



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ - REITORIA DE PÓS - GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB DOSES DE
BIOCARVÃO DE CAMA DE FRANGO E NPK**

GUILHERME DE FREITAS FURTADO

Campina Grande - PB

Fevereiro - 2015

GUILHERME DE FREITAS FURTADO

Engenheiro Agrônomo

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB DOSES DE
BIOCARVÃO DE CAMA DE FRANGO E NPK**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: **Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves**

Campina Grande - PB

Fevereiro - 2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA**



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

GUILHERME DE FREITAS FURTADO

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SOB DOSES DE
BIOCARVÃO DE CAMA DE FRANGO E NPK**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves - Orientadora
UAEAg/CTRN/UFPG

Prof. Dr. José Dantas Neto - Examinador
UAEAg/CTRN/UFPG

Dra. Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos - Examinadora
UAEAg/CTRN/UFPG

**Campina Grande - PB
Fevereiro - 2015**

*A Deus
Aos meus pais, Maria Aparecida de Freitas
Furtado Palitot e José Juca Furtado, pelo
constante apoio, carinho, compreensão e,
sobretudo, pelo exemplo de pessoas que são
para mim.*

DEDICO

iv

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as conquistas e bênçãos concedidas;

Aos meus pais, José Juca Furtado, em especial a minha mãe Maria Aparecida de Freitas Furtado Palitot, por sempre estarem presentes na minha vida, pelo apoio, carinho, dedicação, amizade, por cada palavra e conselho proferidos a mim;

Aos meus irmãos, Bruno Eduardo de Freitas Furtado e Ana Jéssica de Freitas Furtado pelo companheirismo e amizade;

A minha namorada, Willianny de Medeiros Costa, pelo amor, carinho, companheirismo, paciência e amizade sempre dedicadas a mim durante esse curso;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

À minha orientadora, Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela orientação e confiança depositadas durante a realização deste curso;

À Embrapa Algodão, pelo fornecimento das sementes de girassol e pela realização das análises de determinação do teor de óleo;

Aos amigos, Jônatas, Geovani, Lauriane, Diego, Elysson e José Raimundo (Junior), por sempre estarem prontos a ajudar quando precisei;

Aos secretários da Coordenação de Pós-graduação, Maria Aparecida e Gilson, pela atenção e ajuda;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo durante a minha formação,

Aos examinadores Prof. Dr. José Dantas Neto e Dra. Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos por se disporem a contribuir com a melhoria deste trabalho;

A todos os professores do CTRN pelos ensinamentos recebidos, grandes responsáveis pelo meu desenvolvimento;

Aos colegas da pós-graduação: Alan, Flávio, Márcio, Maycon, Kalyne, Viviane, Silvanete, Joel, Sonivagno, Michele e Tainara pelo companheirismo ao longo do curso.

A todos meus amigos que conquistei durante o curso, que tive a oportunidade de compartilhar sala de aula e trocar experiências e a todos que me ajudaram direta ou indiretamente.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	15
2.OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 A Cultura do girassol.....	18
3.1.1 Aspectos gerais	18
3.1.2 Botânica e fenologia.....	19
3.1.3 Requerimentos nutricionais (NPK)	20
3.2 Biocarvão	22
3.2.1 Aspectos gerais	22
3.2.2 Biocarvão no solo.....	23
3.2.3 Biocarvão de cama de frango.....	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Localização e caracterização da área experimental.....	27
4.2 Delineamento experimental	28
4.3 Cultivar	28
4.4. Instalação e condução do experimento	28
4.5 Manejo da irrigação	32
4.6 Colheita e beneficiamento.....	32
4.7 Variáveis analisadas no solo	32
4.8 Variáveis analisadas no girassol.....	33
4.8.1 Variáveis de crescimento.....	33
4.8.2. Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo.....	33
4.9. Produção de fitomassa	34
4.10 Variáveis de produção	34
4.11 Análise dos resultados	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Análise do solo	35

5.2 Variáveis de crescimento	36
5.2.1 Altura de planta e diâmetro do caule.....	36
5.2.2 Número de folhas e área foliar.....	41
5.2.3 Taxas de crescimento	44
5.3 Produção de fitomassa	49
5.4. Variáveis de produção	51
6. CONCLUSÕES.....	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE TABELAS

	<i>Página</i>
Tabela 1 - Descrição esquemática das fases de desenvolvimento do girassol, adaptado de Schneiter & Miller (1981)	20
Tabela 2 - Atributos físicos e químicos do solo utilizado no experimento	29
Tabela 3 - Valores de Ureia, MAP e KCl aplicados no experimento	30
Tabela 4 - Características químicas do biocarvão utilizado no experimento	31
Tabela 5 - Valores médios dos atributos químicos do solo cultivado com girassol em função de doses de biocarvão de cama de frango.....	36
Tabela 6 - Resumo do teste 'F' para altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC) do girassol aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango	37
Tabela 7 - Equações de regressão do diâmetro de caule do girassol aos 60 e 90 dias após a semeadura(DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango.....	40
Tabela 8 - Resumo do teste 'F' para número de folhas por planta (NF) e área foliar do girassol aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango	42
Tabela 9 - Resumo do teste 'F' para taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de plantas do girassol nos períodos de avaliação realizados entre 30-60 (TCAAP1 e TCRAP1) e 60-90 (TCAAP2 e TCRAP2) dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango	45
Tabela 10 - Resumo do teste 'F' para taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule do girassol nos períodos de avaliação realizados entre 30-60 (TCADC1 e TCRDC1) e 60-90 (TCADC2 e TCRDC2) dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango	48
Tabela 11 - Resumo do teste 'F' para fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca do capítulo (FSCap) e fitomassa seca da parte aérea em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango	50
Tabela 12 - Resumo do teste 'F' diâmetro do capítulo (DCap), número de aquênios por capítulo (NAC), Número de aquênios viáveis (NAV), porcentagem de aquênios não viáveis (PANV), massa de 100 aquênios (M100A) e produção	

de aquênios por planta (PROD) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango	52
Tabela 13 - Equações de regressão para diâmetro do capítulo (DCap) do girassol em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango.....	53
Tabela 14 - Equações de regressão para produção por planta do girassol em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango.....	58

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Temperatura máxima, mínima e umidade relativa durante a condução do experimento.....	27
Figura 2 - Vaso utilizado no experimento (A) e vista geral da área experimental (B) ..	30
Figura 3 - Polinização artificial cruzada	31
Figura 4 - Altura de plantas de girassol aos 90 DAS em função de doses de NPK (A) e biocarvão de cama de frango (g/vaso) aos 30 e 60 DAS (B)	38
Figura 5 - Diâmetro do caule do girassol aos 30 DAS em função de doses de NPK, % (A) e biocarvão de cama de frango, g/vaso (B).....	39
Figura 6 - Diâmetro do caule aos 60 (A) e 90 DAS (B) em função de doses de NPK - % e biocarvão de cama de frango - g/vaso.....	40
Figura 7 - Número de folhas aos 60 DAS em função de doses de NPK - % (A) e aos 30 e 60 DAS em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)	43
Figura 8 - Área foliar do girassol aos 60 DAS em função de doses de NPK - % (A) e aos 30 e 60 DAS em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)	44
Figura 9 - Taxa de crescimento absoluto da altura de planta aos 30-60 DAS - TCAAP1 (A) e 60-90 DAS -TCAAP2 (B) em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso	47
Figura 10 - Taxa de crescimento relativo da altura de planta aos 30-60 DAS - TCRAP1 (A) e 60-90 DAS -TCRAP2 (B) em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso	48
Figura 11 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule- TCADC1 (30-60 DAS) em função de doses de NPK (%).....	49
Figura 12 - Fitomassa seca de folhas-FSF (A), fitomassa seca do caule-FSC (B), fitomassa seca do capítulo-FSCap (C) e fitomassa seca da parte aérea-FSPA (D) do girassol em função de doses de NPK - %	51
Figura 13 - Diâmetro do capítulo (DCap) do girassol em função de doses de NPK - % e biocarvão de cama de frango - g/vaso	52
Figura 14 - Número de aquênios por capítulo (NAC) em função de doses de NPK - % (A) e biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)	54
Figura 15 - Número de aquênios viáveis (NAV) em função de doses de NPK - % (A) e biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)	55

Figura 16 - Percentagem de aquênios não viáveis (PANV) (A) e massa de cem aquênios (M100A) (B) em função de doses de NPK-%	57
Figura 17 - Produção de aquênios por planta (PROD) do girassol em função de doses de NPK - % e biocarvão de cama de frango - g/vaso	58

FURTADO, G.F. **Crescimento e produção de girassol sob doses de biocarvão de cama de frango e NPK**. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

A utilização de biomassa pode contribuir para a melhoria ou manutenção das propriedades do solo e, portanto, para a produção de energia sustentável e alimentos. Ante a importância do girassol para o semiárido, objetivou-se avaliar o efeito da adubação com biocarvão de cama de frango em combinação com fertilizante mineral no crescimento e produção de girassol cv. Embrapa 122/V2000. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido da UAEAg/CTRN/UFPG em vasos com capacidade para 20 dm³ sob delineamento experimental inteiramente casualizado, com tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 4 e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a cinco doses de adubação mineral D1=0, D2=25%, D3=50%, D4=75% e D5=100% da indicação de adubação com NPK (100; 300 e 150 mg kg⁻¹) e quatro doses de biocarvão de cama de frango, 0; 5%(400g/vaso); 10%(800g/vaso) e 15%(1100g/vaso), sendo calculadas com base no volume de solo. A adubação com 50% da recomendação de NPK (50:150:75 mg kg⁻¹) promoveu os maiores resultados de crescimento, produção de fitomassa, componentes de produção e rendimento do girassol quando comparada com os demais tratamentos a níveis de NPK. A adubação com doses crescentes de biocarvão de cama de frango promoveu redução linear da altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF). No entanto, não houve efeito significativo sobre a produção de fitomassa. O diâmetro do capítulo (DCap), número de aquênios por capítulo (NAC) e número de aquênios viáveis (NAV), tiveram decréscimo de 14,75%; 35,66% e 40,03% com o incremento das doses de biocarvão. A combinação de 50:150:75 mg kg⁻¹ de NPK e 400 g/vaso de biocarvão promoveu maior produção de aquênios por planta (23,91 g planta⁻¹).

Palavras-chave: biomassa, fertilização, *Helianthus annuus* L. produtividade

FURTADO, G.F. **Growth and yield sunflower under doses of biochar of chicken litter and NPK.** 2015. 73 l. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center of Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

The use of biomass can contribute to improve or maintain the soil properties, and therefore for sustainable energy production and food. Before the importance of sunflower to the semiarid, the objective study evaluate the effect of fertilization with biochar of chicken litter in combination with mineral fertilizer on growth and yield of sunflower cv. Embrapa 122/V2000. The experiment was conducted in a greenhouse of UAEAg/CTRN/UFCG in pots with capacity of 20 dm³ under completely randomized design, with treatments arranged in factorial 5 x 4 with four replicates. The treatments consisted of five doses of mineral fertilizer D1= 0, D2= 25%, D3= 50%, D4= 75% and D5= 100% fertilization recommendation with NPK (100, 300 and 150 mg kg⁻¹) and four doses of biochar of chicken litter, 0; 5% (400g/pot); 10% (800g/pot) and 15% (1100g/pot) calculated based on the volume of soil. Fertilization with 50% of NPK recommendation (50:150:75 mg kg⁻¹) promoted the highest growth, biomass production, yield components and yield of sunflower when compared with the other treatments NPK levels. Fertilization with increasing doses of biochar of chicken litter caused a linear reduction of plant height (PH), stem diameter (SD), number of leaves (NL) and leaf area (LA). However, there was no significant effect on biomass production. The head diameter (HD), number of achenes per plant (NAP) and number of viable achene (NVA), reduced 14.75%; 35.66% and 40.03% with the increasing doses of biochar. The combination of 50:150:75 mg kg⁻¹ of NPK and 400 g/pot biochar promoted greater production of achene per plant (23.91 g/plant).

Keywords: biomass, fertilization, *Helianthus annuus* L. productivity

1. INTRODUÇÃO

A população mundial deverá aumentar para 9,5 bilhões até 2050, (U.N., 2013), promovendo naturalmente, o aumento da demanda por alimentos, trazendo consigo a necessidade de se expandir as fronteiras agrícolas. Todavia, a utilização de tecnologias que aperfeiçoem a produção agrícola com menor impacto ambiental tornou-se o desafio do novo milênio. Nesse sentido, a aplicação de biocarvão para a agricultura tem sido proposta como uma abordagem atraente para mitigar as emissões de gases de efeito estufa e melhorar a produtividade das culturas (LEHMANN et al., 2006).

O biocarvão é um composto orgânico produzido através do processo de pirólise rápida ou lenta, com a finalidade de aplicação ao solo melhorando suas características físico-químicas (LEHMANN et al., 2006). A pirólise é definida como a degradação térmica da biomassa, na ausência ou em baixas concentrações de O₂ para produzir vapores condensáveis, gases e carvão vegetal. O biocarvão pode ser produzido a partir de diferentes fontes de biomassa, como materiais lenhosos, resíduos agrícolas, (IOANNIDOU & ZABANIOTOU, 2007), resíduos verdes (CHAN et al., 2007) e esterco (LIMA et al., 2008). No entanto, de acordo com Comer et al. (2012), a produção de biocarvão a partir de resíduos animais tem maior qualidade nutricional em relação ao biocarvão produzido de resíduos vegetais, em virtude dos níveis mais elevados de nitrogênio.

A cama de frango é de especial interesse para a produção de biocarvão no Brasil em virtude da alta produção gerada por ano, que conforme Corrêa & Miele (2011) está em torno de 6,8 milhões de m³. De acordo com Santos & Grangeiro (2013) a adubação com cama de frango constitui uma técnica de baixo custo, e economicamente viável para os agricultores familiares da Paraíba, podendo contribuir significativamente para promover maior produtividade, assegurando o estabelecimento dessa cultura dentro do sistema de produção dos pequenos produtores rurais.

Lehmann et al. (2006) ressalta que o biocarvão pode ser aplicado para correção do solo e aumenta a produtividade ou melhorar as propriedades do solo. Petter et al. (2012) verificaram que, no primeiro ano de aplicação, o biocarvão de eucalipto afetou positivamente a fertilidade do solo, carbono orgânico total, Ca, P, e pH, à profundidade de 0-10 cm, sendo o único fator com efeito significativo sobre a produtividade do arroz de terras altas. Todavia observa-se maior eficiência da aplicação de biocarvão quando este é associado à adubação mineral, em virtude da sua baixa disponibilidade de nutrientes (LEHMANN et al., 2003; STEINER et al., 2007).

Uma oleaginosa que vem despertando interesse pelos agricultores é o girassol em decorrência de seu alto potencial para a produção de biocombustível, sendo uma cultura de grande importância para o semiárido brasileiro em virtude de sua boa adaptabilidade às temperaturas altas, respondendo por cerca de 13% de todo o óleo vegetal produzido no mundo, apresentando, nos últimos anos, aumento na área cultivada (NOBRE et al., 2010).

O girassol (*Helianthus annuus* L.) apresenta características desejáveis sob o ponto de vista agrônomo, como ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento de óleo (MORAIS et al., 2011). Além disso, seus grãos, os restos da cultura e os subprodutos gerados na extração do óleo podem ser usados na alimentação animal (NOBRE et al., 2011). Sua elevada capacidade de ciclagem de nutrientes proporcionada pela absorção em maiores profundidades e sua reduzida taxa de exportação de nutrientes, têm favorecido o interesse dos produtores pela cultura (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

A produção brasileira de girassol na safra 2012/2013 foi de 110 mil toneladas, sendo o estado de Mato Grosso o maior produtor com 84,7 mil toneladas o que corresponde a 64,9% da produção nacional e uma produtividade média de 1671 kg ha⁻¹. No Nordeste destacam-se os estados do Ceará e Bahia com uma área plantada respectivamente de 0,2 e 0,3 mil ha e uma produtividade média de 456 e 400 kg ha⁻¹ (CONAB, 2013). No entanto, a capacidade para expressar a máxima produtividade de aquênios está relacionada, em parte, com uma nutrição mineral adequada da planta (AQUINO et al., 2013).

As informações existentes da utilização do biocarvão nos sistemas produtivos ainda são escassas, onde inexistem estudos voltados à sua utilização na cultura do girassol. Recentemente a Iniciativa Internacional Biocarvão (IBI) tem realizado estudos com o objetivo de fornecer padrões para uso de biocarvão e avaliar suas propriedades no solo. Tais estudos poderão possibilitar a produção de biocarvão com as propriedades desejadas para propósitos específicos. Diante disso, a sua caracterização se faz necessária para confirmar seus reais efeitos agrônômicos, ambientais e sua viabilidade econômica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito do biocarvão de cama de frango em combinação com fertilizante mineral na cultura de girassol cv. Embrapa 122/V2000 em casa de vegetação.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da aplicação de biocarvão de cama de frango nos atributos químicos do solo;
- Avaliar o efeito da aplicação de biocarvão de cama de frango no crescimento e produção do girassol cv. Embrapa 122/V2000;
- Mensurar a melhor combinação entre as doses de biocarvão de cama de frango e adubação mineral para a cultura do girassol.

3. RVISÃO DE LITERATURA

3.1. A cultura do girassol

3.1.1. Aspectos gerais

O girassol, cultura originária do continente americano, tendo como centro de origem o México, é amplamente cultivada em todo mundo. Adapta-se a diferentes condições ambientais, podendo ser cultivado no Brasil desde o estado do Rio Grande do Sul até o estado de Roraima (CASTRO & FARIAS, 2005). Na Europa o girassol foi introduzido no final do século XVI como planta ornamental, estendendo-se pela Espanha, Itália, França, Bélgica, Holanda, Suécia, Alemanha e Inglaterra. Passou a ser utilizado como cultura oleaginosa a partir do século XVIII (DALL AGNOL et al., 2005). A introdução desta cultura na América do Sul se deu na Argentina, no século XIX, através dos imigrantes judeus russos, se expandindo em seguida para o Brasil, Uruguai, Chile, Paraguai e Bolívia (DALL AGNOL et al., 2005). No Brasil o girassol foi introduzido pelos colonizadores europeus que se estabeleceram no sul e que, de início, consumiam suas sementes torradas e fabricavam uma espécie de chá rico em cafeína.

A produção comercial de sementes de girassol ocorreu no Estado de São Paulo no início do século XX, se destacando também como espécie forrageira para a bacia leiteira e como cultura melífera na alimentação de pássaros. Apesar da iniciativa do governo federal no final da década de 1970, por meio do Programa de Mobilização Energética, o qual estimulou o uso de óleos vegetais em substituição aos derivados de petróleo, o girassol não conseguiu se estabelecer no Brasil como cultura expressiva (LIRA et al., 2011). Somente a partir da década de 1990, o cultivo do girassol volta a ter destaque no cenário agrícola brasileiro, principalmente no Centro-Oeste, destacando-se, os estados de Goiás e Mato Grosso do Sul (DALL AGNOL et al., 2005).

Atualmente o girassol está entre as quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível do mundo; a demanda mundial pelo óleo de girassol é elevada em média 1,8% ao ano. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) a produção mundial de girassol em grãos foi de 39,40 milhões de toneladas, destacando-se a Rússia (24,44%), Ucrânia (24,12%) e Argentina (8,88%), como maiores produtores na safra 2011/2012. Dentre os estados produtores destaca-se o Mato Grosso do Sul, com uma produção de 84,7 mil toneladas, o que corresponde a 78,35% da produção nacional, com uma área plantada de 50,7 mil ha e uma

produtividade média de 1.671 kg ha⁻¹ na safra 2012/2013. O Nordeste participa de apenas 0,18% da produção nacional, destacando-se os estados do Ceará e Bahia com uma área plantada respectivamente de 0,2 e 0,3 mil ha e uma produtividade média de 456 e 400 kg ha⁻¹ (CONAB, 2013).

Além de atender o mercado de óleos comestíveis nobres, o girassol tem uma infinidade de usos, como: confeitaria, alimentação de pássaros, produção de silagem, farelo, torta para alimentação animal, produção ornamental, bem como a possibilidade de exportação de grãos (LIMA et al., 2013); as folhas podem ser usadas como herbicidas naturais, em virtude do seu potencial alelopático (SILVA et al., 2009); farinha panificável, que tem sido utilizada na fabricação de pão misto, em mistura com as farinhas de trigo, milho e sorgo (SACHS et al., 2005). O óleo de girassol possui ácidos graxos essenciais que contribuem para redução dos níveis do mau colesterol (LDL) e na prevenção de doenças vasculares.

3.1.2. Botânica e fenologia

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual da ordem Asterales, família Asteraceae, subfamília Asteroideae e tribo Heliantheae (CASTRO & FARIAS, 2005). Possui sistema radicular pivotante, caule ereto, geralmente não ramificado, com altura entre 0,3 e 5,0 m e número de folhas por planta entre 8 e 70 dependendo da cultivar e condições de cultivo (WATANABE, 2007). A inflorescência é um capítulo onde se desenvolvem os grãos, a qual possui dois tipos de flores: as tubulares que são férteis e hermafroditas, e as liguladas que são flores incompletas, com um ovário e cálice rudimentar e corola transformada, semelhante a uma pétala, de cor amarelo-alaranjada (ROSSI, 1998). A semente é, na verdade, o fruto, tipo aquênio e pode ser de coloração branca, preta ou listrada, contendo de 38 a 50% de óleo (SANTOS JUNIOR, 2010). Nos genótipos comerciais, a massa de 1000 aquênios varia de 30 a 60 g e o número mais frequente de aquênios pode variar entre 800 e 1700 por capítulo. O ciclo vegetativo varia entre 65 e 155 dias, dependendo da cultivar, genótipo, da data de semeadura e das condições edafoclimáticas de cada região e ano de cultivo (CASTRO & FARIAS, 2005).

Possui polinização do tipo entomófila, sendo as abelhas da espécie *Apis mellifera* L. o principal agente polinizador. De acordo com Ungaro (2000), o pólen do girassol possui protuberâncias semelhantes a espinhos que o torna adaptado para

transporte por insetos, ademais, em virtude do seu peso elevado move-se muito pouco pela ação do vento.

De acordo com Schneiter & Miller (1981) o crescimento do girassol é dividido em dois estádios de desenvolvimento, Vegetativa (V) e Reprodutiva (R) (Tabela 1). O estádio vegetativo é subdividido em duas fases, a de emergência e a de desenvolvimento de folhas verdadeiras (comprimento maior que 4 cm), tendo o início marcado pela emergência de plântulas e o término pelo o início do aparecimento da inflorescência, sendo o tempo de duração dependente do genótipo e dos fatores ambientais. O estádio reprodutivo é dividido em nove fases baseadas no desenvolvimento da inflorescência, desde seu aparecimento visual até a maturidade fisiológica da semente.

Tabela 1 - Descrição esquemática das fases de desenvolvimento do girassol, adaptado de Schneiter & Miller (1981)

Emergência	Número de Folhas Verdadeiras			Desenvolvimento da Inflorescência				Floração		Enchimento de Aquênios		Maturação Fisiológica
	VE	V1	V2	VN	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
Fase Vegetativa				Fase Reprodutiva								

3.1.3. Requerimentos nutricionais (NPK)

O girassol é uma cultura muito exigente do ponto de vista nutricional, sendo sua resposta à adubação limitada pelo potencial produtivo e pela taxa de exportação de nutrientes. É considerada uma cultura melhoradora da fertilidade do solo por apresentar elevada reciclagem de nutrientes em detrimento à baixa taxa de exportação; uma espécie sensível à acidez, geralmente apresentando sintomas de toxidez de alumínio (Al) em pH (CaCl₂) menor que 5,2 (CASTRO & OLIVEIRA, 2005).

A demanda nutricional do girassol varia em função do estádio fenológico, sendo a fase vegetativa (até os 30 dias após a emergência-DAE), a de menor demanda e a partir desse ponto até o florescimento pleno (fase R 5.5) há maior desenvolvimento da cultura (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Tais autores acrescentam ainda que dos 28 aos 56 dias DAE existe um rápido aumento na demanda nutricional e nas fases de florescimento e início do enchimento de aquênios (R5, R6 e R7), entre os 56 e 84 dias, há redução gradativa na velocidade de absorção de nutrientes quando se alcança o nível máximo de acúmulo em quantidades variáveis para cada nutriente. Zobiolo et al. (2010)

mencionam que até os 28 dias após a semeadura o acúmulo de nitrogênio (N) e de fósforo (P) é pequeno; a partir desse ponto a taxa de acúmulo de N e P aumenta de forma acentuada, atingindo o ponto de maior absorção aos 85 dias, para ambos os nutrientes. O potássio (K), por sua vez, atinge o pico de absorção aos 74 DAE- estágio R7, sendo o nutriente exigido em maiores quantidades pelo girassol. Tais autores complementam ainda que em virtude da dinâmica do N e K é recomendável realizar a adubação de cobertura desses nutrientes aproximadamente aos 30-35 DAE, para que haja adequada disponibilidade deles durante a fase crítica de acúmulo.

Segundo Castro & Oliveira (2005) o girassol acumula um total de 41 kg de N; 17,1 kg de P_2O_5 e 171 kg de K_2O para produzir uma tonelada de grãos. Ademais, Prado & Leal (2006) complementam que o N, P e K são os elementos que mais limitam o crescimento e produção de matéria seca dessa cultura. No entanto, cerca de 90 a 95% da quantidade de K absorvida pode retornar ao solo com a mineralização dos restos culturais (ZOBIOLE et al., 2010). Para Campos et al. (2012) a adubação com 60 kg $kg\ ha^{-1}$ de N; 80 kg $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 80 kg $kg\ ha^{-1}$ de K_2O proporcionam melhor qualidade das inflorescências de girassol cv. Embrapa 122/V2000.

O N é um dos elementos mais importantes para a cultura do girassol e a sua deficiência reduz significativamente características biométricas da planta como: altura, número de folhas e diâmetro do caule, apresentando também sintomas característicos da deficiência desse nutriente (PRADO & LEAL, 2006). Este elemento é necessário para a síntese de clorofila e está diretamente ligado a fotossíntese, uma vez que faz parte da molécula de clorofila, vitaminas e dos sistemas energéticos na planta. Nesse sentido, o N está diretamente relacionado à formação de proteínas (DECHEN & NACHTIGALL, 2007). Nasim et al. (2011) verificaram que, o aumento da dose de N proporciona incremento no rendimento de grãos e nos componentes produtivos do girassol.

O P é um elemento essencial para órgãos reprodutivos de plantas, bem como inflorescência, formação de grãos e maturação (OSMAN & AWED, 2010). A absorção de P apresenta uma maior intensidade na formação do capítulo e na floração (ROSSI, 1998). A omissão desse nutriente reduz a produção de matéria seca de folhas, caule e raízes do girassol, afetando também as características biométricas de crescimento (PRADO & LEAL, 2006). Segundo Castro & Oliveira (2005) para uma produção de 2.000 kg ha^{-1} adubação mínima de exportação de P pode variar de 30 kg $kg\ ha^{-1}$ a 80 kg $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente em solos com alto e muito baixo teor de fósforo. De acordo com Ali & Noorka (2013) a combinação 135 kg $kg\ ha^{-1}$ de N e 75 kg $kg\ ha^{-1}$ de

P promove maior rendimento de aquênios de girassol em cultivo irrigado em Sargodha-PK.

O K é um elemento muito móvel na planta, com alta mobilidade intracelular e nos tecidos, percorrendo longas distâncias com distribuição pelos vasos do xilema e floema (MEURER, 2006); atua na regulação do potencial osmótico celular e está ligado ao balanço de cargas negativas dos ácidos orgânicos intracelulares e no balanço dos ânions absorvidos pelas raízes (BERNARDI et al., 2008). É também requerido para a ativação de muitas enzimas da respiração e da fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2013). Para Amanullah & Khan (2010), a aplicação combinada de 100 kg de K e 45 kg P ha⁻¹ proporciona incremento nos componentes de produção e rendimento de grãos do girassol cv. Hysun-33 no Noroeste do Paquistão. De acordo com os mesmos autores níveis muito baixos de K e P promovem antecipação da fase floração, duração da fase de floração e maturação de aquênios em virtude da menor taxa de absorção de N.

3.2. Biocarvão

3.2.1. Aspectos gerais

O biocarvão ou biochar é um produto resultado do processo de pirólise rápida ou lenta de compostos orgânicos, como esterco bovino, lodo de esgoto e resíduos de culturas, com a finalidade de aplicação ao solo (MAIA et al., 2011). A pirólise consiste no processo de decomposição de material vegetal através da ação de temperaturas ótimas entre 450 a 550 °C na ausência ou em baixas concentrações de O₂ (LEHMANN, 2007), sendo que o processo de pirólise lenta proporciona maior rendimento de biocarvão em relação à pirólise rápida; no entanto, a quantidade de horas para realizar o processo de produção é superior. Nestas temperaturas, a biomassa sofre decomposição térmica, liberando grandes quantidades de componentes voláteis e calor, produzindo uma matriz carbonosa com estrutura porosa rudimentar (CZERNIK & BRIDGWATER, 2004), além de gás rico em hidrocarbonetos e bio-óleo, sendo estes, aproveitados na produção de energia elétrica, biocombustíveis e hidrogênio para uso doméstico e em carros.

As propriedades físico-químicas do biocarvão foram observadas cientificamente pela primeira vez na bacia do Amazonas, em solos conhecidos como “Terra Preta de Índio” (TPI) ou terra escura antrópica. De acordo com Falcão et al. (2001) esses solos são característicos da região amazônica e formados por ação antrópica, que apresentam altos teores de óxido de cálcio (CaO) e P disponível,

elevados teores de matéria orgânica e intensa atividade biológica, provenientes, provavelmente, de restos de ossos humanos e de animais. Desde as investigações iniciais da TPI na década de 1990 e início de 2000, nos últimos anos, pesquisas sobre biocarvão como correção do solo para fins agrícolas tem se intensificado.

O biocarvão possui alto teor de carbono orgânico e grande área superficial devido a sua porosidade em consequência do processo de queima da matéria orgânica (MADARI et al., 2009). Tais características tornam essa tecnologia com potencial para ser utilizada em problemáticas de âmbito mundial: como, degradação dos solos, escassez de alimentos e fertilizantes, competição por biomassa e escalada das emissões de gases do efeito estufa (REZENDE et al., 2011). Woolf et al. (2010) estimaram que as emissões líquidas anuais de CO₂, N₂O e CH₄ poderiam ser reduzidas em 12% com a implementação do biocarvão, sem pôr em perigo a segurança alimentar, habitat ou conservação do solo. Wang et al. (2011) salienta ainda que as emissões de N₂O e CO₂ dos solos cultivados com arroz reduziu substancialmente com a incorporação 50 t ha⁻¹ de biocarvão, em virtude da redução das concentrações de NH₄⁺ e NO₃⁻ no solo.

Apesar de ser produzido a partir de variadas fontes de biomassa, o biocarvão pode diferir quanto as suas propriedades físico-químicas, em virtude das condições de pirólise empregadas em sua produção, como: temperatura final da pirólise, taxa de carbonização e duração da carbonização (MUKHERJEE & LAL, 2013). Todavia Lehman & Joseph (2009) salientam que o seu alto teor em carbono e a sua forte estrutura aromática são características constantes. Tais características são em grande parte responsáveis pela sua estabilidade química. Seguindo esse raciocínio, há também pouca variabilidade do pH entre os diferentes tipos de biocarvão, sendo tipicamente superior a sete. Cabe destacar que o biocarvão possui uma grande variedade de nutrientes minerais, como, N, P, K, S, podendo ser usado como corretivo do solo, melhorando sua fertilidade e proporcionando maiores rendimentos às culturas.

3.2.2. Biocarvão no solo

A utilização de biomassa para produção de energia necessita de recursos do solo, em termos de área ocupada e produtividade do solo. As tecnologias de produção de biocarvão são as únicas, entre as tecnologias de biocombustíveis disponíveis, que podem contribuir para a melhoria ou manutenção das propriedades do solo, e, portanto, para a produção de energia sustentável e alimentos (MADARI et al., 2012). Maia et al.

(2011) comentam que a contribuição da adição de biocarvão ao solo engloba dois aspectos relevantes.

O primeiro aspecto diz respeito aos efeitos benéficos sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de proporcionar maior acúmulo de biomassa e produtividade das culturas (GLASER et al, 2002;. KOOKANA et al, 2011). Madari et al. (2006) ressalta que a adição de carvão vegetal de eucalipto afeta positivamente as propriedades do solo, reduzindo a acidez potencial e aumentando o teor de P e K. Conforme tais autores, a utilização de carvão vegetal em arroz de terras altas proporcionou melhor vigor inicial e acúmulo de biomassa, desenvolvimento mais uniforme e maior massa seca das sementes. Ademais, a utilização de biocarvão pode reduzir ou substituir a utilização de fertilizantes nitrogenados, responsáveis por aumentar a concentração de óxido nitroso da atmosfera. Conforme Lehmann et al. (2003) e Steiner et al. (2007) a aplicação de biocarvão torna-se mais eficiente quando associado à adubação mineral, em virtude da sua baixa disponibilidade de nutrientes. Tais autores relatam ainda que o biocarvão retém os nutrientes, reduzindo a perda destes por lixiviação e aumentando a absorção pelas plantas.

O segundo aspecto refere-se a sua contribuição para o sequestro de carbono no solo, em virtude de em sua composição haver formas estáveis de carbono orgânico, aumentando seu efeito residual sobre o solo (SANTOS et al., 2012). De acordo com Fox & Chapman (2011), a produção e dispersão de biocarvão nos solos é considerada estratégia viável de diminuição do aquecimento global. Yanai et al. (2007) ressaltam ainda que o biocarvão e a coprodução de bioenergia através de biomassa florestal podem favorecer a mudança do contexto climática global, reduzindo o uso de combustíveis fósseis, pelo sequestro de carbono em solos estáveis criando reservatórios de carbono e reduzindo drasticamente as emissões de óxido nitroso, um gás de efeito estufa de maior dano ao ambiente que o CO₂.

Ainda não se sabe a quantidade ideal de biocarvão para um bom crescimento e desenvolvimento de plantas, contudo essa quantidade deve ser determinada em função do tipo de solo, planta e também da composição do biocarvão. Todavia de acordo com Jien & Wang (2013) a aplicação de 5% de biocarvão melhora as propriedades físico-químicas do solo, notadamente de solos ácidos e reduz as perdas por erosão de solos altamente intemperizados, sendo o primeiro em virtude de aumentos significativos no pH, na capacidade de troca de cátions, saturação por bases e biomassa microbiana e o segundo principalmente pela formação de micro agregados. Matovic (2011) tomou como valor para o estudo que desenvolveu a média de 3% de biocarvão nos primeiros

30 cm de coluna do solo, o que leva a uma dosagem de 13,5 t ha⁻¹. Além disso, Thomas et al. (2013) citam que a aplicação de biocarvão ao solo pode amenizar os efeitos da salinidade sobre as plantas através da sorção do sal acumulado, sugerindo novas aplicações para mitigar os efeitos da salinização na produção agrícola, urbana e solos contaminados.

3.2.3. Biocarvão de cama de frango

Dentre as diferentes fontes de biomassa utilizadas na produção de biocarvão destaca-se, no Brasil, a cama de frango. Denomina-se cama de frango uma mistura de substratos (conhecido como ‘cama’) de fezes, de penas e restos de ração distribuídos em um galpão ou estábulo para servir de leito aos animais, sendo comumente utilizados subprodutos industriais ou restos de culturas agrícolas, tais como: marvalha, resíduos de beneficiamento industrial da madeira, sabugo de milho triturado, casca de arroz, palhadas de culturas em geral, fenos de gramíneas e cascas de amendoim (ÁVILA et al., 1992). A cama de frango é considerada uma boa fonte de nutrientes, notadamente de N e P, podendo reduzir o uso de fertilizantes minerais. Ademais, em virtude do aumento de matéria orgânica ao solo, o uso de cama de frango melhora os atributos físicos, favorecendo maior retenção de água, redução da erosão, melhoria da aeração e desenvolvimento da flora microbiana do solo (BLUM et al., 2003). No entanto, dependendo da origem da cama de frango (frangos de corte ou galinhas poedeiras) e do número de camadas de maravalha, os teores de N, P, K, Ca e Mg podem variar (GIANELLO & ERNANI, 1983; MIELE & MILAN, 1983; SCHERER, 1995). Costa et al. (2009) ressaltam que a cama de frango é uma alternativa de grande viabilidade no uso agrícola, por estar disponível nas propriedades a um baixo custo. Dikinya & Mufwanzala (2010) reforçam ainda que a fertilidade do solo pode ser melhorada pela aplicação de esterco de galinha em virtude do aumento das bases trocáveis nos solos.

Estima-se que a produção brasileira anual da cama de frango seja em torno de 6,8 milhões de m³ (CORRÊA & MIELE, 2011). De acordo com Santos et al. (2013) a utilização do biocarvão de cama de frango promove a melhora da fertilidade do solo e pode ser utilizado como uma fonte complementar de P para as culturas. Sanvong & Suppadit (2013) citam que o biocarvão de cama de frango pode ser usado como fertilizante e eficaz condicionador do solo, sendo produzido de maneira simples e em um sistema de baixo custo, favorecendo a agricultura autossustentável. Corroborando, Utomo et al. (2012) verificaram melhorias da fertilidade do solo, especialmente

aumento do teor de C.O, N, K e CTC do solo com a aplicação de biocarvão de cama de frango. Nesse sentido, estudos envolvendo a utilização de biocarvão de cama de frango nos sistemas produtivos sobressaem em importância, uma vez que as faixas de aplicação são variáveis a depender do tipo de solo, qualidade do resíduo e cultura utilizada.

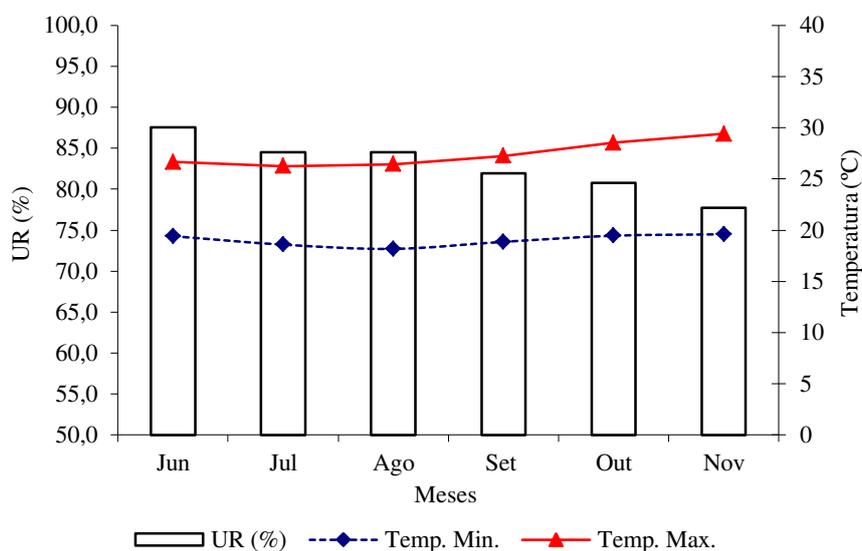
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido entre os meses de setembro e dezembro de 2014, em ambiente protegido pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situada nas coordenadas geográficas de 7°13'11" latitude sul e 35°53'31" longitude oeste e altitude de 547,56 m.

O clima da região, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982), é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno.

Os dados climáticos referentes à temperatura máxima, e mínima e umidade relativa no ambiente externo à casa de vegetação foram obtidos da estação meteorológica de campina grande (Figura 1), sendo registradas temperaturas médias máximas e médias mínimas, respectivamente de 27,40 e 19,00°C e, umidade relativa variando de 77 a 87%.



Fonte: AESA (2014)

Figura 1 - Temperatura máxima, mínima e umidade relativa durante a condução do experimento

4.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com tratamentos arranjos em esquema fatorial 5 x 4, com quatro repetições, totalizando 20 tratamentos e 80 unidades experimentais, sendo os tratamentos compostos pela combinação de cinco doses de adubação mineral [D1=0, D2=25%, D3=50% D4=75% e D5=100%] da indicação de adubação com NPK (100; 300 e 150 mg kg⁻¹) para ensaios conforme Novais et al., (1991) e quatro doses de Biocarvão de cama de frango [0; 5% (400 g/vaso); 10% (800 g/vaso) e 15% (1100 g/vaso)], sendo calculadas com base no volume de solo.

4.3. Cultivar

Foram utilizadas sementes de girassol, cultivar Embrapa 122/V2000, as quais foram fornecidas pela Embrapa Algodão de Campina Grande. Segundo Embrapa (2006) este material genético destaca-se pela precocidade, produtividade, qualidade e teor de óleo nos aquênios, o qual possui ciclo vegetativo médio de 100 dias, com início do florescimento aos 53 dias, maturação fisiológica aos 85 dias, altura das plantas de 155 cm, teor de óleo variando 40-44%, massa de mil aquênios de 60 g e produtividade média de 1741 kg ha⁻¹.

4.4. Instalação e condução do experimento

Utilizaram-se, para o semeio e condução das plantas, recipientes plásticos de 20 dm³ de capacidade (Figura 1A), preenchidos, com 20 kg de solo, deixando-se 5 cm livres na superfície do vaso, para facilitar a irrigação. Os vasos foram perfurados na base com cinco furos de 8 mm de diâmetro para facilitar a drenagem. Utilizou-se solo tipo areia franca não salino e não sódico coletado na profundidade de 0-30 cm devidamente destorroado e proveniente do Município de Campina Grande, PB, cujos atributos físico-químicos foram determinadas conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997) (Tabela 2).

Tabela 2 - Atributos físicos e químicos do solo utilizado no experimento

Atributos	Unidade	Valor
Classificação textural	-	Areia franca
Densidade do solo	g cm ⁻³	2,71
Porosidade	%	52,03
Complexo sortivo	Unidade	
Cálcio (Ca ²⁺)	cmol _c kg ⁻¹	2,10
Magnésio (Mg ²⁺)	cmol _c kg ⁻¹	2,57
Sódio (Na ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,06
Potássio (K ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,14
Hidrogênio (H ⁺)	cmol _c kg ⁻¹	1,78
Alumínio (Al ³⁺)	cmol _c kg ⁻¹	0,00
CTC	cmol _c kg ⁻¹	6,65
Carbono Orgânico	g kg ⁻¹	5,5
Matéria Orgânica	mg kg ⁻¹	9,5
Fósforo Assimilável (P)	mg kg ⁻¹	45,0
Nitrogênio	mg kg ⁻¹	0,5
pH H ₂ O	-	6,00
CE	dS m ⁻¹	0,16
PST	-	0,90
Extrato de saturação	Unidade	
pH _{ps}	-	5,80
CE _{es}	dS m ⁻¹	0,22
Cloro (Cl ⁻)	mmol _c L ⁻¹	1,00
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	mmol _c L ⁻¹	0,00
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mmol _c L ⁻¹	1,20
Cálcio (Ca ²⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,25
Magnésio (Mg ²⁺)	mmol _c L ⁻¹	1,50
Sódio (Na ⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,70
Potássio (K ⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,19
RAS	-	0,75

pH_{ps} - pH da pasta de saturação; CE_{es}- Condutividade elétrica do extrato de saturação; PST- Percentagem de sódio trocável;RAS- Razão de adsorção de Sódio

Os vasos foram distribuídos em plataformas confeccionadas com blocos de cerâmica a uma altura de 0,2 m, distribuídos em fileiras simples espaçados de 0,5 m e 0,4 m entre plantas dentro da fileira (Figura 1B). Após acondicionado nos vasos o material de solo foi colocado em capacidade de campo através do método de saturação por capilaridade, seguido por drenagem livre.

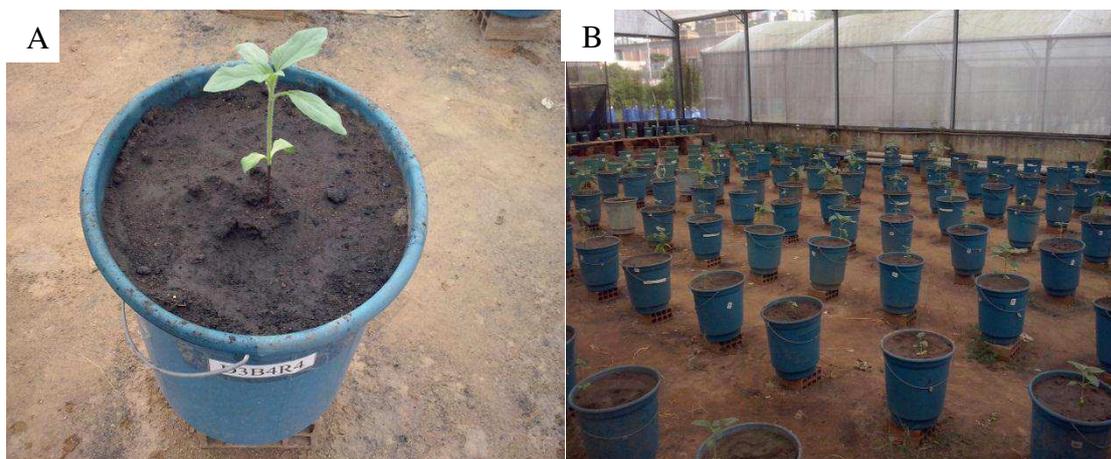


Figura 2 - Vaso utilizado no experimento (A) e vista geral da área experimental (B)

Para adubação foram utilizados como fontes de NPK, respectivamente, ureia, Monoamônio-fosfato (MAP) e cloreto de potássio (KCl) aplicados em cobertura, sendo aplicados por vaso no tratamento com 100% da recomendação 1,41 g de ureia, 13,64 g de MAP e 5 g de KCl (Tabela 3). O MAP foi aplicado a cada 7 dias a partir dos 25 dias após a semeadura (DAS). O KCl foi aplicado aos 30, 45 e 60 DAS. A ureia foi aplicada aos 50 DAS. O biocarvão foi incorporado ao solo e deixado em incubação por um período de 20 dias. Realizou-se ainda, uma adubação foliar aos 40 DAS, usando Ubyfol® na proporção de 0,5 kg do fertilizante foliar para 100 L de água, distribuídos nas plantas com auxílio de um pulverizador costal.

Tabela3 - Valores de Ureia, MAP e KCl aplicadas em cada tratamento

Dose (% da recomendação)	-----g/vaso-----		
	Ureia	MAP	KCl
0	0	0	0
25	0,35	3,41	1,25
50	0,71	6,82	2,50
75	1,06	10,23	3,75
100*	1,41	13,64	5,00

*Recomendação de adubação N: 100 mg kg⁻¹; P: 300 mg kg⁻¹; K: 150 mg kg⁻¹ (NOVAIS et al., 1991)

O biocarvão foi produzido a partir do processo de pirólise convencional, utilizando-se como resíduo cama de frango (450°C x 0,5 hora x pressão atmosférica), o qual foi fornecido pela empresa SPPT Pesquisas Tecnológicas LTDA, cujas características químicas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Características químicas do biocarvão utilizado no experimento

Característica	Valor
pH H ₂ O (1:2,5)	10,1
Macronutrientes (g kg⁻¹)	
Nitrogênio (N)	42,31
Fósforo (P)	32,56
Potássio (K ⁺)	48,56
Cálcio (Ca ²⁺)	57,75
Magnésio (Mg ²⁺)	12,40
Sódio (Na ⁺)	14,37
Micronutrientes (mg kg⁻¹)	
Ferro (Fe)	137
Cobre (Cu)	812
Zinco (Zn)	700
Manganês (Mn)	862

O semeio foi realizado no dia 19 de outubro de 2014, colocando-se três sementes por vaso a 0,05 m de profundidade e distribuídas de forma equidistante. A emergência das plântulas teve início no quinto dia após o semeio (DAS) e continuou até o décimo quinto dia. Os desbastes foram feitos aos 10 e 20 DAS, deixando-se respectivamente, duas e uma planta por vaso, ou seja, as de melhor vigor.

A polinização foi realizada quando as plantas atingiram o estágio R5, utilizando-se a polinização artificial cruzada, que consistiu em se utilizar um pincel com uma boa quantidade de pólen proveniente de diversas flores produzidas por plantas diferentes realizando-se um rápido toque de forma a atingir todos os estigmas (Figura 3).



Figura 3 - Polinização artificial cruzada

No transcorrer do experimento foram realizados os seguintes tratamentos culturais: eliminação manual de plantas daninhas; tutoramento das plantas, quando estas atingiram o estágio R6, que compreende o final da floração; e escarificação superficial do solo quando o mesmo se apresentava com algum grau de encrostamento superficial.

Aos 30 e 50 DAS foi realizado o controle químico da mosca branca (*Bemisia tabaci*) com inseticida de princípio ativo endossulfan, na dose de 500 g i.a. ha⁻¹.

4.5. Manejo da Irrigação

A irrigação foi mensurada através do consumo de água pelas plantas sob 100% da ETr. O volume aplicado (Va) por vaso foi obtido pela diferença entre a média do peso dos recipientes em condição de máxima retenção de água (Pcc), o qual foi determinado saturando-se os recipientes com água e submetendo-os à drenagem; quando o volume drenado foi reduzindo, os recipientes foram pesados, obtendo-se o valor do Pcc; e o peso médio dos recipientes na condição de não-saturação (peso atual) (Pa), dividido pelo número de recipientes (n), como indicado na eq. 1. As irrigações eram realizadas diariamente no final da tarde, utilizando-se água de chuva, a qual era coletada pelo sistema de captação da casa de vegetação e armazenada em uma caixa com capacidade de 5 m³.

$$Va = \frac{Pcc - Pa}{n} \quad (1)$$

4.6. Colheita e beneficiamento

A colheita foi realizada quando as plantas atingiram o estágio R9, isto é, quando estas apresentavam aquênios com massa dura, o capítulo se encontra inclinado para baixo, com dorso e brácteas de cor entre amarelo e castanho (SCHNEITER & MILLER, 1981). Na ocasião, as plantas foram cortadas rente ao solo, separadas em caule, folha e capítulo e acondicionadas em sacos de papel do tipo kraft, os quais foram colocados em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 65°C até atingir massa constante. Os aquênios de cada capítulo foram debulhados manualmente e, posteriormente, separados em aquênios viáveis e não viáveis.

4.7. Variáveis analisadas no solo

Após o término do experimento foram analisados os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^- , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , CE_{es} e pH_{es} do extrato de saturação, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997).

4.8. Variáveis analisadas no girassol

4.8.1. Variáveis de crescimento

Aos 30, 60 e 90 DAS foram avaliados altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF). A área foliar (AF) foi avaliada aos 30 e 60 DAS. A 'AP' mensurada em 'cm', medindo-se o comprimento desde o colo da planta até a inserção da folha mais nova. O 'DC' foi mensurado no colo da planta a 2 cm do solo (mm). Na contagem do número de folhas consideraram-se as que estavam totalmente expandidas com comprimento mínimo de 3 cm; A 'AF' em cm^2 , mensurada pelo método não destrutivo, empregando a metodologia proposta por Maldaner et al. (2009), conforme a eq. 2.

$$AF = 1,7582 \times L^{1,7067} \quad (2)$$

Em que,

AF = área foliar (cm^2);

L = largura da folha (cm);

4.8.2. Taxas de Crescimento Absoluto e Relativo

Com os dados obtidos da Altura de Plantas e Diâmetro do Caule em cada época, determinou-se a Taxa de Crescimento Absoluto e Taxa de Crescimento Relativo empregando metodologia proposta por Fernandes, (2002) e Benincasa (2003), conforme equações descritas a seguir:

Para a taxa de crescimento absoluto

$$TCA = \frac{(A_2 - A_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{cm dia}^{-1} \text{ ou mm dia}^{-1})$$

Para a taxa de crescimento relativo

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1} \text{ ou mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1})$$

Em que,

A2 = Altura ou diâmetro obtida no final do período de estudo;

A1 = Altura ou diâmetro obtida no início do período de estudo;

t2 - t1 = diferença de tempo entre as amostragens.

4.9. Produção de fitomassa

As variáveis Fitomassa seca do caule - FSC, fitomassa seca das folhas - FSF, fitomassa seca da parte aérea - FSPA e fitomassa seca do capítulo - FSCap foram avaliadas após a colheita.

4.10. Variáveis de produção

Os componentes de produção foram avaliados por ocasião da colheita, sendo eles: Diâmetro do capítulo (DCap), mensurado em cm no momento da colheita; número de aquênios por capítulo (NAC), Número de aquênios viáveis (NAV); percentagem de aquênios não viáveis (PANV) - considerando como aquênios não viáveis os grãos chochos; massa de cem aquênios (M100A) - considerando apenas os aquênios viáveis e determinada segundo metodologia proposta por Brasil (2009) e produção de aquênios por planta (PROD).

4.11. Análise dos resultados

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Em função da heterogeneidade dos dados fez-se necessária transformação em \sqrt{X} ou $\sqrt{X + 1}$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise do solo

A aplicação de biocarvão de cama de frango no solo das unidades experimentais promoveu incremento do pH_{ps} e condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), sendo que os maiores valores foram observados com as doses de 800 e 1100 g de biocarvão vaso^{-1} (Tabela 5) os quais, de acordo com Richards (1954) são valores característicos de solos salinos ($\text{pH} \leq 8,5$; $\text{CE}_{\text{es}} > 4,0 \text{ dS m}^{-1}$). Esse comportamento foi corroborado por Liesch et al. (2010) que observaram aumento do pH do solo com incremento das doses de biocarvão de cama de frango após 28 dias de incubação, obtendo valores máximos de 8,87 com a aplicação de 90 t ha^{-1} . Da mesma forma, Revell (2011) verificou incremento linear do acúmulo de sais solúveis no solo com aumento das doses de biocarvão de cama de frango. Observa-se ainda, que os teores de cloreto (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-), sódio (Na^+) e potássio (K^+) obedeceram a mesma tendência da CE_{es} , os quais tiveram um incremento respectivamente de 33,94%, 65,58%, 51,08% e 91,81% em relação ao solo que não recebeu adubação com biocarvão. Tais resultados, ou seja, alta concentração de sais solúveis nas unidades experimentais, evidenciam a provável salinização do solo devido à adubação com biocarvão (HOLANDA et al., 2010). No entanto, houve redução nos teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) no extrato de saturação com o aumento das doses de biocarvão, fato que influenciou o aumento da relação de adsorção de sódio (RAS) apesar dos valores nas unidades experimentais (Tabela 5) terem sido classificados como baixo (< 13).

Provavelmente, a reação do biocarvão, rico em cálcio, magnésio, sódio e potássio (Tabela 4), no solo, pode ter provocada a troca catiônica, ou seja, aumentou a adsorção de cálcio e magnésio liberando o sódio e potássio do complexo sortivo para a solução do solo. Outra razão da diminuição do cálcio e magnésio na solução do solo é o fato da absorção destes elementos pela cultura.

De acordo com Pessoa et al. (2010), a elevação na RAS pode promover desequilíbrio nutricional, pela dificuldade de absorção de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ em virtude do aumento da proporção de sódio solúvel na solução do solo. Ademais, se a proporção de Na^+ na solução do solo continua aumentando, apesar da sua menor seletividade, pode substituir o Ca^{2+} e o Mg^{2+} do complexo sortivo passando o sódio solúvel para o sódio trocável, o que pode dar início ao processo de sodificação (RIBEIRO et al., 2003).

Tabela 5 - Valores médios dos atributos químicos do solo cultivado com girassol em função de doses de biocarvão de cama de frango

Atributos	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
Extrato de saturação (mmol _c L ⁻¹)				
pH _{ps}	5,98	7,07	7,90	8,28
CE _{es} – dS m ⁻¹	3,31	7,28	9,50	9,32
Cloreto (Cl ⁻)	33,32	47,73	50,44	50,43
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	2,44	2,95	5,36	7,09
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	P	P	P	P
Cálcio (Ca ²⁺)	7,04	7,63	3,82	3,97
Magnésio (Mg ²⁺)	28,13	35,44	26,98	22,84
Sódio (Na ⁺)	16,98	31,03	37,01	34,71
Potássio (K ⁺)	4,23	24,11	44,00	51,66
RAS	4,05	6,69	9,43	9,48

B₁= 0; B₂ 400 g/vaso; B₃ = 800 g/vaso; B₄ = 1100g/vaso; pH_{ps} - pH da pasta de saturação; CE_{es}- Condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS- Razão de adsorção de sódio

5.2. Variáveis de crescimento

5.2.1. Altura de planta e diâmetro do caule

A aplicação de doses crescentes de NPK nas unidades experimentais teve efeito significativo na altura de plantas (AP) aos 90 dias após a semeadura do girassol (DAS) e no diâmetro do caule aos 30, 60 e 90 DAS (Tabela 6). Tais resultados podem estar relacionados à baixa demanda nutricional do girassol no início do ciclo de cultivo, especialmente nos primeiros 30 DAS. De acordo com Zobiolo et al. (2010) a maior absorção de nitrogênio (N) e de fósforo (P) pelo girassol ocorre a partir dos 28 dias após a emergência (DAE), atingindo o ponto de maior absorção aos 85 DAE; o potássio (K), por sua vez, atinge o pico de absorção aos 74 DAE

Tabela 6 - Resumo do teste 'F' para altura de planta (AP) e diâmetro de caule (DC) do girassol aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Fonte de Variação	Teste F					
	AP (cm)			DC (mm)		
	30 DAS	60 DAS	90 DAS	30 DAS	60 DAS	90 DAS
Doses (D)	ns	ns	**	*	**	**
Reg. Linear	-	-	**	ns	ns	ns
Reg. Quadrática	-	-	*	*	**	**
Biocarvão (B)	**	**	ns	**	**	ns
Reg. Linear	**	**	-	**	**	-
Reg. Quadrática	ns	ns	-	*	ns	-
D x B	ns	ns	ns	ns	**	*
CV (%)	33,72	20,79	16,80	27,05	17,54	18,90

(**), (*), (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente

O biocarvão afetou significativamente a AP e DC aos 30 e 60 DAS. Verifica-se ainda efeito significativo da interação entre os fatores D x B para DC aos 60 e 90 DAS (Tabela 6).

Conforme equação de regressão (Figura 4A) verifica-se efeito quadrático sobre a AP do girassol aos 90 DAS em função das doses de NPK. Observa-se incremento da AP (97,45 cm) até a dose de 33,33% da recomendação o que corresponde a um aumento de 3,88% em relação a menor dose. Observa-se ainda que a partir desse ponto, houve uma redução de 15,48%. Tais resultados evidenciam que, nas condições de desenvolvimento da pesquisa, a recomendação de adubação adotada para o girassol foi muito superior às necessidades da cultura. Chaves et al. (2014) não verificaram efeito significativo da adubação com N e K na AP do girassol, no entanto a adubação com P promoveu incremento linear da AP obtendo um valor máximo aos 60 DAS de 110,47 cm, com a dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. De acordo com Jahangir et al. (2006) a combinação de 120 kg ha⁻¹ de N e 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promovem maior altura de plantas de girassol, obtendo uma altura máxima de 62,1 cm. Salih (2013) avaliando a combinação de diferentes doses de N e P no Sudão também verificou incrementos na altura de planta de girassol com o aumento das doses de adubação mineral. Uchôa et al. (2011) verificaram efeito significativo da adubação potássica para AP do girassol cv. Embrapa 122/V2000, obtendo altura máxima de 126 cm com a aplicação de 78,6 kg ha⁻¹ de K₂O.

Os resultados referentes à AP em função das doses de biocarvão foram melhor ajustados ao modelo linear (Figura 4B) indicando que o aumento das doses de biocarvão promoveu decréscimos na AP, aos 30 e 60 DAS. Os menores valores estimados de AP para as plantas cultivadas com adubação de 1100 g/vaso, aos 30 e 60 DAS, foram

respectivamente 14,74 e 61,41 cm, o que correspondem a uma redução de 28,33% e 30,76% em relação às plantas que não foram adubadas com biocarvão. Tais resultados podem estar relacionados ao aumento da salinidade do solo comprovados pelos altos valores de CE_{es} do solo como mencionado na Tabela 5. Ademais, o excesso de sais no solo pode reduzir a absorção de N pelas plantas, enquanto que os níveis de Cl absorvidos e acumulados são acrescidos, promovendo menor crescimento (BOSCO et al., 2009). Nobre et al. (2010) e Moraes et al. (2011), verificaram redução linear da AP do girassol em condições de estresse salino. De acordo com Suppadit et al. (2012), a aplicação de biocarvão a níveis acima de 98,4 g/10 kg de solo limita o crescimento da soja em virtude de sua natureza alcalina, promovendo incremento do pH a níveis acima do recomendado para a cultura. No entanto, Utomo et al. (2012), verificaram incremento na altura de plantas de milho com a combinação de 145 kg ha⁻¹ de N e 50 t ha⁻¹ de biocarvão de cama de frango em relação ao controle (sem adubação).

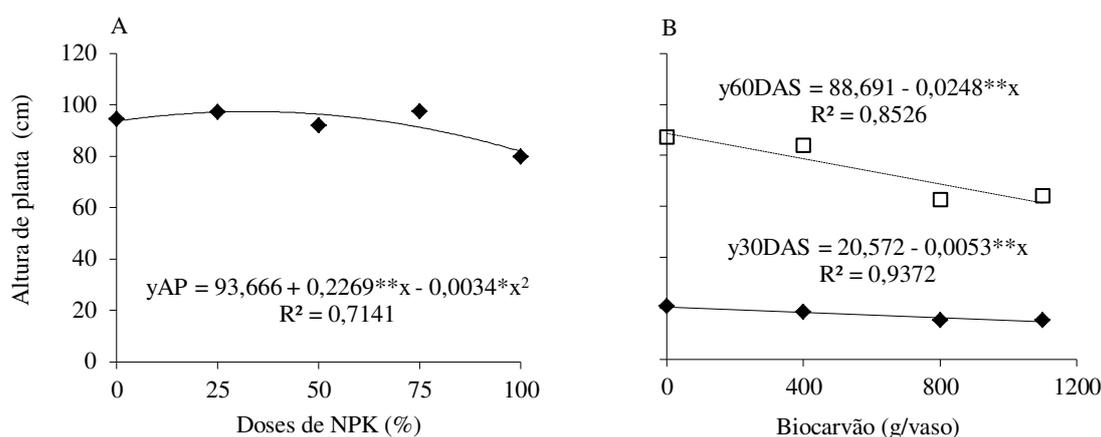


Figura 4 - Altura de plantas de girassol aos 90 DAS em função de doses de NPK (A) e biocarvão de cama de frango (g/vaso) aos 30 e 60 DAS (B)

Na Figura 5 são apresentados os resultados referentes ao DC do girassol aos 30 DAS em função das doses de NPK e biocarvão de cama de frango.

Conforme equação de regressão (Figura 5A) verifica-se efeito quadrático sobre o DC do girassol aos 30 DAS em função das doses de NPK, sendo que a dose de 42,83% da recomendação (4,25 mm) proporcionou incremento de 13,64% em relação a menor dose (3,67 mm). Observa-se ainda, que a partir desse ponto (4,25 mm) houve redução de 23,76% em relação à maior dose, a qual proporcionou os menores valores de DC (3,24 mm). Chaves et al. (2014) verificaram efeitos significativos da adubação com N e K sobre o diâmetro do caule do girassol, no entanto o fósforo não exerceu efeito

significativo sobre esta variável. Siddiqui et al. (2009) verificaram incremento do diâmetro do caule do girassol com o aumento da adubação mineral, sendo registrados os maiores valores com a combinação de 90:45:45 kg ha⁻¹ de NPK.

O incremento da dose de biocarvão promoveu redução linear do DC do girassol aos 30 DAS (Figura 5B). O menor valor de DC foi de 2,99 mm quando foi aplicada a dose de 1100 g/vaso o que correspondeu a um decréscimo de 39,84% em relação às plantas que não receberam adubação com biocarvão (4,97 mm). Nesse sentido, ratifica-se a hipótese citada anteriormente de que o aumento da salinidade do solo em decorrência da adubação com biocarvão também restringiu o crescimento em diâmetro caulinar do girassol. Conforme Ayers & Westcot (1999), a presença de íons específicos na solução do solo ocasiona aumento de sua pressão osmótica, afetando de forma negativa os processos fisiológicos, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular, tendo como consequência, a redução no crescimento vegetal. Nobre et al. (2010) verificaram redução linear do DC do girassol cv. Embrapa 122 V/2000 em condições de estresse salino, obtendo diâmetro médio aos 26 DAS de 6,05 mm.

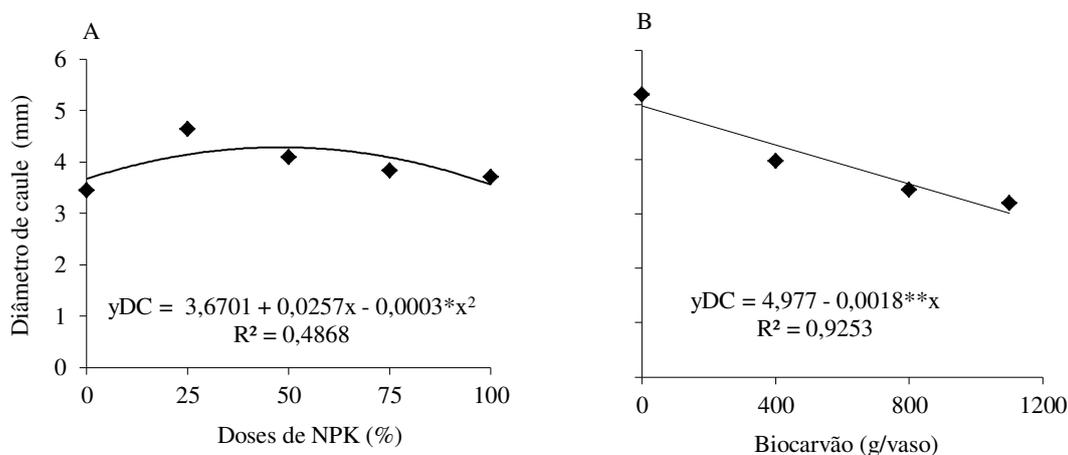


Figura 5 - Diâmetro do caule do girassol aos 30 DAS em função de doses de NPK, % (A) e biocarvão de cama de frango, g/vaso (B)

A interação entre os fatores (D x B) para o DC aos 60 e 90 DAS podem ser observados na Figura 6. Verifica-se aos 60 DAS (Figura 6A) conforme equações de regressão (Tabela 7) efeito quadrático nas plantas submetidas à adubação com 0 e 400 g/vaso de biocarvão, onde observa-se incremento do DC até a dose de 55,68% (11,68 mm) e 46,83% (10,05 mm) da recomendação, respectivamente para dose 0 e 400

g/vaso, sendo estimados os menores valores para as plantas adubadas com 100% da recomendação de NPK.

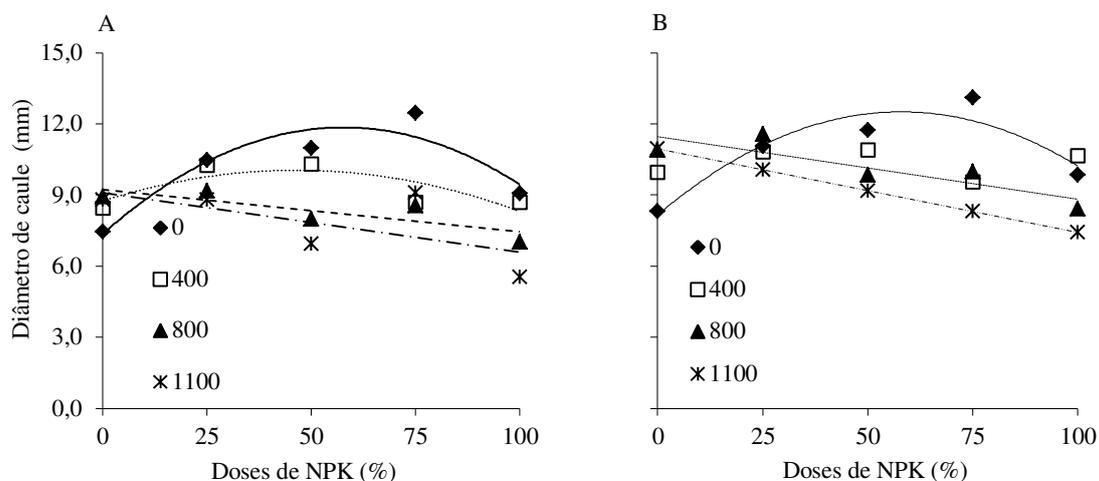


Figura 6 - Diâmetro do caule aos 60 (A) e 90 DAS (B) em função de doses de NPK - % e biocarvão de cama de frango - g/vaso

Todavia, observa-se efeito linear decrescente nas plantas submetidas à adubação com 800 e 1100 g/vaso de biocarvão (Figura 6A), e conforme equações de regressão (Tabela 6) verifica-se redução respectivamente, de 19,38% e 27,52% quando comparadas a menor e a maior dose de adubação com NPK.

Tabela 7 - Equações de regressão do diâmetro de caule do girassol aos 60 e 90 dias após a semeadura(DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Diâmetro do caule aos 60 DAS (mm)			
Biocarvão (g/vaso)	Equação	R ²	Média
0	$Y = 7,3487 + 0,1559 * x - 0,0014 ** x^2$	0,8763	10,08
400	$Y = 8,7411 + 0,0562 x - 0,0006 * x^2$	0,6252	9,28
800	$Y = 9,2338 - 0,0179 * x$	0,6711	8,34
1100	$Y = 9,085 - 0,025 * x$	0,4099	7,83
Diâmetro do caule aos 90 DAS (mm)			
Biocarvão (g/vaso)	Equação	R ²	Média
0	$Y = 8,1634 + 0,1497 x - 0,0013 ** x^2$	0,8830	10,81
800	$Y = 11,461 - 0,0263 ** x$	0,7565	10,14
1100	$Y = 10,939 - 0,0352 ** x$	1,0000	9,18

(**), (*) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$)

Y = diâmetro do caule (mm); x = doses de NPK (%)

Com relação ao DC aos 90 DAS (Tabela 6) verifica-se melhor ajuste dos dados ao modelo quadrático quando as plantas não receberam adubação com biocarvão (Dose 0) (Figura 6B), cuja dose de 57,58% (12,47 mm) da recomendação de NPK promoveu incremento de 34,54% em relação a menor dose e a partir desse ponto houve redução de 18,74% em relação a dose de 100% da recomendação de NPK. No entanto, esses valores são inferiores aos observados para esta cultivar (18,4 mm) (SMIDERLE et al., 2005; BÍSCARO et al., 2008). As doses de 800 e 1100 g/vaso de biocarvão promoveram redução linear do DC aos 90 DAS (Figura 6B) e conforme equações de regressão (Tabela 7) observa-se redução respectivamente de 22,96% e 32,19% quando comparadas a menor e a maior dose de recomendação de NPK. Em relação às plantas que receberam a dosagem de 400 g/vaso de biocarvão, vê-se, conforme estudos de regressão (Figura 6B) não haver efeito significativo sobre DC, sendo alcançado um valor médio de 10,37 mm. Diante disso, verifica-se que a adubação com biocarvão apresenta a mesma tendência observada para DC aos 30 DAS (Figura 5), fato atrelado aos efeitos do estresse salino como mencionando anteriormente (Tabela 5). No entanto, Carvalho et al. (2011) verificaram efeitos positivos da adubação com cama de frango sobre o crescimento e produção de soja, o que leva a crer conforme Mukherjee & Lal (2013) que a natureza do material utilizado na produção do biocarvão e as condições de pirólise empregadas favoreceu a liberação de íons que promoveram a salinização do solo. Todavia, Thomas et al. (2013) em estudo com biocarvão produzido de serragem de faia-da-terra (*Fagus grandifolia*) verificaram que a aplicação de 50 t ha⁻¹ reduz os efeitos do estresse salino em plantas de feijão.

5.2.2. Número de folhas e área foliar

As doses de NPK tiveram efeito significativo para o número de folhas por planta (NF) e área foliar (AF) aos 60 DAS (Tabela 8). Verifica-se ainda efeito significativo das doses de biocarvão para NF e AF em todos os períodos de avaliação. Todavia não houve efeito significativo para a interação D x B para nenhuma variável analisada. Tais resultados estão relacionados à baixa demanda nutricional do girassol na fase vegetativa. Conforme Castro & Oliveira (2005), a menor demanda nutricional do girassol ocorre até os 30 dias após a emergência (DAE), tendo um aumento gradativo até os 56 DAE.

Tabela 8 - Resumo do teste 'F' para número de folhas por planta (NF) e área foliar do girassol aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Fonte de Variação	Teste F			
	NF		AF (cm ²)	
	30 DAS	60 DAS	30 DAS ¹	60 DAS
Doses (D)	ns	*	ns	**
Reg. Linear	-	*	-	ns
Reg. Quadrática	-	*	-	**
Biocarvão (B)	**	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**	**
Reg. Quadrática	ns	*	*	ns
D x B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18,65	19,08	29,59	31,99

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente
¹análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{X}

Conforme equações de regressão observa-se efeito quadrático para o NF do girassol aos 60 DAS em função das doses de NPK (Figura 7A). Verifica-se também que até a dose de 34,25% (18 folhas) da recomendação de adubação houve incremento no NF de 3,89% em relação a menor dose (Dose 0); e, a partir desse ponto houve redução de 14,32% em relação a dose de 100% (N:P:K, 100:300:150 mg kg⁻¹) (14 folhas) da recomendação. O estado nutricional do vegetal, notadamente o suprimento adequado de N, P e K, estão diretamente relacionados com o seu crescimento e desenvolvimento em virtude destes elementos desempenharem funções ligadas ao metabolismo energético. Fagundes et al. (2007) avaliando o crescimento do girassol em função de doses e fontes de N, observaram efeito quadrático para esta variável, obtendo número máximo de 24 folhas no final do ciclo. Tais resultados estão em conformidade com Chaves et al. (2014), os quais verificaram efeitos positivos da adubação com NPK para esta variável, obtendo número máximo de 16 folhas aos 60 DAS com a combinação de 71,22 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 78,6 kg ha⁻¹ de K₂O. Adebayo et al. (2010) verificaram incremento no número de folhas em função de doses de P, obtendo número máximo de folhas (35 folhas) com a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de P (4,8 g por planta). Biscaro et al. (2008) avaliando o crescimento do girassol sob adubação nitrogenada em cobertura, observaram número máximo de folhas por planta (29 folhas) com a dose 80 kg ha⁻¹.

A adubação com biocarvão de cama de frango promoveu redução linear do número de folhas do girassol aos 30 e 60 DAS, sendo esta respectivamente de 34,52% e 20,56% quando comparadas as plantas que foram cultivadas sem a adubação com biocarvão (Dose 0) e a dose de 1100 g/vaso (Figura 7B). O maior número de folhas foi

obtido quando às plantas foram cultivadas sem a adubação com biocarvão (19 folhas), sendo estes valores inferiores ao número médio observado para esta cultivar (29 folhas) (BISCARO et al., 2008). Mais uma vez, verificam-se os efeitos negativos do estresse salino proporcionado pela adubação com biocarvão de cama de frango. Conforme Oliveira et al. (2013) a redução do NF funciona como uma adaptação anatômica em condições de estresse salino, refletindo redução de transpiração como alternativa para manter a absorção de água.

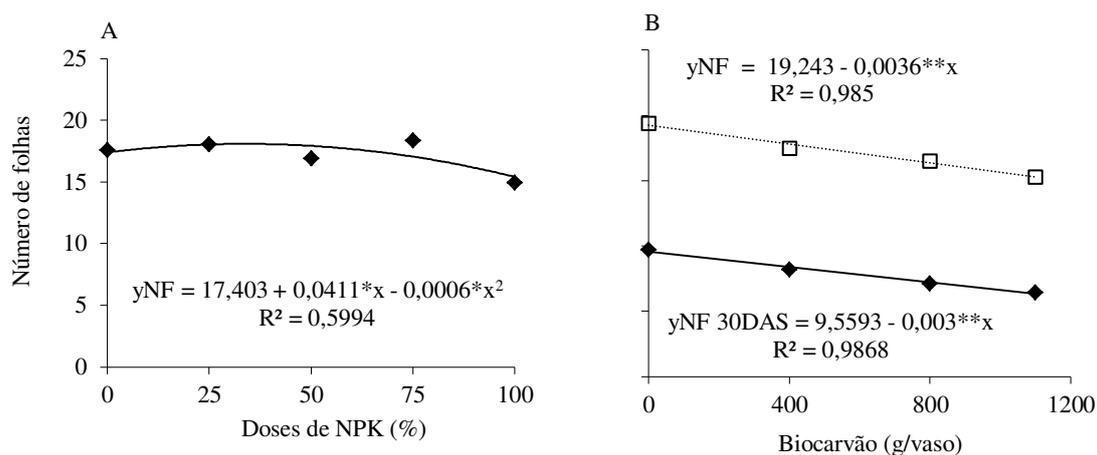


Figura 7 - Número de folhas aos 60 DAS em função de doses de NPK - % (A) e aos 30 e 60 DAS em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)

A dose de 49,15% (1285,83 cm²) da recomendação de adubação com NPK promoveu, aos 60 DAS incremento na área foliar (AF) de 28,90% em relação a menor dose (Dose 0) (914,22 cm²); e a partir desse ponto houve uma redução de 30,14% em relação as plantas que receberam a dose de 100% da recomendação (898,22 cm²) (Figura 8A). A maior disponibilidade de nutrientes proporciona maior crescimento vegetal e conseqüentemente maior expansão do limbo foliar. No entanto, quando foi aplicada a dose de 100% da recomendação houve uma redução muito acentuada em relação à dose máxima estimada, fato que pode estar relacionado à recomendação de adubação adotada ser realizada, ou seja, com base na massa de solo do vaso, o que pode ter proporcionado uma dose acima das exigências da cultura. De acordo com Ali & Noorka (2013) a combinação 135 Kg de N e 75 de P Kg ha⁻¹ promoveu incremento de AF do girassol em cultivo irrigado em Sargodha-PK, obtendo AF máxima de 5813,24 cm².

Verifica-se redução linear da AF do girassol aos 30 e 60 DAS com o incremento das doses de biocarvão (Figura 8B), sendo os menores valores respectivamente de,

60,59 e 717,95cm² com a dose e 1100 g/vaso. Observa-se ainda que a adubação com biocarvão promoveu uma redução de 76,90% e 52,29% respectivamente, aos 30 e 60 DAS, quando comparadas a menor e a maior dose. Tais resultados podem ser atribuídos ao efeito do excesso de sais presentes no solo (Tabela 5), que conforme Taiz & Zeiger (2013) podem promover alterações na fisiologia vegetal, as quais são muitas vezes acompanhadas por modificações morfológicas e anatômicas, como por exemplo, redução do crescimento e de sua área foliar, estando estes associados principalmente à redução da pressão de turgor, a qual interfere nos processos de alongamento e divisão celular. Conforme Tester & Davenport (2003) a redução da área foliar é um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante, mantendo elevado o potencial hídrico na planta. Nobre et al. (2011) verificaram redução linear da AF do girassol com o aumento da salinidade da água de irrigação. No entanto, Coomer et al. (2012) verificaram que combinação de 3000 kg ha⁻¹ de biocarvão de cama de frango mais 56 kg ha⁻¹ de N promoveu incremento na área foliar de algodão em relação ao tratamento controle (sem aplicação de biocarvão + 56 kg ha⁻¹ de N).

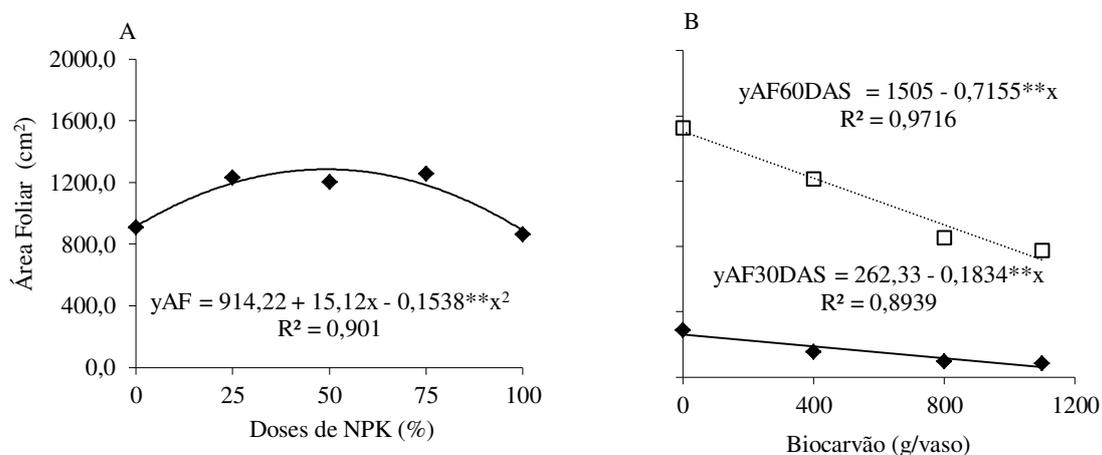


Figura 8 - Área foliar do girassol aos 60 DAS em função de doses de NPK - % (A) e aos 30 e 60 DAS em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)

5.2.3. Taxas de crescimento

A aplicação de biocarvão de cama de frango nas unidades experimentais teve efeito significativo sobre as taxas de crescimento absoluto e relativo da altura de plantas de girassol nos períodos avaliados de 30 a 60 DAS (TCAAP1 e TCRAP1) e 60 a 90 DAS (TCAAP2 e TCRAP2) (Tabela 9). Todavia, não houve efeito significativo para o

fator doses de adubação com NPK e da interação (D x B) para nenhuma variável analisada.

Embora o incremento da adubação mineral tenha promovido maior crescimento das plantas de girassol, fato observado pelos maiores valores de AP e DC (Figuras 4, 5 e 6), o aumento de biomassa em função do tempo (taxa de crescimento) se manteve constante em todos os níveis de adubação. Ribeiro et al. (2014) não verificaram efeito significativo da adubação nitrogenada sob as taxas de crescimento do girassol. Corroborando, Furtado et al. (2014) não verificaram efeito significativo da adubação potássica sob TCAAP e TCRAP no período de avaliação de 35 a 60 DAS.

Tabela 9 - Resumo do teste 'F' para taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de plantas do girassol nos períodos de avaliação realizados entre 30-60 (TCAAP1 e TCRAP1) e 60-90 (TCAAP2 e TCRAP2) dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Fonte de Variação	Teste F			
	TCAAP1	TCAAP2 ¹	TCRAP1	TCRAP2 ¹
Doses (D)	ns	ns	ns	ns
Biocarvão (B)	**	**	*	**
Reg. Linear	**	**	*	**
Reg. Quadrática	ns	*	*	*
D x B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	22,25	42,47	14,67	45,84

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente
¹análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{X}

O incremento das doses de biocarvão promoveu redução linear da taxa de crescimento absoluto da altura de planta do girassol no período de 30 a 60 DAS (TCAAP1) (Figura 9A). Os menores valores de TCAAP1 foram de 1,48 cm dia⁻¹ quando as plantas receberam adubação com 1100 g/vaso de biocarvão o que correspondeu a um decréscimo de 34,25% em relação às plantas que não foram adubadas com biocarvão (2,25 cm dia⁻¹). Assim como para a AP (Figura 4B) o efeito do estresse salino decorrente da adubação com biocarvão também influenciou a TCAAP1. Ribeiro et al. (2014) verificaram redução sobre a taxa de crescimento do girassol no período de 31-45 DAS em condições de estresse salino. Maia Junior et al. (2013) observaram em média TCAAP de 1,31 cm dia⁻¹ no período de avaliação de 20-80 DAS para a cv. Embrapa 122/V2000. A inibição do crescimento de plantas em condições de estresse salino se dá em virtude da redução do potencial osmótico da solução do solo a níveis que impossibilitam a absorção de água e nutrientes, aliado à toxicidade iônica,

desequilíbrio nutricional ou ambos, em função da acumulação em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais (FLOWERS, 2004).

As taxas de crescimento vegetativo são variáveis utilizadas para determinação do crescimento vegetal em diferentes estádios de desenvolvimento, sendo dependente da quantidade de material previamente acumulado. Tais variáveis representam aumento em altura ou massa em função do tempo (crescimento absoluto) ou crescimento por unidade de tempo, expresso em uma base comum massa inicial, área inicial, comprimento inicial (crescimento relativo) (TAIZ & ZEIGER, 2013). Diante disso, através dessas variáveis é possível determinar a intensidade do estresse biótico ou abiótico sobre o crescimento do vegetal.

No entanto, verifica-se com base nos estudos de regressão para taxa de crescimento absoluto da altura de planta do girassol no período de 60 a 90 DAS (TCAAP2) (Figura 9B), que o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, indicando que o aumento da dose de biocarvão até 785,7 g/vaso promoveu incremento da TCAAP2 de 67,00% em relação às plantas que não foram adubadas e a partir desse ponto há um decréscimo de 10,71% em relação à maior dose. Esses resultados podem ser justificados pela maior sensibilidade da cultura aos efeitos do estresse salino proporcionado pelo biocarvão na fase vegetativa, fato que pode estar relacionado à maior adaptação da cultura após os 60 DAS. Corroborando, Ribeiro et al. (2014) não verificaram efeito significativo do estresse salino sobre as taxas de crescimento do girassol nos períodos de avaliação 46-60 e 61-75 DAS. Tais autores complementam ainda que esses resultados estão relacionados ao ajustamento osmótico permanente, que é um mecanismo que permite às plantas halófitas viverem em condições de estresse salino.

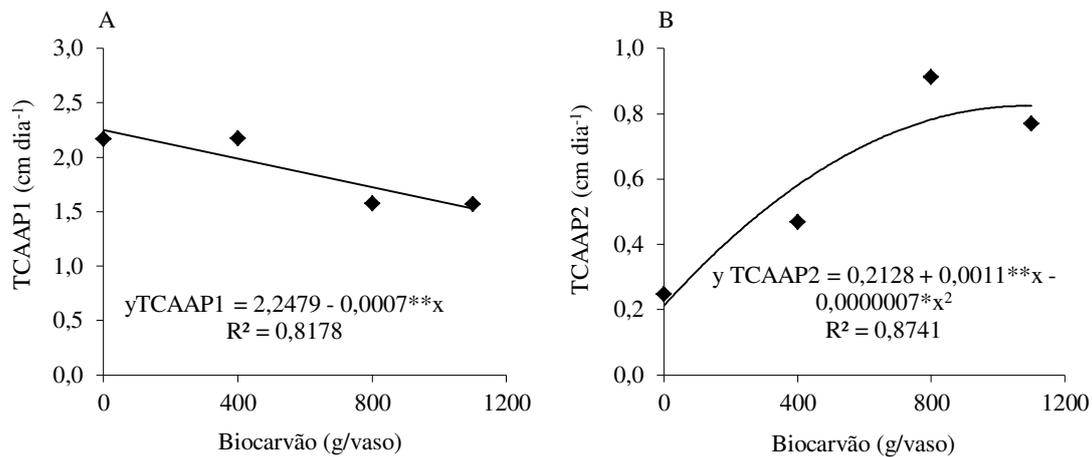


Figura 9 - Taxa de crescimento absoluto da altura de planta aos 30-60 DAS - TCAAP1 (A) e 60-90 DAS -TCAAP2 (B) em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso

Conforme equações de regressão observa-se efeito quadrático para a taxa de crescimento relativo da altura de planta do girassol no período de 30 a 60 DAS - TCRAP1 (Figura 10A), onde a dose de biocarvão a partir de 400 g/vaso promoveu decréscimo da TCAAP1 de 9,72%. No entanto, a taxa de crescimento relativo da altura de planta do girassol no período de 60 a 90 DAS - TCRAP2 aumentou linearmente com o incremento das doses de biocarvão de cama de frango, sendo os maiores valores obtidos com a dose de 1100 g/vaso ($0,0121\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$), o que promoveu incremento de 72,73% em relação às plantas que não receberam adubação com biocarvão (Figura 10B). Com base nesses resultados, verifica-se que as taxas de crescimento relativo seguiram a mesma tendência observada para as taxas de crescimento absoluto (Figura 9), onde se observa que após os 60 DAS possivelmente houve maior adaptação da cultura às condições de estresse. Nobre et al. (2014) verificaram incremento linear da TCRAP da mamoneira no período de 14 a 120 DAS com o aumento da condutividade elétrica da água. Tais autores mencionam que esses resultados demonstram eficiência da cultura em produzir material novo por unidade de material pré-existente, refletindo a tolerância das plantas ao estresse salino.

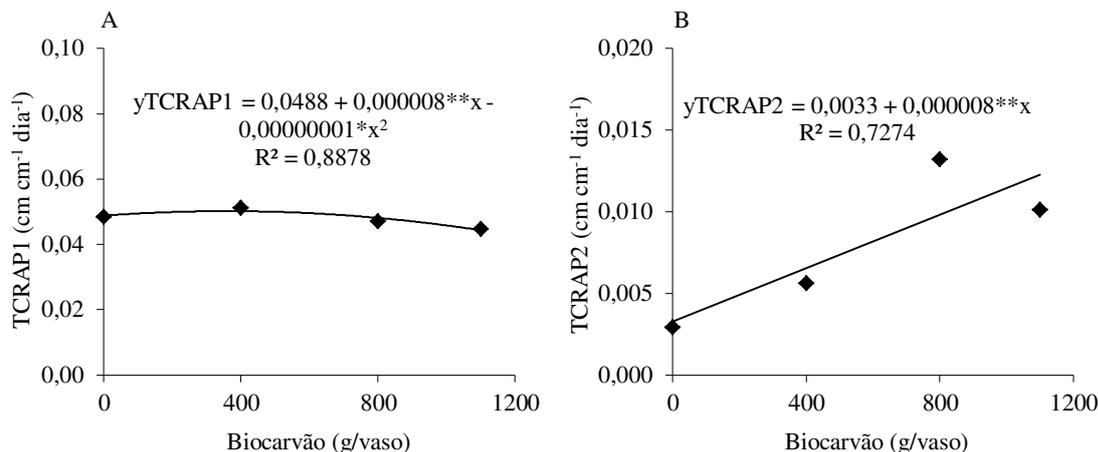


Figura 10 - Taxa de crescimento relativo da altura de planta aos 30-60 DAS - TCRAP1 (A) e 60-90 DAS -TCRAP2 (B) em função de doses de biocarvão de cama de frango - g/vaso

O efeito das doses de adubação com NPK sobre as taxas de crescimento absoluto e relativo do DC do girassol só foi significativo na taxa de crescimento absoluto no período de 30 a 60 DAS - TCADC1 (Tabela 10). Todavia, não houve efeito significativo para o fator doses de adubação com biocarvão de cama de frango e interação entre os fatores (D x B) para nenhuma variável analisada.

Tabela 10 - Resumo do teste 'F' para taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule do girassol nos períodos de avaliação realizados entre 30-60 (TCADC1 e TCRDC1) e 60-90 (TCADC2 e TCRDC2) dias após a semeadura (DAS) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Fonte de Variação	Teste F			
	TCADC1	TCADC2 ¹	TCRDC1	TCRDC2 ¹
Doses (D)	**	ns	ns	ns
Reg. Linear	*	-	-	-
Reg. Quadrática	*	-	-	-
Biocarvão (B)	ns	ns	ns	ns
D x B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	30,61	37,85	33,06	35,56

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente
¹análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{X}

Conforme estudos de regressão para a TCAD1 em função das doses de NPK (Figura 11) verifica-se ajuste dos dados para o modelo quadrático, sendo os maiores valores obtidos com a dose de 60% da recomendação ($0,1902 \text{ mm dia}^{-1}$) e a partir desse ponto houve uma redução de 8,41%. Verifica-se ainda que o incremento proporcionado

com o aumento dos níveis de NPK entre as doses de 0 e 60% da recomendação foi de 18,93%. Assim como o DC aos 30, 60 e 90 (Figura 5 e 6) observa-se tendência semelhante para a TCRDC1, em que a recomendação de adubação adotada foi superior ao requerimento da cultura, tendo em média ponto de máxima na dose de 50% (50:150:75 mg kg⁻¹) da recomendação de NPK. Prado & Leal (2006) observaram reduções no crescimento do girassol com a omissão de N, P e K. Conforme Furtado et al. (2014) a adubação potássica promove incremento na TCADC do girassol até a dose de 100 mg Kg⁻¹ de solo no período de avaliação de 35 a 60 DAS. Maia Junior et al. (2013) verificaram para a mesma cultivar em média TCADC de 0,0974 mm dia⁻¹ no período de avaliação de 20 a 80 DAS.

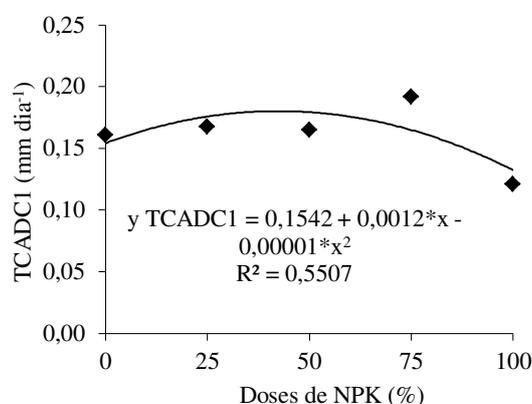


Figura 11 - Taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule - TCADC1 (30-60 DAS) em função de doses de NPK (%)

5.3. Produção de Fitomassa

A adubação do girassol com NPK (D) teve efeito significativo em todas as variáveis relacionadas à produção de fitomassa, todavia as doses de biocarvão de cama de frango (B) e a interação entre estes fatores (D x B), não tiveram efeito significativo (Tabela 11).

Tabela 11 - Resumo do teste 'F' para fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca do capítulo (FSCap) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Fonte de Variação	Teste F			
	FSF	FSC	FSCap	FSPA
Doses (D)	**	**	**	**
Reg. Linear	ns	*	*	ns
Reg. Quadrática	**	**	**	**
Biocarvão (B)	ns	ns	ns	ns
D x B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	34,19	38,10	33,02	33,02

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente

Apesar das doses de biocarvão terem limitado o crescimento do girassol, comprovado pelas reduções na AP, DC, NF e AF, a produção de fitomassa manteve-se constante dentro dos níveis de adubação com biocarvão. No entanto, Coomer et al. (2012) verificaram efeitos positivos da adubação com biocarvão de cama de frango sobre a produção de matéria seca de algodão. Suppadit et al. (2012) verificaram incremento da produção de biomassa de soja com o incremento da dose de biocarvão de cama de frango.

Os maiores valores de fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca do capítulo (FSCap) e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) foram 7,04; 8,42; 5,51 e 21,09 g/planta, respectivamente com as doses de 45,86%; 36,28%; 37,10% e 41,65% da recomendação de NPK (Figuras 12A, B, C e D). Observa-se ainda que a adubação com 100% (100:300:150 mg kg⁻¹) da recomendação promoveu redução da FSF, FSC, FSCap e FSPA, respectivamente de 31,73%; 43,32%; 35,98% e 32,26% em relação à dose de máxima eficiência. Tais resultados evidenciam novamente que a recomendação adotada (NOVAIS et al., 1991) para as condições de desenvolvimento da pesquisa foi superior às necessidades nutricionais do girassol. Ademais, o maior acúmulo de matéria seca do girassol situou-se próximo da dose de 50% da recomendação, mesma tendência observada para a AP, DC, NF e AF (Figuras 4, 5, 6, 7 e 8). De acordo com Banerjee et al. (2014) o incremento de fitomassa promovido pelos maiores níveis de adubação com NPK decorrem do aumento da taxa de crescimento da cultura em virtude da maior produção de fotoassimilados e índice de área foliar. Conforme tais autores, a combinação de 100:50:50 kg ha⁻¹ de NPK promove maior acúmulo de matéria seca do girassol. Abbadi et al. (2008) verificaram incremento na FSF, FSC e FSCap com o incremento da adubação nitrogenada, sendo os maiores valores observados com a dose de 4 g/vaso de N. Salih (2013) verificou que a

combinação de 80 kg ha⁻¹ de N e P, promove maior acúmulo de matéria seca do girassol. Para Bakhtet al. (2010) a combinação de 150:100:100 kg ha⁻¹ de NPK promove incremento do acúmulo de matéria seca do girassol.

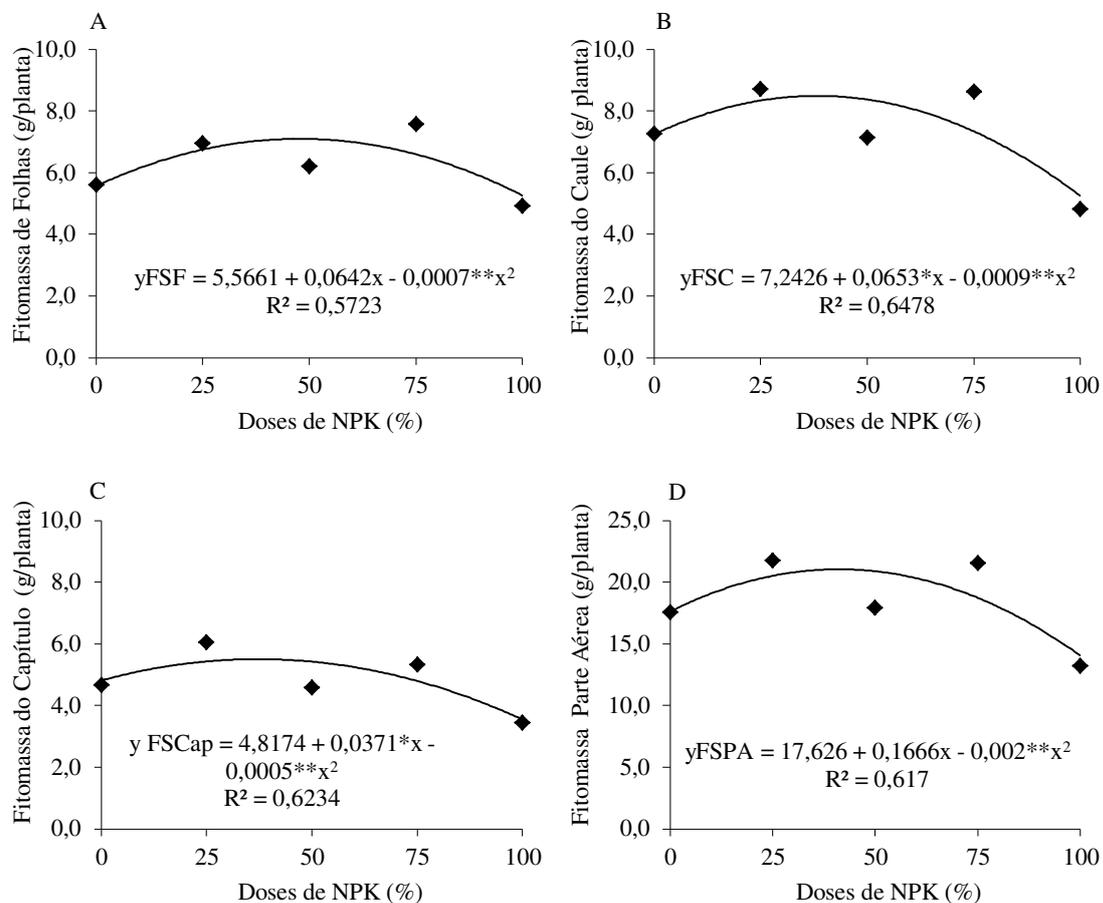


Figura 12 - Fitomassa seca de folhas - FSF (A), fitomassa seca do caule - FSC (B), fitomassa seca do capítulo - FSCap (C) e fitomassa seca da parte aérea - FSPA (D) do girassol em função de doses de NPK - %

5.4. Variáveis de produção

A aplicação de doses crescentes de NPK nas unidades experimentais teve efeito significativo nos componentes de produção do girassol (Tabela 12) corroborando Jahangir et al. (2006) verificaram efeito significativo da adubação com N e P sobre o número de aquênios por capítulo, massa de cem aquênios e rendimento de grãos. Da mesma forma Oliveira et al. (2014) observaram efeito significativo da adubação nitrogenada sobre o diâmetro de capítulo (DCap) e número de aquênios por capítulo do girassol.

Tabela 12 - Resumo do teste ‘F’ para diâmetro do capítulo (DCap), número de aquênios por capítulo (NAC), Número de aquênios viáveis (NAV), porcentagem de aquênios não viáveis (PANV), massa de 100 aquênios (M100A) e produção de aquênios por planta (PROD) em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Fonte de Variação	Teste F					
	DCap	NAC	NAV	PANV ¹	M100A	PROD
Doses (D)	**	**	**	**	*	**
Reg. Linear	ns	**	ns	**	ns	ns
Reg. Quadrática	**	**	**	ns	*	**
Biocarvão (B)	**	**	**	ns	ns	**
Reg. Linear	**	**	**	-	-	**
Reg. Quadrática	ns	ns	*	-	-	**
D x B	**	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	15,64	33,63	16,74	36,75	21,67	28,79

(**), (*); (ns) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) e não significativo respectivamente
¹análise estatística realizada após transformação de dados em $\sqrt{X + 1}$

A adubação com biocarvão afetou significativamente todas as variáveis de produção do girassol, exceto a porcentagem de aquênios não viáveis (PANV) e a massa de cem aquênios (M100A). Conforme Suppadit et al. (2012) o biocarvão de cama de frango teve efeito significativo nos componentes de produção da soja.

Verifica-se ainda efeito significativo da interação entre os fatores D x B para o diâmetro de capítulo (DCap) e produção por planta (PROD) (Tabela 12) cujos valores desta interação são apresentados na Figura 13 de acordo com as equações de regressão (Tabela 13).

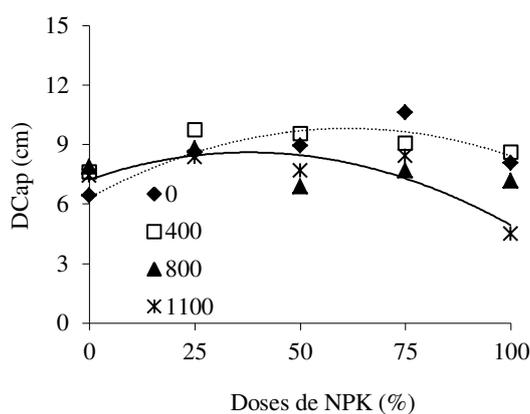


Figura 13 - Diâmetro do capítulo (DCap) do girassol em função de doses de NPK - % e biocarvão de cama de frango - g/vaso

Tabela 13 - Equações de regressão para diâmetro do capítulo (DCap) do girassol em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Diâmetro do capítulo (cm)			
Biocarvão (kg ha ⁻¹)	Equação	R ²	Média
0	$Y = 6,3268 + 0,1139**x - 0,0009**x^2$	0,8156	8,54
1100	$Y = 7,2476 + 0,0721**x - 0,001**x^2$	0,7990	7,28

(**), (*) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$)

Y = diâmetro do capítulo (cm); x = doses de NPK (%)

Observa-se incremento do DCap até a dose de 63,28% (9,93 cm) e 36,05% (8,55 mm) da recomendação de NPK, respectivamente para dose 0 e 1100 g/vaso de biocarvão, sendo estimados os menores valores para as plantas adubadas com 100% da recomendação de NPK.

Em relação às plantas que receberam a dosagem de 400 e 800 g/vaso de biocarvão, vê-se, conforme estudos de regressão (Figura 13), não haver efeito significativo sobre DCap, sendo alcançado valores médios respectivamente de 8,93 e 7,69 cm. Assim como para as variáveis de crescimento, o DCap do girassol também reduziu significativamente com a aplicação de biocarvão em virtude do aumento da salinidade do solo (Tabela 5). Nobre et al. (2010) observaram redução linear dos diâmetros de capítulo interno e externo de girassol com a irrigação de água com CE a partir de 0,5 dS m⁻¹. Conforme tais autores, o aumento da salinidade provocado redução da disponibilidade de água para as plantas e como consequência a redução do diâmetro do capítulo.

Com relação à adubação mineral observa-se tendência semelhante às variáveis de crescimento, sendo que, em média, a dose de 50% (N:P:K, 50:150:75 mg kg⁻¹) da recomendação promoveu os maiores resultados. Conforme Jahangir et al. (2006) a combinação de 120 kg ha⁻¹ de N e 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promovem maior DCap do girassol, obtendo diâmetro máximo de 13,3 cm. Siddiqui et al. (2009) verificaram maiores DCap com a adubação de 90:45:45 kg ha⁻¹ de NPK. Ali & Noorka (2013) observaram DCap máximo de 17,87 cm com a combinação de 135 kg ha⁻¹ de N e 75 kg ha⁻¹ de P.

Conforme equação de regressão (Figura 14) verifica-se efeito quadrático para o número de aquênios por capítulo (NAC) em função das doses de NPK. Os maiores valores foram observados com a dose de 51,61% (430 aquênios) da recomendação, a qual promoveu um incremento de 32,43% em relação à menor dose. Verifica-se ainda

que a partir desse ponto, houve uma redução do NAC de 28,52% em relação às plantas que receberam 100% da recomendação de NPK. Tais resultados estão relacionados com o maior DCap obtido próximo a dose de 50% da recomendação de NPK (Figura 13). Capítulos maiores favorecem maior formação de flores e conseqüentemente maior número de aquênios. Segundo Zagonel & Mundstock (1991) essa variável é reflexo da disponibilidade nutricional na fase de diferenciação floral, sendo esta determinante do número potencial de flores e conseqüentemente o número de aquênios. Conforme Wendt et al. (2005) o tamanho do receptáculo é um importante componente para a produtividade de grãos, pois reflete o número potencial de aquênios. Corroborando, Pivetta et al. (2012) verificaram correlação positiva e significativa entre número de grãos por capítulo e o diâmetro do capítulo do girassol, denotando que o incremento de uma variável acarretará em aumento na outra. Segundo Jahangir et al. (2006) a combinação de 120 kg ha⁻¹ de N e 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promovem maior NAC do girassol, obtendo em média 341 aquênios. Centeno et al. (2014) verificaram incremento linear do número total de aquênios com o aumento das doses de N, obtendo os maiores resultados com a dose de 150 mg kg⁻¹.

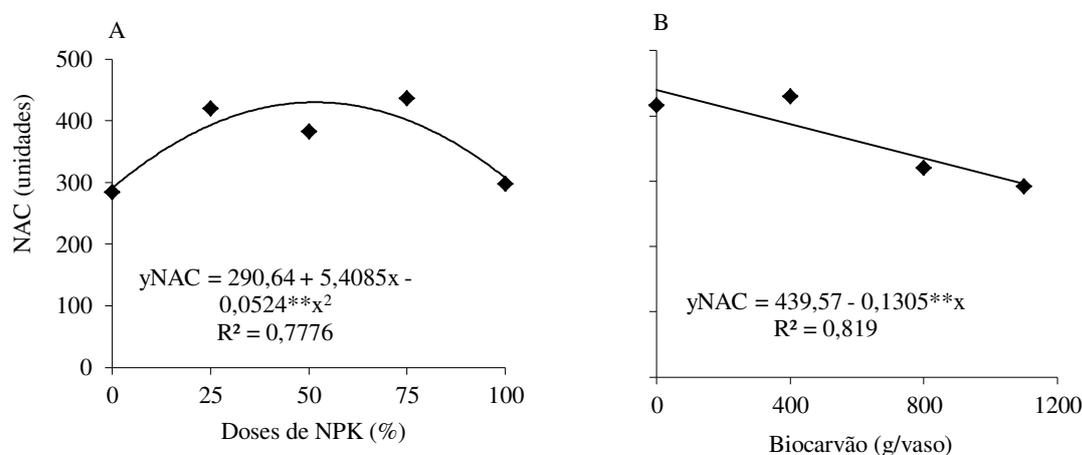


Figura 14 - Número de aquênios por capítulo (NAC) em função de doses de NPK - % (A) e biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)

Os resultados referentes ao NAC em função das doses de biocarvão foram melhor ajustados ao modelo linear (Figura 14B). Conforme equação de regressão verifica-se redução de 35,66% quando comparadas as doses 0 e 1100 g/vaso. O NAC variou de 296 a 440 unidades, no entanto, esses valores são inferiores aos reportados por Sachs et al. (2006) os quais verificaram variação de 688 a 818 unidades para a cv. Embrapa 122/V2000. O aumento da salinidade do solo decorrente do incremento das

doses de biocarvão também afetou o NAC do girassol. Segundo Rhoades et al. (2000) os efeitos do estresse salino se manifestam tanto no desenvolvimento quanto na produção das culturas, reduzindo principalmente a população e o desenvolvimento dos frutos, sintomas similares ao do estresse hídrico. Centeno et al. (2014) verificaram redução linear do número total de aquênios de girassol com o incremento da CE da água de irrigação.

Conforme equação de regressão (Figura 15A) verifica-se efeito quadrático sobre o número de aquênios viáveis do girassol (NAV) em função das doses de NPK, indicando que o aumento da dose até 54,48% (374 unidades) da recomendação de NPK promoveu incremento de 41,95% em relação à menor dose. Observa-se ainda que a partir desse ponto, houve uma redução de 29,25% em relação às plantas que receberam 100% (N:P:K, 100:300:150 g/vaso) da recomendação. Assim como para o DCap (Figura 13) e NAC (Figura 14), a adubação em torno de 50% da recomendação de NPK promoveu maior NAV, o que se justifica pela disponibilidade adequada de nutrientes, principalmente na fase de floração (Estágio R1). Segundo Lobo & Grassi Filho (2007), o diâmetro do capítulo tem estreita relação com o número potencial de aquênios. Nesse sentido, o aumento do DCap aumentará o NAC e conseqüentemente NAV, componente essencial da produtividade. Pivetta et al. (2012) verificaram correlação positiva e significativa entre o DCap e a percentagem de grãos normais.

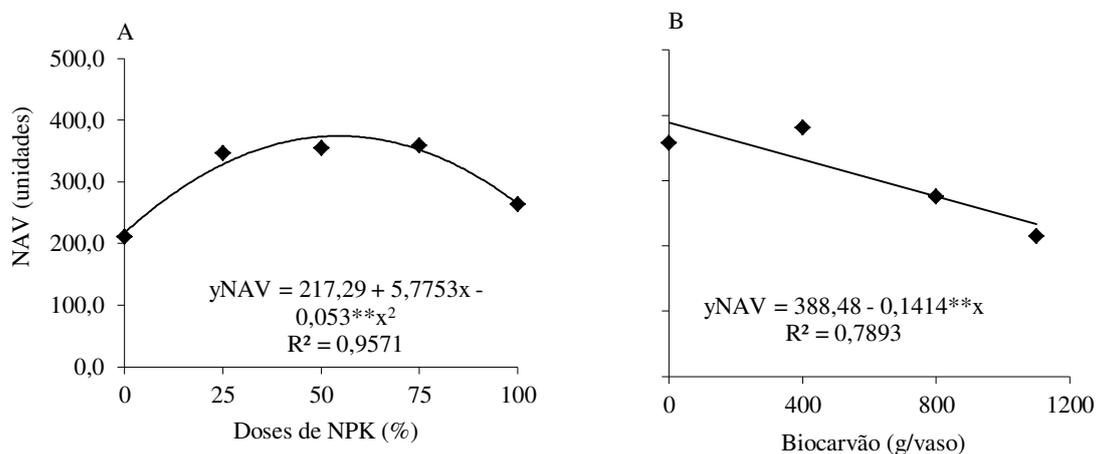


Figura 15 - Número de aquênios viáveis (NAV) em função de doses de NPK - % (A) e biocarvão de cama de frango - g/vaso (B)

A adubação com biocarvão promoveu redução linear do NAV do girassol (Figura 15B), sendo os menores valores observados com a dose de 1100 g/vaso (233 unidades), que correspondeu a uma redução de 40,03% em relação às plantas que não

foram adubadas com biocarvão (388 unidades). Novamente observa-se o efeito do aumento da salinidade do solo decorrente da adubação com biocarvão. O aumento do excesso de sais solúveis no solo promove incremento do potencial osmótico e redução do potencial hídrico, reduzindo a taxa fotossintética e consequentemente a produção de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos. Santos Junior et al. (2011a) verificaram redução linear do NAV com o aumento da CE da água de irrigação, obtendo em média produção de 300 unidades no nível de $4,3 \text{ dS m}^{-1}$. Corroborando Centeno et al. (2014) verificaram redução linear da percentagem de aquênios viáveis com o incremento da CE da água de irrigação.

Os resultados referentes percentagem de aquênios não viáveis (PANV) em função das doses de NPK foram melhor ajustados ao modelo quadrático decrescente, indicando que o aumento da adubação até a dose de 73,5% da recomendação promoveu redução da PANV de 55,23% em relação à menor dose e a partir desse ponto há um incremento de 13,78% em relação a dose de 100% da recomendação. Esses resultados se justificam pela maior disponibilidade nutricional próximo a dose de 50% da recomendação. A PANV variou de 10,51% a 23,47%, no entanto, esses valores são inferiores aos reportados por Santos Junior et al. (2011b) que obtiveram variação de 21,70% a 35,81%. Conforme Garcia et al. (2007), o estresse salino progressivo pode induzir à toxicidade iônica e/ou desequilíbrio nutricional em função da acumulação excessiva de íons no protoplasma celular, podendo causar injúria celular, através do estresse oxidativo, o que pode resultar em diminuição no número de aquênios, massa de aquênios e consequentemente maior número de grãos chochos. Verifica-se ainda que a PANV, apresentou tendência oposta ao comportamento do NAV (Figura 15A), o que mostra coerência entre os resultados, ou seja, a medida que há incremento no NAV ocorre redução da PANV, fato que se justifica pois, as doses máximas estimadas foram próximas.

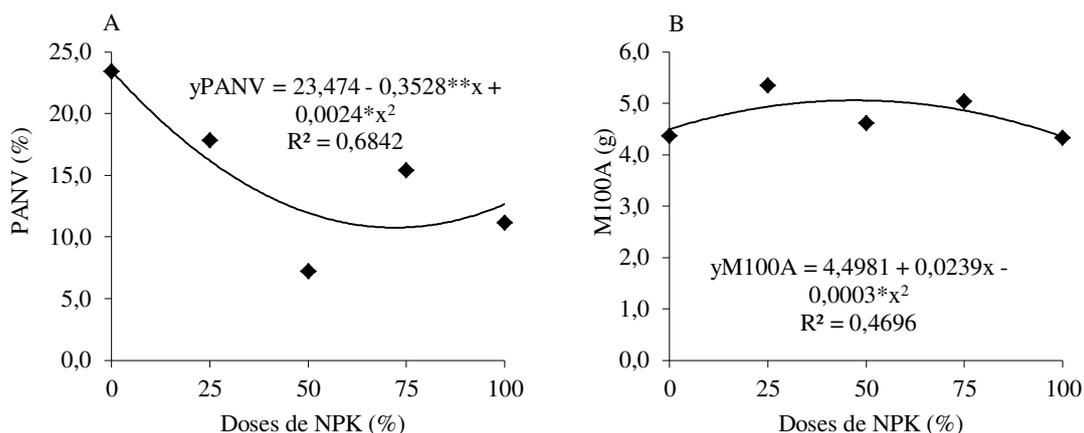


Figura 16 - Percentagem de aquênios não viáveis (PANV) (A) e massa de cem aquênios (M100A) (B) em função de doses de NPK - %

Com relação à massa de cem aquênios (M100A) (Figura 16B), verifica-se melhor ajuste dos dados ao modelo quadrático, obtendo ponto de máximo na dose de 39,83% da recomendação de NPK, correspondendo a um incremento de 9,49% em relação à menor dose. A M100A variou de 3,88 a 4,97 g, no entanto, estes valores são inferiores aos reportados por Jahangir et al. (2006), os quais observaram variação de 5,01 a 5,73 g, obtendo valores máximos com combinação de 120 kg ha⁻¹ de N e 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nobre et al. (2011) verificaram efeito linear da adubação nitrogenada sobre esta variável, sendo que as plantas submetidas à dose de 125 mg kg⁻¹ produziram M100A igual a 4,87 g. Para Banerjee et al. (2014) a combinação de 100:50:50 kg ha⁻¹ de NPK promoveu maior M100A (5,63 g). Corroborando Ali & Noorka (2013) observaram que a combinação de 135 e 75 kg ha⁻¹ de NP promove maior massa de mil aquênios (51,93 g). Esses resultados se assemelham aos obtidos para DCap (Figura 13), NAC (Figura 14A) e NAV (Figura 15A). De acordo com Amorim et al. (2008) existem efeitos significativos entre produtividade de grãos, diâmetro do capítulo, percentagem de grãos normais e massa de mil grãos.

A interação entre os fatores (D x B) para produção de aquênios por planta (PROD) pode ser observado na Figura 17. Verifica-se, conforme equações de regressão (Tabela 14), efeito quadrático nas plantas submetidas à adubação com 0, 400 e 1100 g/vaso de biocarvão, onde se observa incremento da PROD até a dose de 59,17% (21,29 g/planta), 49,60% (23,91 g/planta) e 48,06% (15,68 g/planta) da recomendação respectivamente, sendo estimados os menores valores para as plantas adubadas com 100% (100:300:150 mg kg⁻¹) da recomendação de NPK.

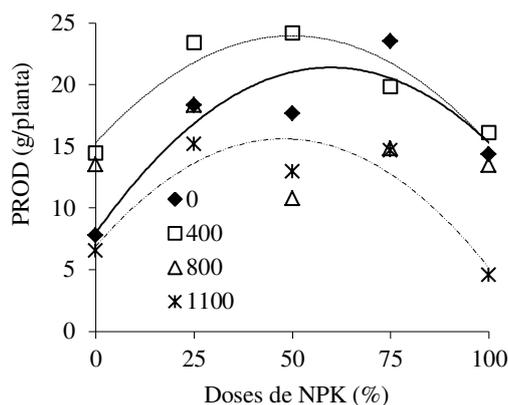


Figura 17 - Produção de aquênios por planta (PROD) do girassol em função de doses de NPK - % e biocarvão de cama de frango - g/vaso

Tabela 14 - Equações de regressão para produção de aquênios por planta do girassol em função de doses de NPK e Biocarvão de cama de frango

Produção por Planta (g)			
Biocarvão (g/vaso)	Equação	R ²	Média
0	$Y = 7,9742 + 0,4497x - 0,0038x^2$	0,8258	16,34
400	$Y = 15,308 + 0,3472x - 0,0035x^2$	0,8939	19,62
1100	$Y = 6,9056 + 0,3653x - 0,0038x^2$	0,8583	10,80

(**), (*) significativos a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$)

Y = produção de aquênios por planta (g/planta); x = doses de NPK (%)

Em relação às plantas que receberam a dosagem de 800 g/vaso de biocarvão, vê-se, conforme estudos de regressão (Figura 17) não haver efeito significativo sobre a PROD, sendo alcançado um valor médio de 14,21 g/planta. Assim como para os demais componentes de produção, observa-se que a maior PROD situou-se próximo à dose de 50% da recomendação, fato relacionado com a M100A (Figura 16B). Conforme Yasin et al. (2014) a massa de aquênios expressa o grau de desenvolvimento do grão e tem um papel fundamental na avaliação do rendimento potencial de uma cultura. De acordo com Banerjee et al. (2014) a combinação de 100:50:50 kg ha⁻¹ de NPK promoveu maior rendimento de aquênios de girassol (1.465,15 kg ha⁻¹). Para Jahangir et al. (2006) a combinação de 120 kg ha⁻¹ de N e 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu maior rendimento de aquênios (2.001 kg ha⁻¹). Todavia Ali & Noorka (2013) observaram melhor rendimento do girassol com a combinação de 135 e 75 kg ha⁻¹ de N e P (2.584 kg ha⁻¹).

Verifica-se também que apesar da adubação com biocarvão promover redução dos componentes de produção, comprovado pelos valores de DCap (Figura 13), NAC

(Figura 14B) e NAV (Figura 15B), a dose de 400 g/vaso (19,62 g/planta) promoveu incremento na PROD de 16,72% em relação as plantas que não foram adubadas com biocarvão (16,34 g/planta). De acordo com Suppadit et al. (2012) a aplicação de 98,6 g/vaso de biocarvão de cama de frango promoveu maior rendimento de sementes de soja. Conforme Tagoe et al. (2008) a combinação de 11,4 g/vaso de biocarvão de cama de frango com 410 mg kg⁻¹ de K promoveu incremento no rendimento de soja e feijão-caupi, respectivamente de 53 e 185% em relação ao controle (sem adubação).

Verifica-se ainda que a dose de 1100 g/vaso (10,80 g/planta) promoveu redução de 44,95% na PROD em relação à dose de 400 g/vaso, provavelmente em função do excesso de sais no solo. O estresse salino promove distúrbios metabólicos nas plantas, afetando sua fisiologia, promovendo redução na absorção da água e nutrientes do solo, em função principalmente da redução da área foliar, o que implica menor superfície fotossintetizante e, em consequência, menor rendimento da cultura (LIMA et al. 2014). Conforme Ferreira Neto et al. (2007), em condições de estresse salino, o conteúdo de NaCl na solução do solo é elevado o que pode acarretar prejuízos na absorção de nutrientes minerais, especialmente o NO₃⁻, K⁺ e Ca²⁺, promovendo redução no crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura. Nobre et al. (2011) verificaram redução linear da PROD com o incremento da CE da água de irrigação, obtendo 17,4 g/planta quando as plantas foram irrigadas com maiores níveis de CE. Resultados semelhantes também foram observados por Centeno et al. (2014).

6. CONCLUSÕES

1. A adubação com biocarvão de cama de frango a partir de 400 g/vaso promoveu incremento da salinidade do solo das unidades experimentais;
2. A adubação com 50% da recomendação de NPK (50:150:75 mg kg⁻¹) promoveu os maiores valores de crescimento, produção de fitomassa, componentes de produção e rendimento do girassol quando comparada com os demais tratamentos a níveis de NPK;
3. A adubação com biocarvão de cama de frango promoveu redução do crescimento e componentes de produção do girassol;
4. A adubação com 400 g/vaso de biocarvão de cama de frango promoveu incremento de 16,72% na produção de aquênios por planta (PROD);
5. A combinação de 50:150:75 mg kg⁻¹ de NPK e 400 g/vaso de biocarvão promove maior PROD de girassol (23,91 g/planta).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBADI, J.; GERENDÁS, J.; SATTELMACHER, B. Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower. *Plant and Soil*, v.306, n.1-2, p.167-180, 2008.
- ADEBAYO, A.G.; AKINTOYE, H.A.; OLATUNJI, M.T.; SHOKALU A.O.; AINA O.O. Growth response and flower yield of sunflower to phosphorus fertilization in Ibadan, Southwestern Nigeria. *Report and Opinion*, v.2, n.4, p.29-33, 2010.
- AESA - Agencia Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Campina Grande: AESA, 2014.
- ALI, A.; NOORKA, I.R. Nitrogen and phosphorus management strategy for better growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. *Soil & Environment*, v.32, n.1, p.44-48, 2013
- AMANULLAH; KHAN, M.W. Interactive effects of potassium and phosphorus on phenology and grain yield of sunflower in Northwest Pakistan. *Pedosphere*, v.20, n.5, p.674-680, 2010.
- AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; UNGARO, M.R.G.; KIIHL, T.A. Correlações e análise de trilha em girassol. *Bragantia*, v.67, n.2, p.307-316, 2008.
- AQUINO, L.A.; SILVA, F.D.B.; BERGER, P.G. Características agronômicas e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.5, p.551-557, 2013.
- ÁVILA, V.S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E.A.P. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia, SC: Embrapa-CNPSA, 1992. 38p. (Circular Técnica 16).
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade de água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153 p. (FAO, Irrigação e Drenagem, 29).
- BAKHT, J.; SHAFI, M.; YOUSAF, M.; SHAH, H.U. Physiology, phenology and yield of sunflower (AUTUMN) as affected by NPK fertilizer and hybrids. *Pakistan Journal Botany*, v.42, n.3, p.1909-1922, 2010.

- BANERJEE, H.; DUTTA, S.K.; PRAMANIK, S.J.; RAY,K.; PHONGLOSA, A.; BHATTACHARYYA, K. Productivity and profitability of spring planted sunflower hybrid with nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Annals of Plant and Soil Research*, v.16, n.3, p.250-256, 2014.
- BERNARDI, A.C.C.; SOUZA, G.B.; OKA, S.H.; RASSINI, J.B. Equivalência de métodos na extração de potássio da parte aérea de alfafa e de capim tanzânia com água ou com solução ácida concentrada ou diluída. Embrapa Pecuária, 2008. 5p. (Comunicado Técnico 86).
- BÍSCARO, 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.
- BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T.; GÜTTLER, G; MACEDO, A.F.; KOTHE, D.M.; SIMMLER, A.O.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. *Horticultura Brasileira*, v.21, n.4, p.627-631, 2003.
- BOSCO, M.R.O.; OLIVEIRA, A.B.; HERNANDEZ, F.F.F.; LACERDA, C.F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. *Revista Ciência Agrônômica*, v.40, n.2, p.157-164, 2009.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- CAMPOS, V.B.; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.O.C. GUEDES FILHO, D.H.; SANTOS JUNIOR, J.A. Adubação NPK e conteúdo de água disponível no solo na cultura do girassol para fins ornamentais. In: Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7. 2012, Palmas. Anais... Palmas, 2012. <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/28/1328>>. 15 Nov. 2014.
- CANTARUTTI, R.C.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. 1 ed. Viçosa: SBCS, 2007. p.91-132.

- CARVALHO, E.R.; REZENDE, P.M.; ANDRADE, M.J.B.; PASSOS, A.M.A.; OLIVEIRA, J.A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.930-939, 2011.
- CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (ed.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.163-218.
- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e Adubação do Girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (ed.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.317-373.
- 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*, v.18, (Suplemento), p.S39-S45, 2014.
- CHAN, Y.K.; VAN ZWIETEN, L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Soil, Land Care & Environmental Research*, v.46, n.5, p.437-444, 2008.
- CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.O.C.; CAMPOS, V.B.; PEREIRA, W.E.; RIBEIRO, P.H.P. Biometry and water consumption of sunflower as affected by NPK fertilizer and available soil water content under semiarid Brazilian conditions. *Agricultural Sciences*, v.5, n.8, p.668-676, 2014.
- COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/13 – Décimo Segundo Levantamento – Setembro/ 2013. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf>. 08 Set. 2014.
- CONNOR, J.D.; HALL, A.J. Sunflower physiology. In: SCHNEIDER, A.A. (ed.). *Sunflower technology and production*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1997. p.113-181. (Series of monographs, 35).

- COOMER, T.D.; OOSTERHUIS, D.M.; LONGER, D.E.; LOKA, D.A. Effect of poultry litter biochar on early-season cotton growth. Summaries of Arkansas Cotton Research, p.89-94, 2012. (Research Series 610).
- CORRÊA, J.C.; MIELE, M.A. cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. In: PALHARES, J.C.P.; KUNZ, A. (ed.). Manejo ambiental na avicultura. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p.125-152. (Documentos, 149).
- COSTA, A.M.; BORGES, E.N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E.C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. Ciência agrotecnológica. v.33, (Edição especial), p.1991-1998, 2009.
- CZERNIK, S.; BRIDGWATER, A. V. Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil. Energy and Fuels, v.18, n.2, p.590-98, 2004.
- 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. (ed.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.1-14.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; ANTARUTTI, R.B; NEVES, J.C.L. (ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p.91-132.
- DIKINYA, O.; MUFWANZALA, N. Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. Journal of Soil Science and Environmental Management, v.1, n.3, p.46-54, 2010.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Girassol Embrapa 122/V-2000. Londrina, 2006. (Folder n. 04/2006).
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual e métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- FAGUNDES, J.D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A.M.; BELLÉ, R.A.; STRECK, N.A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de

- vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. *Ciência Rural*, v.37, n.4, 2007.
- FALCÃO, N.P.S.; CARVALHO, E.J.M.; COMERFORD, N. Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos da Amazônia Central. In: Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, 11. Grupo de trabalho: Terras Pretas Arqueológicas na Amazônia: Estado da Arte. Rio de Janeiro, 2001. 2p.
- FAO (Roma). FAOSTAT. <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S>>. 25 Out. 2013.
- FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D.; HOLANDA, J.S.; BLANCO, F.F. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. *Ciência Rural*, v.37, n.6, p.1675-1681, 2007.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v.55, n.396, p.307-319, 2004.
- FOX, T.A.; CHAPMAN, L. Engineering geo-engineering. *Meteorological Applications*, v.18, n.1, p.1-8, 2011.
- FURTADO, G.F.; XAVIER, D.A.; ANDRADE, E.M.G.; SOARES, L.A.A.; SOUSA, J.R.M.; LIMA, G.S. Taxas de crescimento do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e doses de K. In: UMS: Congresso de Uso e Manejo do Solo, 6. 2014, Recife. *Anais... Recife*, p.257-260, 2014.
- GARCIA, G.O.; NAZÁRIO, A.A.; MORAES, W.B.; GONÇALVES, I.Z.; MADALÃO, J.C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. *Engenharia na Agricultura*, v.18, n.4, 2010.
- GIANELLO, C.; ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frangos, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.7, n.3, p.285-290, 1983.

- GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soil in the tropics with charcoal - a review. *Biology and Fertility of Soils*, v.35, n.4, p.219-230, 2002.
- HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A.; NETO, M.F.; HOLANDA, A.C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (ed.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472p.
- IOANNIDOU, O.; ZABANIOTOU, A. Agricultural residues as precursors for activated carbon production - a review. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, v.11, n.9, p.1966-2005, 2007.
- JAHANGIR, A.A.; MONDAL, R.K.; NADA, K.; AFROZE, S.R.; HAKIM, M.A. Response of nitrogen and phosphorus fertilizer and plant spacing on growth and yield contributing character of sunflower. *Bangladesh Journal of Science and Industrial Research*, v.41, n.1-2, p.33-40, 2006.
- JIEN, S-H.; WANG, C-S. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *CATENA*, s.n., v.110, p.225-233, 2013.
- KOOKANA, R.S.; SARMAH, A.K.; VAN ZWIETEN L. Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. *Advances in Agronomy*, v.112, s.n., p.103-143, 2011.
- LEHMANN, J. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v.5, n.7, p.381-387, 2007.
- LEHMANN, J., GAUNT, J., RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v.11, n.2, p.403-427, 2006.
- LEHMANN, J.; SILVA JR., J.P.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil*, v.249, n.2, p.343-357, 2003.
- LEHMANN, J.; JOSEPH, S. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. London: Earthscan, 2009. 448p.

- LIESCH, A.M.; WEYERS, S.L.; GASKIN, J.W.; DAS, K.C. Impact of two different biochars on earth worm growth and survival. *Annals of Environmental Science*, v.4, n.1, p.1-9, 2010.
- LIMA, A.D.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; MARINHO, A.B.; DUARTE, J.M.L. Adubação borácica na cultura do girassol. *Revista Agro@mbiente On-line*, v.7, n.3, p.269-276, 2013.
- LIMA, G.S.; NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.A.; SILVA, A.O. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Engenharia Agrícola*, v.34, n.5, p.854-866, 2014.
- LIMA, I.M.; MCALOON, A.J.; BOATENG, A.A. Activated carbon from broiler litter: process description and cost of production. *Biomass Bioenergy*, v.32, n.6, p.568-572, 2008.
- LIRA, M.A.; CARVALHO, H.W.L.; CHAGAS, M.C.M.; BRISTOT, G.; DANTAS, J.A.; LIMA, J.M.P. Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino. Natal: EMPARN, 2011. 40p. (Documentos 40).
- LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, v.7, n.3, p.16-25, 2007.
- MADARI, B.E.; COSTA, A.R.; CASTRO, L.M.; SANTOS, J.L.S.; BENITES, V.M.; ROCHA, A.O.; MACHADO, P.L.O.A. Carvão vegetal como condicionador de solo para arroz de terras altas (cultivar primavera): um estudo prospectivo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 6p. (Comunicado técnico, 125).
- MADARI, B.E.; MAIA, C.M.B.F.; NOVOTNY, E.H. Context and importance of biochar research. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.47, n.5, p.i-ii, 2012.
- MAIA JUNIOR, S.O.; ANDRADE, J.R.; ARAÚJO, D.L.; SOUSA, J.S.; MEDEIROS, I.F.S. Taxas de crescimento de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, n.3, p.150-155, 2013.

- MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.
- MATOVIC, D. Biochar as viable carbon sequestration option: Global and Canadian perspective. *Energy*, v.36, n.4, p.2011-2016, 2011.
- MELO, A.S.; SILVA JÚNIOR, C.D.; FERNANDES, P.D.; SOBRAL, L.F.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. *Revista Ciência Rural*, v.39, n.3, 2009.
- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. (ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. p.281-298.
- MIELE, A.; MILAN, P.A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.18, n.7, p.729-733, 1983.
- 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.
- MUKHERJEE, A.; LAL, R. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy*, v.3, n.2, p.313-339, 2013.
- NASIM, W.; AHMAD, A.; WAJID, A.; AKHTAR, J.; MUHAMMAD, D. Nitrogen effects on growth and development of sunflower hybrids under agroclimatic conditions of Multan. *Pakistan Journal of Botany*, v.43, n.4, p. 2083-2092, 2011.
- 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, 2010.
- NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARDOSO, J.A.F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.3, p.929-937, 2011.
- NOBRE, R.G.; LIMA, G.S.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.A.; SILVA, A.O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. *Revista Caatinga*, v.27, n.2, p.148-158, 2014.

- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A.J. (ed.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA-SEA. p.189-253, 1991.
- 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, v.42, n.3, p.233-241, 2014.
- OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T.; SOUZA, A.A.T. FERREIRA, J.A.; SOUZA, M.S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.5, p.465-471, 2013.
- OSMAN, E.B.A.; AWED, M.M.M. Response of sunflower (*Helianthus annuus*L.) to phosphorus and nitrogen fertilization under different plant spacing at New Valley. Assiut University Bulletin for Environmental Researches, v.13, n.1, p.11-19, 2010.
- PESSOA, L.G.M.; OLIVEIRA, E.E.M.; FREIRE, M.B.G.; FREIRE, F.J.; MIRANDA, M.A.; SANTOS, R.L. Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.5, n.3, p.406-412, 2010.
- PETTER, F.A.; MADARI, B.E.; SILVA, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; CARVALHO, M.T.M.; MARIMON JÚNIOR, B.H.; PACHECO, L. Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. Pesquisa agropecuária brasileira, v.47, n.5, p.699-706, 2012.
- PIVETTA, L.G.; GUIMARÃES, V.F.; FIOREZE, S.L.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. Revista Ciência Agrônômica, v.43, n.3, p.561-568, 2012.
- 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.
- RANDALL, E.L. Improved method for fat and oil analysis by a new process of extraction. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, v.57, n.5, p.1165-1168, 1974.

- REVELL, K.T. The Effect of fast pyrolysis biochar made from poultry litter on soil properties and plant growth. Blacksburg: Virginia Tech, 2011. 83p. Thesis masters.
- REZENDE, E.I.P.; ANGELO, L.C.; SANTOS, S.S.; MANGRICH, A.S. Biocarvão (biochar) e sequestro de carbono. Revista Virtual Química, v.3, n.5, p.426-433, 2011.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A., MASHALI, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 48).
- RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.V.H. (ed.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.165-208.
- RIBEIRO, P.H.P.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; UYEDA, C.A.; TEIXEIRA, M.B.; GUERRA, H.O.C. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. In: Inovagri International Meeting, 2., 2014. Fortaleza. Anais... Fortaleza, p.3493-3502, 2014.
- RICHARDS, L. A. Diagnoses and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p.
- ROSSI, R.O. Girassol. Curitiba: Tecnoagro, 1998. 333 p.
- SACHS, L.G.; PORTUGAL, A.P.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H.; IDA, E.I.; SACHS, P.J.D.; SACHS, J.P.D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. Semina: Ciências Agrárias, v.27, n.4, p.533-546, 2006.
- SACHS, L.G.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H.; SACHS, J.P.D.; SACHS, P.J.D.; PORTUGAL, A.P.; FELINTO, A.S. Farinha de girassol: II - efeito na qualidade do pão. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 16 e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, p.156-159, 2005. (Documentos 261).
- SALIH, M.N.T. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to phosphorus and nitrogen fertilization under rainfed conditions, Blue Nile State-Sudan. Helia, v.36, n.58, p.101-110, 2013.

- SANTOS JÚNIOR, J.A. Produção de girassol em diferentes sistemas de cultivo, águas e adubação. Campina Grande: UFCG, 2010. 152p. Dissertação Mestrado.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; SOARES, F.A.L.; NOBRE, R.G. Doses de boro e água residuária na produção do girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.857-864, 2011b.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; GUEDES FILHO, D.H.; DIAS, N.S.; SOARES, F.A.L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.842-849, 2011a.
- SANTOS, G.C.G.; BERTON, R.S.; SOARES, A.G.; MARTINS, R.; DELGADO JÚNIOR, J.P. Biocarvão de cama de aviário como fonte de P e seu efeito na fertilidade do solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34., 2013, Florianópolis, SC. Anais...Santa Catarina: EPAGRI, 2008.
- SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T. Doses de cama de galinha em relação aos componentes de produção do girassol. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v.7, n.2, p.15-20, 2013.
- SANVONG, C.; SUPPADIT, T. The Characteristic of pelleted broiler litter biochar derived from pilot scale pyrolysis reactor and 200-liter-oil-drum kiln. *Journal of Energy Technologies and Policy*, v.3, n.10, p.34-38, 2013.
- SCHERER, E.E. Avaliação do esterco de aves e da uréia como fontes de nitrogênio para a cultura do milho. *Agropecuária Catarinense*, v.8, n.4, p.15-18, 1995.
- SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. *Crop Science, Madison*, v.21, n.6, p.901-903, 1981.
- SIDDIQUI, M.H.; OAD, F.C.; ABBASI, M.K.; GANDAH, A.W. Effect of NPK, micronutrients and N-placement on the growth and yield of sunflower. *Sarhad Journal of Agriculture*, v.25, n.1, 2009.
- SILVA, H.L.; TREZZI, M.M.; MARCHESE, J.A.; BUZZELLO, G.; MIOTTO JR.E.; PATEL, F.; DEBASTIANI, F.; FIORESE, J. Determinação de espécie indicadora e comparação de genótipos de girassol quanto ao potencial alelopático. *Planta Daninha*, v.27, n.4, p.655-663, 2009.

- SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JR., M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em savana de Roraima. *Acta Amazônica*, v.35, n.3, p.331-336, 2005.
- STEINER, C.; TEIXEIRA, W.G.; LEHMANN, J.; NEHLS, T.; MACÊDO, J.L.V.; BLUM, W.E.H.; ZECH, W. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant Soil*, v.291, n.1-2, p.275-290, 2007.
- SUPPADIT, T.; PHUMKOKRAK, N.; POUNGSUK, P. The effect of using quail litter biochar on soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v.72, n.2, 2012.
- TAGOE, S.O.; HORIUCHI, T.; MATSUI, T. Preliminary evaluation of the effects of carbonized chicken manure, refuse derived fuel and K fertilizer application on the growth, nodulation, yield, N and P contents of soybean and cowpea in the greenhouse. *African Journal of Agricultural Research*, v.3, n.11, p.759-774, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, n.5, p.503-527, 2003.
- THOMAS, S.C.; FRYE, S.; GALE, N.; GARMON, M.; LAUNCHBURY, R.; MACHADO, N.; MELAMED, S.; MURRAY, J.; PETROFF, A.; WINSBOROUGH, C. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *Journal of Environmental Management*, v.129, s.n., p.62-68, 2013.
- U.N. - United Nations. Population Division World Population Prospects: The 2012 Revision Population. <<http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>>. 25 Out. 2013.
- UCHÔA, S.C.P.; IVANOFF, M.E.A.; ALVES, J.M.A.; SEDIYAMA, T.; MARTINS, S.A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.1, p.8-15, 2011.
- UNGARO, M.R.G. *Cultura do girassol*. Campinas: IAC, 2000. 36 p.
- USDA - United States Department of Agriculture. <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. 09 Set. 2014.

- UTOMO, W.H.; GURITNO, B.; SOEHONO, L.A. The effect of biochar on the growth and N fertilizer requirement of maize (*Zea mays* L.) in green house experiment. *Journal of Agricultural Science*, v.4, n.5, p.255-262, 2012.
- WANG, J.; ZHANG, M.; XIONG, Z.; LIU, P.; PAN, G. Effects of biochar addition on N₂O and CO₂ emissions from two paddy soils. *Biology and Fertility of Soils*, v.47, n.8, p.887-896, 2011.
- WATANABE, A.A. Desenvolvimento de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L. cv. Pacino) com variação de nutrientes na solução nutritiva e aplicação de aminoazida. Botucatu: UNESP, 2007. 106p. Dissertação Mestrado.
- WENDT, V.; BÜLL, L.T.; CORRÊA, J.C.; CRUSCIOL, C.A.C. Produção do girassol em dois sistemas de semeadura em função da adubação verde de inverno associada a doses de NPK. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.27, n.4, p.617-621, 2005.
- WOOLF, D.; AMONETTE, J. E.; STREE-PERROTT, F. A.; LEHMANN, J.; JOSEPH S. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, v.1, n.56, p.1-8, 2010.
- YANAI, Y.; TOYOTA, K.; OKAZAKI, M. Effects of charcoal addition on N₂O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. *Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition*, v.53, n.2, p.181-188, 2007.
- YASIN, M.; MAHMOOD, A.; ALI, A.; AZIZI, M.; JAVAID, M.M.; IQBAL, Z.; TANVEER, A. Impact of varying planting patterns and fertilizer application strategies on autumn planted sunflower hybrid. *Cercetări Agronomice în Moldova*, v.46, n.2, p.39-51, 2013.
- ZAGONEL, J.; MUNDSTOCK, C.M. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em duas cultivares de girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, n.9, p.1487-1492, 1991.
- ZOBIOLE, L.H.S., CASTRO, C., OLIVEIRA, F.A., OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.34, n.2, p.425-433, 2010.