

## **INFLUÊNCIA DA CALAGEM E DE FÓSFORO SOBRE A DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E DESENVOLVIMENTO DO GIRASSOL**

*Pedro Aguiar Neto*

Engenheiro Agrônomo. M. Sc. Prof. do IFCE campus Crato, Doutorando em Fitotecnia, IFCE Iguatu/UFERSA/ DINTER./CAPES .  
e-mail: pedroaguiarneto@terra.com.br

*Francisco Assis de Oliveira*

Prof. Dr. DSER CCA-UFPB, Areia, PB. CEP: 58397-000. e-mail: oliveira@cca.ufpb.br.

*Patrícia Venâncio da Silva*

Engenheira Agrônoma, Mestranda em Agronomia, CCA-UFPB, Areia, PB. CEP: 58397-000. e-mail: paty\_venancio17@hotmail.com

*Ednaldo Barbosa Pereira Junior*

Prof. IFPB campus Sousa, Doutorando em Fitotecnia, IFCE Iguatu/UFERSA/ DINTER. CAPES . e-mail: ebj2@hotmail.com

*Francisco Gauberto Barros dos Santos*

Prof. IFCE campus Crato, Doutorando em Fitotecnia, IFCE Iguatu/UFERSA/ DINTER. CAPES . e-mail: gauberto@bol.com.br

**RESUMO** - O experimento foi conduzido em casa de vegetação do DSER/CCA/UFPB no município de Areia - PB, no período de outubro/2007 a maio/2008, com o objetivo de se avaliar o efeito da aplicação de cinco doses crescentes de fósforo (0; 40; 80; 120 e 160t ha<sup>-1</sup>), em dois Latossolos com acidez elevada, sobre algumas características produtivas da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivar IAC-Uruguai. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco doses de fósforo, dois solos), com três repetições, perfazendo um total de 30 unidades experimentais. Para análise foram computados os dados referentes à altura de plantas (AP), área foliar (AF), matéria seca (MS), evapotranspiração da cultura (ETc) e absorção foliar de fósforo (P) e cálcio (Ca). Não foi registrado efeito (p>0,05) do fatorial sobre os resultados da variável AP, AF, MS, ETc, absorção foliar P e de Ca, mas houve efeito (p≤ 0,01) do fatorial em relação as testemunhas e das épocas de observação sobre as variáveis avaliadas.

**Palavras-chave:** *Helianthus Annuus* L., crescimento, oleaginosa, biodiesel

## **INFLUENCIA DE LA CALAGEN Y DEL FOSFORO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Y DESARROLLO DEL GIRASOL**

**RESUMEN** - El experimento se llevó a cabo en un invernadero de DSER / ECP / UFPB en Areia - PB, de Mayo/2008 de Octubre/2007, con el fin de evaluar el efecto de cinco dosis de P (0 , 40, 80, 120 y 160T ha-1) en dos Latossolos con alta acidez en algunas características productivas de girasol (*Helianthus annuus* L.) cultivar IAC-Uruguay. El diseño experimental fue de bloques al azar en esquema factorial 5 x 2 (cinco niveles de fósforo, dos solos) con tres repeticiones, con un total de 30 unidades experimentales. Los análisis se calcula para los datos sobre la altura de planta (AP), área foliar (LA), materia seca (MS), la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la absorción foliar de fósforo (P) y calcio (Ca). No quedó constancia (p> 0,05) en el factor variable de resultado de la AP, AF, MS, ETC, absorción foliar de P y Ca, pero no tuvo efecto (p ≤ 0,01) de la varianza en relación a los testigos y los tiempos de observación de las variables.

**Palabras clave:** *Helianthus annuus* L., el crecimiento, las oleaginosas, el biodiesel

## **INFLUENCE OF LIMING AND PHOSPHORUS ON THE AVAILABILITY OF NUTRIENTS AND DEVELOPMENT OF SUNFLOWER**

**ABSTRACT** - The experiment was lead in house of vegetation of the DSER/CCA/UFPB in the Sand city - PB, in the period of outubro/2007 maio/2008, with the objective of if evaluating the effect of the application of five increasing doses of match (0; 40; 80; 120 and 160t ha<sup>-1</sup>), in two Latossolos with raised acidity, on some productive characteristics of the culture of the sunflower (*Helianthus annuus* L.), to cultivate IAC-Uruguay. The experimental delineation was blocks to perhaps, in factorial project 5 x 2 (five doses of match, two ground), with three repetitions, complete of 30

experimental units. For analysis the referring data to the height of plants had been computed (AP), foliar area (AF), dry substance (MS), evaporation transpiration of the culture (etc) and foliar absorption of match (p) and calcium (Here). He was not registered effect ( $p > 0,05$ ) of the factorial on the results of changeable AP, AF, MS, etc, foliar absorption P and of Here, but it had effect ( $p \leq 0.01$ ) of the factorial in relation the witnesses and of the times of comment on the evaluated 0 variable.

**Key Word:** *Helianthus Annuus* L , growth, oleaginosa, biodiesel

## INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa, da família asteraceae, originária da América do Norte e atualmente é cultivado em todos os continentes, ocupando uma área estimada em 18 milhões de hectares (UNGARO, 2000; EMBRAPA, 2002;). É considerada uma exploração agrícola de importância econômica, estando entre as cinco maiores culturas oleaginosas produtoras de óleo vegetal comestível, sendo responsável por 6,5% da produção mundial de oleaginosas na safra 2001/2002, ficando atrás apenas da soja, com 56,8%; do algodão, com 11,3%; da colza, com 11,1% e do amendoim, com 10,23% (FAGUNDES, 2002). O Brasil é pouco expressivo participa com apenas 0,5% da produção do grão (FAGUNDES, 2002).

Os solos brasileiros, notadamente os Latossolos, são geralmente, ácidos e de baixa fertilidade natural, principalmente em fósforo, limitando a produtividade das culturas nessas áreas (NOVAIS *et al.*, 2007).

Nesses solos altamente intemperizados, predominam os minerais de argila 1:1, como a caulinita e os óxidos de Fe (hematita e goethita) e Al (gibsitita) com alta capacidade de adsorção de P. A magnitude desse fenômeno é influenciada pela natureza e quantidade dos sítios de adsorção, os quais variam de acordo com os fatores intrínsecos e extrínsecos ao próprio solo. Dentre esses fatores, destacam-se a mineralogia, a textura, o pH, o balanço de cargas, a matéria orgânica, o tipo de ácidos

orgânicos e a atividade microbiana do solo. A goethita é considerada a principal responsável pelo fenômeno de adsorção de P nos solos do Brasil Central (SOUZA, 2005).

A adoção de sistema de manejo de solo, visando o aumento do pH, através da calagem, pode interferir no processo, reduzindo a adsorção de P pelo aumento da concentração e atividade dos íons OH<sup>-</sup> em solução, promovendo a precipitação de Fe e Al, reduzindo a precipitação de P-Fe e P-Al (SOUZA, 2005).

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de fósforo em dois Latossolos da região Nordeste no Brejo paraibano, sobre algumas características dos componentes de produção da cultura do girassol.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de outubro de 2007 a maio de 2008, no município de Areia, PB, localizado na micro região do brejo paraibano, a 6°58'12'' de latitude Sul e 35°42'15'' de longitude a Oeste de Greenwich e a altitude de 619m acima do nível do mar.

O clima do município é quente e úmido, com chuvas de outono-inverno, com variação de temperatura entre 22 e 26°C, umidade relativa, variando entre 75% de novembro/dezembro e 87% nos meses de junho/julho, a pluviosidade média de 1400 mm/ano, sendo 75% entre março e agosto.

Tabela 1. Valores de atributos químicos e físicos do solo antes da instalação dos tratamentos

Atributos químicos (profundidade de 0 – 20 cm)											
Solo	pH (H <sub>2</sub> O <sub>1:2,5</sub> )	g kg <sup>-1</sup>		---mg dm <sup>-3</sup> ---			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				V%
		M.O	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+2</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	CTC	
S <sub>1</sub>	4,64	19,30	2,19	0,08	0,45	0,50	0,08	6,62	1,00	7,73	14,36
S <sub>2</sub>	4,96	19,70	2,30	0,09	1,00	0,80	0,09	3,05	0,25	5,02	39,24
Atributos físicos (profundidade de 0 – 20 cm)											
Solo	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----kg dm <sup>-3</sup> ---		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		1,5 MPa				
	AG	AF	Silte	Argila	AD	GF	Ds	Dp	Pt	Umidade	CT
S <sub>1</sub>	396	133	64	407	13	968	1,08	2,69	0,60	139	AA
S <sub>2</sub>	538	145	89	228	64	719	1,14	2,65	0,57	98	FAA

M.O - Matéria orgânica; CTC - Capacidade de troca catiônica - [Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+Na<sup>+</sup>+ K<sup>+</sup> + (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)]; V - Saturação por bases - (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+Na<sup>+</sup>+ K<sup>+</sup>/CTC) x 100; AG - Areia grossa; AF - Areia fina; AD - Argila dispersa; GF - Grau de floculação; Ds - Densidade do solo; Dp - Densidade de partícula; Pt - Porosidade total e CT - Classificação textura (AA- argila arenosa; FAA - franca argila arenosa)

Como substratos, foram utilizados materiais de dois Latossolos (BRASIL, 1972; EMBRAPA, 1999), representativos da região do Brejo paraibano. Utilizou-se um Latossolo Vermelho amarelo pertencente a Estação Experimental Chã de Jardim (S<sub>1</sub>), com textura argila arenosa, e o outro Latossolo Vermelho amarelo proveniente da Fazenda Poço da Cruz (S<sub>2</sub>), com textura franca argila arenosa.

Em cada unidade experimental (vaso plástico com capacidade para 18 litros e com 15 kg de solo) foi feito um orifício próximo à base com aproximadamente 10 mm de diâmetro, onde se conectou uma mangueira plástica (silicone), transparente, com cerca de 35 cm de comprimento, utilizada como dispositivo de drenagem do excesso de água aplicada ao solo. Na junção do vaso com a mangueira, do lado externo, fez-se uma vedação com massa epóx com o objetivo de evitar vazamento.

Foram colocados recipientes plásticos (garrafas pet) com capacidade para 2 litros, para que fosse conectada a outra extremidade da mangueira com a finalidade de coletar a água drenada em cada tratamento. Esse material drenado foi reutilizado em seu próprio vaso nas irrigações seguintes.

Com base na análise do solo, Tabela 1, procedeu-se a correção da acidez dos solos, adotando-se como referência a determinação da necessidade de calagem pelo método da saturação por base (CFSEMG, 1999), para elevar a saturação por base a 60%, tendo sido aplicado de 4,6 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> no Solo<sub>1</sub> (Chã de Jardim) e 1,4 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> para o Solo<sub>2</sub> (Fazenda Poço da Cruz). O calcário foi aplicado aos solos três meses antes da aplicação dos tratamentos. Durante o período de incubação a umidade do solo foi mantida próximo da capacidade de campo, com revolvimento semanal do solo. O calcário utilizado foi o dolomítico, micropulverizado, com 35% de Cão, 12% de MgO e PRNT de 95%.

Após a incubação do solo com calcário, os tratamentos com fósforo (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 g/vaso de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e repetições), foram incorporados ao solo manualmente. Como fonte de fósforo utilizou-se o superfosfato simples. Após a aplicação dos tratamentos efetuou-se o semeio das sementes do girassol.

Aos 35 dias do ciclo da cultura aplicou-se uma adubação a base de solução nutritiva de Hoayland do Arnon (1950), com omissão de fósforo.

Os tratamentos foram definidos por cinco doses de fósforo (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 g vaso<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) correspondente a (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicadas em dois Latossolos, um da Estação Experimental Chã de Jardim (S<sub>1</sub>) e outro da Fazenda Poço da Cruz (S<sub>2</sub>). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com os tratamentos arranjos em esquema fatorial: 5 x 2 (cinco dosagens de fósforo e dois solos), com três repetições, perfazendo um total de 30 (trinta) unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade para

18 litros contendo 15 kg de solo seco ao ar e passado em peneira de 6 mm.

Para testar o efeito dos tratamentos utilizou-se como cultura teste o girassol (*Helianthus Annuus L.*) variedade IAC-Uruguaí, suas sementes foram adquiridas no comércio de Campina Grande-PB. Planta rústica com sementes rajadas, porte médio (190 cm) e ciclo de 90 a 120 dias (CALEGARE *et al.*, 1993).

A emergência das plântulas deu início aos nove (9) dias após a sementeira, ou seja, em seis (6) de fevereiro de 2008, sendo que aos 20 dias após a emergência foi feito um desbaste, deixando três plantas em cada vaso. A partir daí, escolheu-se uma planta como referência (planta teste) que passaria a ser avaliada semanalmente até o final do experimento.

Aos quinze (15) dias do ciclo (dias após a emergência, 21.02.2008), foi realizada a primeira tomada de dados, medindo-se a altura, área foliar e, também para verificar o consumo de água pelas plantas.

A altura e área foliar da planta teste foram avaliados em quatro períodos: aos 15, 30, 45 e 60 dias do ciclo da cultura. Todas as plantas coletadas (após a secagem) foram pesadas em uma balança eletrônica digital, com precisão de 0,01 g onde os resultados foram expressos em gramas por planta. As irrigações foram realizadas diariamente, colocando-se água suficiente para manter o conteúdo de água no solo próximo da capacidade de campo. Posteriormente, a partir dos 30 dias do ciclo da cultura, as irrigações foram feitas duas vezes ao dia. A cada intervalo de seis dias (6) procedeu a drenagem do solo de cada vaso, cuja operação permitiu avaliar o consumo de água pela cultura. Toda a água drenada se aproveitava no seu respectivo vaso na irrigação seguinte, para evitar desperdício dos nutrientes lixiviados.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial, sendo utilizado o teste F para verificar a significância dos efeitos ortogonais escolhendo-se o modelo de maior grau. As médias foram testadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL GOMES, 1990). As análises foram processadas através do programa "Sistema para Análise Estatística" (SAEG, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o resultado da análise de variância (Tabela 2), constatou-se efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) das doses de fósforo sobre os resultados de altura de plantas (AP), matéria seca total (MST) e evapotranspiração da cultura (ETc), porém houve efeito ( $p > 0,05$ ) para área foliar (AF), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de área foliar (RAF) e taxa de assimilação líquida (TAL). Para solos houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ), para a matéria seca total (MST) e evapotranspiração da cultura (ETc), para

altura de plantas o efeito foi significativo a ( $p \leq 0,05$ ), não verificando-se efeito para as demais variáveis. A interação solo x fósforo não exerceu efeito ( $p > 0,05$ ) sobre nenhuma das variáveis avaliadas. Observou-se também que ocorreu efeito ( $p \leq 0,01$ ) para as componentes linear e quadrática para AP, MST e ETC, para as demais variáveis não houve efeito ( $p > 0,05$ ). A comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (Tabela 2) permite afirmar que os resultados da altura de plantas, matéria seca total e evapotranspiração da cultura, no Solo<sub>2</sub> superaram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) os resultados do Solo S<sub>1</sub> e, não houve diferença entre S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub> para os demais períodos avaliados. Para a variável altura

de plantas observou-se, quando se comparou as médias, que a maior altura foi de 123,8cm na dose de 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, superando a testemunha em 46%, para área foliar a maior média foi de 1084,7cm<sup>2</sup>, na dose de 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, superando a testemunha em 53%, a matéria seca total apresentou maior valor 33,3g g<sup>-1</sup> na dose de 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, superando a testemunha em 266%. A maior média de evapotranspiração da cultura foi observada na dose de 160 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 386,7 mm, superando a testemunha em 44%. O maior valor de razão de área foliar, 54,3 foi observado na testemunha. A maior taxa de assimilação líquida 0,0012 g cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, nas doses de 120 e 160 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, superando a testemunha em 20%.

Tabela 2. Resultados da análise de variância (quadrados médios) e médias da altura de plantas (AP), área foliar (AF), matéria seca total (MST), evapotranspiração da cultura (ETC), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de área foliar (RAF) e taxa de assimilação líquida (TAL), em função dos tratamentos de fósforo e dos solos.

Fontes de variação	G L	Quadrado médio						
		AP (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	MST (g g <sup>-1</sup> )	ETC (mm)	TCR (g g <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	TAL (g cm <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )
Bloco	2	1900,8 <sup>ns</sup>	318345,7 <sup>ns</sup>	7,2 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	8428,7 <sup>ns</sup>	7,60 x 10 <sup>-7ns</sup>
Solo (S)	1	525,0*	161480,0 <sup>ns</sup>	295,8**	155,5**	0,0002 <sup>ns</sup>	5409,7 <sup>ns</sup>	3,20 x 10 <sup>-7ns</sup>
Fósforo (P)	4	1533,2**	386495,1 <sup>ns</sup>	606,8**	131,2**	0,0004 <sup>ns</sup>	4085,7 <sup>ns</sup>	9,38 x 10 <sup>-7ns</sup>
S x P	4	82,4 <sup>ns</sup>	12013,4 <sup>ns</sup>	7,4 <sup>ns</sup>	12,1 <sup>ns</sup>	0,0035 <sup>ns</sup>	2284,3 <sup>ns</sup>	3,82 x 10 <sup>-8ns</sup>
P linear	1	2949,8**	106928,7 <sup>ns</sup>	2154,0**	320,6**	0,0001 <sup>ns</sup>	12642,0 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
P quadrático	1	2316,3**	159070,1 <sup>ns</sup>	253,4**	108,1*	0,0001 <sup>ns</sup>	995,3 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	116,7	159070,1	9,8	20,7	0,0020	6759,0	2,96 x 10 <sup>-7</sup>
Média								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )								
0		85,0	709,8	9,1	269,2	0,09	54,3	0,0010
40		121,0	1004,8	21,6	360,3	0,08	31,7	0,0010
80		118,0	1084,7	27,0	376,8	0,08	25,7	0,0010
120		123,8	514,0	33,3	356,5	0,08	13,7	0,0012
160		118,6	884,5	33,2	386,7	0,08	4,4	0,0012
Solo								
S <sub>1</sub>		109,1 b	766,1 a	21,7 b	327,1 b	0,08 a	42,6 a	0,0010 a
S <sub>2</sub>		117,4 a	912,9 a	28,0 a	372,7 a	0,09 a	7,0 a	0,0012 a
CV%		9,5	47,5	12,6	12,99	53,84	401,6	49,0

C.V (%) - Coeficiente de variação; ns - Não significativo; \* - Significativo a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ); \*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ); S<sub>1</sub>: Chã de Jardim; S<sub>2</sub>: Fazenda Poço da Cruz; Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observou-se na Figura 1A, que os resultados da altura das plantas em função das doses de fósforo submetidos à análise de regressão polinomial, se ajustaram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) a uma função do 2º grau. A dose máxima estimada foi de 106,1 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, enquanto que a altura máxima estimada foi de 125,8 cm. Segundo Tomich *et al.* (2003) em ensaio conduzido sob condições de campo, a altura de plantas do girassol variou em média de 178 a 268 cm para porte baixo e alto, respectivamente. Ungaro *et al.* (2000) também para ensaio conduzido em condições de campo, encontraram valores de altura de planta na ordem de 171,51 cm, valores esses superiores

aos encontrados nesse experimento, provavelmente devido o mesmo ser conduzido em casa de vegetação. Conforme Castiglioni *et al.* (1994), as características da planta como altura, tamanho do capítulo e circunferência do caule variam segundo o genótipo e as condições edafoclimáticas, sendo que a época de semeadura tem influência preponderante sobre estas variáveis (MELLO *et al.*, 2006).

Observou-se na Figura 1B que a área foliar das plantas em função das doses de fósforo ajustou-se de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) a uma função do 2º grau onde, de acordo com o modelo obtido, a dose

máxima estimada foi de 120,68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e, proporcionou uma área foliar da ordem de 822,92 cm<sup>2</sup>.

Ungaro *et al.* (2000), trabalhando com três cultivares de girassol, obtiveram, índices de área foliar médio de 290 cm<sup>2</sup>, em condições de campo, valor bem abaixo do verificado nesse experimento que foi de 839,6 cm<sup>2</sup>.

Observa-se na Figura 1C, que a matéria seca total (MST) das plantas em função das doses de fósforo se ajustou de forma significativa (p ≤ 0,01) a uma função do 2º grau, onde na dose máxima estimada de 147,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, proporcionou uma matéria seca total máxima estimada de 33,0 g. Ungaro *et al.* (2000) encontraram resultados de matéria seca de 84,7 g planta<sup>-1</sup> para planta de girassol variedade IAC-Anhandy em condições de campo. Resende *et al.*, (2003) obtiveram produção de matéria seca do girassol da ordem de 213 g planta<sup>-1</sup> para uma população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, portanto muito superior ao encontrado no presente trabalho. Provavelmente, essa diferença esteja relacionada às condições locais em que os

trabalhos foram desenvolvidos e os materiais utilizados na pesquisa.

A Figura 1D, registra o comportamento da regressão polinomial dos dados da evapotranspiração da cultura (ETc) em função das doses de fósforo aplicadas ao solo, onde se observa que houve ajuste de forma significativa (p ≤ 0,01) a uma função do 2º grau. De acordo com o modelo obtido para a dose máxima estimada de 120,5 kg ha<sup>-1</sup>, observou-se a ETc máxima estimada de 384,0 mm

A evapotranspiração da cultura (ETc) do girassol, em função das doses de fósforo, ficou em torno de 350 mm. Os valores obtidos neste trabalho são próximos ao verificado por Matzenauer *et al.*, (1998) para a localidade de Taquari no Rio Grande do Sul (408 mm) e inferiores aos valores citados por Doorembos e Kassam (1994), entre 600 mm e 1000 mm, onde se deduz que essa diferença deve-se pelo motivo dos experimentos diferirem quanto a condução, sendo os citados acima serem conduzidos a campo.

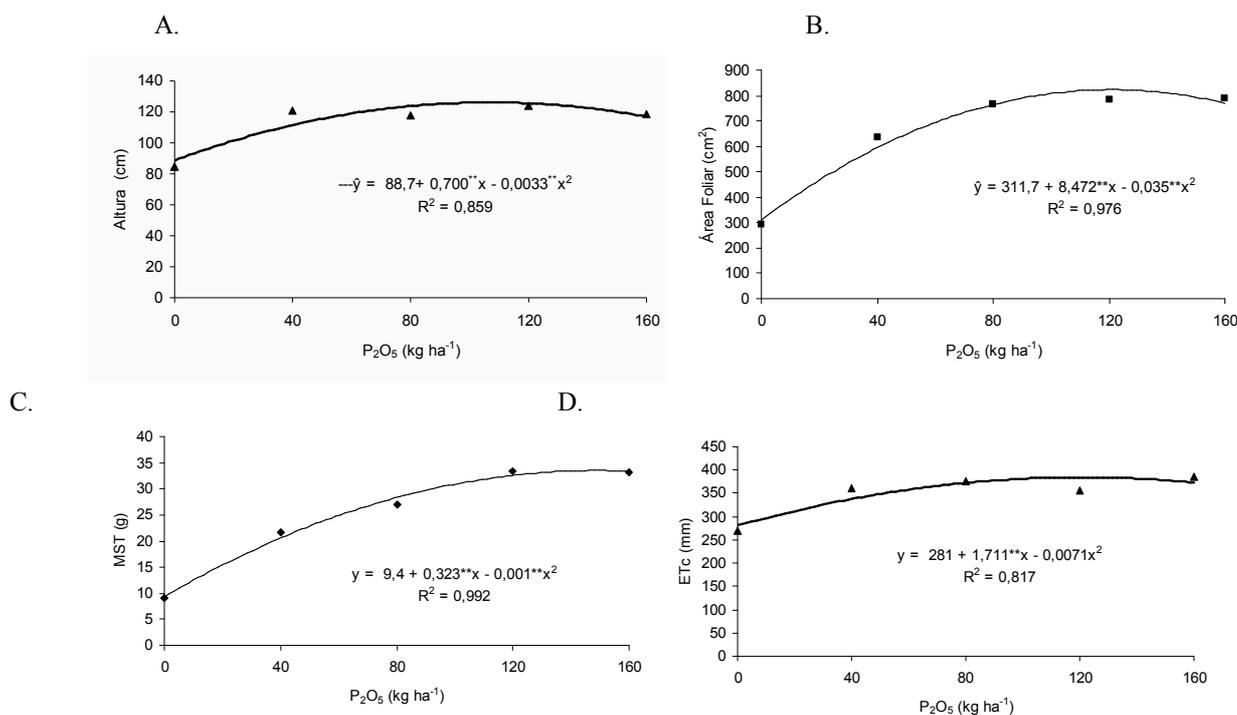


Figura 1. Altura de plantas de girassol (A), área foliar (B), matéria seca total (C) e evapotranspiração da cultura (D) em função das doses de fósforo, aplicadas ao solo

## CONCLUSÕES

Houve efeito significativo do fósforo sobre os resultados de todas as variáveis analisadas;

Houve efeito dos solos para as variáveis AP, MSA, MSR, MST e ETc;

Houve interação apenas para AF determinada aos 30 dias;

Para altura de plantas (AP), houve efeito quadrático dos solos nas três épocas de avaliação (30, 50 e 70 dias);

Para área foliar (AF), houve efeito linear do fósforo para a determinação aos 30 dias e efeito quadrático aos 50 dias;

Para a produção de matéria seca da parte aérea (MSA), o fósforo apresentou efeito do 2º grau para todas as épocas avaliadas (30, 50 e 70 dias) e para a MSR o efeito foi linear;

Para a ETc houve efeito do 2º grau do fósforo em todas as épocas avaliadas;

Para a TCR e RAF, houve efeito quadrático do fósforo na primeira época e linear na segunda, enquanto que para a TAL houve efeito linear na primeira época e quadrática na segunda época;

O fósforo absorvido pela planta (mg planta<sup>-1</sup>) cresceu com os níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados ao solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto e a oportunidade de incrementar recursos humanos na pesquisa.

## LITERATURA CITADA

Cassman, K. G. 1993. Cotton. p. 111-119. In W. F. Bennet. (Ed.). Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants. APS Press, Saint Paul. 202 p.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S. AMADO, T. J. C. Caracterização dos principais espécies de adubo verde. In: CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S. AMADO, T. J. C. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 344p. il. Cap.3: p.207-328.

CANAKCI, M.; Van GERPEN, J. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. Transactions of the ASAE, Sacramento, v. 44, 1429-1436, 2001.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS(CFSFMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5. ed. Viçosa-MG: 1999, 359p.

CONCEIÇÃO, M. M.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J.; SOLEDADE, L.E.B.; FERNANDES JR., V. J.; SOUZA, A. G.; Rheological Behavior of Castor Oil Biodiesel. Energy & Fuels v. 19, p. 2185-2188, 2005.

DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service.Oilseeds:world market and trade. Washington: USDA, 2005. 28 p. (USDA, Circular serie, FOP 08-05) Disponível em: < [www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/FULL05Aug.pdf](http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/FULL05Aug.pdf)>.

DOORENBOS, J. ; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. (Tradução do espanhol); Campina Grande-PB: 1994. 306p. Universidade Federal de Campina Grande, (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa Soja. Tecnologias de Produção de Girassol. 2003. Disponível em: < <http://www.cnpsa.embrapa.br/producao/girassol/>>. Acesso em: 10 abr. 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Resultado de pesquisa da EMBRAPA Soja 2001: girassol e trigo. Londrina: EMBRAPA Soja, 2002. 21p. (Documento n.199).

FAGUNDES, M. H. Sementes de girassol: alguns comentários. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> . Acesso em: 10 out. 2002.

HOAGLAND, D.R; ARNON, D.I. The water culture method of growing plants without soil. Berkeley, University. Of California, 1950. 32p.

Lima, A., M. M. Mischan & A. M. L. Neptune. 1981. Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento do girassol. Anais da ESALQ, 43 (1): 857-873.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Evapotranspiração da cultura do milho. II – Relações com a evaporação do tanque classe “A”, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, n.1, p.15-21, 1998.

MORTVEDT, J. J.; JOHNSON, D. L.; CROISSANT, R. L. *Fertilizing sunflowers*. Colorado: University Cooperative extension, 1996. (CROP SERIES: SOIL, n. 0.543) CD ROM. Mengel, K. & E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. Bem: Intern, Postash Institute. 687 p.

NOVAIS, R. F. ; ALVAREZV, Victor Hugo ; BARROS, N. F. ; FONTES, R. L. F. ; CANTARUTTI, R. B. ; NEVES, J. C. L. . Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1. 1017 p.

OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R.; CARVALHO, C. G. P. Melhoramento do girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 269-297.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: TECBIO, 2003. 68 p.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 13. ed. Piracicaba : Nobel, 1990. 467 p.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres; POTAFOS, 1991. 343p.

REZENDE, A. V.; EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA, G. R.; SANTOS, E. C. J.; BERNARDES, T. F. Avaliação do potencial do girassol (*Helianthus annuus* L.) como planta forrageira para ensilagem na safrinha, em diferentes épocas de colheitas. Ciência Agrotécnica, Lavras; edição especial, p.1549-1553, dez. 2003.

SAEG. Sistema para análises estatísticas: versão 8.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2000.

SOUZA, R. F. Calagem e adubação orgânica: Influência na adsorção de fósforo em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Lavras-MG, v 30, p. 975-983, 2006.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; GONÇALVES, L. C.; TOMICH, R. G. P.; CARVALHO, A. V. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para silagem.. Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec, Belo Horizonte, v. 55, nº 6, 2003.

UNGARO, M.R.G.; NOGUEIRA, S.S.S.; NAGAI, V. Parâmetros fisiológicos, produção de aquênios e fitomassa de girassol em diferentes épocas de semeadura. Bragantia, Campinas-SP, v. 59, n. 2, p. 206-211, 2000.

UNGARO, M. R. G. Potencial da cultura do girassol como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel. In: CAMARA, G. M.; HEIFFIG, L. S. Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para o biodiesel. Piracicaba: ESALQ, 2006. p. 57-80.

VIEIRA, O.V. Característica da cultura do girassol e sua inserção em sistema de cultivo no Brasil, Revista Plantio Direto, Londrina-PR, Embrapa CNPso, nº 88, jul/ago 2005.

VIGIL, M. F. Fertilization in Dryland Cropping Systems: a brief overview Central Great Plains Research Station - USDA-ARS, 2000. Disponível em: <[www.akron.ars.usda.gov](http://www.akron.ars.usda.gov)> Acesso em: 12 dez. 2000.

Recebido em 22/03/2010

Aceito em 20/08/2010