa região em que as chuvas ocorrem em menor quantidade e de forma irregular, aumentando o déficit hídrico. Assim, objetivou-se avaliar os atributos de crescimento, a produção de massa seca da parte aérea e da raiz, bem como os atributos de produtividade de duas variedades de girassol em relação à adubação nitrogenada no sertão pernambucano. O experimento foi realizado, em campo, na área experimental da Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Os tratamentos consistiram da avaliação de duas cultivares de girassol (BRS 122 e BRS 324) e quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com seis repetições e disposto em arranjo fatorial de 2 x 4. O crescimento foi avaliado aos 45, 53, 60, 67 e 90 dias após a semeadura (DAS), sendo mensurado a altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e diâmetro do capítulo. A produção foi quantificada pela produção de massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa de 1000 aquênios, produtividade de aquênios, produtividade e teor de óleo avaliados no final do ciclo. Para a produção de massa seca da parte aérea foi realizada a avaliação aos 53, 60, 70, 81, 104 DAS. Para os parâmetros altura, diâmetro do capítulo e número de folhas a interação foi significativa entre dose e variedade. Para o diâmetro do caule a variedade BRS 122 obteve os maiores diâmetros em relação à BRS 324. A produtividade de aquênios e teor de óleo diferiram com a adubação nitrogenada, diferentemente da massa de 1000 aquênios que não apresentou efeito da adubação nitrogenada. Para a avaliação ao longo do ciclo, a BRS 122 obteve maior altura, diâmetro do caule e número de folhas no tempo final de avaliação. Entretanto o fornecimento de N não foi significativo para massa seca de raiz, houve diferença apenas em profundidade, no qual a maior densidade de raiz se concentrou na camada de 0-0,20 m.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., Biodiesel, Nitrogênio e Produção de óleo.

CORREIA, Francisca Maria da Silva. Sunflower growth and productivity in function of nitrogen fertilization. 2015. 50 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2015. Orientador: Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira.

ABSTRACT

The sunflower crop (*Helianthus annuus* L.) presents tolerance to low temperatures in the early stage of development, drought tolerance and yield little affected by factors such as latitude, altitude and photoperiod. Because of its adaptation to adverse conditions, sunflower can be considered as an option for the Semi-Arid, for the production of Biodiesel in this region where the rains occur in fewer and unevenly, increasing the water deficit. The objective was to evaluate the attributes of growth, dry matter production of shoot and root, as well as two varieties of sunflower productivity attributes in relation to nitrogen fertilization in Pernambuco hinterland. The experiment was carried out in the field, in the experimental area of the Academic Unit of Serra Talhada. The treatments consisted of the evaluation of two sunflower cultivars (BRS 122 and BRS 324) and four nitrogen rates (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹). The treatments were distributed in randomized blocks with six replications and arranged in a factorial arrangement of 2 x 4. For the attributes of growth, they were assessed at 45, 53, 60, 67 and 90 days after sowing (DAS), the height plant, stem diameter, leaf number and diameter of the head. The production consisted attributes quantification of dry matter production of shoot and root mass of 1000 seeds, achenes productivity, yield and oil content evaluated at the end of the cycle. For dry matter yield of shoot was done the evaluation at 53, 60, 70, 81, 104 DAS. For the time parameters of Chapter diameter and number of the leaves was significant interaction between dose and variety. To stem diameter the variety BRS 122 obtained the larger diameters in relation to BRS 324. The productivity of achenes and oil content differed with respect to doses, unlike the mass of 1000 seeds that had no effect of nitrogen fertilization. For evaluation throughout the cycle, the BRS 122 achieved greater height, stem diameter and number of sheets in the final evaluation time. However, the supply of nitrogen was not significant for root dry weight, there was difference in depth only, which most concentrated root density at a depth of 0-0.20 m.

Keywords: *Helianthus annuus* L., Biodiesel, nitrogen and oil production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento, de 31 de janeiro a 05 de junho de 2014.....	19
Figura 2	Modelo sigmoidal, identificação do término das fases de crescimento em altura e produção de massa seca da parte aérea ($T_{1^{\circ}fase}$ e $T_{2^{\circ}fase}$).	25
Figura 3	Crescimento em altura da planta (A), crescimento do diâmetro do caule (B) e diâmetro médio do caule (C) para variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.....	27
Figura 4	Crescimento em número de folhas para as variedades BRS 122 (A) e BRS 324 (B), e o número médio de folhas (C), em relação à adubação nitrogenada.....	29
Figura 5	Produção de biomassa seca da parte aérea das variedades de girassol BRS 122 (A), BRS 324 (B) em relação à adubação nitrogenada.....	30
Figura 6	Altura da planta (A), número de folhas por planta (B) ao final do ciclo de crescimento, em relação à adubação nitrogenada.....	33
Figura 7	Produção de biomassa seca dos componentes da parte aérea do girassol; folha (A), Caule (B), Capítulo (C) e Massa seca total (D), em relação à adubação nitrogenada.....	35
Figura 8	Diâmetro do capítulo (A), Massa de 1000 aquênios (B), Produtividade de aquênios (C), Teor de óleo nos aquênio (D) e Produtividade de óleo (E), relação à adubação nitrogenada.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização química e física do solo da área experimental. Serra Talhada, 2013.....	21
Tabela 2	Análise de variância e valores médios das variáveis de crescimento e produção de biomassa da parte aérea do girassol ao longo do ciclo de cultivo.....	26
Tabela 3	Atributos de crescimento de variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.....	32
Tabela 4	Compartimentação da biomassa seca da parte aérea de duas variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.....	34
Tabela 5	Atributos de produtividade de variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.....	36
Tabela 6	Biomassa seca da raiz de variedades de girassol em profundidade e em relação à adubação nitrogenada.....	40
Tabela 7	Volume, área superficial e diâmetro médio ponderado da raiz em duas variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.....	41
Tabela 8	Comprimento de diferentes diâmetros de raiz em variedades de girassol adubadas com nitrogênio.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Girassol.....	15
2.2 Semiárido e Nitrogênio.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Identificação e condução experimental.....	19
3.2 Avaliações de crescimento e produção de biomassa da parte aérea	22
3.3 Avaliações dos atributos de produtividade.....	22
3.4 Avaliação do sistema radicular do girassol.....	23
3.5 Análise Estatística.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é originário da América do Norte e adapta-se a diferentes condições edafoclimáticas, possuindo rendimento pouco afetado por fatores como latitude, altitude e fotoperíodo (SOUZA et al., 2004). Segundo Silva et al. (2011) e Castro e Farias (2005), a cultura necessita de no mínimo 200 mm e no máximo de 900 mm de água durante seu crescimento, de modo a não afetar a produtividade, contudo, em sua maioria valores entre 400 a 500 mm ao longo do ciclo proporcionam resultados expressivos, próximos do potencial máximo. Essas particularidades lhe conferem ampla adaptabilidade, o que proporciona perspectivas para que o seu cultivo seja expandido em diferentes regiões, como o Semiárido do Brasil (MORAIS et al., 2011).

Além do potencial de adaptação de cultivo no Semiárido, o girassol se destaca para o Nordeste em virtude do elevado teor de óleo, em torno de 48% em suas sementes, o que lhe confere potencial de uso como matéria prima para fornecimento de óleo renovável para o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), criado pela lei 11.097/2005, que visava à adição de 5% do biodiesel ao diesel comercial, percentual este elevado para 7% a partir de novembro de 2014 (SILVA et al., 2007; COSTA et al., 2015).

Com a criação do PNPB o país introduziu o biodiesel em sua matriz energética, almejando intensificar a produção de energia renovável, a partir de então foram classificadas as culturas com potencial energético (oleaginosas) para a difusão e expansão do seu cultivo em todas as regiões e dentre estas culturas encontra-se o girassol.

O programa ainda ressalta que metade da matéria prima adquirida para a produção do biodiesel seja advinda da região Nordeste e do Semiárido. Uma vez que a alta demanda por combustíveis à base de petróleo requer o uso de combustíveis alternativos a partir de fontes renováveis, como as oleaginosas, o que torna os biocombustíveis como alternativa ao diesel, reduzindo em 59% a emissão de dióxido de carbono. Os óleos vegetais são obtidos a partir de sementes de plantas oleaginosas e podem ser utilizados como fontes de energia em motores de combustão interna (SPINELLI e BASOSI, 2011).

Para atender a demanda do PNPB, é necessário que a cultura em questão apresente elevada produtividade de sementes até mesmo em condições pouco propícias para determinadas culturas de valor econômico e é neste contexto que o girassol se enquadra, através do seu potencial produtivo para a região semiárida. Nestas regiões, a maioria das culturas tem sua produção afetada em virtude da baixa disponibilidade de água e nitrogênio (N). No tocante ao N, os solos do Semiárido apresentam baixa disponibilidade desse nutriente o

que o torna limitante para as plantas (FREITAS et al., 2011) e a utilização de fertilizantes minerais é inacessível à maioria dos agricultores, ficando os cultivos na dependência da mineralização do N da matéria orgânica.

No entanto o N é o nutriente mais exigido e mais limitante a produtividade do girassol, como também o excesso ou a sua falta afetam na porcentagem de óleo nas sementes (SMIDERLE, 2000; OLIVEIRA et al., 2014). Biscaro et al. (2008) relatam a importância da adubação nitrogenada para o girassol, nas condições de Cassilândia-MS ao observarem aumento no crescimento e na produtividade da cultura com a adição do nutriente, ressaltando que naquelas condições a dose de maior eficiência foi de 55 kg ha⁻¹. Por outro lado Oliveira et al. (2012) destacam a dosagem 80 kg ha⁻¹ para maior produção de massa seca.

Estudos realizados por Oliveira et al. (2010) verificaram que a adubação nitrogenada promove aumento na produtividade do girassol, no número de folhas e na produção de matéria seca. Tal efeito também pode ser observado nos parâmetros de avaliação do sistema radicular, como observado por Sarmiento et al. (2008) ao verificar aumento no crescimento radicular em virtude da maior disponibilidade de N.

Considerando estudos que analisam a parte aérea do girassol e a influência que a adubação nitrogenada exerce sobre o crescimento e a produtividade não se deve negligenciar o sistema radicular, uma vez que a raiz é responsável pela absorção de nutrientes do solo. A avaliação do sistema radicular torna-se essencial quando se almeja otimizar a produtividade agrícola, visando um sistema de manejo racional, pois a dinâmica entre a planta, o solo e o ambiente implica na forma em que as raízes se distribuem no solo (FANTE JÚNIOR et al., 1994,1999).

A raiz é responsável primariamente pela fixação no solo, absorção de água e de nutrientes (RAVEN et al.,1996). Elas desempenham importante papel para as plantas, no entanto ainda são pouco estudadas, devido a difícil acessibilidade e metodologias trabalhosas.

Na literatura são relativamente poucos os estudos que se aprofundam sobre elas, grande parte destes relaciona-se à compactação do solo e como este fator pode alterar o desenvolvimento das raízes, Queiroz-Voltan et al. (2000) afirmam que uma vez prejudicado o desenvolvimento das raízes refletirá na absorção e nutrição da planta, já que esta não irá dispor dos nutrientes com a eficiência necessária.

Vasconcelos et al. (2003) enfatizam que devido a fatores como cultura, manejo utilizado e o tipo de solo não há uma forma totalmente perfeita de avaliação do sistema radicular, uma vez que deverá adequar o método escolhido as condições do momento da avaliação.

Dentre os métodos existentes geralmente são utilizados os métodos diretos o que dificulta o processo devido haver necessidade de se dispor de bastante tempo tornando-se também trabalhosos, pois há ampla movimentação do solo e expressivas quantidades de amostras vegetais, contudo deve-se levar em consideração o objetivo e os recursos disponíveis (ENCIDE-OLIBONE et al., 2008).

Diante do contexto, objetivou-se avaliar o crescimento e a produção de biomassa da parte aérea e da raiz, bem como os atributos de produtividade de duas variedades de girassol cultivadas na Mesorregião do Sertão Pernambucano, em relação à adubação nitrogenada, visando conhecer suas exigências e respostas, bem como os efeitos que a adubação nitrogenada promove sobre as suas características agronômicas e agroindustriais, e os ganhos em crescimento e produtividade advindos deste nutriente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) tem origem na América do Norte e é pertencente à família Asteraceae e foi utilizado apenas como planta ornamental até meados do século XVIII e a partir de então passou a ser utilizado para fins comerciais (CASTRO et al., 1997; DALL'AGNOL et al., 2005). Apresenta características agronômicas importantes como resistência à seca, ao frio e ao calor (GOMES et al., 2006).

Sua introdução no Brasil teve início no século XIX, na região Sul, trazido provavelmente pelos colonizadores europeus que consumiam as sementes torradas e fabricavam uma espécie de chá (PELEGRINI, 1985). O girassol pode ser utilizado em diversas finalidades como: flor ornamental, grãos in natura, farelo, forragem, silagem para alimentação animal, também pode ser consumido na alimentação humana in natura, tostado, salgado e envasado (GAZZOLA et al., 2012).

A planta de girassol apresenta sistema radicular pivotante e inflorescência chamada capítulo composta por flores sésses classificadas como tubulares (flores férteis) que são compostas de cálice, corola, androceu e gineceu e as liguladas (ou pétalas) que possuem um ovário, cálice rudimentar e corola transformada e aquênios que são os frutos secos, indeiscentes, compostos por pericarpo (casca) e semente (polpa) (CASTIGLIONI et al., 1997; ROSSI, 1998).

O crescimento e desenvolvimento do girassol dividem-se em duas fases: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa compreende o período desde a germinação até a emissão do botão floral, sendo dividida em Ve (emergência) e Vi, esta caracterizada pelo aparecimento de folhas verdadeiras e pelo número de folhas com no mínimo 4,0 cm de comprimento (V1, V2, V3, V4 e Vn). A fase reprodutiva divide-se em R1(a inflorescência circundada pela bráctea imatura torna-se visível), R2 e R3 (elongação do internódio imediatamente abaixo da base da inflorescência), R4 e R5 (abertura da inflorescência e início da antese), R6 (antese completa e as flores liguladas perdem a turgidez) R7 e R8 (enchimento de aquênios) e R9 (maturação fisiológica) (CASTIGLIONI et al., 1997; CASTRO e FARIAS, 2005).

Atualmente é crescente o interesse pela cultura do girassol devido ao potencial como planta oleaginosa para a produção de biocombustíveis visando à diminuição da dependência energética externa e de combustíveis fósseis, associado à excelente qualidade do óleo, rico em ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o ácido linoleico (66 %), em média, uma semente de girassol possui cerca de 24 % de proteínas, 20 % de carboidratos totais e 4 % de

minerais (MANDARINO, 1992; ALMEIDHA, 2011; SALGADO et al., 2012). Além da excelente qualidade, o teor de óleo nas sementes é alto, proporcionando assim maior rendimento na produção de óleo por hectare (LAZZAROTTO et al., 2005).

A demanda por óleos vegetais tem aumentado de forma significativa impulsionada pela busca de alternativas às energias não renováveis. Assim, a cultura do girassol pode ser adotada como opção viável, pois, além do teor e qualidade do óleo, ela pode ser produzida em larga escala e com alto rendimento (ZOBIOLE et al., 2010).

Como alternativa, o cultivo do girassol vem sendo estudado como uma cultura em potencial para a produção não apenas de óleo comestível, mas principalmente para produção do biodiesel, uma vez que no Brasil a principal matéria prima utilizada para este fim é a soja. Dessa forma, o girassol pode tornar-se concorrente direto à soja e alternativa para os agricultores no Semiárido na produção de Biodiesel, devido ao ciclo curto, pouca exigência em água e ao alto teor de óleo nas sementes, tornando-se como opção em comparação com a mamona que ainda não apresentou produção satisfatória.

No entanto para que a cultura atinja a produtividade esperada é fundamental o suprimento da demanda nutricional da mesma, neste caso o nitrogênio se apresenta como o nutriente mais exigido pelas culturas, inclusive o girassol, no qual sua ausência limita o crescimento e impede a planta de completar seu ciclo. Assim, em uma região em que os solos têm baixa disponibilidade de nitrogênio, devido a menor mineralização do nitrogênio da matéria orgânica, o suprimento deste nutriente para as culturas torna-se primordial, bem como identificar a quantidade necessária para a planta se desenvolver satisfatoriamente.

2.2. Semiárido e Nitrogênio

O Semiárido brasileiro caracteriza-se por apresentar precipitações pluviométricas baixas e irregulares ao longo do ano e por consequência baixa intensidade agrícola. Nessas áreas não se faz uso das tecnologias agrícola, uma vez que a sua difusão raramente chega até o agricultor o que poderia vir a contribuir para o estabelecimento e consequentemente a manutenção de um sistema de cultivo mais produtivo, o que ocorre ainda é a agricultura de baixa intensidade tecnológica, na qual o agricultor não dispõe de tais alternativas, o que o leva a prática de uma agricultura itinerante, dessa forma não obtém a produtividade esperada, mas ao contrário, em determinados anos agrícolas sofre perdas significativas no plantio.

As culturas em sua maioria quando cultivadas em tais condições não expressam toda a sua capacidade produtiva, promovendo perdas significativas na produção. Esta baixa produtividade torna-se fator principal para a intensificação do êxodo rural, o que torna estas

áreas desertificadas vindo a culminar no enfraquecimento da agricultura principalmente a familiar.

A região do Semiárido brasileiro é caracterizada por temperaturas elevadas superior a 25°C, com evaporação média anual superior a 2.000 mm, insolação média de 2.880 h/ano pluviosidade bastante irregular, solos pouco intemperizados e pequena produção de fitomassa, tendo assim poucas opções agrícolas rentáveis, que sustentem os produtores nas áreas rurais. De forma geral, os solos da região semiárida são pouco férteis devidos principalmente, à baixa disponibilidade de nitrogênio e fósforo (SAMPAIO et al., 1995; SUDENE, 1996; MAIA et al., 2008).

A matéria orgânica do solo é a principal fonte de nitrogênio para as plantas e cerca de 95 % do nitrogênio do solo encontra-se em formas não disponíveis para as plantas. É por meio da decomposição da matéria orgânica do solo que o nitrogênio é disponibilizado sendo liberado gradativamente sob a forma mineral. Conseqüentemente, cada solo possui capacidade inerente de fornecer nitrogênio às plantas a partir da decomposição da matéria orgânica do solo, em quantidades e taxas distintas, que variam de acordo com o tipo de solo, a atividade microbiana e as condições ambientais (PATRIK, 1982; CAMARGO et al., 1997; CAMARGO et al., 1999).

Apesar de parte do nitrogênio orgânico contido no solo passar pelo processo de mineralização através da atividade microbiana, tal quantidade mineralizada, na maioria dos solos, não é suficiente para atender à demanda de culturas exigentes nesse nutriente. Além disto, o nitrogênio orgânico do solo é lentamente liberado, enquanto a taxa de demanda das culturas requer maior quantidade deste nutriente disponível no início do período de crescimento (STANFORD, 1973).

O nitrogênio é um elemento essencial às plantas e sua carência é constatada em solos tropicais, o critério de identificação da deficiência ocorre por meio do aparecimento de clorose generalizada das folhas, iniciando-se pelas folhas mais velhas, o que está relacionado com a participação do nitrogênio na estrutura da molécula de clorofila (CARVALHO et al., 2003).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais requeridos para o desenvolvimento da planta. Embora se apresente na camada arável do solo, em determinados casos em quantidades relativamente elevadas, sua baixa disponibilidade, somada à grande demanda pelas plantas, faz com que seja um dos nutrientes mais limitantes à produtividade da maioria das culturas (REIS et al., 2006).

Com base nestas questões a base da agricultura familiar na região Semiárida deve ser repensada e o cultivo de outras espécies adaptadas e de valor econômico deve ser introduzido em paralelo às culturas convencionais, como fonte de renda para estes agricultores.

Como alternativa, o cultivo do girassol por ser uma oleaginosa vem sendo estudado como uma cultura em potencial para a produção não apenas de óleo comestível, mas principalmente para produção do biodiesel, uma vez que no Brasil a principal matéria prima utilizada para este fim é a soja. Dessa forma, o girassol pode tornar-se concorrente direto à soja e alternativa para os agricultores no Semiárido na produção de Biodiesel, devido ao ciclo curto, pouca exigência em água e ao alto teor de óleo nas sementes, tornando-se como opção em comparação com a mamona que ainda não apresentou produção satisfatória.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Identificação e condução experimental

O experimento foi instalado, em campo, situado na área experimental da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada na Mesorregião do Sertão Pernambucano, latitude 7° 59' 7" Sul, longitude 38° 17' 34" Oeste e altitude de 443 metros. O clima da região é classificado como BSw'h', segundo a classificação de Köppen (PEREIRA et al., 2014), caracterizado como Semiárido, tipo estepe, com precipitação anual média inferior a 760 mm, seco e muito quente com temperatura média anual do ar superior a 25 °C. Os dados meteorológicos da precipitação pluviométrica durante a condução do experimento foram apresentados na figura 1.

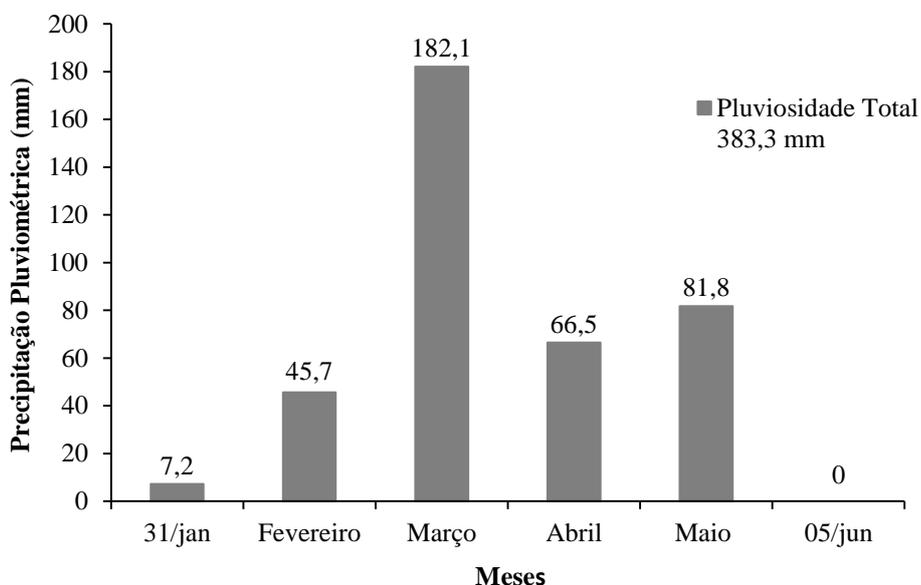


Figura 1. Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento, de 31 de janeiro a 05 de junho de 2014.

O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo Háplico de acordo com o sistema de classificação de solos da Embrapa, 2006 e para a caracterização física e química realizou-se a coleta de solo nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 metros (m) com o auxílio de um trado holandês (Tabela 1).

Os tratamentos constaram da avaliação de duas variedades de girassol (BRS 122 e BRS 324), três doses de nitrogênio; 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N. O experimento foi desenvolvido em

fatorial 2 x 4, utilizando o delineamento estatístico de blocos casualizados, com 12 repetições, perfazendo o total de 96 parcelas experimentais. As parcelas experimentais foram constituídas de 05 linhas de semeadura, espaçadas a 0,75 m, com 3,0 m de comprimento, perfazendo a área total de 11,25 m². A área útil foi constituída pelas 3 linhas centrais com 2 metros de comprimento, totalizando 4,5 m².

As variedades foram escolhidas em função do ciclo de crescimento curto, produtividade e teor de óleo. A BRS 122 possui ciclo precoce de aproximadamente 100 dias, apresenta porte baixo, produtividade média de 1.503 kg ha⁻¹ e teor de óleo médio de 39,9 %. É recomendada para todas as regiões do Brasil (EMBRAPA, 2013). A BRS 324 também apresenta característica de ciclo precoce, em torno de 103 dias, teor de óleo elevado em torno de 47% e apresenta produtividade média de 1.500 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2013).

Antes da implantação do experimento, o solo foi preparado de modo que nos seis meses que antecederam o semeio, as plantas espontâneas foram dessecadas com os herbicidas glifosato e 2,4-D. Com antecedência de 60 dias, foi realizada uma aração e duas gradagens até a profundidade de 30 cm.

Na semeadura foram abertas covas espaçadas em 0,75 m entre linhas e 0,30 m entre plantas. Nas covas foi realizada a adubação de fundação, no qual foram aplicado, na forma de ureia, 1/3 da adubação nitrogenada para cada tratamento. Após a adubação foram semeadas quatro sementes por cova. Aos 15 dias após o semeio (DAS) realizou-se o desbaste, permanecendo com duas plantas por cova, o que totalizou 100 plantas por parcela e 40 plantas por na área útil. Aos 40 DAS foi realizada a adubação de cobertura, sendo aplicado os 2/3 restantes da adubação nitrogenada e 111 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 12 kg ha⁻¹ de K₂O e 1 kg ha⁻¹ de B, utilizando as fontes ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e ácido bórico, respectivamente (RIBEIRO et al., 1999).

Após a emergência das plântulas foi realizado o controle das formigas cortadeiras do gênero *Atta* com aplicação de sulfluramida (Mirex). Devido à baixa precipitação nas fases iniciais de crescimento (Figura 1), o experimento foi conduzido sob o sistema de irrigação por gotejamento nos primeiros 30 dias iniciais de estabelecimento da cultura, sendo as lâminas aplicadas de acordo com evapotranspiração da cultura. Aos 28 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o controle entomológico aplicando acaricida/inseticida Abamectina (Vertimec) e o inseticida Thiamethoxam (Actara) em uma solução de 15 ml/20 l e 4 g/20 l respectivamente para o controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), mosca branca (*Bemisia tabaci*), cochonilha (*Icerya schrottkyi*), tripses (*Thrips palmi*), pulgão (*Aphis* spp.) e ácaro branco

(*Polyphagotarsonemus latus*). Aos 47 e 61 DAS foram realizadas duas capinas manuais para o controle das plantas espontâneas.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo da área experimental. Serra Talhada, 2013.

Propriedades	Profundidade (m)	
	0-0,2	0,2-0,4
<i>Atributos Químicos</i>		
pH	7,7	7,3
M.O. (dag /kg)	0,72	0,55
C (%)	0,42	0,32
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	0,60	0,50
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00
P (mg dm ⁻³)	360	360
K (cmol _c dm ⁻³)	1,08	1,06
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4,40	4,10
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,50	1,00
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,43	0,43
SB (cmol _c dm ⁻³)	7,41	6,59
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,01	7,09
V (%)	92,51	92,95
<i>Atributos Físicos</i>		
*Dg (g cm ⁻³)	1,29	1,30
**Dp (g cm ⁻³)	2,47	2,50
Porosidade total (%)	47,49	48,12
Argila natural (%)	4,46	4,46
Grau de flocculação (%)	61,52	61,52
Areia total (g kg ⁻¹)	783,6	818,6
Areia grossa (g kg ⁻¹)	517,4	519,4
Areia fina (g kg ⁻¹)	266,2	299,2
Silte (g kg ⁻¹)	100,4	65,4
Argila (g kg ⁻¹)	116,0	115,3

*Ds: Densidade do solo; **Dp: Densidade da partícula.

3.2. Avaliações de crescimento e produção de biomassa da parte aérea

Durante o crescimento do girassol foi realizada a biometria da parte aérea, sendo analisado aos 45, 53, 60, 67 e 90 DAS, em plantas previamente identificadas na área útil, a altura da planta medida do nível solo até a inserção do capítulo, o diâmetro do caule a 5,0 cm do solo, número de folhas que apresentaram comprimento mínimo de 3,0 cm e o diâmetro externo do capítulo (GUEDES FILHO et al., 2013; SILVA et al., 2013). O diâmetro do caule foi mensurado com o auxílio de um paquímetro e as demais variáveis foram mensuradas com uso de uma trena.

A produção de biomassa da parte aérea foi avaliada aos 53, 60, 70, 81 e 104 DAS, no qual foram coletadas amostras de quatro plantas por parcela. As plantas coletadas foram acondicionadas em sacolas plásticas, levadas ao laboratório e compartimentadas em caule, folha e capítulo quando presente. As amostras de material vegetal foram pesadas em balança analítica de precisão para obtenção da massa fresca, e posteriormente colocadas em sacos de papel kraft e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante, em seguida as amostras foram pesadas para obtenção do peso da massa seca.

3.3. Avaliações dos atributos de produtividade

A produtividade de aquênios e do óleo foi realizada aos 125 DAS, sendo coletados e contados os capítulos das plantas contidas na área útil. Após a coleta, os aquênios foram separados do capítulo, contados e pesados para obtenção da massa total de aquênios e a massa de 1000 aquênios (SILVA et al., 2009; GOMES et al., 2012). A produtividade de aquênios foi calculada a partir do produto da produção média de aquênios por planta pelo número de plantas em 10.000 m², considerando o espaçamento de 0,75 x 0,3 m e duas plantas por cova, que totalizou 88.889 mil plantas.

Após a pesagem, os aquênios foram secos em estufa de circulação fechada a 100 °C durante 24 horas (ROSSETO et al., 2012) e moídas em moinho tipo Willey. Em seguida para a extração do óleo pesou-se em balança analítica de precisão 10 g da amostra para a extração em extrator de gorduras e lipídeos, utilizando-se o hexano como solvente, no qual as amostras foram imersas permanecendo assim por um período de quatro horas (CAVALCANTE et al., 2011). A produtividade de óleo (kg ha⁻¹) foi calculada a partir do produto do teor de óleo (dag kg⁻¹) pela massa de aquênios em 10.000 m², a partir da massa de aquênios produzidos na área útil das parcelas.

3.4 Avaliação do sistema radicular do girassol

Após identificar a dose que promoveu a maior produtividade de aquênio, realizou-se a coleta do sistema radicular das duas variedades nos tratamentos 0 e 80 kg ha⁻¹ de N. A coleta da raiz foi realizada em trincheiras abertas no solo nas dimensões de 0,35 x 0,15 x 0,50 m para a retirada da planta inteira com o sistema radicular intacto. Após a coleta, a planta foi cortada rente ao solo e levada para laboratório para ser seccionada em caule, folha e capítulo que foram pesados e levados para secar em estufa a 60 °C até atingir peso constante. As seções de trincheiras de solo coletados, foram separados nas profundidades de 0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m e acondicionados em sacos de rafia com capacidade para 60 kg. Em seguida, os blocos maiores foram cuidadosamente quebrados em blocos menores e peneirados em peneira de 1 mm, de modo a separar as raízes do solo.

Após o peneiramento, as raízes foram acondicionadas em sacos de papel kraft, levadas ao refrigerador 10 °C e posteriormente lavadas em água corrente sob peneira de 1mm, de modo a separar as partículas de solo e evitar as perdas de raízes. Após a lavagem, as raízes foram secas sobre papel toalha a sombra em ambiente protegido e pesadas para determinação da massa úmida de raiz por planta.

Após a pesagem, as raízes foram tingidas com corante azul escuro (composição química diazo corantes, detergente, tensoativo, dispersante e cloreto de sódio) utilizado para tingimento de algodão, rami e sisal. O corante foi misturado à água previamente fervida até dissolução total, e em seguida a solução foi transferida para recipientes adaptados de garrafas de politereftalato de etileno (pet). As raízes foram mergulhadas na solução por 48 horas e posteriormente secas a sombra na temperatura ambiente.

Quando secas, as raízes foram separadas e colocadas sobre o scanner com o auxílio de pinça anatômica 14, de modo que não ocorresse à sobreposição. Em seguida foram obtidas as imagens no formato “jpeg” para serem analisadas no software SAFIRA (Sistema de Análise de Fibras e Raízes) da Embrapa (JORGE & RODRIGUES, 2008), sendo determinados o volume, a área superficial, o diâmetro ponderado e o comprimento de raiz por faixa de diâmetros diferentes.

Por fim, as raízes foram levadas para estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C até atingir peso constante, no qual foi obtida a massa seca. No cálculo da massa seca de raiz, foram descontados a massa do corante aderido nas raízes. Para tanto, a solução corante foi seca em estufa a 100 °C por 24 horas e pela diferença da massa do corante inicialmente utilizada e a massa de corante restante na solução, quantificou-se a quantidade retida nas raízes.

3.5 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à avaliação da distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Quando a distribuição dos dados foi considerada não normal, realizou-se a retirada dos outliers das repetições para cada tratamento utilizando o software SAS versão 9.0 (SAS INSTITUTE, 2002).

Após os tratamentos dos dados, as variáveis resposta foram submetidas à análise de variância (ANAVA), utilizando fatorial 2 x 4 em blocos casualizados. Quando significativas, as variáveis de caráter qualitativo foram comparadas a $p < 0,05$ de probabilidade, enquanto que as variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão. Como critérios para escolha dos modelos de regressão, foram selecionados aqueles que apresentaram maior coeficiente de determinação (R^2) e significância dos parâmetros da regressão até 10 % de probabilidade pelo teste t, bem como os modelos que melhor representaram o fenômeno. Para as variáveis volume e área superficial da raiz foi necessário realizar a transformação em Log (x) através do software SISVAR (FERREIRA, 2000).

A altura e a produção de biomassa seca da parte aérea durante o desenvolvimento do girassol foi ajustado ao modelo sigmoidal (SIGMA PLOT, 2008). Nessa equação, o ponto de inflexão (x_0) correspondeu à época (dias) em que ocorreu a taxa máxima de crescimento em altura (TMC) ou de produção de massa seca (TMPMS) (Figura 2). Os valores de TMC e TMPMS foram determinados pelo resultado obtido no ponto de inflexão (x_0) menos o constatado no dia anterior (LAVIOLA et al., 2009). Ainda para o modelo sigmoidal, o período em que ocorreram as fases de crescimento em altura (CA) e produção da massa seca (PMS), foi calculado utilizando os parâmetros da equação (b e x_0), conforme equação (1) e figura 2 (VENEGAS et al., 1998).

eq. Sigmóide (1)

$$\hat{y} = \frac{a}{1 + \exp\left[-\left(\frac{x - x_0}{b}\right)\right]} \quad (1)$$

Onde: a: ponto de máximo da curva; b: parâmetro de ajuste; x_0 : ponto de inflexão e x: dias após o semeio (DAS).

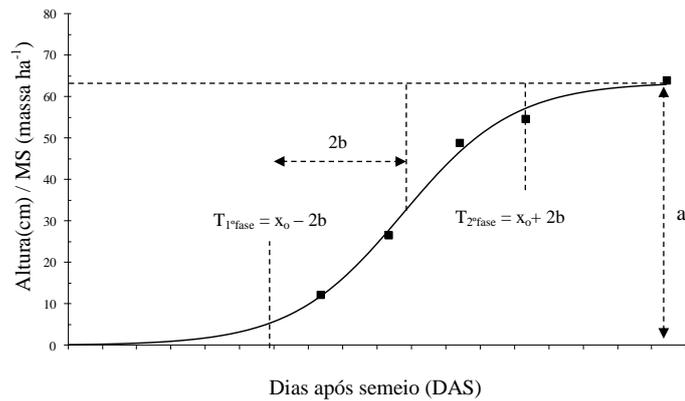


Figura 2. Modelo sigmoideal, identificação do término das fases de crescimento em altura e produção de massa seca da parte aérea ($T_{1ªfase}$ e $T_{2ªfase}$).

O momento na curva de acúmulo em que se iniciam os ganhos significativos foi representado pelo $T_{1ªfase}$, por outro lado o momento em que os acúmulos começam a se estabilizar foi indicado por $T_{2ªfase}$. Desse modo, o crescimento relativo em altura e a produção relativa de matéria seca foram obtidos a partir da diferença entre os valores mínimos e máximos calculados em cada fase (eq. 2), sendo os valores em percentagem, calculados em relação ao valor total obtido (eq. 3).

$$ARE = Af - Ai \quad (2)$$

$$ARE(\%) = \frac{ARE}{At} * 100 \quad (3)$$

Onde: Are - crescimento ou acúmulo relativo nas fases de desenvolvimento do girassol;
Af e Ai - crescimento ou acúmulo no final e no início das fases, respectivamente;
At - crescimento ou acúmulo total obtido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento do girassol ao longo do ciclo de cultivo apresentou diferença entre as variedades e as doses de N aplicadas, mostrando resultados distintos entre as variáveis analisadas (Tabela 2). O crescimento em altura do girassol se ajustou ao modelo sigmoidal, sendo verificadas três fases (Figura 3A). A primeira fase teve duração de 34 dias e caracterizou-se por baixo ganho em altura (11,9 %), enquanto que na segunda fase verificou-se o maior crescimento, correspondendo a 76,2 % do total, com duração até os 60 DAS. A terceira fase obteve duração de 30 dias e foi responsável por 11,8 % da altura final da planta.

Durante o crescimento do girassol a altura da planta foi influenciada pela adubação nitrogenada, porém não apresentou diferença entre as variedades (Tabela 2). Nas duas primeiras fases de crescimento do girassol, não se observou diferença entre as doses de N, no entanto para terceira fase as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N proporcionaram portes mais elevados (Figura 3A).

Tabela 2. Análise de variância e valores médios das variáveis de crescimento e produção de biomassa da parte aérea do girassol ao longo do ciclo de cultivo.

Dose kg ha ⁻¹ de N	Altura		Diâmetro do Caule		Número de Folhas/planta		Massa Seca Total	
	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324
	-----cm-----						-----kg ha ⁻¹ -----	
F _{variedade}	86,910 ^{**}		46,144 ^{**}		44,103 ^{**}		64,154 ^{**}	
F _{dose}	3,497 [*]		1,790 ^{ns}		0,780 ^{ns}		1,892 ^{ns}	
F _{tempo}	224,409 ^{**}		42,388 ^{**}		47,199 ^{**}		542,810 ^{**}	
F _{v x d}	0,595 ^{ns}		3,663 [*]		7,214 ^{**}		5,568 ^{**}	
F _{v x t}	1,446 ^{ns}		0,163 ^{ns}		2,761 [*]		5,423 ^{**}	
F _{d x t}	2,281 ^{**}		1,174 ^{ns}		2,585 ^{**}		2,221 [*]	
F _{v x d x t}	1,742 ^{ns}		0,857 ^{ns}		1,253 ^{ns}		3,276 ^{**}	
CV(%)	20,91		29,58		18,35		34,95	

^{**}, ^{*}, Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F. v: Variedade; d: Dose; t: dias após o semeio (DAS).

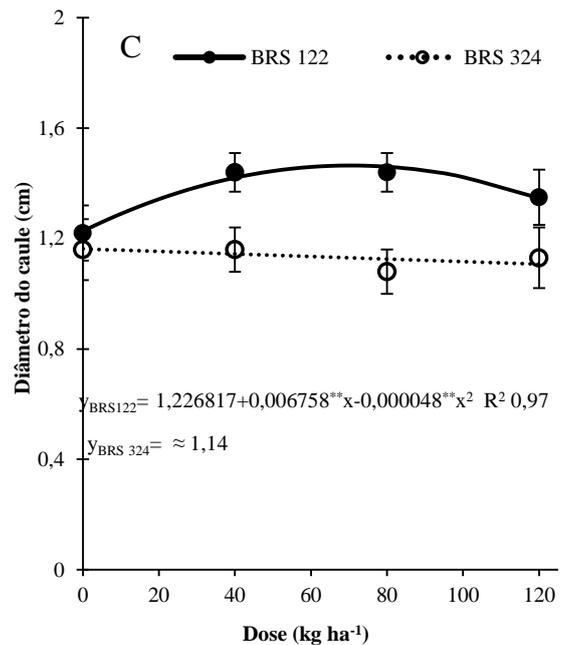
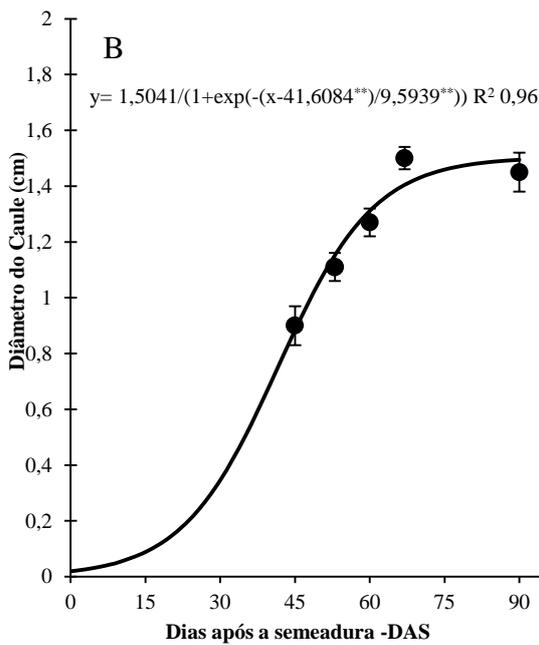
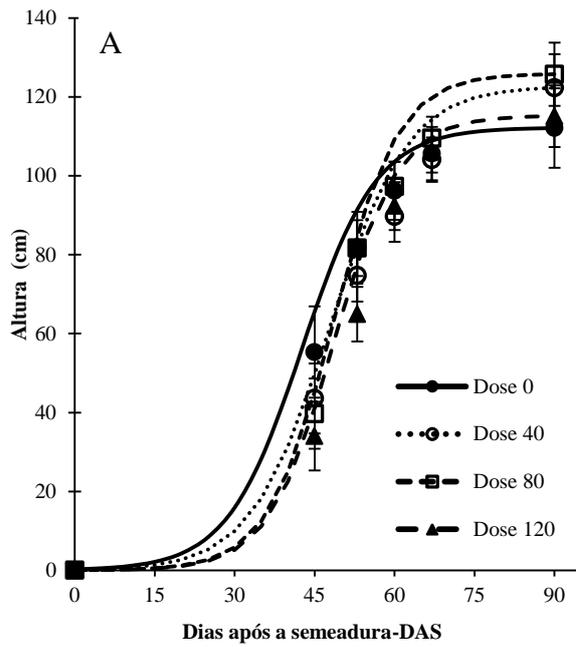


Figura 3. Crescimento em altura da planta (A), crescimento do diâmetro do caule (B) e diâmetro médio do caule (C) para variedades de girassol, em ralação a adubação nitrogenada.

O diâmetro médio do caule diferenciou entre variedades e com adubação nitrogenada, sendo verificado para a variedade BRS 122 os maiores diâmetros e ajuste quadrático, obtendo valor máximo de 1,46 cm com a dose de 70,39 kg ha⁻¹ de N, diferentemente da variedade BRS 324 que não apresentou diferença com adubação nitrogenada, obtendo valor médio de 1,14 cm (Figura 3 C).

A adubação nitrogenada e as variedades não apresentaram diferença durante o crescimento do girassol para o diâmetro do caule (Tabela 1). O diâmetro se ajustou ao modelo sigmoidal, sendo observado crescimento linear em espessura até os 67 DAS que estatisticamente não diferiu do tempo 90 DAS (Figura 3 B).

Para o número de folhas produzidas por planta, verificou-se durante o crescimento do girassol, que a adubação nitrogenada e as variedades apresentaram diferentes respostas (Tabela 2). O número de folhas para ambas as variedades se ajustou ao modelo quadrático em virtude de que ao longo do ciclo as folhas mais velhas entravam em processo de senescência, portanto não mais consideradas na contagem, observa-se que as doses não diferiram entre si (Figura 4 A e B).

A adubação nitrogenada proporcionou incrementos de 21,29 folhas na BRS 122 com uso 64,62 kg ha⁻¹ de N, enquanto que na BRS 324 a adição do N reduziu o número de folhas produzidas em 17,45 folhas com uso da dose de 52,25 kg ha⁻¹ (Figura 4 C). Observando-se que esta variedade mostra-se mais exigente em nitrogênio, pois demonstrou necessitar de uma quantidade superior do adubo para a emissão de folhas que, no entanto ainda foi inferior a quantidade obtida para a BRS 122 com uma dose relativamente menor.

Assim como verificado para altura, o acúmulo de biomassa se ajustou ao modelo sigmoidal, sendo observadas apenas duas fases de produção (Figura 5A; B). A primeira fase teve duração de 56 dias e caracterizou-se pela baixa produção de biomassa (15,77 %), enquanto que na segunda fase verificou-se o maior acúmulo, correspondendo a 84,23 % do total e com duração até os 104 DAS.

Durante o desenvolvimento das variedades do girassol, verificou-se que a produção de biomassa da parte aérea diferenciou entre as variedades e com a adubação nitrogenada (Tabela 2). A adubação nitrogenada apenas influenciou na produção de biomassa da parte aérea no final do ciclo de crescimento, aos 104 DAS, no qual as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N, apresentaram as maiores produções de massa seca para a BRS 122 e BRS 324, respectivamente (Figura 5 A; B).

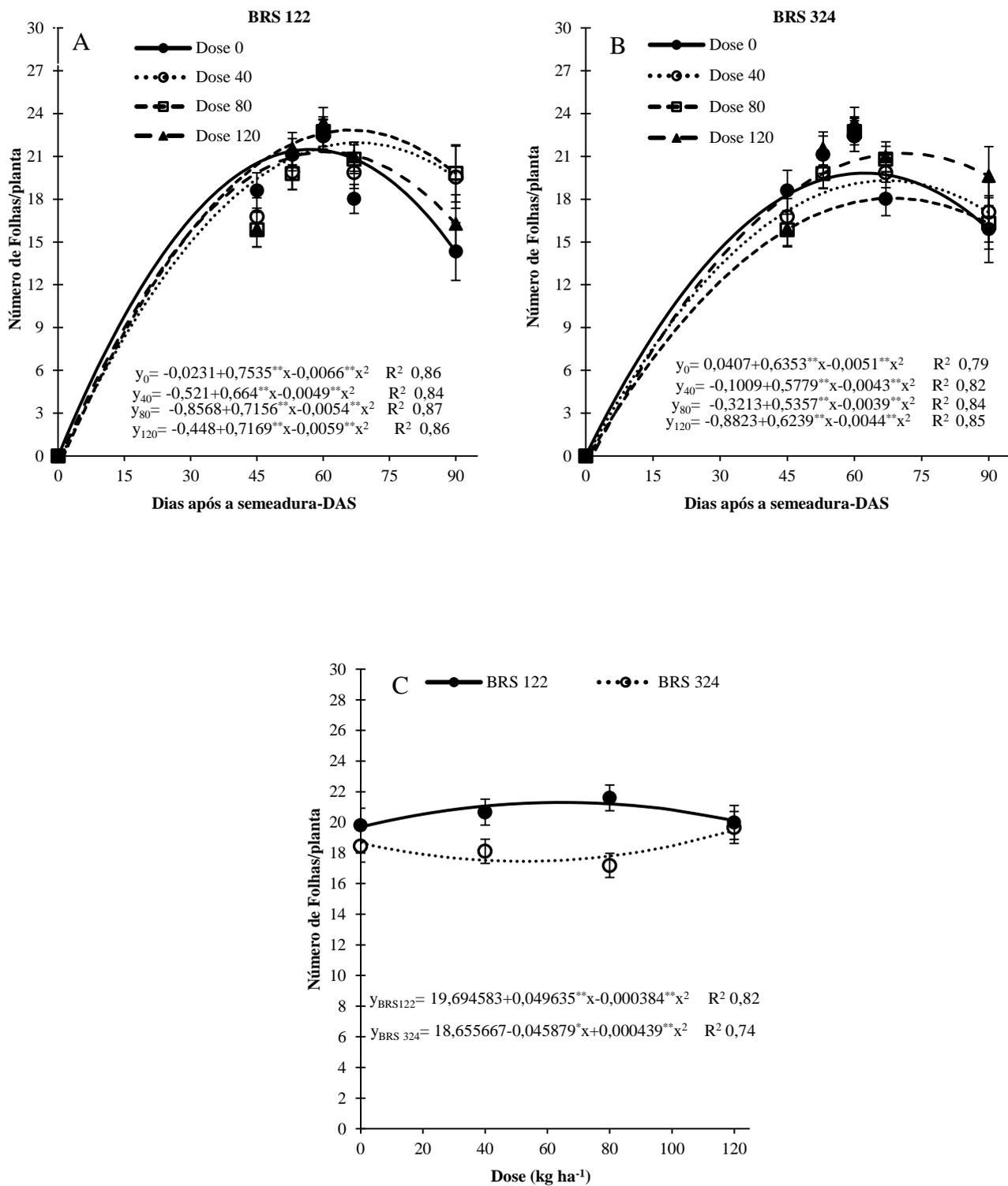


Figura 4. Crescimento em número de folhas para as variedades BRS 122 (A) e BRS 324 (B), e o número médio de folhas (C), em relação à adubação nitrogenada.

$$y_0 = 8045,8752 / (1 + \exp(-(x - 78,938900) / 13,8044)) \quad R^2 0,89$$

$$y_{40} = 13642,8261 / (1 + \exp(-(x - 92,3904) / 15,5583)) \quad R^2 0,95$$

$$y_{80} = 12031,5324 / (1 + \exp(-(x - 92,5217) / 16,6795)) \quad R^2 0,91$$

$$y_{120} = 9614,3701 / (1 + \exp(-(x - 80,4874) / 13,3372)) \quad R^2 0,90$$

$$y_0 = 8604,2498 / (1 + \exp(-(x - 88,7447) / 17,3026)) \quad R^2 0,92$$

$$y_{40} = 7735,1627 / (1 + \exp(-(x - 88,8706) / 13,9033)) \quad R^2 0,89$$

$$y_{80} = 8239,1002 / (1 + \exp(-(x - 80,6750) / 9,8013)) \quad R^2 0,94$$

$$y_{120} = 7201,6636 / (1 + \exp(-(x - 79,1349) / 12,2293)) \quad R^2 0,89$$

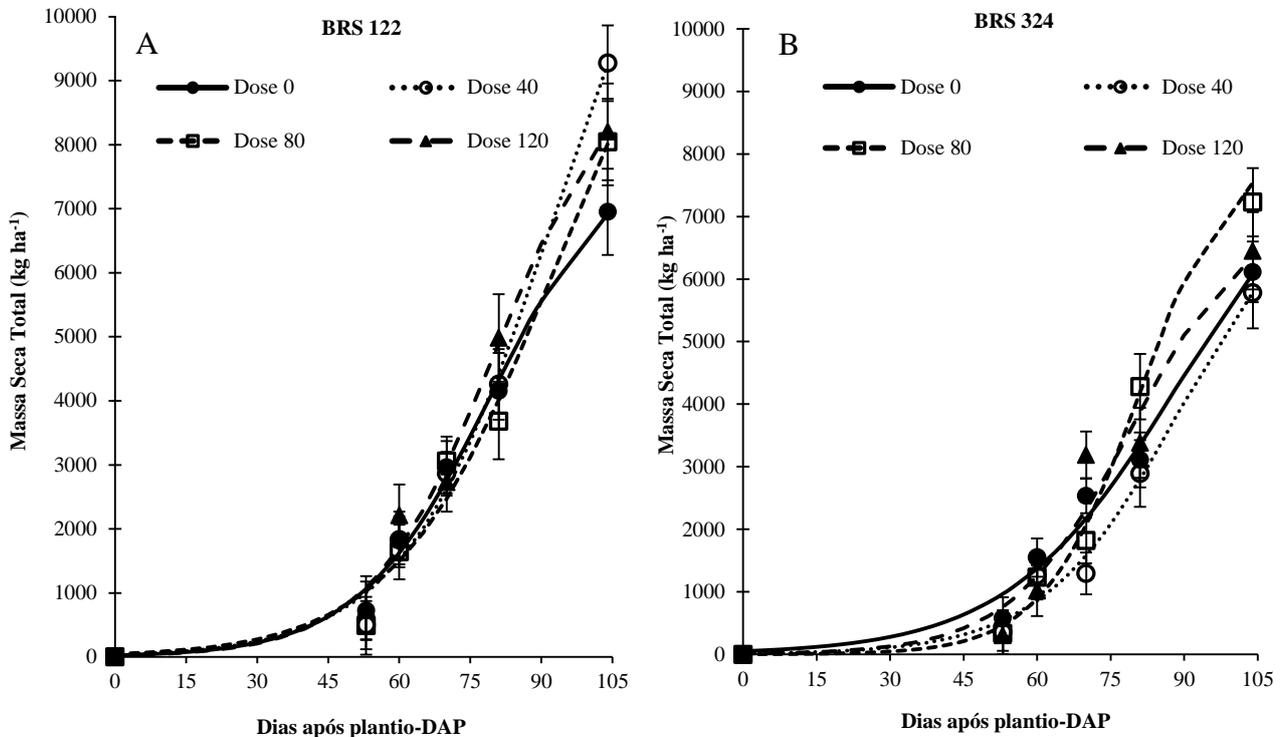


Figura 5. Produção de biomassa seca da parte aérea das variedades de girassol BRS 122 (A), BRS324 (B), em relação à adubação nitrogenada.

O efeito das doses para a altura da planta proporcionou a BRS 122 maior crescimento em relação à BRS 324. Ivanoff et al. (2010) avaliando a mesma variedade destacaram que o N em cobertura, até 40 DAS, foi importante para o crescimento das plantas, fazendo com que as mesmas tivessem um porte mais elevado, não havendo acamamento, e facilitando o manejo e a colheita. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2013) que estimaram a altura máxima de 93,25 cm com a aplicação de 136,08 kg ha⁻¹ N.

O diâmetro do caule não aumentou com a dose máxima de N utilizada, resultado semelhante ao encontrado por Santos et al. (2013) que não verificaram resposta para o aumento do diâmetro com o suprimento maior da adubação nitrogenada, no entanto o N por ser responsável pelo crescimento da planta influencia diretamente no aumento do diâmetro. Este

parâmetro é importante, pois torna o girassol mais resistente ao acamamento, além de facilitar o manejo, tratos e colheita (BISCARO et al. 2008).

O número de folhas a partir dos 67 DAS sofreu decréscimo até o final do ciclo, de acordo com Silva et al. (2012), que também observaram o mesmo comportamento ao longo das mensurações para a mesma época de avaliação, o que caracteriza senescência e a perda das folhas ao final da maturação.

Segundo Lima Júnior et al. (2010) e Karadogan e Akgun (2009) o desenvolvimento das folhas influencia no rendimento das plantas desempenhando papel importante no controle da perda de água, constataram que a redução no número de folhas do girassol afetou negativamente o rendimento dos aquênios e o teor de óleo e sua qualidade quando ocorre remoção acima de 8 folhas, e enfatizam a importância de manter um número de folhas adequado de modo que a planta possa acumular os nutrientes e compostos orgânicos que serão translocados para os órgãos reprodutivos e aquênios.

Os incrementos de massa seca pelo girassol foi maior na segunda e última fase de acúmulo pela cultura o que pode ser explicado pelo fato da produção de massa seca está condicionada dentre outros fatores ao estágio de desenvolvimento no qual a planta se encontra (SILVA et al., 2012), ocorrendo maior assimilação de nutrientes e acúmulo de massa seca a partir do início do florescimento e perdurando até a fase de maturação fisiológica dos aquênios (ZOBIOLE et al., 2010).

O suprimento de N pela adubação e as variedades demonstraram efeitos significativos ao final do ciclo de crescimento do girassol (Tabela 3). Na altura da planta, a variedade BRS 122 obteve incremento de 14,56 % a mais em relação à BRS 324. A mesma variedade respondeu positivamente a adubação nitrogenada obtendo ganho máximo de 14,6 % com adição de 64 kg ha⁻¹ de N (Figura 6A). Para variedade BRS 324 o aumento na altura da planta, apenas foi observado com adição de 120 kg ha⁻¹ de N, não diferenciando com doses inferiores.

O diâmetro do caule não variou com as doses de N, sendo constatada diferença apenas entre as variedades, no qual a BRS 122 cresceu 19,7 % a mais em diâmetro em relação BR324 (Tabela 3). Para a quantidade de folhas produzidas não houve diferença entre as variedades, no entanto com a adubação nitrogenada houve aumento na produção com ganho de 5,0 folhas na BRS 122 com adição de 64,93 kg ha⁻¹ de N (Figura 6 B). Na BRS324 não verificou-se efeito da adubação nitrogenada na quantidade de folhas produzidas, sendo observado produção média de 16,93 folhas por planta (Figura 6B).

Tabela 3. Atributos de crescimento de variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.

Dose kg ha ⁻¹ de N	Altura		Caule		Número de folhas/planta	
	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324
	-----cm-----					
F _{variedade}	17,820 ^{**}		10,461 ^{**}		0,404 ^{ns}	
F _{dose}	0,651 ^{ns}		0,710 ^{ns}		3,635 [*]	
F _{v x d}	3,684 [*]		1,506 ^{ns}		3,785 [*]	
CV (%)	15,74		27,97		18,09	

Diâmetro: **, *, Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F.

A adubação nitrogenada não influenciou no crescimento em diâmetro do caule do girassol, sendo observado que os ganhos em altura da planta e na quantidade de folhas produzidas ocorreram a partir da segunda metade da segunda fase de crescimento, com efeito, mais evidente na BRS 122 (Tabela 2 e 3). O suprimento do N com adubação na fase de maior crescimento acelera a taxa fotossintética da planta e como consequência aumenta o crescimento vertical e a produção de folhas (LEAL et al., 2007; CRUZ et al., 2007), no entanto o diâmetro basal do caule já encontra-se definido, ficando o crescimento limitado ao meristema apical.

Incrementos em paralelo da altura com o número de folhas em girassol adubado com N também foi verificado por Oliveira et al. (2010) e Guedes Filho et al. (2013) na variedade BRS 122, segundo os autores os parâmetros avaliados são influenciados positivamente pelo fornecimento do adubo nitrogenado. De modo semelhante ao presente estudo, Biscaro et al. (2008) verificaram que a adubação nitrogenada aumentou o crescimento em altura e na quantidade de folhas produzidas, e para o diâmetro do caule notou-se que a dose de 47,8 kg ha⁻¹ propiciou seu máximo crescimento, demonstrando que o N influencia positivamente desenvolvimento do girassol.

Para a variável altura da planta a variedade BRS 122 obteve seu maior crescimento com a dosagem de 63,81 kg ha⁻¹, assim atingindo a altura máxima de 125,01 cm, contudo não diferiram entre si. Oliveira et al.(2010) encontraram resultado semelhante para a relação entre adubação e altura, no qual obtiveram ajuste quadrático constatando-se altura máxima de 82,4 cm utilizando a ureia como fonte de N.

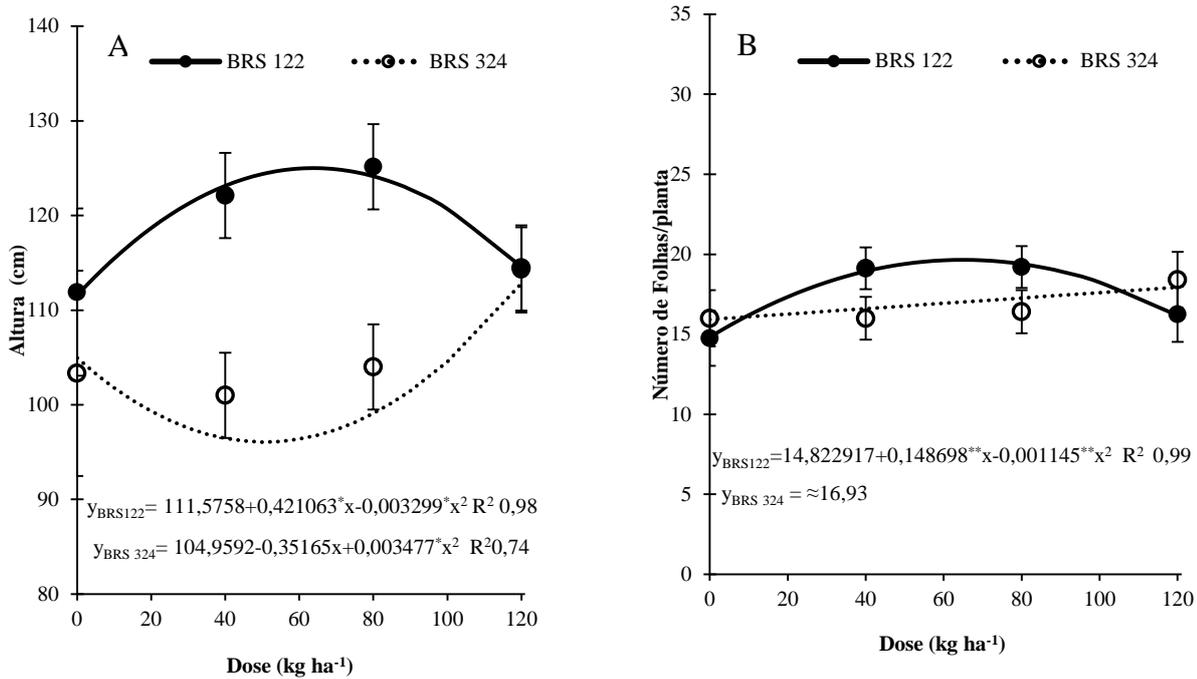


Figura 6. Altura da planta (A), Número de folhas por planta (B) ao final do ciclo de crescimento, em relação à adubação nitrogenada.

A produção de biomassa seca entre os componentes da parte aérea aumentou com a adubação nitrogenada (Tabela 4). Na produção de biomassa da folha, a dose de 85 kg ha⁻¹ de N aumentou a produção em 535 kg ha⁻¹ na BRS 122 com ajuste quadrático, a BRS 324 se ajustou ao modelo linear observando-se com media de produtividade de 192 kg ha⁻¹ a menos que BRS 122 (Figura 7A). Para biomassa seca do caule houve diferença entre as variedades e doses isoladamente, sendo a maior produção (2.143,28 kg ha⁻¹) obtida com dose ajustada de 99 kg ha⁻¹ de N (Figura 7B). Entre as variedades, a BRS 122 obteve a maior produção, com ganhos de 494 kg ha⁻¹ (Tabela 4).

Tabela 4. Compartimentação da biomassa seca da parte aérea de duas variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.

Dose kg ha ⁻¹ de N	Massa Seca Folha		Massa Seca Caule		Massa Seca Capítulo		Massa Seca Total	
	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324
	-----kg ha ⁻¹ -----							
F _{varied.}	12,503**		27,774**		1,103 ^{ns}		12,693**	
F _{dose}	15,399**		8,527**		9,819**		15,951**	
F _{v x d}	4,119**		1,137 ^{ns}		1,101 ^{ns}		2,412 ^{ns}	
CV(%)	27,41		23,74		29,66		19,76	

** , * , Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} não significativo pelo F.

A produção de biomassa do capítulo não diferenciou entre as variedades (Tabela 4) e obtiveram incrementos lineares com a adubação nitrogenada, sendo verificados ganhos de 522 kg ha⁻¹ com uso de 120 kg ha⁻¹ de N (Figura 7C). Como o N possui relação direta com a multiplicação das células (VILLA et al., 2009; FIORENTIN et al., 2012), as plantas bem supridas em N aumentam o diâmetro e da quantidade de sementes de sementes produzidas (Tabela 5). Centeno et al. (2014) também verificaram aumento linear crescente na biomassa do capítulo do girassol com adubação nitrogenada, constaram aumento de 17,97% entre as doses de nitrogênio.

Seguindo o comportamento dos demais componentes da parte aérea, a produção de biomassa seca total foi maior com a adição do N, sendo verificado na dose estimada de 106,37kg ha⁻¹, produção de 4.748,22 kg ha⁻¹. Na média dos componentes verificou-se que a produção de biomassa da parte aérea obteve os melhores resultados com adição de 100 kg ha⁻¹ de N, do mesmo modo como obtido por Oliveira et al. (2012) ao observarem na dose de 100 kg ha⁻¹ de N os maiores valores para massa seca.

Quando se avalia os componentes da parte aérea, separadamente, é possível verificar a quantidade de material vegetal que retornará ao solo após a colheita dos aquênios, o que implica em identificar a capacidade de aporte de carbono e ciclagem de nutrientes. Assim verificou-se que a adubação nitrogenada possibilitou aumentar a produção de biomassa em 54 % elevando o aporte de C no solo e a cobertura vegetal de solo nas áreas cultivadas, o que implicará na maior retenção da umidade do solo (LOBO et al., 2012) no qual é necessário para o sistema de produção agrícola do Semiárido, que possui limitação hídrica.

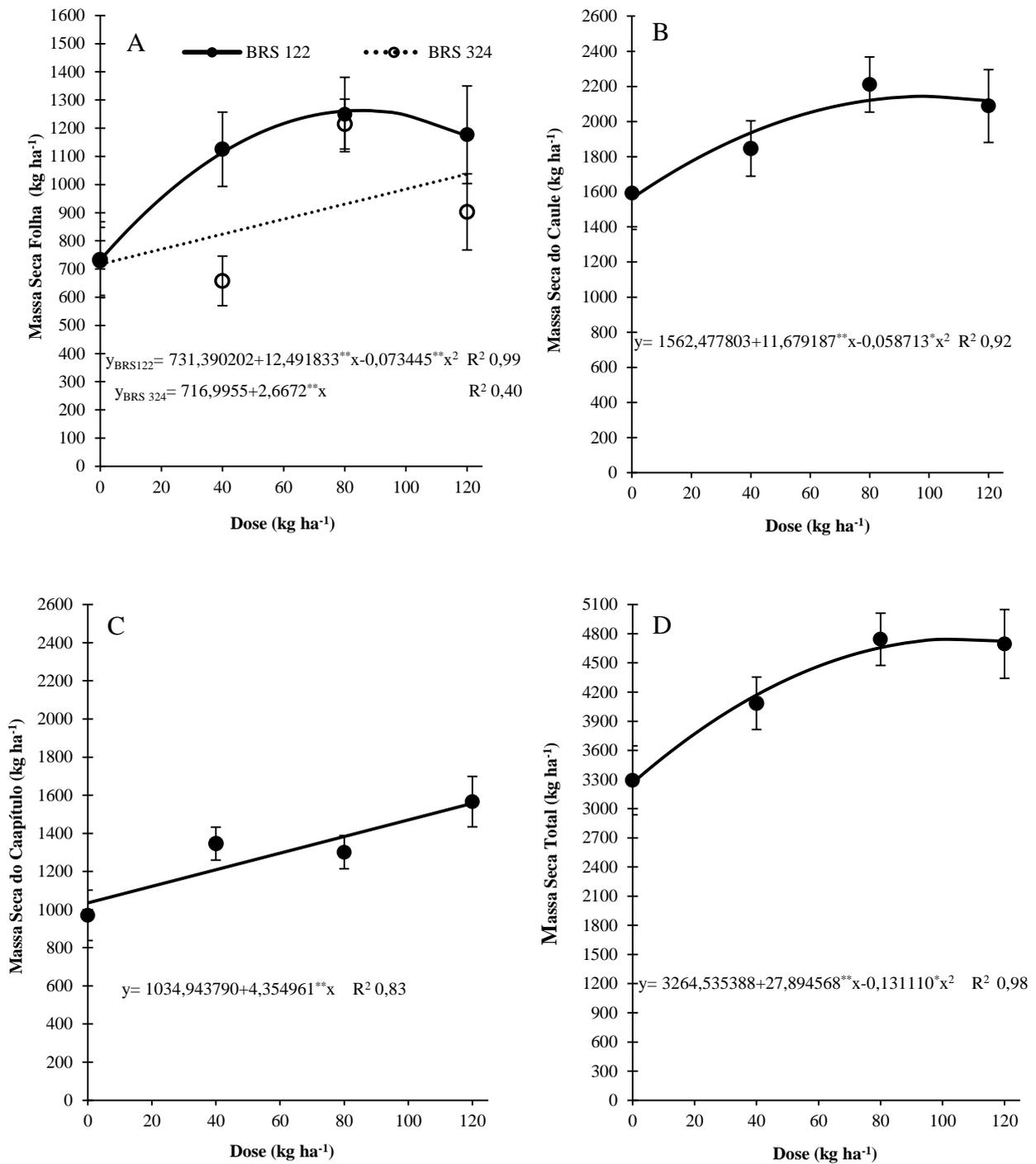


Figura7. Produção de biomassa seca dos componentes da parte aérea do girassol; folha (A), Caule (B), Caipítulo (C) e Massa seca total (D), em relação à adubação nitrogenada.

Como observado para o crescimento e produção de biomassa, houve diferença nos atributos de produtividade com uso do N (Tabela 5). Para o diâmetro do capítulo e a produtividade de óleo verificou-se que as variedades de girassol apresentaram diferentes respostas com as doses de N. Para a BRS 122 o diâmetro máximo do capítulo foi de 16,30 cm com a aplicação de 87,17 kg ha⁻¹ de N, enquanto que na BRS 324 as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N não diferiram do controle, sendo observados ganhos significativos com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, no qual obteve diâmetro médio de 17,08 cm (Figura 8A).

Lobo et al. (2012) relatam que a melhor resposta para o diâmetro do capítulo foi observada com a dose 100 kg ha⁻¹ de N, ressaltando a influência deste parâmetro na produtividade do girassol, quando este apresenta boa formação de aquênios, sem falhas principalmente no centro do capítulo. Que por sua vez o capítulo com diâmetro maior influenciará positivamente na produtividade da cultura, pois os aquênios que são os órgãos reprodutivos também é parte comestível pelos animais de onde é extraído o óleo para o consumo humano e como matéria prima para a produção de biodiesel, além dos subprodutos como a torta resultante do processo de beneficiamento utilizado para a alimentação animal e até mesmo como adubo.

Tabela 5. Atributos de produtividade de variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.

Dose kg ha ⁻¹ de N	Diâmetro Capítulo		Massa (1000Aquênios)		Produtividade (Aquênios)		Produtividade (Óleo)		Teor de Óleo	
	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324
	-----cm-----		-----g-----		-----kg ha ⁻¹ -----				dag kg ⁻¹	
F _{varied.}	3,388 ^{ns}		2,007 ^{ns}		7,593 ^{**}		70,959 ^{**}		13,588 ^{**}	
F _{dose}	10,056 ^{**}		3,306 [*]		20,233 ^{**}		13,289 ^{**}		3,600 [*]	
F _{v x d}	4,914 ^{**}		0,588 ^{ns}		2,015 ^{ns}		7,309 ^{ns}		1,726 ^{ns}	
CV(%)	16,92		18,86		25,00		11,74		20,71	

** , * , Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F.

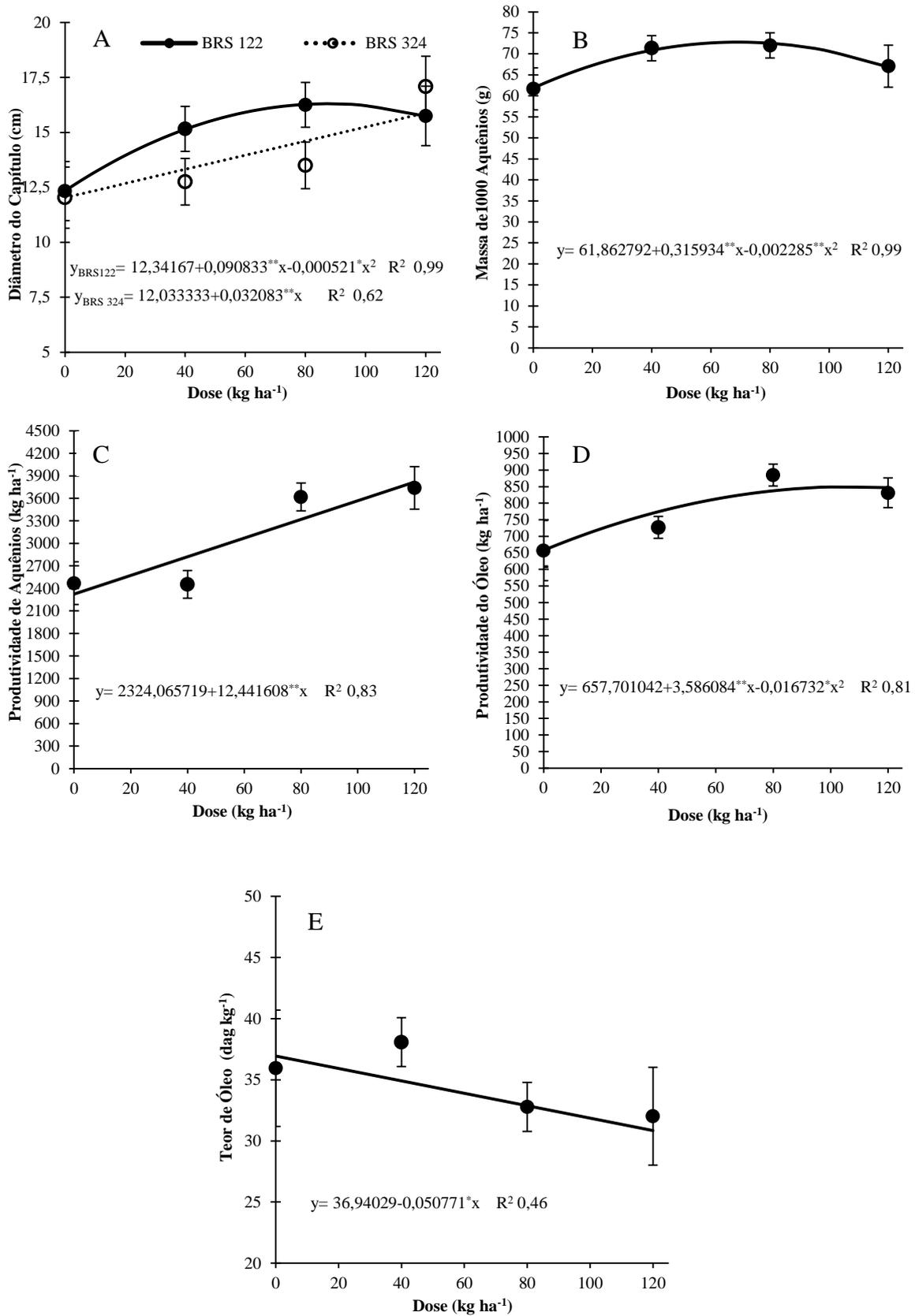


Figura 8. Diâmetro do capítulo (A), Massa de 1000 aquênios (B), Produtividade de aquênios (C), Produtividade de óleo (D) e Teor de óleo nos aquênios (E), em relação à adubação nitrogenada.

A massa de 1000 aquênios e produtividade de aquênio, não obteve interação significativa entre as variedades e a adubação nitrogenada (Tabela 5). Para massa de 1000 aquênios verificou-se apenas efeito da adubação nitrogenada, tornando possível identificar aumento de 26 % na massa de aquênios com dose estimada de 82,80 kg ha⁻¹ de N, obtendo valores na ordem de 77,99 g (Figura 8B), Lobo et al. (2012, 2006) não obtiveram aumento na massa dos aquênios mesmo com os acréscimos nas doses de N até 130 kg ha⁻¹.

A produtividade de aquênios diferenciou entre as variedades, em que a produção da BRS 324 foi superior 15 % (Tabela 5). A produtividade de aquênio também aumentou com uso do N, no qual houve incrementos lineares com ganhos de 1.492,9 kg ha⁻¹ (64 %) em relação a não realizar a adubação nitrogenada (Figura 8C). Biscaro et al. (2008) relatam o efeito promovido pela adubação nitrogenada sobre a produtividade dos aquênios, no qual verificaram que a dose máxima estimada de 51,7 kg ha⁻¹ proporcionou produtividade de 2.101 kg ha⁻¹ com ajuste quadrático resultado diferente do verificado neste trabalho, onde a produtividade apresentou comportamento linear crescente superior a 3.000 kg ha⁻¹.

A adubação nitrogenada diminuiu a concentração de óleo nos aquênios nas duas variedades, no qual constatou-se reduções de 16 % (Figura 8E). Esse resultado, possivelmente se deve ao aumento dos teores de N nos aquênios com adubação nitrogenada, uma vez que segundo Moraes et al. (2006), à medida em que aumenta o teor de proteína na semente, a concentração de óleo é reduzido.

Mesmo com a redução do teor do óleo nos aquênios, os ganhos obtidos na produtividade de aquênios com adubação nitrogenada, promoveram incremento na produtividade do óleo (Figura 8 D), o que tornou possível identificara maior produtividade de 849,84 kg ha⁻¹ com adição de 107,16 kg ha⁻¹ de N. Essa produção foi superior aos valores encontrados por Abdalla et al. (2008), que observaram rendimentos de óleo do girassol na ordem de 700 kg ha⁻¹ e por Negretti et al. (2011) que obtiveram de rendimento de óleo de 500 kg ha⁻¹.

O girassol consegue se adaptar e se desenvolver nos mais diferentes ambientes, todavia a cultura necessita estar bem nutrida para que seus processos metabólicos não sejam afetados e assim finalizar seu ciclo sem grandes perdas. Os resultados de crescimento em altura, produção de biomassa seca total da parte aérea e produtividade de aquênios e óleo se ajustaram ao modelo quadrático o que possibilitou identificar incrementos lineares e as melhores respostas com doses crescentes até 100 kg ha⁻¹ de N (Figuras 5; 6; 7).

Com base nesses resultados optou-se por avaliar o sistema radicular do girassol apenas nos tratamento controle e na dose de 80 kg ha⁻¹ de N (Tabelas 3, 4 e 5). Na avaliação do sistema

radicular do girassol foi possível observar que 97,6 e 99,0 % do sistema radicular das variedades BRS 122 e BRS 324, respectivamente, encontravam-se na camada superficial de 0,20 m (Tabela 6). A adição do N no solo pela adubação não influenciou na produção da biomassa da raiz nas duas camadas avaliadas, no entanto verificou-se diferença entre as variedades de girassol (Tabela 6). A BRS 324 apresentou produção superior em 70 kg ha⁻¹ o que corresponde a 43 % a mais em biomassa de raiz produzida na camada de 0,20 m, todavia, a variedade BRS 122 mostrou maior capacidade de aprofundar o sistema radicular, uma vez que na camada de 0,20 a 0,40 m a biomassa de raiz foi maior em 52 %, com produção superior em 1,27 kg ha⁻¹ (Tabela 6).

Para a profundidade de 0,20 a 0,40 m a produção de biomassa de raiz apresentou diferentes respostas entre as variedades de girassol e a adubação nitrogenada. Na variedade BRS 324 a biomassa de raiz aumentou com o suprimento de N, enquanto na BRS 122 houve redução (Tabela 6). Estes resultados evidenciam que a maior produção de raiz pela BRS 324, aumentou gasto energético na planta e como consequência ocorreu redução do crescimento e produção de biomassa da parte aérea (Figuras 5 e 6). Na variedade BRS 122, apesar da menor biomassa de raiz, a mesma encontrava-se melhor distribuída em profundidade, o que proporcionou melhor aproveitamento da água da chuva, promovendo maior crescimento em altura e em biomassa da parte aérea, bem como melhor resposta a adubação nitrogenada (Figuras 5 e 6), resultados semelhantes foram encontrados por Otto et al. (2009) que também verificaram aumento na biomassa de raiz com adubação nitrogenada em cultivo de cana-de-açúcar.

Para os parâmetros de crescimento da raiz, verificou-se diferença entre as profundidades e apenas para o diâmetro ponderado diferença entre as variedades, no qual a variedade BRS 122 apresentou os maiores diâmetros (Tabela 7). O crescimento radicular se concentrou na camada superficial de 0,20 m, no qual constatou-se o maior volume e área superficial ocupada por raízes, bem como os maiores diâmetros ponderados (Tabela 7).

As características morfológicas da raiz, tais como volume, diâmetro e comprimento podem influenciar na absorção de nutrientes do solo, contudo, apresentam grande variação entre as espécies, de tal modo podem ser modificados tanto pelo excesso ou deficiência de nutrientes e pela compactação do solo (MAUAD et al., 2012).

Tabela 6. Biomassa seca da raiz de variedades de girassol em profundidade e em relação à adubação nitrogenada.

Dose kg ha ⁻¹ de N	<i>Biomassa Seca da Raiz</i>					
	Profundidades				<u>Total</u>	
	0 - 0,20 m		0,20 - 0,40 m		BRS 122	BRS 324
	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324
	----- kg ha ⁻¹ -----					
F _{variedade}	26,584 ^{**}		22,771 ^{**}		25,519 ^{**}	
F _{dose}	1,417 ^{ns}		4,182 ^{ns}		1,318 ^{ns}	
F _{v x d}	0,141 ^{ns}		8,318 [*]		0,102 ^{ns}	
CV (%)	13,71		17,14		13,53	

^{**}, ^{*}Significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F na ANOVA; ^{ns} não significativo.

Segundo Foloni, Lima e Büll (2006) em estudos realizados com soja verificaram o aumento do diâmetro da raiz à medida que aumentava a impedância do solo e salientam que tal aumento em diâmetro ocorre devido a maior força que é exercida durante o processo de alongamento das células do meristema radicular.

A adubação nitrogenada nas variedades de girassol não influenciou no crescimento radicular avaliado pelos comprimentos de diferentes diâmetros, entretanto verificou-se diferença entre as profundidades (Tabela 8). Na camada de 0,0 a 0,20 m verificaram-se os maiores comprimentos de raiz, para todos os diâmetros avaliados. Entre os diâmetros, houve maior concentração de raízes inferiores a 2,0 mm e de 2,1 a 4,0 mm, equivalendo a 60 e 30 % do sistema radicular do girassol, respectivamente, na camada superficial do solo. Na subsuperfície os diâmetros inferiores a 2,0 mm corresponderam a 98 % do sistema radicular na camada de 0,2 a 0,4 m.

Tabela 7. Volume, área superficial e diâmetro médio ponderado da raiz em duas variedades de girassol, em relação à adubação nitrogenada.

Dose kg ha ⁻¹ de N	Volume (cm ³)				Área Superficial (cm ²)				Diâmetro Ponderado (cm)			
	0 - 0,20 m		0,20-0,40 m		0 - 0,20 m		0,20 - 0,40 m		0 - 0,20 m		0,20 - 0,40 m	
	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324
F _{varied.}	0,381 ^{ns}				0,091 ^{ns}				5,995 [*]			
F _{dose}	0,177 ^{ns}				0,016 ^{ns}				0,107 ^{ns}			
F _{prof.}	163,963 ^{**}				125,091 ^{**}				7,853 ^{**}			
F _{v x d}	0,577 ^{ns}				0,711 ^{ns}				0,035 ^{ns}			
F _{v x p}	0,528 ^{ns}				0,072 ^{ns}				2,000 ^{ns}			
F _{d x p}	0,009 ^{ns}				0,021 ^{ns}				1,007 ^{ns}			
F _{v x d x p}	0,738 ^{ns}				1,784 ^{ns}				3,095 ^{ns}			
CV(%)	15,64				9,53				9,75			

** , * , Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Na soja, Pivetta et al. (2011) também observaram diminuição da densidade de comprimento da raiz com o aumento da profundidade. O sistema radicular das plantas, quando bem desenvolvido, influencia na produção. As principais funções das raízes das plantas são a absorção de nutriente e água do solo além de fornecer o suporte mecânico para a planta. O sistema radicular extensivo permite a exploração de maior volume do solo e absorção de mais nutrientes e água e, conseqüentemente, aumenta a eficiência nutricional. Dentre os fatores que afetam o desenvolvimento da raiz são níveis de nutrientes no solo, preparo do solo, tipo do solo, umidade do solo e infestação por doenças e pragas. (FAGERIA, 1998).

Tabela 8. Comprimento de diferentes diâmetros de raiz em variedades de girassol adubadas com nitrogênio.

Dose	Diâmetros											
	≤ 2 mm		2,1 - 4,0 mm		4,1 - 6,0 mm		6,1 - 8,0 mm		8,1 - 10 mm		≥ 10 mm	
kg ha ⁻¹ de N	<i>Profundidade de 0 - 0,20 m</i>											
	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324	BRS 122	BRS 324
----- (cm) -----												
0	769,7	629,9	481,8	352,9	106,7	66,7	29,2	15,24	10,3	4,72	0,497	1,37
80	610,7	860,9	391,2	234,9	75,8	23,9	24,9	5,60	7,36	3,40	4,80	0,92
¹ Média _p	690,2	745,4	436,5	293,9	91,25	45,3	27,05	10,42	8,83	4,06	2,64	1,14
<i>Profundidade de 0,20 - 0,40 m</i>												
0	539,6	935,9	11,53	0,96	0,000025	0,023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	927,2	592,5	2,67	1,43	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
¹ Média _p	733,4	764,2	7,1	1,19	0,22	0,011	0	0	0	0	0	0
F _{variedade}	0,428 ^{ns}		4,438 [*]		3,344 ^{ns}		4,086 ^{ns}		0,800 ^{ns}		0,590 ^{ns}	
F _{dose}	0,070 ^{ns}		2,442 ^{ns}		2,165 ^{ns}		1,328 ^{ns}		0,239 ^{ns}		0,992 ^{ns}	
¹ F _{prof.}	69,586 ^{**}		197,213 ^{**}		74,122 ^{**}		38,804 ^{**}		13,884 ^{**}		7,768 [*]	
¹ F _{v x d}	0,075 ^{ns}		0,026 ^{ns}		0,500 ^{ns}		0,372 ^{ns}		0,017 ^{ns}		2,167 ^{ns}	
¹ F _{v x p}	0,172 ^{ns}		0,648 ^{ns}		2,975 ^{ns}		4,086 ^{ns}		0,800 ^{ns}		0,590 ^{ns}	
¹ F _{d x p}	0,034 ^{ns}		0,541 ^{ns}		2,481 ^{ns}		1,328 ^{ns}		0,239 ^{ns}		0,992 ^{ns}	
¹ F _{v x d x p}	1,774 ^{ns}		0,440 ^{ns}		0,346 ^{ns}		0,372 ^{ns}		0,017 ^{ns}		2,167 ^{ns}	
CV (%)	35,58		34,30		49,93		54,24		62,02		42,40	

¹Abreviações: Média_p = profundidade; F_{prof.} = profundidade; F_{v x d} = variedade x dose; F_{v x p} = variedade x profundidade; F_{d x p} = dose x profundidade; F_{v x d x p} = variedade x dose x profundidade.

5 CONCLUSÕES

1. Adubação nitrogenada proporcionou na variedade BRS 122 acréscimos para os atributos de crescimento e de biomassa seca;
2. A variedade BRS 324 mostrou-se mais eficiente quanto à produtividade de aquênios, de óleo e teor de óleo em resposta a adubação nitrogenada;
3. A adição de nitrogênio não influenciou no desenvolvimento do sistema radicular das variedades de girassol;
4. A profundidade 0,20 m apresentou maior concentração da densidade de raízes.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOY, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, no. spe, p.260-258, 2008.

ALMEIDHA, L. Girassol é tema de estudo em evento. 2011. Disponível em: Acesso em: 10 jul. 2015.

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. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.

CAMARGO, F.A. et al. Nitrogênio orgânico do solo. In: CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, F.A. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: **Gênesis**, p.117-137, 1999.

CAMARGO, F.A. et al. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.575-579, 1997.

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.445-450, 2003.

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. Fases de desenvolvimento da planta de girassol. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (**Documento, 58**).

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C. et al. **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA, p.163-218, 2005.

CASTRO, C. et al. A cultura do girassol. Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 1997. 36 p. (EMBRAPA – CNPSo. **Circular Técnica, 13**).

CAVALCANTE, A.K.; SOUSA, L.B.; HAMAWAKI, O.T. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.8-15, 2011.

CENTENO, C.R.M.; SANTOS, J.B.; XAVIER, D.A.; AZEVEDO, C.A.V.; GHEYI, H.R. Componentes de produção do girassol Embrapa 122-V2000 sob salinidade da água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, suplemento, p. S39-S45, 2014.

COSTA, R.P.M.; KHALIL, T.C.; SANTOS, A.P.F.; ANDRADE, D.F.; D'AVILA, L.A. Determinação do teor de biodiesel em diesel empregando o ensaio colorimétrico do ácido hidroxâmico. **Química Nova**, v.38, n.4, p.563-569, 2015.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; CARVALHO, J.E.B.; SOUZA FILHO, L.F.S.; QUEIROZ, D.C.. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “golden”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, p.64-71, 2007.

DALL’AGNOL, A.; VIEIRA, O.V.; LEITE, R. M. V. B. C. Origem e histórico do girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina, p.1-14, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Disponível em: Acesso em: 4 dez. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ENCIDE-OLIBONE, A.P.; OLIBONE, D.; ROSOLEM, C.A. Atividade radicular da soja: definição de um método. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, 32:899-903, 2008.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.6-16, 1998.

FANTE JÚNIOR, L.; REICHARDT, K.; JORGE, L.A.C.; S. CRESTANA. Distribuição do sistema radicular do milho em Terra roxa estruturada latossólica: I. Comparação de metodologias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, p.513-518, 1994.

FANTE JÚNIOR, L.; REICHARDT, K.; JORGE, L.A.C.; BACCHI, O.O.S. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1091-1100, 1999.

FERREIRA, D.F. Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas. UFLA. 2000.

FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D.F.; JARDIM, C.A. Influência da consorciação com *Brachiaria ruziziensis* e do nitrogênio residual na cultura do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.35, n.1, 2012.

FOLONI, J.S.S.; LIMA, S.L.; BÜLL, L.T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.49-57, 2006.

FREITAS, A.D.S.; SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.R.; FRAGA, V.S. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.40, n.9, p.1856-1861, 2011.

GAZZOLA, A; FERREIRA JR, 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**. Piracicaba, Junho de 2012.

GOMES, D.P.; BRINGEL, J.M.M.; MORAES, M.F.H.; GOMES, J.J.A.; LEITE, R.M.V.B.C. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de girassol produzidas na região de Timon, Maranhão. **Summa phytopathol.** v.32, n.3, p.291-292, 2006

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.3, p.237-246, 2012.

GUEDES FILHO, D.H.; SANTOS, J.B.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, L.F.; FARIAS, H.L. Biometria do girassol em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.5, p.277-289, 2013.

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, n.3, p.319-325, 2010.

JORGE, L. A.C.; RODRIGUES, A.F.O. Safira: sistema de análise de fibras e raízes. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.

KARADOĞAN, T.; AKGUN, Í. Effect of leaf removal on sunflower yield and yield components and some quality characters. **Helia**, v.32, n.50, p.123-134, 2009.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D. Macronutrient accumulation in coffee fruits at Brazilian Zona da Mata conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v.32, p.980-995, 2009.

LAZZAROTTO, J.J.; ROESSING, A.C. & MELLO, H.C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M. & CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina, p.15-42, 2005.

LEAL, R.M.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; ZACCARO, R.P. Adubação nitrogenada na implantação e na formação de pomares de caramboleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1111-1119, 2007.

LIMA JUNIOR, I.S.; BERTONCELLO, T.F.; MELO, E.P.; DEGRANDE, P. E.; KODAMA, C. Desfolha artificial simulando danos de pragas na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L., *Asteraceae*). **Revista Ceres**, v.57, n.1, p.23-27, 2010.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; SA, R.O.; BARBOSA L. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do girassol avaliando os parâmetros de produtividade e qualidade de óleo. In: **3º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**, Lavras: UFLA, 2006.

LOBO, T.F.; FILHO GRASSI, H.; COELHO, H.A. Efeito da adubação nitrogenada na produtividade do girassol. **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.59-68, 2012.

MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Frações de nitrogênio em luvissole sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.381-392, 2008

MANDARINO, J.M.G. Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol. Londrina, Embrapa-CNPSO, 1992. 25p. (Embrapa-CNPSO. Documento 52)
PELEGRINI, B. **Girassol: uma planta solar que das américas conquistou o Mundo**. São Paulo: Ícone, 117p.1985.

MAUAD, M.; FELTRAN, J.C.; CRUSCIOL, C.A.C.; ALVAREZ, A.C.C. Matéria seca e morfologia radicular de cultivares de arroz de terras altas em função da adubação com zinco. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, 2012.

MORAES, R. M. A.; JOSE, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.5, v.41, p.715-729, 2006.

MORAIS, F. A., GURGEL, M. T., OLIVEIRA, F. H.T, MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011.

NEGRETTI, R.R.D.; NOHATTO, M.A.; TAMIOZZO, T.; DENARDIN, E.L.G.; KÖPP, L.M.; TOESCHER, C.F. Potencial produtivo e rendimento do óleo de um grupo de culturas oleaginosas em Uruguaiana – RS. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.17, n.2-4, p.256-260, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.4, p.479-484, 2010.

OLIVEIRA, J.T.L.; CHAVES, L.H.G.; CAMPOS, V.B.; SANTOS JÚNIOR, J.A.; GUEDES FILHO, D.H. Fitomassa de girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, n.1, p.23-32, 2012.

OLIVEIRA, C.R.; OLIVEIRA, J.L.; BARBOSA, F.R.; DARIO, A.S.; MOURA, S.G.; BARROS, H.B. Efeito do nitrogênio em cobertura na produtividade de girassol, no Estado do Tocantins. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.233–241, 2014.

OTTO, R.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.398-405, 2009.

PATRICK JR., W.H. Nitrogen transformations in submerged soils. In: STEVENSON, F.J. (Ed). **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1982. Cap.12, p.449-466.

PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G.; SANTOS, G.P.; ROSOLEM, C.A. Crescimento e atividade de raízes de soja em função do sistema de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1547-1554, 2011.

PEREIRA, P.C.; SILVA, T.G.F.; SILVA, S.M.S.; CRUZ NETO, J.F.; MORAIS, J.E.F. Avaliação e aplicabilidade do coeficiente do tanque classe “A” no Médio Pajeú, Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.1, p.131–140, 2014.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.929-938, 2000.

RAVEN, H.P.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 5 ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 711p., 1996.

REIS, A.R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.163-171, 2006.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, 1999. 359p.

ROSSETO, R.E.; SANTOS, R.F.; BASSEGIO, D.; SECCO, D.; SOUZA, S.N.M.; CHAVES, L.I.; FORNASARI, C.H. Efeito da secagem na extração de óleos em plantas com potencial energético. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.1, n.1, p.69-77, 2012.

ROSSI, R. O. Girassol. Curitiba: **Tecnoagro**. 1998. 333p

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.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. M.; ALVES, G. D. Capacidade de suprimento de N e resposta à fertilização de 20 solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.1, p.269-279. 1995.

SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T.; WANDERLEY, J.A.C. Comportamento produtivo do girassol em função de doses de nitrogênio. **Revista Verde**, Mossoró, v.8, n.2, p.291-296, 2013.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGÃO, S.M.B.; CRUZ, M.C.P.; CAMPOS, F.P.; FERREIRA, M.E.; OLIVEIRA, R.F. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.27-34, 2008.

SAS INSTITUTE. SAS user'sguide: statistics, version 9.0. Cary: SAS Institute, 2002.

SIGMAPLOT. 2008. For windows, version 11.0. Systat Software, 2008.

SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; FREITAS, C.A.S.; PEREIRA FILHO, J.V.; ANDRADE, R.R.; FEITOSA, D.R.C. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.959–968, 2012.

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

SILVA, A.G.; PIRES, R.; MORÃES, E.B.; OLIVEIRA, A.C.B.; CARVALHO, C.G.P. Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.1, p.31-38, 2009.

SILVA, M. de L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. de C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.5, p.482–488, 2007.

SILVA, P.C.C.; JESUS, F.N.; ALVES, A.C.; JESUS, C.A.S.; SANTOS, A.R. Crescimento de plantas de girassol cultivadas em ambiente contaminado por chumbo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, p.1576-1586, 2013.

SMIDERLE, O. J. Orientações gerais para o cultivo do girassol em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2000. (**Embrapa informa**, 8).

SOUZA, A. de; OLIVEIRA, M. F. de; CASTIGLIONI, V. B. R. O boro na cultura do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004.

SPINELLI, D.; BASOSI, S.J.R. Integrated Environmental Assessment of sunflower oil production. **Process Biochemistry**. 2011.

STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. **J. Environ. Qual.**, 2: 159-166, 1973.

SUDENE. Pacto Nordeste: ações estratégicas para um salto do desenvolvimento regional. Recife, 1996. 77p.

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.5, p.849-858, 2003.

VANEGAS, J.G.; HARRIS, R. S.; SIMON, B.A. A comprehensive equation for the pulmonary pressure-volume curve. **Journal of Applied Physiology**, v.85, p.389-395, 1998.

VILLA, F.; PASQUAL, M.; PIO, L.A.S.; FRÁGUAS, C.B.; REZENDE, J.C. Utilização de nitrato de amônio e de uréia como fontes de nitrogênio na micropropagação de amoreira-preta. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.365-370, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C. DE; OLIVEIRA, F. A. DE; OLIVEIRA JÚNIOR, A. DE; MOREIRA, A. Curva de crescimento, estado nutricional, teor de óleo e produtividade do girassol híbrido BRS 191 cultivado no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.14, p.55-62, 2010.

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, p.425-433, 2010.