

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SUPRIMENTO DE FÓSFORO E BORO NO DESENVOLVIMENTO E  
RENDIMENTO DE ÓLEO NA CULTURA DO GIRASSOL  
EM LATOSSOLO AMARELO

LEANDRO GONÇALVES DOS SANTOS

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
FEVEREIRO – 2009

SUPRIMENTO DE FÓSFORO E BORO NO DESENVOLVIMENTO E  
RENDIMENTO DE ÓLEO NA CULTURA DO GIRASSOL  
EM LATOSSOLO AMARELO

**LEANDRO GONÇALVES DOS SANTOS**

Engenheiro Agrônomo  
Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2006.

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Ciência do Solo.

**Orientador: Prof. DSc. ANACLETO RANULFO DOS SANTOS**  
**Co-Orientadora: Prof. DSc. GIRLENE SANTOS DE SOUZA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2009

## FICHA CATALOGRÁFICA

S237 Santos, Leandro Gonçalves.

Suprimento de fósforo e boro no desenvolvimento e rendimento de óleo na cultura de girassol em Latossolo Amarelo Coeso / Leandro Gonçalves Santos. - Cruz das Almas, BA, 2009.  
79f.;

Orientador: Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2009.

1. Girassol – crescimento. 2. Girassol – nutrição. 3. Girassol – biodiesel. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título

CDD 20.ed. 633.85

## COMISSÃO EXAMINADORA

---

Eng. Agrônomo DSc. Benedito Carlos Lemos de Carvalho  
PETROBRAS S.A

---

Prof. DSc. Washington Luiz Cotrin Duete  
CCAAB - UFRB

---

Prof. DSc. Anacleto Ranulfo dos Santos  
CCAAB – UFRB  
(Orientador)

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias em .....

Conferindo Grau de Mestre em Ciências Agrárias em .....

*A Deus e aos meu pais,  
Cecínio dos Santos Filho e Adejanira Gonçalves  
que me deram a vida e educaram com amor, respeito e honestidade.  
Pelo incentivo aos estudos, formação de meu caráter e sobre tudo, dos valores.*

## **OFEREÇO**

*A minha esposa,  
Gisella Martha Silva Simões dos Santos  
pelo amor, carinho e compreensão.*

*E ao meu filho,  
Hauã Henri Simões dos Santos  
alegria da minha vida.*

## **DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus irmãos Vinicius, Cecínio e Lara, pela amizade e companheirismo.

Aos meus familiares, avós, tios, primos e sobrinhos, pela confiança depositada.

Ao Professor Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos, mais que um orientador, um grande amigo, conselheiro, incentivador, exemplo de profissionalismo no qual admiro.

Ao Professor Dr. Washington Luiz Cotrin Duete, pelos ensinamentos, apoio e amizade.

Ao Professor Dr. Clóvis Pereira Peixoto pelas sugestões, amizade e incentivo.

A todos os demais professores da Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade e conhecimentos adquiridos.

Ao grande amigo e colega de trabalho Ubiratan Oliveira Souza, pela ajuda incondicional, pela amizade e pelos momentos de descontração

Ao grande amigo e colega Erivaldo de Jesus da Silva, pela ajuda incondicional, pelas sugestões, pelos questionamentos e esquecimentos.

Ao grande amigo Dário Costa Primo, pela amizade, conselhos e pela simplicidade que nos faz tornar mais humanos.

Aos estagiários do grupo de Pesquisa Manejo de nutrientes no solo e em plantas cultivadas: Dryelle, Petterson, Zuleide e Gleide, pela incansável colaboração na execução dos trabalhos de campo e laboratorial, e pelos momentos de descontração.

Aos alunos de graduação Edmilson (Obina), Ígor (Hello Kitty) e Afrânio, que voluntariamente ajudaram na execução do experimento.

Às funcionárias Clarice e Fátima pelo carinho, amizade e pelo cafezinho delicioso.

Aos funcionários do laboratório Solos Florestais da UFV: Cardoso, Alberto (Beto), Poliana, Guilherme e Geraldo, pelo aprendizado e pelas análises realizadas.

Aos Professores Departamento de Solos da UFV: Júlio Cesar, Nairam, João Ker, Ivo Jucksch, Eduardo Mendonça e Hugo Ruiz, pela recepção e sugestões no programa PROCAD - UFRB/UFV

À funcionária do Departamento de Solos da UFV, Sônia pela recepção, carinho e atenção no programa PROCAD - UFRB/UFV

Ao guarda Robson pelo apoio e amizade.

À CAPES pela bolsa concedida e pelo intercâmbio PROCAD – UFRB/UFV.

Aos amigos e colegas do curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UFRB, pela receptividade e boa convivência.

A todos os demais que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
INTRODUÇÃO.....	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
Capítulo 1	
ANÁLISE DE CRESCIMENTO DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DO SUPRIMENTO DE FÓSFORO E BORO.....	20
Capítulo 2	
ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DO GIRASSOL SUBMETIDA À ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E BORO.....	42
Capítulo 3	
FÓSFORO E BORO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E RENDIMENTO DE ÓLEO DO GIRASSOL.....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79

# SUPRIMENTO DE FÓSFORO E BORO NO DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO DE ÓLEO NA CULTURA DO GIRASSOL EM LATOSSOLO AMARELO

Autor: Leandro Gonçalves dos Santos

Orientador: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Orientadora: Dsc. Girlene Santos de Souza

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi analisar o crescimento e o estado nutricional do girassol (*Helianthus annuus* L.) híbrido “Helio 358” em diferentes estádios de desenvolvimento, a produção e o rendimento de óleo em função do suprimento de fósforo e boro ao solo, cultivado em sistema convencional no município de Cruz das Almas, Bahia. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Latossolo Amarelo coeso, no período de Julho a Novembro de 2008. Assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com três repetições e amostragens na parcela. Em cada coleta avaliou-se o rendimento de matéria seca total da parte aérea, separada em hastes, folhas, pecíolos e capítulos, assim como a área foliar, a altura das plantas, o diâmetro das hastes, e o teor de nutrientes. Ao final do ciclo avaliou-se a produção e rendimento de óleo. A aplicação de fósforo acelerou o desenvolvimento do girassol e o florescimento, antecipando a colheita e a obtenção do índice de área foliar ótimo. O acúmulo de nutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente: nas folhas Ca>N>K>S>P>B; nas hastes K>Ca>N>S>P>B; nos pecíolos Ca>K>N>S>P>B; e nos capítulos K>N>Ca>P>S>B. O girassol extraiu grande quantidade de K, mas aproximadamente metade do que foi acumulado foi exportado pelos capítulos. Pouco fósforo foi extraído, mas quase sua totalidade foi exportada pelos capítulos. A aplicação de fósforo proporcionou aumento na produção de aquênios e influenciou negativamente o teor de proteína. A interação PxB influenciou

positivamente o teor de óleo nos aquênios, e em conseqüência seu rendimento por área.

**Palavras chave:** *Helianthus annuus* L., índices fisiológicos, acúmulo de nutrientes, exportação de nutrientes, oleaginosa.

## PHOSPHORUS AND BORON SUPPLY IN THE DEVELOPMENT AND OIL YIELD IN THE SUNFLOWER CULTIVATION

Author: Leandro Gonçalves dos Santos

Advisor: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Advisor: Dsc. Girlene Santos de Souza

**ABSTRACT:** This study aimed to analyse the growth and nutritional condition of the hybrid sunflower “Helio 358” (*Helianthus annuus* L.) in different development stages, the production and the oil production according to the soil phosphorus and boron supply, cultivated in conventional system in the city of Cruz das Almas, Bahia State. The experiment was carried in the Bahia Reconcavo Region University, in cohesive Yellow Latosol, during the period from July to November in 2008. Took up the 5x2 factorial trial involving five levels of phosphorus (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) and two of boron (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), with the treatments distributed in randomized blocks with three replicates and the sampling plot. In each harvest it was evaluated the aerial full dry mass yield, separated in stems, leaves, petiole and chapter, so as the leave area, the plant height, stems diameter and nutrients content. In the end of cycle was evaluated the oil production and yield. The phosphorus application accelerated the sunflower development and its blossom, anticipating the harvest and the achievement of an excellent leave area index. The nutrients accumulation occurred in the following decreasing order: in the leaves the Ca>N>K>S>P>B; in the stems K>Ca>N>S>P>B; in the petioles the Ca>K>N>S>P>B; and in the chapters the K>N>Ca>P>S>B. The sunflower extracted a great amount of K, but approximately a half of what was accumulated was exported by the chapters. A little Phosphorus was extracted, but almost all of it was exported by the chapters. The phosphorus application provided an increase in the achene production and influenced negatively the proteins rate. The Px B interaction influenced positively the oil rate in the achenes, and consequently their yield per area.

**Key words:** *Helianthus annuus* L., physiologic indexes, nutrients accumulation, nutrients exportation, oleaginous.

## INTRODUÇÃO

Atualmente a sociedade mundial tem se preocupado com o aquecimento global, principalmente, pela emissão de gases do efeito estufa como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. O Protocolo de Kyoto, e mais recentemente a Conferência de Bali, são acordos internacionais que exemplificam essa preocupação e tem por objetivo reduzir essas emissões e, conseqüentemente, tentar frear o aquecimento do planeta.

Uma das soluções para controlar a emissão desses gases poluentes é a redução no uso de combustíveis fósseis, principalmente o petróleo. O uso de biocombustíveis pode ser uma alternativa, que, além de ser uma fonte de energia muito menos poluente, tem a capacidade de seqüestrar o CO<sub>2</sub> presente na atmosfera através das plantas fornecedoras da matéria prima.

Dentre as oleaginosas cultivadas no mundo, o girassol ocupa a quarta posição na produção de grãos e de óleo com 19,2 milhões de hectares cultivados, com uma produção estimada em 10,82 milhões de toneladas de óleo para a safra mundial 2006/2007 (USDA, 2007). No Brasil a produção de girassol foi de 145,7 mil toneladas de grãos no ano de 2008, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O interesse do produtor pelo girassol vem crescendo a cada ano, pois, além da produção de óleo, a silagem e a torta vem sendo utilizados na alimentação animal, reduzindo custo com o fornecimento de ração.

O girassol pode ter um aproveitamento ainda maior, quando cultivado em consórcio ou em sucessão com culturas tradicionalmente encontradas nas propriedades rurais da região do Recôncavo da Bahia, como é o caso do amendoim, milho e feijão, e também na reforma de canaviais, que é uma cultura que vem sendo explorada nessa Região por mais de 400 anos. Assim é possível aumentar o grau de utilização da área cultivada além de trazer benefícios químicos com elevação da fertilidade do solo, físicos com a penetração das raízes que ao se decompor promoverá uma melhor aeração e infiltração de água, e

biológicos com a adição de matéria orgânica proporcionando condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos benéficos.

O Brasil tem potencial e possui as melhores condições do mundo para a produção de oleaginosas, terras aptas e disponíveis, além de clima favorável. Além disso, com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), lançado pelo governo federal, a cadeia produtiva do biodiesel se estruturou rapidamente, sendo que até 2006 o país era o 14º produtor de biodiesel, e neste ano (2008) está atrás apenas da Alemanha e dos Estados Unidos.

As características e o potencial da cultura do girassol aliado a preocupação mundial em reduzir o consumo de combustíveis fósseis, tornam esta cultura um novo objeto de pesquisas a fim de se obter informações que juntamente com tecnologias adequadas possam proporcionar conseqüências positivas ao meio ambiente.

## **CARACTERÍSTICAS GERAIS**

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea granífera anual originária da região de Tabasco no México (Esteves, 2007), que inicialmente era utilizado pelos índios americanos juntamente com outros vegetais para alimentação e como planta medicinal. Após chegar à Europa e Ásia, no século XVI, por cerca de 200 anos era cultivada apenas como uma planta ornamental sendo em seguida, utilizada como planta oleaginosa para extração de azeite.

Atualmente a planta é cultivada nos cinco continentes ocupando uma área de aproximadamente 19,2 milhões de hectares. Destaca-se mundialmente como a terceira oleaginosa em produção respondendo por cerca de 13% de todo óleo vegetal produzido no mundo (ESTADOS UNIDOS, 2007), ficando atrás apenas da soja e da colza. O girassol tem sua importância renovada devido à crescente procura por fontes renováveis e limpas de energia, como é o caso dos biocombustíveis.

Com teor de óleo variando entre 35 e 55%, a depender das condições de cultivo e da variedade utilizada, produz cerca de 600 kg de óleo por hectare, contrastando com os 450 kg, em média, obtido com a soja. Por esta razão o

girassol vem sendo utilizado, principalmente, para extração de óleo, e é considerado como um dos óleos vegetais de melhor qualidade nutricional.

Além da produção de óleo, os subprodutos da prensagem, como a torta, o farelo e o glicerol, também podem ser lucrativos. A torta resultante da prensagem a frio dos grãos é altamente protéica e energética, e pode ser fornecido na suplementação nutricional de animais em lactação (BETT *et al.*, 2004). O farelo desengordurado, resultante da extração do óleo da torta com solventes orgânicos, também pode ser utilizado na fabricação de ração animal. Segundo Gazzoni (2005), o glicerol é utilizado principalmente como matéria prima na indústria de cosméticos.

O girassol possui aproveitamento integral de sua planta, podendo ser utilizado para alimentação animal na forma de silagem, apresentando a característica de ser 35% superior em qualidade quando comparado com a silagem de milho. O interior do caule é constituído de um material esponjoso que quando seco pode ser utilizado em revestimento acústico, além de ser rico em potássio. Com as flores, a produção de mel pode ser uma fonte extra de renda, podendo obter de 30 a 40 kg de mel por hectare.

Com sistema radicular pivotante explora grande volume do solo, permitindo com isso uma boa ciclagem de nutrientes no perfil, favorecendo principalmente as culturas de sucessão. Observa-se uma melhora na qualidade do solo onde se faz rotação de culturas com o girassol, proporcionando um incremento de 15% na produtividade da soja e 30% no milho.

A cultura do girassol se caracteriza por apresentar grande adaptabilidade às condições edafo-climáticas, sendo tolerante a baixas temperaturas em sua fase inicial de desenvolvimento e pela relativa resistência a seca, além de ser pouco influenciado pela latitude, pela altitude e pelo fotoperíodo (CASTRO *et al.* 1996). No país, os maiores produtores são os Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, São Paulo e Paraná, contudo pode ser cultivado em todo território brasileiro.

O Brasil é um produtor pouco expressivo de girassol, tendo participado com aproximadamente 1% da produção mundial nos últimos anos. Verifica-se, no entanto, que a produção nacional cresceu em 930% de 1998 até 2004, passando de 15,8 mil toneladas, em 1998, para 147 mil toneladas, em 2004, acompanhando o crescimento do consumo interno, com substituição progressiva das

importações. Este aumento vem ocorrendo devido à incorporação de tecnologias na cultura que viabilizaram a sua produção de forma sustentável e a presença de um mercado estável nos últimos sete anos, que vislumbrou a procura por parte do consumidor de um óleo comestível de alto valor nutricional (LAZZAROTTO *et al.*, 2005).

Com área estimada em 17.340 km<sup>2</sup> e uma população de 500 mil habitantes, a região do Recôncavo da Bahia apresenta uma agricultura diversificada. Dentre os diversos cultivos destacam-se: mandioca, inhame, citros, flores tropicais e o fumo que ocupa uma área significativa nos municípios de Cruz das Almas e Muritiba. Na região, o Girassol é apontado como grande alternativa para alimentação da Usina de Biodiesel da Petrobras S.A. instalada na cidade de Candeias, localizada a 55 km de Salvador, e que tem a capacidade de produzir 57 milhões de litros de biodiesel por ano.

Além de servir como matéria prima para obtenção do biodiesel, o Governo Federal em parceria com o Governo do Estado da Bahia, da Petrobras S.A. e das prefeituras dos municípios envolvidos, vem incentivando o plantio da oleaginosa, principalmente através da agricultura familiar gerando emprego e renda aos pequenos agricultores e desenvolvimento para a região.

De maneira geral, as condições de fertilidade do solo adequadas ao girassol não diferem das exigidas para a soja ou para o milho, havendo, no entanto, uma maior necessidade de monitoramento da compactação e da acidez dos solos, devido a sensibilidade do sistema radicular da planta para estas características. Nesta região predominam os LATOSSOLOS de baixa fertilidade natural, que se caracterizam por apresentar baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos valores de pH, fatores que inibem a disponibilidade e absorção de nutrientes.

## **O ELEMENTO FÓSFORO**

O fósforo (P) é um elemento químico não-metal e que compõe 0,12% da crosta terrestre, sendo as maiores reservas, os sedimentos marinhos. No solo é

encontrado na forma mineral e orgânica, sendo sua predominância na forma de ortofosfato como os íons  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

A principal forma mineral de P encontrada na natureza são os fosfatos naturais, que inclui a fluorapatita, apatita, variscita e strengita, como as mais importantes e que se diferenciam pela composição e solubilidade. De acordo com Raij (2004), em condições de acidez os hidróxidos de ferro e de alumínio reagem com os fosfatos, tendo como produto final a strengita ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e a variscita ( $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), respectivamente. Em solos alcalinos, a tendência é de formar os compostos de cálcio como: fosfato dicálcico ( $\text{CaHPO}_4$ ), fosfato tricálcico [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ] e fluorapatita [ $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$ ], sendo este último menos solúvel que os dois anteriores.

O fósforo orgânico do solo constitui-se dos fosfatos remanescentes dos resíduos orgânicos em decomposição e pela mistura do protoplasma microbiano (CAMARGO *et al.*, 2008). O P-orgânico pode representar de 20 a 80% do P-total do solo, a depender do tipo de solo. Numa floresta tropical, 80% do P é encontrado na serrapilheira, sendo reciclado com a mineralização da matéria orgânica, principalmente sob ação de microrganismos que incorporam parte do P em sua biomassa. A biomassa microbiana tem grande participação na disponibilização do P devido à sua rápida taxa de reciclagem, cerca de 200 vezes mais rápida do que a da matéria orgânica vegetal (SIQUEIRA *et al.*, 2004).

Dentre os vários nutrientes que as plantas necessitam o P ocupa lugar de destaque, devido à sua deficiência na grande maioria de nossos solos. Geralmente o teor de P no solo varia de 0,2 e 5,0  $\text{g kg}^{-1}$ , contudo sua disponibilidade para as plantas é limitada devido à forma em que se encontra, a fixação inorgânica e a imobilização microbiana (ARAÚJO & MACHADO, 2006). Raij (2004) cita que a fixação de P em solos tropicais é mais intensa, à medida que se eleva os teores de cálcio e de óxidos de ferro e alumínio.

No solo o P pode ser separado nas seguintes categorias: P-solução, P-adsorvido, P-mineral e P-orgânico. A solubilidade das formas inorgânicas determina os teores de P na solução do solo, e é dependente do pH. De acordo com Tisdale *et al.* (1985), de modo geral a maior disponibilidade de P na solução está na faixa de pH entre 5,0 e 6,2 em cloreto de cálcio, resultando nas maiores solubilidades, ao mesmo tempo, de fosfatos de alumínio, de ferro e de cálcio (RAIJ, 2004). Troeh & Thompson (2007) citam que a substituição de fosfato por

íons de hidroxila nas bordas ou em outras superfícies dos minerais de argila ou de óxidos, resulta na adsorção de P.

Embora parte do P no solo possa ser interceptada pelas raízes em crescimento, e outra pequena parte carregada pelo fluxo de massa, este elemento chega às raízes principalmente pelo processo difusivo do íon (TROEH & THOMPSON, 2007).

De acordo com Faquin (1994), na planta o fósforo é encontrado nas formas orgânicas e inorgânicas, contudo, Marschner (1995) afirma que o fosfato não é reduzido como o nitrato e o sulfato, sendo ele utilizado apenas em sua forma completamente oxidada de ortofosfato. Na forma inorgânica aparece como ortofosfato e em menor quantidade como pirofosfato, e representa uma proporção alta em relação ao P total no tecido. As formas orgânicas são resultantes da esterificação do ortofosfato em hidroxilas de açúcares e alcoóis, ou pirofosfato ligado a outro grupo fosfato. Nas folhas a proporção de fosfato inorgânico são maiores, contudo, nos grãos predomina o fosfato orgânico.

O transporte de fosfato ocorre inicialmente pela entrada do elemento, geralmente, pelos espaços intercelulares e passando do córtex ao cilindro central das raízes principalmente pelo simplasto. Em seguida, o fosfato é transportado via xilema através da corrente transpiratória até a parte aérea da planta. (MALAVOLTA, 2004). De acordo com Faquin (1994), o processo ativo de absorção de fosfato é justificado pelo fato dessa aquisição ocorrer contra um elevado gradiente, sendo sua concentração nas células da raiz e no xilema de 100 a 1000 vezes maior que na solução do solo.

No metabolismo da planta o fosfato compõe moléculas como o DNA, RNA e fosfolipídios das membranas; é componente da glucose fosfato e de muitas coenzimas que participam no processo fotossintético e na respiração; compõe a molécula energética – adenosina trifosfato (ATP) envolvida no transporte e transdução de energia química; participa da sinalização celular, como no inositol trifosfato; é componente dos fosfolipídios que integram as membranas vegetais; modifica proteínas irreversivelmente (EPSTEIN & BLOOM, 2004; ARAÚJO & MACHADO, 2006; TAIZ & ZEIGER, 2006; SANCHEZ, 2007).

Nos estádios iniciais de crescimento da plântula, o embrião tem alto requerimento de P para formação dos fosfolipídios das membranas celulares e ácidos nucleicos (FAQUIN, 1994). A falta de fósforo também impede processos

metabólicos como é o caso da conversão de açúcar em amido e em celulose, e o acúmulo resultante do açúcar leva a formação de antocianinas que se expressam como pontos ou raias roxas nas folhas e nas hastes (TROEH & THOMPSON, 2007). Devido à alta mobilidade do P no tecido vegetal, os sintomas de deficiência são expressos inicialmente nas folhas mais velhas apresentando coloração verde escura que se desenvolvem para um vermelho arroxeado (MARSCHNER, 1995), as quais podem encontrar-se mal formadas e conter pequenas manchas de tecido morto (TAIZ & ZEIGER, 2006).

Nos vegetais a carência de P resulta: em menor crescimento da planta (TAIZ & ZEIGER, 2006); em redução na expansão, na área e no número de folhas (FURLANI, 2004); em atraso do florescimento (MALAVOLTA, 1997); na senescência precoce das folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995); prejudica o enchimento dos aquênios e pode resultar num menor rendimento e teor de óleo (ROSSI, 1998).

## **O ELEMENTO BORO**

O boro (B) é o único elemento não metal entre os micronutrientes e seu teor total na crosta terrestre é de aproximadamente  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  (TISDALE *et al.*, 1985). No solo o teor total de B varia entre 3 e  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ , com valores médios entre 10 e  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo. Em solos derivados de sedimentos marinhos, geralmente contêm 10 a 50 vezes mais B que os demais solos. Contudo, apenas cerca de 5% do boro total do solo se encontra disponível às plantas.

Na fase sólida do solo o boro ocorre em três formas: em rochas e minerais silicatados, adsorvido na superfície de argila e sesquióxidos, e em ligações com a matéria orgânica (DECHEN & NACHTIGALL, 2006). Na solução do solo é predominantemente encontrado como ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) e  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ . A turmalina (3 a 4% B) é o principal mineral primário constituinte de B, contudo devido a sua baixa solubilidade e sua alta resistência ao intemperismo, torna-se de pouca importância no fornecimento de B às plantas (TISDALE *et al.* 1985).

Para Dechen & Nachtigall (2006), o ácido bórico encontra-se disponível às plantas na solução do solo em pH neutro, complexado com cálcio ou ligado a

compostos orgânicos solúveis. Essas formas disponíveis para as plantas no solo representam 0,1 a 3,0 mg kg<sup>-1</sup> do B total, constituindo na principal fonte de B para a planta (FAQUIN, 1994).

De acordo com Kumar *et al.* (1993), a disponibilidade de B no solo é afetada por diversos fatores, principalmente a textura do solo, pH, calagem, matéria orgânica e umidade do solo. Em solos de textura arenosa o B pode ser facilmente lixiviado, enquanto que em solos argilosos essas perdas são praticamente nulas. Gupta (1993) e Hu & Brown (1997) afirmam que em pH neutro predomina o H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> de baixa afinidade pela argila do solo, sendo sua adsorção de B muito baixa.

Goldberg (1997) concluiu que existe alta correlação entre o teor de argila e a adsorção máxima de B. Com aumento do pH ou excesso de calagem, passa a predominar o B(OH<sub>4</sub>)<sup>-</sup> de alta afinidade com a argila do solo, em especial os óxidos de ferro e de alumínio, e conseqüentemente a adsorção de B se torna elevada reduzindo a disponibilidade deste elemento para as plantas. Ao redor de pH 9 a adsorção de B alcança o máximo, decrescendo a partir desse ponto (KEREN *et al.*, 1981). De forma geral o B solúvel encontra-se ligado a matéria orgânica do solo em solos bem drenados, contudo em condições de seca, a absorção pode ser dificultada pelas plantas (DECHEN & NACHTIGALL, 2006).

Na solução do solo o boro chega até as raízes por meio do fluxo de massa (DECHEN *et al.*, 1991), sendo importante a presença de umidade no solo para propiciar a absorção deste elemento. De acordo com Faquin (1994), a absorção de B pela planta se dá principalmente na forma de ácido bórico H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> não dissociado, ou como H<sub>4</sub>BO<sub>4</sub><sup>-</sup> em valores elevados de pH.

Para Dechen & Nachtigall (2006) e Shelp (1993), a absorção de boro pelas plantas se dá pelo transporte passivo de difusão de B(OH)<sub>3</sub> pela membrana plasmática. Por ser pouco móvel no xilema, o B é translocado juntamente com o fluxo transpiratório, e no floema é praticamente imóvel não sendo redistribuído na planta, e por isso os sintomas de deficiência expressados inicialmente em pontos de crescimento que apresentam menor fluxo transpiratório (BROWN & SHELP, 1997).

Na planta o B tende a formar complexos catiônicos com compostos orgânicos de configuração cis-diol, como os açúcares e seus derivados, ácido urônico e alguns odifenóis, que servem como constituintes da hemicelulose da

parede celular (FURLANI, 2004). Além disso, o B facilita o transporte de açúcares através das membranas pelo complexo açúcar-borato (FAQUIN, 1994), e auxilia na incorporação do fosfato para formar nucleotídeos (unidades formadoras dos ácidos nucléicos) (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Para Furlani (2004), de modo geral o limite crítico do teor de B nas folhas varia entre 5 e 10 mg kg<sup>-1</sup> em monocotiledôneas, e em dicotiledôneas esse valor varia de 20 a 70 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca. O acúmulo de B é maior nas folhas mais velhas, e sua concentração é maior nas pontas e margens, e menor na porção mediana, na base e nos pecíolos (OERTLI, 1994). Em girassol Blamey (1977) e Machado (1979) encontraram um teor de B adequado em torno de 50 mg kg<sup>-1</sup> nas folhas. Nos aquênios do girassol Sfredo & Sarruge (1990) e Blamey (1977) encontraram valores adequados de B em torno de 14 mg kg<sup>-1</sup>.

Segundo Furlani (2004), a deficiência de B tem como efeito primário: mudança na composição química e ultra-estrutura da parede celular; mudança no metabolismo de fenóis; inibição da síntese de lignina e estímulo da atividade da oxidase de AIA; e diminuição do AIA difusível. Secundariamente ocorre: diminuição do nível de IAA difusível pelo acúmulo de fenólicos e aumenta a produção de radicais livres de superóxidos; surgimento de sintomas induzidos de deficiência de cálcio; desarranjo da membrana plasmática pelo aumento de superóxidos; mudanças na distribuição de carboidratos em função dos efeitos no xilema; alteração no metabolismo de fitormônios e de RNA/DNA.

De acordo com Bell (1997), maior parte dos sintomas de deficiência de B ocorrem nos tecidos mais jovens da planta incluindo pontos de crescimento, órgãos reprodutivos, flores, frutos e grãos. Segundo Gil-Martinez (1995), o primeiro sintoma a aparecer com a deficiência de boro é a morte do ápice dos brotos e das raízes, devido ao seu requerimento na síntese de DNA. A carência de B na planta resulta na diminuição da superfície foliar, com desenvolvimento de folhas deformadas, espessas, quebradiças e pequenas, podendo ainda ocorrer acúmulo de compostos nitrogenados nas partes mais velhas, crescimento reduzido de raízes e abortamento floral (DECHEN & NACHTIGALL 2006).

Furlani (2004) e Faquin (1994) concordam que a exigência de B para o processo reprodutivo é bem maior do que para o crescimento vegetativo das plantas. Isso devido ao B está envolvido na germinação do grão de pólen e desenvolvimento do tubo polínico, cuja carência pode resultar em má formação

dos grãos. Castro & Oliveira (2005), relatam que nos capítulos os sintomas da falta de B podem aparecer desde o início da formação, determinando redução do tamanho, deformação, formação de grãos chochos, e até provocar a queda.

Devido a sua baixa mobilidade no interior da planta, autores como Hu & Brown (1997), sugerem que o suprimento de boro deve ser feito continuamente durante o desenvolvimento da planta. Para Castro & Oliveira (2005), práticas culturais adequadas podem minimizar a ação do meio sobre o nutriente, aumentando sua disponibilidade às plantas, principalmente pelo manejo da matéria orgânica, da umidade e da acidez.

## **ANÁLISE DE CRESCIMENTO E ÍNDICES FISIOLÓGICOS**

Criada por pesquisadores britânicos no final do século XIX, as técnicas de análise de crescimento, vem sendo ao longo de décadas, estudadas e aperfeiçoadas por novos pesquisadores com a finalidade de facilitar a compreensão dos modelos matemáticos utilizados (HUNT *et al.*, 2002).

A análise de crescimento é um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo entre duas amostras sucessivas (MAGALHÃES, 1986). Além disso, esse método pode ser utilizado para entender o efeito dos fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como a adaptação de espécies em ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas da capacidade de produção e influência de práticas agronômicas sobre o crescimento.

Segundo Benincasa (2003), a análise de crescimento baseia-se fundamentalmente no fato de que, em média, 90% do acúmulo de matéria seca pelas plantas ao longo de seu crescimento, resultam da atividade fotossintética e o restante da absorção de nutrientes minerais. A partir dos dados de crescimento é possível inferir atividade fisiológica, ou seja, estimar de forma bastante precisa, as causas de variação de crescimento entre as plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em diferentes condições ambientais.

Em geral, entende-se por crescimento o aumento irreversível de tamanho ou peso, e que tem caráter quantitativo. O desenvolvimento implica em mudanças qualitativas apresentadas pelas plantas durante o seu desenvolvimento.

Magalhães (1986), Jorge & González (1997) e Severino *et al.* (2004), afirmam que a determinação da área foliar é importante porque as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar, indispensável para a fotossíntese. Para que a energia disponível seja utilizada intensamente, necessita-se que haja sua interceptação em alto grau e eficiência de transformação e assimilação pela planta (PEIXOTO, 1998).

O crescimento de um vegetal pode ser avaliado por meio de medidas lineares (altura, diâmetro, peso, etc), não lineares (TCA - taxa de crescimento absoluto, TCR – taxa de crescimento relativo, TAL – taxa assimilatória líquida, RAF – razão de área foliar, RPF – razão de peso foliar, AFE – área foliar específica, IAF – índice de área foliar, TCC – taxa de crescimento da cultura e IC – índice de colheita), e superficiais (área e perímetro foliar) (BRANDELERO *et al.*, 2002; BENINCASA, 2003; LIMA, 2006).

As medidas não lineares representam os índices fisiológicos utilizados para compreender os processos intrínsecos relacionados ao crescimento e desenvolvimento da planta. A TCA representa o ganho de matéria seca de uma planta sem levar em consideração o material inicial existente que deu origem a este incremento. A TCR é mais adequada para avaliar o crescimento de uma planta e representa a quantidade de material produzido por determinada quantidade de material existente, durante um determinado período de tempo prefixado. A TAL representa o incremento de matéria seca por unidade de superfície foliar, durante um intervalo de tempo pré-determinado (BENINCASA, 2003; CAIRO *et al.*, 2008).

A RAF é a relação entre a área foliar específica e a razão de peso foliar, representando desta maneira a área foliar disponível para ocorrer a fotossíntese. A RPF é a fração da matéria seca produzida pela fotossíntese, não utilizada na respiração, nem exportada para outras partes da planta, representando o quanto a planta investiu de sua produção via fotossíntese para as folhas. A AFE é a relação da área da folha (superfície) com o peso da própria folha e que indica a espessura foliar. O IAF é a relação entre a área foliar e a área da superfície do terreno ocupada por elas. A TCC representa a produção de biomassa de uma

comunidade. O IC é a razão entre a massa da matéria seca da fração econômica produzida e a fitomassa seca total colhida (BENINCASA, 2003; CAIRO *et al.*, 2008).

De acordo com Fontes *et al.* (2005), na análise de crescimento as medidas não lineares indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização e armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos.

## **PRODUÇÃO DE GRÃOS E RENDIMENTO DE ÓLEO**

A semente do girassol, também conhecida como amêndoa, é botanicamente, um fruto composto por pericarpo (casca) e semente propriamente dita (polpa). Os híbridos atualmente cultivados têm até 25% de casca e 75% ou mais de polpa, e contém grande concentração de óleo e proteínas, e por esse motivo é classificada como aleuro-oleaginosa (CARVALHO *et al.*, 2005). No início da formação da semente, primeiramente produz-se e acumula-se toda matéria graxa, e somente em seguida a substância seca (ROSSI, 1998).

A produção de grãos resulta da fecundação do óvulo e posterior desenvolvimento (enchimento), que dependem diretamente das reservas acumuladas nas diferentes partes da planta (folhas, pecíolos, caule e capitulo), até o ponto em que se torna maduro (CASTRO & FARIAS, 2005).

De acordo com Carvalho *et al.* (2005), o rendimento de grãos é um caráter complexo, pois resulta da expressão e associação de sua característica genética com o ambiente. Com isso empresas e organismos de diversos países estão intensamente dedicados ao melhoramento do girassol, visando adquirir características que tragam melhores produções e retorno econômico (ROSSI, 1998).

Para avaliar a eficiência de produção de uma cultura, utiliza-se o índice de colheita que é a relação entre a massa seca de aquênios e a produção de matéria seca total da planta. Merrien (1992) cita que o índice de colheita do girassol é

baixo, geralmente entre 0,25 e 0,35. Contudo, autores como Debaeke *et al.* (2004), citam que em cultivares melhoradas e mais modernas, esse valor fica em torno de 0,45 e 0,51.

A colheita caracteriza-se por ser uma das últimas operações realizadas, finalizando o processo de produção agrícola de uma cultura. O ponto de maturação fisiológica, caracterizado por apresentar coloração amarela na parte dorsal do capítulo, indica que o mesmo já pode ser retirado da planta. A umidade dos grãos determina o melhor momento para o recolhimento, trilha, manejo e armazenamento, sendo 11% o teor de umidade ideal (SILVEIRA *et al.*, 2005).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.252-280.

BELL, R.W. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.149-168.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.

BETT, V.; OLIVEIRA, M.D.S.; MATSUSHITA, M.; HEADLEY, S.A.; SOUZA, N.E.. Effects of sunflower oilseed supplementation on fatty acid profile and Milk composition from holsttein cows. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n.1, p.95-101, 2004.

BLAMEY, F.P.C. Boron nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on Avalon medium sandy loam. **Soil and Fertilizers Abstract**, v.40, n.12, p.745, 1977.

BRANDELERO, E.M.; PEIXOTO, C.P.; SANTOS, J.M.B.; MORAES, J.C.C.; SILVA, V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas, v.14, n.2, jul./dez., 2002.

BROWN, P.H.; SHELP, B.J. Boron mobility in plants. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.85-101.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M.; MESQUITA, A.C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 2008, 72p.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; RHEINHEIMER, D.; KAMINSKI, J.; BISSANI, C.A. Fracionamento do nitrogênio, fósforo e enxofre orgânico. In: SANTOS, G.A.;

SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p.243-262.

CARVALHO, C.G.P.; OLIVEIRA, M.F.; OLIVEIRA, A.C.B.; CASTIGLIONE, V.B.R. Genética do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.219-267.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.B.V.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol.** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. 38p. (Circular técnica, 13).

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.161-218.

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

DEBAEKE, P.; TRIBOI, A.M.; VEAR, F.; LECOEUR, J. Crop physiological determinants of yield in old and modern sunflower hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16. 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. v.1, p.267-273.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P., (eds). **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991, p.79-97.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Andrei, 2004, 403p.

ESTADOS UNIDOS. 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/2005/05-08/FULL05Aug.pdf](http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/05-08/FULL05Aug.pdf)> Acesso em: 17 outubro de 2007.

ESTEVES, B. Mais antigo indício de domesticação de girassol no México. *Ciência Hoje*. Disponível em: <[http://www.uol.com.br/ciencia\\_hoje](http://www.uol.com.br/ciencia_hoje)>. Acesso em: 17 outubro 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994, 227p.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, jan./mar. 2005.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. (ed). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p40-75.

GAZZONI, D.L. Óleo de girassol como matéria-prima para biocombustíveis. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.145-162.

GIL-MARTINEZ, F. **Elementos de fisiología vegetal: relaciones hídricas, nutrición mineral, transporte, metabolismo**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1995, p.249-283.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.35-48.

GUPTA, U.C. **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 236p.

HU, H.; BROWN, P.H. Absorption of boron by plant roots. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.49-58.

HUNT, R.; CAUSTON, D.R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A.P. A modern tool for classical growth analysis. **Annals of Botany**, v.90, p.485-488, 2002.

KEREN, R.; GAST, R.G.; BAR-YOSEF, B. pH-dependent boron adsorption by Namontmorillonite. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.45-58, 1981.

JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. Estimación del área foliar en los cultivos de ají y tomate. **Agrotecnia de Cuba**, Havana, v.27, n.1, p.123-126, 1997.

KUMAR, M.; DAS, D.K.; MANDAL, A.B. Transformations of boron in soil and its importance in plant nutrition. **Environment & Ecology**, v.11, n.1, p.146-153, 1993.

LAZZAROTTO, J.J.; ROESSING, A.C.; MELLO, H.C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.16-42.

LIMA, J.F. **Tamanho ótimo de parcela, alocação de fitomassa e crescimento de mamoeiro em casa de vegetação**. Cruz das Almas, 2006. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia.

MACHADO, P.R. **Absorção de nutrientes por duas variedades de girassol (*Helianthus annuus L.*) em função da idade e adubação em condições de campo**. Piracicaba, 1979. 83f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal 1**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986, p.331-350.

MALAVOLTA, E. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (eds). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004, p.35-105.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4 .ed. Bern: International Potash Institute, 1987, 686p.

MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: CETIOM, 1992. 66p.

OERTLI, J.J. Non-homogeneity of boron distribution in plants and consequence for foliar diagnosis. **Comm. Soil Sci. Plant Anal**, v.25, p.1133-1147, 1994.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill) em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. Piracicaba, 1998. 151p. Tese (Doutorado em Fitotecnia ) – Escolar Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo,

RAIJ, B.van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (eds). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004, p.107-115.

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

SANCHEZ, C.A. Phosphorus. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (eds). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

SILVEIRA, J.M.; MESQUITA, C.M.; PORTUGAL, F.A.F. Colheita do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.571-605.

SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D.; VALE, L.S.; SANTOS, J.W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.753-762, 2004.

SFREDO, G.J.; SARRUGE, J.R. Acúmulo de micronutrientes em plantas girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.4, p.499-503, 1990.

SHELP, B.J. Physiology and biochemistry of boron in plant. In: GUPTA, U.C. (ed). **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 236p.

SIQUEIRA, J.O.; ANDRADE, A.T.; FAQUIN, V. O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (eds). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004, p.117-156.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006, 719p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.

TROEH, F.R.; THOMPSON, L.M. **Solos e fertilidade do solo**. São Paulo: Andrei, 2007, 718p.

USDA. United States Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/data/sdp>>. Acesso em: 15 jun. 2005.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANÁLISE DE CRESCIMENTO DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DO SUPRIMENTO DE FÓSFORO E BORO<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Brazilian Journal of Plant Physiology

## ANÁLISE DE CRESCIMENTO DO GIRASSOL EM FUNÇÃO DO SUPRIMENTO DE FÓSFORO E BORO

Autor: Leandro Gonçalves dos Santos

Orientador: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Orientadora: Dsc. Girlene Santos de Souza

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi analisar o crescimento do girassol (*Helianthus annuus* L.) híbrido “Helio 358” em diferentes níveis de fósforo e boro no solo, cultivado em sistema convencional no município de Cruz as Almas, Bahia. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Latossolo Amarelo, no período de Julho a Novembro de 2008. Assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com três repetições e amostragens na parcela. Em cada coleta avaliou-se o rendimento de matéria seca total da parte aérea, separada em hastes, folhas, pecíolos e capítulos, assim como a área foliar, a altura das plantas e o diâmetro das hastes. Não houve efeito significativo da interação entre fósforo e boro nas variáveis em estudo, contudo houve significância com a aplicação isolada de fósforo no crescimento do girassol. A aplicação de fósforo acelerou o desenvolvimento do girassol e o florescimento, antecipando a colheita e a obtenção do índice de área foliar ótimo.

**Palavras chave:** *Helianthus annuus* L., índices fisiológicos, adubação fosfatada.

## SUNFLOWER GROWTH RELATED TO THE PHOSPHORUS AND BORON SUPPLY

Author: Leandro Gonçalves dos Santos

Advisor: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co- Advisor: Dsc. Girlene Santos de Souza

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to analyse the growth of the hybrid sunflower “Helio 358” (*Helianthus annuus* L.) with different levels of phosphorus and boron in the soil, cultivated in conventional system in the city of Cruz das Almas, Bahia State. The experiment was carried out in the campus of the Bahia Reconcavo Region Federal University, in Yellow Latosol, during the period from July to November 2008. Took up the 5x2 factorial trial involving five levels of phosphorus (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) and two of boron (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), with the treatments distributed in randomized blocks with three replicates and the sampling plot. In each harvest it was evaluated the aerial full dry mass yield, separated in stems, leaves, petiole and chapter, so as the leave area, the plant height and stems diameter. There was no significant interaction between the phosphorus and the boron in the studied variables, however there was significance with the isolated application of phosphorus in the sunflower growth. The application accelerated the sunflower developments and its blossom, anticipating the harvest and achievement of ideal leave area.

**Key words:** *Helianthus annuus* L., physiologic indexes, phosphorus fertilization.

## INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura de importância reconhecida e que pode ser cultivado em todos os continentes. Dentre as diversas características da cultura, destaca-se seu potencial para aproveitamento econômico, produção de óleo para alimentação humana utilização da planta, grãos e resíduos na alimentação de animais (MANDARINO, 2005; SILVA & PINHEIRO, 2005; CASTRO & FARIAS, 2005). Atualmente, vem despertando grande interesse mundial, representando uma nova alternativa como matéria prima para a produção de biocombustíveis

Na região do Recôncavo Baiano predominam os Latossolos, que se caracterizam por apresentar horizonte subsuperficial coeso que limita o desenvolvimento de raízes, a aeração e o deslocamento de água no perfil. Além disso, possui baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos valores de pH, fatores que inibem a disponibilidade e absorção de nutrientes (REZENDE, 2000).

Todas as células vivas necessitam de fósforo (P), o que o torna um elemento muito importante. O P é componente de muito fósforo-açúcares necessários na fotossíntese, respiração e outros processos metabólicos, e também participa na formação de nucleotídeos (DNA e RNA) e de fosfolipídios presentes nas membranas (TAIZ & ZEIGER, 2006). Também é essencial no metabolismo energético, devido a sua presença nas moléculas de ATP, ADP, AMP e pirofosfato (SALISBURY & ROSS, 1991). De acordo com Rodríguez *et al.* (1998), o baixo suprimento de P resulta na diminuição da área foliar, podendo interferir diretamente nas taxas fotossintéticas. Malavolta *et al.* (1997), relatam que plantas mal nutridas em P apresentam acentuada redução no crescimento, atraso no florescimento e número reduzido de sementes. Mengel & Kirkby (1987), citam que plantas deficientes em P desenvolvem uma coloração verde-escura nas folhas mais velhas e, em algumas espécies, coloração avermelhada devido a acumulação de antocianinas.

Dentre os micronutrientes o Boro (B) é o que tem causado problemas nutricionais com mais frequência na cultura do girassol. Para Faquin (1994), na planta o B atua como facilitador do transporte de açúcares através das membranas pelo complexo açúcar-borato. De acordo com Mengel & Kirkby (1987)

o B auxilia na incorporação do fosfato para formar nucleotídeos, além de formar derivados que atuam como constituinte da hemicelulose da parede celular (FAQUIN, 1994; FURLANI, 2004). Pesquisadores como Bell (1997) afirmam que a maior parte dos sintomas de deficiência de B ocorrem nos tecidos mais jovens incluindo pontos de crescimento, órgãos reprodutivos, flores, frutos e grãos. Segundo Gil-Martinez (1995), o primeiro sintoma a aparecer com a deficiência de boro é a morte do ápice dos brotos e das raízes, devido ao seu requerimento na síntese de DNA. A carência de B ainda resulta na diminuição da área foliar, com desenvolvimento de folhas espessas, quebradiças e pequenas, podendo ainda ocorrer acúmulo de compostos nitrogenados nas partes mais velhas, crescimento reduzido de raízes e abortamento floral (DECHEN & NACHTIGALL 2006).

Análise quantitativa de crescimento surge como uma ferramenta importante para avaliar a produção vegetal e eficiência das diferentes formas de manejo utilizada numa cultura, sendo bastante utilizada por pesquisadores da área agrícola. É um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo (MAGALHÃES, 1986), não necessita de equipamentos sofisticados, e baseia-se no fato de que cerca de 90 % da matéria seca acumulada pela planta, ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética (BENINCASA, 2003). De acordo com Hunt *et al.* (2002), a análise de crescimento é uma ferramenta que deve ser utilizada de maneira integrativa, avaliando os componentes da planta, interpretando sua forma e utilidade.

O crescimento de uma planta pode ser determinado por medidas lineares (altura, diâmetro, peso), não lineares (baseadas no acúmulo de matéria seca durante certo período de tempo) e de superfície (área foliar). Magalhães (1986), Jorge & González (1997) e Severino *et al.* (2004), afirmam que a determinação da área foliar é importante porque as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar, indispensável para a fotossíntese.

O objetivo deste estudo foi analisar o crescimento do girassol híbrido “Helio 358” em função do suprimento de fósforo e boro, cultivado em Latossolo Amarelo do Recôncavo da Bahia.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em condições de campo, o experimento foi realizado na área experimental da UFRB, localizado no município de Cruz das Almas – BA, situado a 226 m de altitude (12°40' S; 39°06' W), em Latossolo Amarelo, textura média, no período de Julho a Novembro de 2008. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é classificado como Aw tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 24,5 °C e umidade relativa do ar de 80 %. A pluviometria média anual é de 1 100 mm, com chuvas freqüentes no inverno (de maio a julho) e ocorrência de trovoadas em novembro e dezembro.

Baseado na análise química do solo (Quadro 1) procedeu-se a calagem e gessagem 60 dias antes do plantio. Aplicou-se 1,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, sendo essa quantidade determinada pelo método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis, levando em consideração o poder tampão do solo em função da textura, a tolerância máxima de 5 % de saturação por alumínio e uma exigência mínima de 3,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup> (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Ainda seguindo a recomendação destes autores, aplicou-se 1,2 t ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola determinado em função da textura do solo, a qual foi admitida como média, e quando a saturação por alumínio fosse maior que 10 % ou o nível de cálcio inferior a 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Utilizou-se sementes de girassol híbrido “Helio 358” da Helianthus do Brasil, que têm como características o porte médio e maturação fisiológica aproximada de 90 dias após emergência (DAE), e que tem apresentado excelente desenvolvimento na região. A semeadura foi realizada no mês de Julho, em sistema de cultivo convencional. Aos 15 DAE procedeu-se o desbaste de maneira a garantir trinta e duas plantas a cada dez metros, com uma população final equivalente a 45 000 plantas por hectare, seguindo a recomendação de Silveira *et al.* (2005).

No estudo do efeito das doses de P e B sobre a altura de plantas, diâmetro da haste, rendimento de matéria seca total da parte aérea (MST) e área foliar, assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com três repetições e amostragens na parcela, conforme o modelo estatístico:  $Y_{ijk} = m + b_j + \alpha_i + \beta_k + \alpha\beta_{ik} + e_{ijk}$  em que  $Y_{ijk}$  é o

valor observado no nível i das doses de P no nível k das doses de B, no bloco j; m, a média geral da variável;  $b_j$ , o efeito do bloco j;  $\alpha_i$ , o efeito nível i das doses de P;  $\beta_k$ , o efeito do nível k das doses de B;  $\alpha\beta_{ik}$ , efeito da interação entre o nível i das doses de P e o nível k das doses de B;  $e_{ijk}$  efeito do erro experimental associado a parcela que recebeu o nível i das doses de P e nível k das doses de B no bloco j.

**Quadro 1.** Características químicas de amostras de solo coletado na área do experimento em três profundidades. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Características	Profundidade (m)		
	0,0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6
pH em H <sub>2</sub> O	5,1	4,9	4,8
pH em CaCl <sub>2</sub>	4,3	4,1	4,0
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,5	0,2
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,15	1,98	2,15
Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,1	0,8	0,7
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,6	0,5
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	0,2	0,2
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,131	0,080	0,057
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,20	0,15
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,10	0,09	0,06
MO (g dm <sup>-3</sup> )	12,4	9,0	7,0
S	2,2	0,9	0,8
CTC	4,4	2,9	2,9
V (%)	51	31	26
m (%)	21	35,7	20

pH em H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub>: relação 1:2,5. P e K: extrator Mehlich-1. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: método Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7. Matéria orgânica: C orgânico x 1,724 – Walkley Black.

O fósforo foi aplicado no sulco de plantio abaixo e ao lado da semente, na forma de Superfosfato triplo. O boro foi aplicado na forma de ácido bórico juntamente com a adubação de cobertura, aos 30 e 60 DAE. Além dos tratamentos estudados, aplicou-se também 80 kg ha<sup>-1</sup> de K e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de Cloreto de potássio e Uréia, respectivamente. Essa adubação complementar foi fracionada em três partes, sendo uma no plantio e o restante juntamente com o boro, seguindo a recomendação da EMBRAPA para a cultura (BALLA *et al.*, 1997).

A precipitação pluviométrica acumulada desde a semeadura até a colheita foi de 366,4 mm, com uma média mensal de 73,3 mm, como segue na figura 1. As parcelas com área de 25,6 m<sup>2</sup> foram constituídas de 10 linhas com 3,2 m de comprimento cada, espaçadas a 70 cm entre linhas e 31 cm entre plantas. De

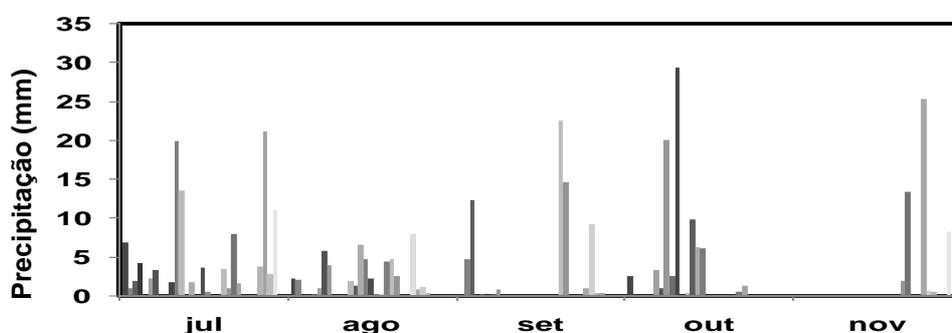
cada parcela foi despezada uma linha de bordadura de cada lado e duas plantas das extremidades de cada linha.

Para avaliar a análise de crescimento da planta, foram realizadas coletas quinzenais de três plantas aleatórias a partir dos 23 DAE até o momento da colheita (maturação plena), para determinação da altura da planta (cm), diâmetro da haste (cm), matéria seca total da parte aérea ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e área foliar ( $\text{cm}^2$ ).

Considerou-se como altura da planta a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical, sendo determinada com auxílio de fita métrica. O diâmetro da haste foi medido a cinco centímetros acima do colo com uso de paquímetro. A matéria seca total resultou da soma da massa dos componentes da parte aérea (haste, pecíolo e folha) mensurada após secagem em estufa com circulação de ar forçada a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  até atingir massa constante. A área foliar foi determinada utilizando-se o medidor de área foliar portátil "AM300 Area Meter" da marca ADC.

A variação da matéria seca e da área foliar foi utilizada para cálculo e obtenção dos índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL), através de suas respectivas fórmulas (BENINCASA, 2003).  $\text{IAF}=\text{AF}/\text{S}$  ( $\text{cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ ),  $\text{TCC}=\text{MS}/t$  ( $\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ),  $\text{TCR}=\text{TCC}/\text{MS}$  ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ),  $\text{TAL}=\text{TCC}/\text{AF}$  ( $\text{g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), onde, AF=área foliar; S=espaçamento; MS=matéria seca.

As variáveis, matéria seca total, área foliar, índice de área foliar, diâmetro e altura, foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SAS (1996) e havendo significância procedeu-se o estudo de regressão. Os índices fisiológicos TAL, TCC e TCR foram ajustados a um modelo de regressão polinomial através do programa Table Curve 2D (SYSTAT, 2002).



**Figura 1.** Precipitação pluvial de julho a novembro (dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Embrapa/CNPMP). UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O suprimento de fósforo demonstrou efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) nas variáveis altura, diâmetro, matéria seca da parte aérea e índice de área foliar, ao longo do crescimento e desenvolvimento da planta (Quadro 2).

O ciclo do girassol foi de 98 dias entre a emergência e a colheita, para os tratamentos que receberam fósforo. A omissão de fósforo retardou o florescimento em oito dias, o que resultou num ciclo maior, 106 dias.

**Quadro 2:** Análise de variância para produção de matéria seca da haste (MSH), das folhas (MSF), dos pecíolos (MSP) e dos capítulos (MSC), índice de área foliar (IAF), altura (ALT) e diâmetro do caule (DIA) do girassol “Helio 358”. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

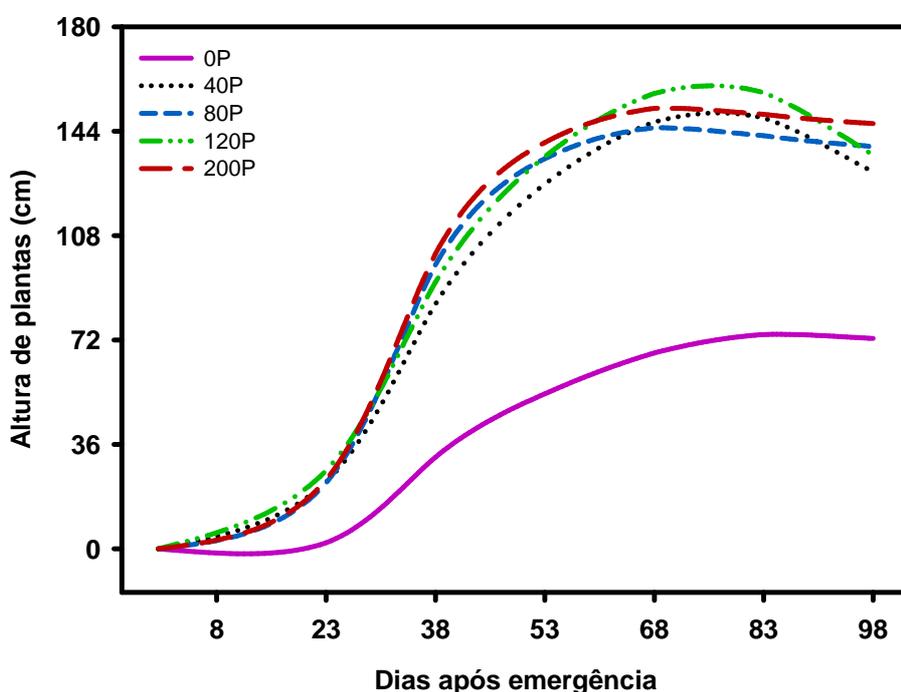
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		MSH	MSF	MSP	MSC	IAF	ALT	DIA
<b>Blocos (R)</b>	2	511,6**	290,3**	20,5**	1169,9**	5,2**	2139,6**	0,45**
<b>Fósforo (P)</b>	4	2762,2**	1473,9**	74,4**	5245,8**	11,7**	22825,3**	5,74**
<b>Boro (B)</b>	1	7,6	3,5	0,3	76,5	0,04	22,0	0,05
<b>Idade (D)</b>	4	7989,8**	3057,2**	161,9**	28768,0**	36,0**	67445,3**	5,08**
<b>P x B</b>	4	20,1	24,5	1,7	74,4	0,30	114,9	0,01
<b>D x P</b>	16	323,6**	96,0*	6,1**	1331,6**	1,03	763,0**	0,02
<b>D x B</b>	4	5,7	6,0	0,4	92,3	0,10	52,3	0,02
<b>Erro (R-1)(P-1)</b>	8	15,7	11,6	0,5	48,9	0,37	240,8	0,05
<b>Erro (R-1)(B-1)</b>	2	52,4	93,7	3,9	38,5	1,20	508,1	0,05
<b>Erro (R-1)(D-1)</b>	8	132,9	83,7	6,1	303,9	1,11	406,8	0,06
<b>Erro (R-1)(Px B-1)</b>	8	14,0	20,2	0,8	62,9	0,27	270,2	0,07
<b>Erro (R-1)(Dx P-1)</b>	32	35,1	24,3	1,5	45,3	0,20	30,1	0,01
<b>Resíduo</b>	56	36,0	14,6	1,0	43,9	0,13	53,7	0,01
<b>CV (%)</b>		21,93	22,01	27,88	23,86	23,30	7,67	5,94

\* e \*\* Significância a 1 e 5 % pelo teste de F, respectivamente.

A altura das plantas foi influenciada pelo suprimento das doses de fósforo no solo, ao longo de seu desenvolvimento, e por meio da análise de regressão se ajustou a um modelo polinomial como segue as equações na Figura 2. Aos 76 dias após emergência (DAE) a máxima altura das plantas de girassol foi de 160 cm, obtida com a dose  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, caracterizando um aumento de 123,1 %, ou seja, 88,3 cm em relação às plantas que não receberam fósforo. A altura das plantas de girassol variou pouco se comparada à aplicação de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  com as

doses 40, 80 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P, indicando que entre a menor e maior dose aplicada a diferença não é muito expressiva, mas que o suprimento de P é fundamental.

Assim como descrito por Castro *et al.* (1996) e Carvalho (2004), o crescimento inicial das plantas foi lento, sendo no florescimento o estágio de crescimento com maior altura observada. Resultados semelhantes foram encontrados por Mello *et al.* (2006), que observaram uma variação média na altura de 1,40 a 1,62 m em híbridos cultivados em Argissolo com teor de P de 21,3 mg dm<sup>-3</sup> de solo.

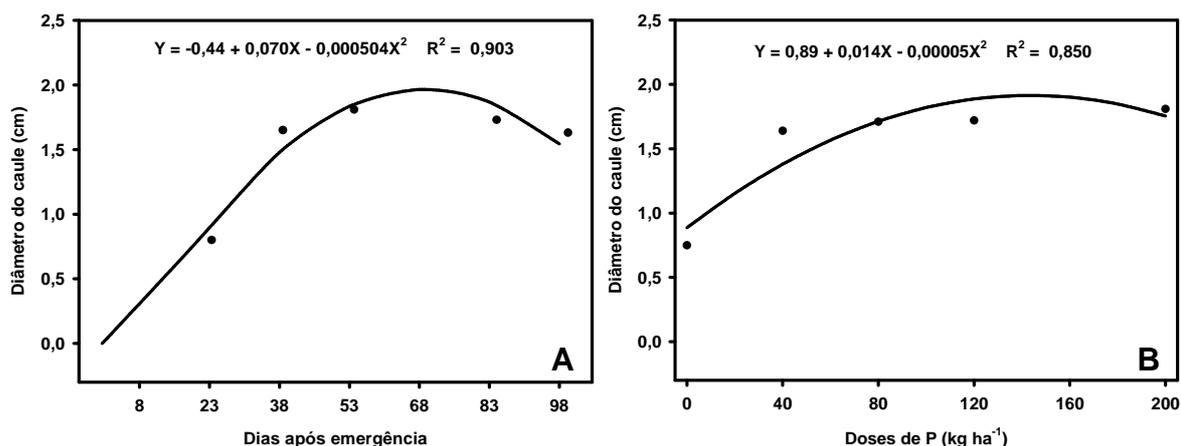


**Figura 2:** Influência das doses de P na altura de plantas de girassol “Helio 358” ao longo de seu desenvolvimento. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

■  $\hat{Y}(0) = -58,2 + 3,0X - 0,017X^2$   $R^2 = 0,97$       ■  $\hat{Y}(40) = -109,9 + 6,8X - 0,044X^2$   $R^2 = 0,97$   
 ■  $\hat{Y}(80) = -195,9 + 12,8X - 0,156X^2 + 0,00062X^3$   $R^2 = 0,99$       ■  $\hat{Y}(120) = -114,51 + 7,25X - 0,048X^2$   $R^2 = 0,97$   
 ■  $\hat{Y}(200) = -201,8 + 13,1X - 0,160X^2 + 0,000632X^3$   $R^2 = 0,99$

O diâmetro do caule variou com a idade da planta e com as doses de P, e por meio da análise de regressão se ajustou a um modelo quadrático como segue na Figura 3A e 3B. Em função da idade da planta o maior diâmetro (1,97 cm) foi encontrado aos 68 DAE (Figura 3A). Em relação às doses de P estudadas, o maior diâmetro (1,91 cm) foi obtido com a aplicação de 140 kg ha<sup>-1</sup> de P, sendo

este 2,1 vezes mais espesso que o encontrado em omissão de P (Figura 3B). Contudo doses acima de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P promovem um diâmetro do caule suficiente para manter uma boa sustentação da planta. De acordo com Castro & Farias (2005), caules mais espessos estão associados a plantas mais fortes e resistentes para sustentar a produção com menor risco de quebra ou acamamento, o que resultaria em perdas na colheita.

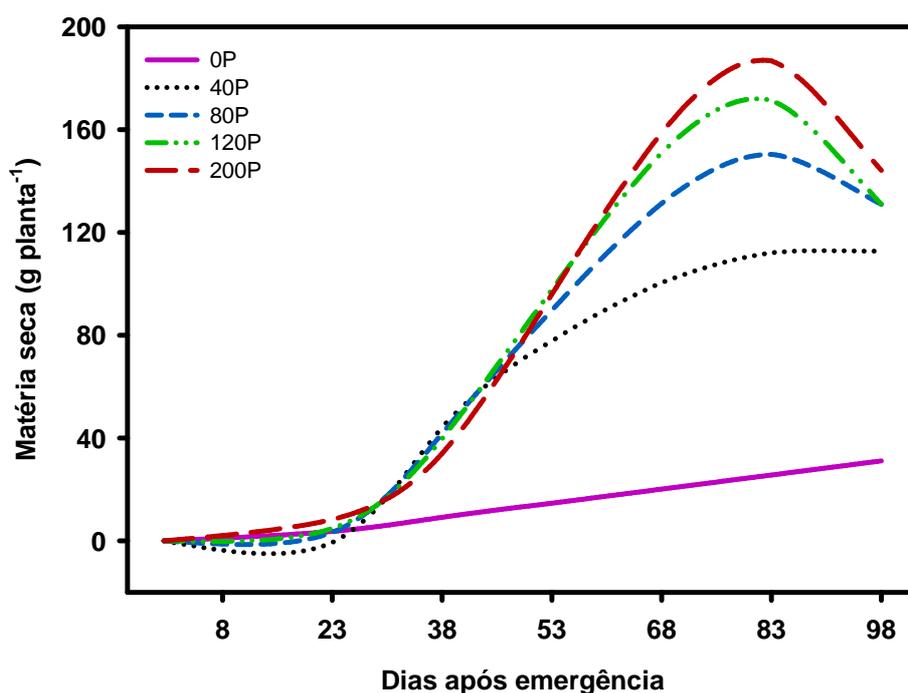


**Figura 3:** Influência da idade (A) e das doses de P (B) no diâmetro do caule de plantas de girassol “Helio 358”. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

A matéria seca total (MST) da parte aérea do girassol aumentou à medida que se elevou as doses de P aplicadas (Figura 4). Até os 38 DAE as doses 40, 80, 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P não influenciaram expressivamente na produção de MST, indicando que até esta fase a planta exigiu pouco P para produção de massa seca. Contudo, nesta fase do crescimento a omissão de P ocasionou uma produção 379 % inferior quando comparado a aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P. Esses resultados indicam que este elemento é muito importante no rendimento de matéria seca do girassol.

Através da análise de regressão, esta variável se ajustou de acordo com as equações demonstradas na Figura 4, e teve sua máxima produção, 187,1 g planta<sup>-1</sup>, aos 81 DAE com a aplicação da maior dose de P. Isso resultou num incremento de 161,6 g planta<sup>-1</sup>, o equivalente a 633,7 % da produção de MST em relação à omissão, e de 69,8 %, 23,4 % e 9,9 % em relação à aplicação de 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente.

Valores semelhantes foram encontrados por Tomich *et al.* (2003), que trabalhando com diferentes cultivares obtiveram uma produção média de 171,5 g planta<sup>-1</sup> aos 91 DAE, com a aplicação de 49 kg ha<sup>-1</sup> de P. Em estudo com girassol híbrido M 734 em semeadura direta Carvalho (2004), obteve o maior acúmulo de MST no período de enchimento dos aquênios, por volta dos 105 DAE com a aplicação de 78 kg ha<sup>-1</sup> de P. De acordo com Castro & Farias (2005), o máximo acúmulo de MST ocorreu aos 98 DAE com 212 g planta<sup>-1</sup> de MST.

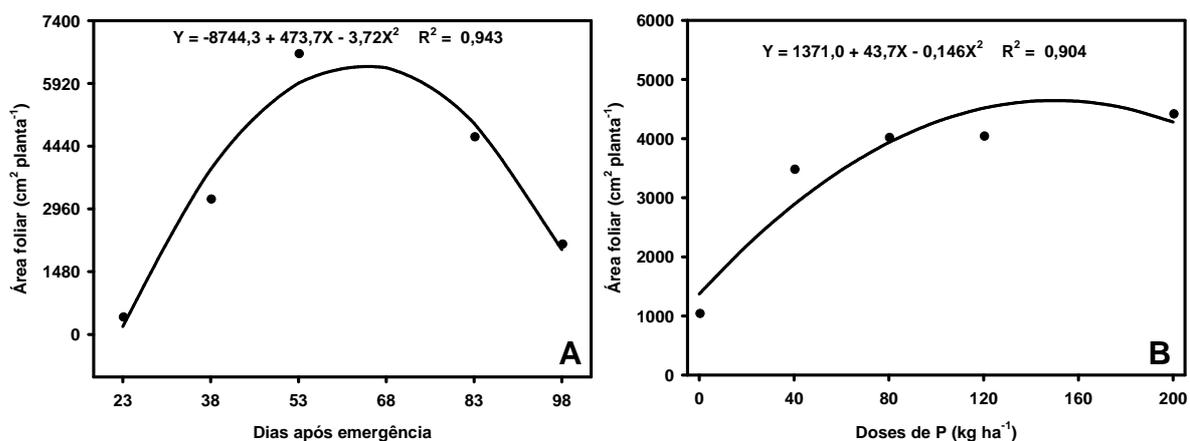


**Figura 4:** Influência das doses de P no rendimento de matéria seca da parte aérea do girassol “Helio 358” ao longo de seu desenvolvimento. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

■  $\hat{Y}(0) = -4,71 + 0,37X$   $R^2 = 0,69$  ■  $\hat{Y}(40) = -90,61 + 4,47X - 0,025X^2$   $R^2 = 0,94$   
 ■  $\hat{Y}(80) = -0,005 - 2,01 + 0,112X^2 - 0,0008X^3$   $R^2 = 0,97$  ■  $\hat{Y}(120) = 60,0 - 6,5X + 0,21X^2 - 0,0014X^3$   $R^2 = 0,98$   
 ■  $\hat{Y}(200) = 121,35 - 10,5X + 0,28X^2 - 0,0012X^3$   $R^2 = 0,99$

A área foliar (AF) variou com a idade da planta e com as doses de fósforo, que através da análise de regressão resultou numa equação quadrática, como apresentada na Figura 5A e 5B. Em relação à idade da planta (Figura 5A), observou-se um intenso aumento da AF entre 23 e 53 DAE quando se inicia o período de florescimento do girassol, sendo a maior AF (6335,4 cm<sup>2</sup>) observada

aos 64 DAE, momento em que o florescimento era pleno. A redução gradativa da AF dos 64 DAE até o final do ciclo é explicada pela translocação de assimilados para o enchimento dos grãos e a senescência natural das folhas. Em relação à aplicação das doses de P, observou-se que a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P promoveu a maior área foliar, 4641 cm<sup>2</sup> (Figura 5B). Contudo, em relação à omissão de P, o fornecimento deste elemento na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> promoveu um incremento de 110,5 % na área foliar.

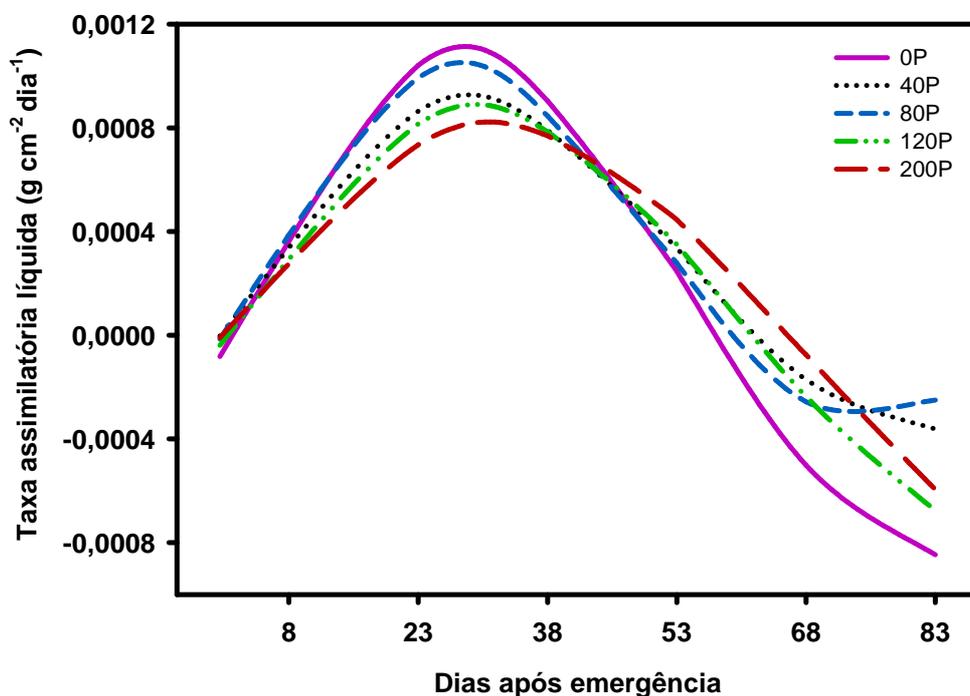


**Figura 5:** Influência da idade (A) e das doses de P (B) na área foliar do girassol “Helio 358”. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Carvalho (2004) também encontrou a máxima área foliar no florescimento pleno do girassol, efeito esse aliado a um alto teor de matéria orgânica no solo, assim como também foi observado por Mundstock & Zagonel (1994). De acordo com Muro et al. (2001) ao promover redução de 100 % da área foliar através da desfolha, resultou numa redução de 92 % na produção de grãos de girassol, exemplificando bem a importância da avaliação deste parâmetro.

Os índices fisiológicos TAL, TCR e TCC, ajustaram-se ao modelo de regressão polinomial  $Y = a + bx^{1,5} + cx^2 + dx^3$ . Na figura 6, observa-se um aumento da TAL até os 29 DAE onde ocorre o ponto de máxima assimilação para todos os níveis de P aplicados. A partir deste ponto ocorre uma tendência natural de redução da TAL com a idade da planta, assim como relatado por Watson (1952), Milthorpe & Morby (1974) e Watanabe (2007), que atribui essa diminuição

ao sombreamento das folhas inferiores. Aos 43 DAE a TAL em todos os níveis de P aplicado, equivalem a um valor médio de  $6,7 \times 10^{-4} \text{ g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

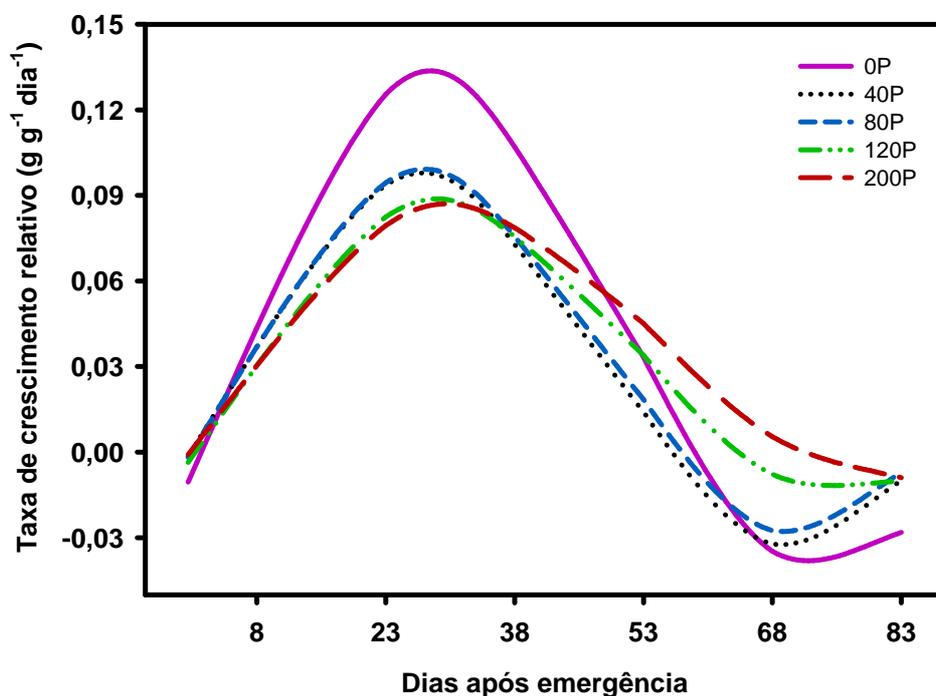


**Figura 6:** Influência das doses de P na taxa assimilatória líquida do girassol “Helio 358” ao longo de seu desenvolvimento. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

A taxa de crescimento relativo (TCR) apresentou valor máximo aos 27 DAE na omissão e na aplicação de 40 e 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de P, e aos 29 DAE com a aplicação de 120 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de P (Figura 7). O decréscimo da TCR a partir dos 29 DAE está de acordo com Benincasa (2003), que afirma que esta diminuição representa o incremento da planta em massa, altura ou área foliar ao longo de determinado período, em relação ao período anterior, e que tende a diminuir com a progressão do ciclo. Comportamento semelhante foi encontrado por Peixoto (1998) avaliando cultivares de soja, e por Watanabe (2007) em estudo com girassol ornamental.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) variou com a aplicação de fósforo, sendo o maior valor observado aos 53 DAE com a aplicação de 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de P. A ocorrência de valores negativos nas taxas de crescimento aos 56 DAE para TCR e TCC, é justificada por Barni (1995), uma vez que a morte de folhas excede a produção de grãos. Ao contrário do que se parece, o IAF ótimo não é onde se

obtem uma maior producao de fitomassa, e sim aquele que permite o maximo de fotossintese e, conseqüentemente a TCC maxima.



**Figura 7:** Influência das doses de P na taxa de crescimento relativo do girassol “Helio 358” ao longo de seu desenvolvimento, Cruz das Almas, 2008.

No quadro 3, observa-se que sem aplicação de fósforo seriam necessários 32 DAE para a planta adquirir um IAF de 0,24, contudo este valor seria muito baixo para sustentar uma produção rentável. Já com a aplicação fósforo, o IAF ótimo correspondente a cada dose é considerado ideal para se obter altas produtividades, como foi citado por Castro & Farias (2005), que indicam valores de IAF entre 2,5 e 3,0 na floração plena. Observou-se que aplicando 40 ou 200 kg ha<sup>-1</sup> de P o IAF ótimo seria alcançado aos 53 DAE correspondendo a 2,75 e 3,09, respectivamente. Contudo se o interesse for obter um IAF ótimo suficiente para promover altas produtividades, em um menor espaço de tempo, o ideal seria doses entre 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P.

Verificou-se que existe uma alta correlação positiva altamente significativa (Quadro 4) entre as variáveis MST aos 83 DAE e a produção de aquênios. Com base nessa correlação positiva, é possível estimar com antecedência a produção de aquênios pela produção de matéria seca.

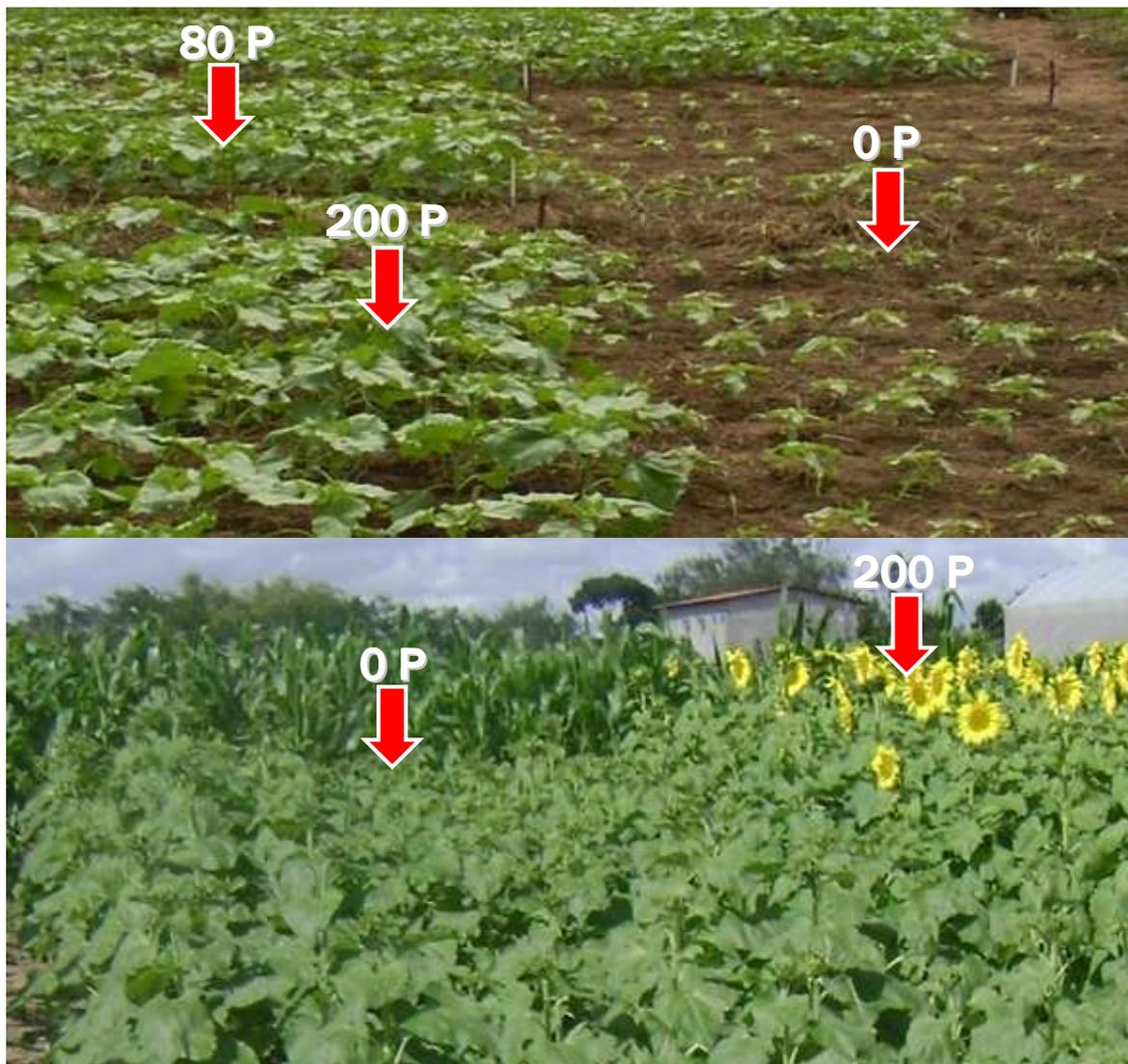
**Quadro 3:** Valores de IAF ótimo (IAFo) encontrados pela relação entre a máxima taxa de crescimento da cultura (TCC) e o índice de área foliar do girassol ao longo de seu desenvolvimento. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )	IAFo (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	TCC (g cm <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )			DAE
		Inicial	Máximo	Final	
0	0,24	-1,9x10 <sup>-5</sup>	1,13x10 <sup>-4</sup>	-3,4x10 <sup>-4</sup>	32
40	2,75	-5,3x10 <sup>-5</sup>	1,28x10 <sup>-3</sup>	-7,2x10 <sup>-4</sup>	53
80	2,79	-7,5x10 <sup>-5</sup>	1,05x10 <sup>-3</sup>	-6,3x10 <sup>-4</sup>	50
120	2,56	-1,0x10 <sup>-4</sup>	1,20x10 <sup>-3</sup>	-1,7x10 <sup>-3</sup>	46
200	3,09	-6,6x10 <sup>-5</sup>	1,70x10 <sup>-3</sup>	-1,9x10 <sup>-3</sup>	53

**Quadro 4:** Coeficiente de correlação linear entre os valores médios de índice de área foliar (IAF) e matéria seca total (MST) aos 53 e 83 dias após emergência, e da produção de aquênios (PROD) do girassol "Helio 358". UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Variável	IAF 83	MST 53	MST 83	PROD
IAF 53	0,79**	0,97**	0,76**	0,86**
IAF 83		0,83**	0,97**	0,94**
MST 53			0,82**	0,88**
MST 83				0,93**

Na figura 8 é possível contrastar o efeito do fósforo no desenvolvimento e florescimento do girassol. Devido a omissão deste elemento o florescimento foi retardado em oito dias, o que resultou num ciclo maior, quando comparado às plantas onde foram supridas com o P.



**Figura 8:** Desenvolvimento e florescimento do girassol “Helio 358” retardado pela omissão do fósforo. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

## CONCLUSÕES

1. Não houve efeito significativo entre a interação do Boro e do Fósforo nas variáveis estudadas.
2. A omissão de fósforo limitou drasticamente o desenvolvimento do girassol, retardou o florescimento e reduziu a produção de aquênios.
3. A exigência do fósforo para crescimento em altura e diâmetro, produção de matéria seca e área foliar é maior a partir dos 38 dias após emergência.
4. O IAF ótimo suficiente para promover altas produtividades foi obtido em menor espaço de tempo com a aplicação de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de P.

## **BIBLIOGRAFIA**

BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CASTRO, C. **Colheita do Girassol**. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (EMBRAPA-CNPSo. Doc, n.92).

BARNI, N.A.; BERLATO, M.A.; SANTOS A.O.; SARTORI G. Análise de crescimento do girassol em resposta a cultivares, níveis de adubação e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Gaucha**, v.1, p.167-184, 1995.

BELL, R.W. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.149-168.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.

CARVALHO, D.B. Análise de crescimento de girassol em sistema de semeadura direta. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.2, n.4, p.63-70, 2004.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A Cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. p. 38. (Circular Técnica, 13).

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.161-218.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.317-374.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994, 227p.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. (ed). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p40-75.

GIL-MARTINEZ, F. **Elementos de fisiología vegetal**: relaciones hídricas, nutrición mineral, transporte, metabolismo. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1995, p.249-283.

HUNT, R.; CAUSTON, D.R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A.P. A modern tool for classical growth analysis. **Annals of Botany**, v.90, p.485-488, 2002.

JORGE, Y.; GONZÁLEZ, F. Estimación del área foliar en los cultivos de ají y tomate. **Agrotecnia de Cuba**, Havana, v.27, n.1, p.123-126, 1997.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal 1**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986, p.331-350.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

MANDARINO, J.M.G. Óleo de girassol como alimento funcional. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.43-49.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; RESTLE, J.; NEUMANN, M.; QUEIROZ, A.C.; COSTA, P.B.; MAGALHÃES, A.L.R.; DAVID, D.B. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de híbridos de girassol em diferentes épocas de

semeadura para produção de silagem. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.672-682, 2006.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987, 686p.

MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. Some aspects of overall growth and its modification. In: **An introduction to crop physiology**. London: Cambridge University Press, 1974, p.152-179.

MUNDSTOCK, C.M.; ZAGONEL, J. Perfil de área foliar de duas cultivares de girassol sob doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 29, n. 6, p.847-851. 1994.

MURO, J.; IRIGOYEN, I.; MILITINO, A.F.; LAMSFUS, C. Defoliation effects on sunflower yield reduction. **Agronomy Journal**, v.93, may-june, p.634-637, 2001.

REZENDE, J.O. **Solos coesos dos Tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000, 117p.

RODRÍGUEZ, D.; KELTJENS, W.G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant Soil**, v.200, p.227-240, 1998.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4. ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1991, 682p.

SAS, Institute. SAS/STAT. User's guide, version 6.11. 4. ed. Cary, Statistical Analysis System Institute, 1996. v.2, 842p.

SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D.; VALE, L.S.; SANTOS, J.W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.753-762, 2004.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W. Girassol na alimentação de suínos e aves. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.93-121.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; MESQUITA, C.M; PORTUGAL, F.A.F. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.375-409.

SYSTAT, Inc. **Table Curve 2D version 5.01** – automated curve fitting and equation discovery. 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006, 719p.

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; CARVALHO, A.U. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para silagem. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.55, n.6, p.756-762, 2003.

WATANABE, A.A. **Desenvolvimento de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L. cv. Pacino) com variação de nutrientes na solução nutritiva e aplicação de daminozide**. Botucatu, 2007, 105p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual de São Paulo.

WATSON, D. J. (1952), The physiological basis of variation in yields. **Adv. Agron.** v.4, p.101-145.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DO GIRASSOL SUBMETIDA À ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E BORO<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo.

# ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DO GIRASSOL SUBMETIDA À ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E BORO

Autor: Leandro Gonçalves dos Santos

Orientador: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Orientadora: Dsc. Girlene Santos de Souza

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi analisar estado nutricional da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) híbrido “Helio 358” em diferentes níveis de fósforo e boro no solo, cultivado em sistema convencional no município de Cruz as Almas, Bahia. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Latossolo Amarelo, no período de Julho a Novembro de 2008. Assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com três repetições e amostragens na parcela. Em cada coleta avaliou-se o teor de N, P, K, Ca, S e B nas hastes, folhas, pecíolos e capítulos. De forma geral os teores de N, P, K e S reduziram nos componentes da parte aérea com a idade da planta. O acúmulo de nutrientes ocorreu na seguinte ordem decrescente: nas folhas o Ca>N>K>S>P>B; nas hastes o K>Ca>N>S>P>B; nos pecíolos o Ca>K>N>S>P>B; e nos capítulos o K>N>Ca>P>S>B. O girassol extrai grande quantidade de K, mas aproximadamente metade do que foi acumulado é exportado pelos capítulos. Pouco fósforo foi extraído, mas quase sua totalidade foi exportada pelos capítulos.

**Palavras chave:** *Helianthus annuus* L., índices fisiológicos, adubação fosfatada.

## NUTRITIONAL CONDITION OF SUNFLOWER CULTIVATION SUBMITTED TO PHOSPHORUS AND BORON TILLERING

Author: Leandro Gonçalves dos Santos

Advisor: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co- Advisor: Dsc. Girlene Santos de Souza

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to analyse the nutritional conditions of the hybrid sunflower “Helio 358” (*Helianthus annuus* L.) with different levels of phosphorus and boron in the soil, cultivated in conventional system in the city of Cruz das Almas, Bahia State. The experiment was carried out in the campus of the Bahia Reconcavo Region Federal University, in Yellow Latosol, during the period from July to November 2008. Took up the 5x2 factorial trial involving five levels of phosphorus (0; 40; 80; 120 and 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) and two of boron (0 and 2 kg ha<sup>-1</sup> of B), with the treatments distributed in randomized blocks with three replicates and the sampling plot. In each harvest the N, P, K, Ca, S and B import in the stems, leaves, petioles and chapters was evaluated. In general the N, P, K and S imports decreased in the aerial parts as they get mature. The nutrients accumulation occurred in the following decreasing order: in the leaves the Ca>N>K>S>P>B; in the stems K>Ca>N>S>P>B; in the petioles the Ca>K>N>S>P>B; and in the chapters the K>N>Ca>P>S>B. The sunflowers extracts great quantities of phosphorus, but approximately a half of what was accumulated is exported by the chapters. A little phosphorus was extracted, but almost all of it was exported to the chapters.

**Key words:** *Helianthus annulus* L., nutrients accumulation, basal tailoring.

## INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta que possui características muito especiais no que se refere ao seu potencial econômico, e por apresentar grande adaptação às condições edafo-climáticas. Com a extração do óleo, principal produto do girassol, se obtém a “torta” que é um resíduo de elevada qualidade nutricional que pode ser utilizado juntamente com a planta na alimentação animal (CASTRO & FARIAS, 2005). Para Castro & Oliveira (2005), o girassol pode ser cultivado em condições de fertilidade semelhantes a da soja e do milho, sendo ideal na rotação de culturas, promovendo a ciclagem de nutrientes no perfil do solo e melhorando sua fertilidade.

Na região do Recôncavo Baiano predominam os Latossolos, que se caracteriza por apresentar horizonte subsuperficial coeso que limita o desenvolvimento de raízes, a aeração e o deslocamento de água no perfil. Além disso, possui baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos valores de pH, fatores que inibem a disponibilidade e absorção de nutrientes (REZENDE, 2000). Por esta razão o manejo das características químicas e físicas do solo se torna imprescindível para o cultivo do girassol.

O fósforo (P) é um macronutriente essencial e que com freqüência encontra-se em baixas concentrações no solo. É importante no metabolismo vegetal, pois compõe compostos orgânicos e participa diretamente nos processos de transferência de energia na forma de ATP e ADP, síntese de ácidos nucléicos, ativação e desativação de enzimas (ARAÚJO & MACHADO, 2006; EPSTEIN & BLOOM, 2004), e é componente dos fosfolipídios que integram as membranas vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2006). Sua carência resulta em menor crescimento da planta (SANCHEZ, 2007), reduz o número de folhas e a expansão de sua área (FURLANI, 2004), retarda o florescimento (MALAVOLTA *et al.*, 1997), promove a senescência precoce das folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995), prejudica o enchimento dos aquênios e pode resultar num menor rendimento e teor de óleo (ROSSI, 1998). Devido à alta mobilidade do P no tecido vegetal, os sintomas de deficiência são expressos inicialmente nas folhas mais velhas apresentando coloração verde escura que se desenvolvem para um vermelho arroxeado (MARSCHNER, 1995), as quais podem encontrar-se mal formadas e conter pequenas manchas de tecido morto (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O Boro (B) é dentre os micronutrientes, o que tem causado com mais freqüência problemas nutricionais no girassol. Epstein & Bloom (2006), destacam entre as funções mais importantes do B na planta as relacionadas com a estrutura da parede celular e com substâncias pécticas associadas a ela, especialmente na lamela média. Dechen & Nachtigall (2006), citam que o B desempenha papel importante na translocação de açúcares no metabolismo de carboidratos, no crescimento do tubo polínico, na frutificação, no metabolismo de N e na atividade de hormônios. De acordo com Mengel & Kirkby (1987) o B influencia na formação de nucleotídeos pela incorporação de fosfato. Com suprimento insuficiente de B, ocorre rápida inibição do crescimento tecidos jovens e de alongação de raízes, devido aos problemas na divisão e alongação celular (BELL, 1997). Os sintomas característicos da deficiência de B é a necrose preta de folhas jovens e gemas terminais (TAIZ & ZEIGER, 2006), resultando em diminuição da área foliar, e podendo ainda ocorrer acúmulo de compostos nitrogenados em tecidos mais velhos, pequeno volume de raízes e abortamento floral (DECHEN & NACHTIGALL 2006).

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi determinar o acúmulo e exportação de nutrientes (N, P, K, Ca, S e B) nos componentes da parte aérea em várias fases de desenvolvimento pela cultura do girassol e em função da aplicação de fósforo e boro, em condições de campo na Região do Recôncavo da Bahia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Em condições de campo, o experimento foi realizado na área experimental do pavilhão de Química da UFRB, localizado no município de Cruz das Almas – BA, situado a 226 m de altitude (12°40' S; 39°06' W ), em Latossolo Amarelo, textura média, no período de Julho a Novembro de 2008. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é classificado como Aw tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 24,5 °C e umidade relativa do ar de 80 %. A pluviometria média anual é de 1 100 mm, com chuvas frequentes no inverno (de maio a julho) e ocorrência de trovoadas em novembro de dezembro.

Baseado na análise química do solo (Quadro 1) procedeu-se a calagem e gessagem 60 dias antes do plantio. Aplicou-se  $1,2 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico, sendo essa quantidade determinada pelo método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis, levando em consideração o poder tampão do solo em função da textura, a tolerância máxima de 5 % de saturação por alumínio e uma exigência mínima de  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$  (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Ainda seguindo a recomendação destes autores, aplicou-se  $1,2 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso agrícola determinado em função da textura do solo, e quando a saturação por alumínio fosse maior que 10 % ou o nível de cálcio inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Utilizou-se sementes de girassol híbrido “Helio 358” da Helianthus do Brasil, que têm como características o porte médio e maturação fisiológica aproximada de 90 dias após emergência (DAE). A semeadura foi realizada no mês de Julho, em sistema de cultivo convencional. Aos 15 DAE procedeu-se o desbaste de maneira a garantir trinta e duas plantas a cada dez metros, com uma população final equivalente a 45 000 plantas por hectare, seguindo a recomendação de Silveira *et al.* (2005).

No estudo do efeito das doses de P e B sobre o teor de nutrientes na parte aérea, assumiu-se o ensaio fatorial  $5 \times 2$ , envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de P) e duas de boro (0 e  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com três repetições e amostragens na parcela, conforme o modelo estatístico:  $Y_{ijk} = m + b_j + \alpha_i + \beta_k + \alpha\beta_{ik} + e_{ijk}$  em que  $Y_{ijk}$  é o valor observado no nível i das doses de P no nível k das doses de B, no bloco j; m, a média geral da variável;  $b_j$ , o efeito do bloco j;  $\alpha_i$ , o efeito nível i das doses de P;  $\beta_k$ , o efeito do nível k das doses de B;  $\alpha\beta_{ik}$ , efeito da interação entre o nível i das doses de P e o nível k das doses de B;  $e_{ijk}$  efeito do erro experimental associado a parcela que recebeu o nível i das doses de P e nível k das doses de B no bloco j.

O fósforo foi aplicado no sulco de plantio abaixo e ao lado da semente, na forma de Superfosfato triplo. O boro foi aplicado na forma de ácido bórico juntamente com a adubação de cobertura, aos 30 e 60 DAE. Além dos tratamentos estudados, aplicou-se também  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de K e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na forma de Cloreto de potássio e Uréia, respectivamente. Essa adubação complementar foi fracionada em três partes, sendo uma no plantio e o restante

juntamente com o boro, seguindo a recomendação da EMBRAPA para a cultura (BALLA *et al.*, 1997).

**Quadro 1.** Características químicas de amostras de solo coletado na área do experimento em três profundidades. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Características	Profundidade (m)		
	0,0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6
pH em H <sub>2</sub> O	5,1	4,9	4,8
pH em CaCl <sub>2</sub>	4,3	4,1	4,0
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,5	0,2
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,15	1,98	2,15
Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,1	0,8	0,7
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,6	0,5
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	0,2	0,2
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,131	0,080	0,057
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,20	0,15
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,10	0,09	0,06
MO ( g dm <sup>-3</sup> )	12,4	9,0	7,0
S	2,2	0,9	0,8
CTC	4,4	2,9	2,9
V (%)	51	31	26
m (%)	21	35,7	20

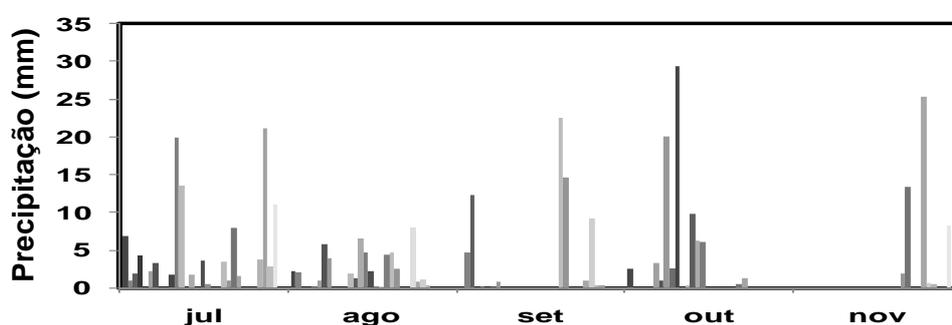
pH em H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub>: relação 1:2,5. P e K: extrator Mehlich-1. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: método Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7. Matéria orgânica: C orgânico x 1,724 – Walkley Black.

A precipitação pluviométrica acumulada desde a semeadura até a colheita foi de 366,4 mm, e a média mensal de 73,3 mm, como segue na figura 1. As parcelas com área de 25,6 m<sup>2</sup> foram constituídas de 10 linhas com 3,2 m de comprimento cada, espaçadas a 70 cm nas entrelinhas e 31 cm entre plantas. De cada parcela foi desprezada uma linha de bordadura de cada lado e duas plantas das extremidades de cada linha.

Em cada coleta foram amostradas quatro plantas e particionadas em haste, pecíolo, folha e capítulo, e em seguida foram secas a 65 °C em estufa com circulação de ar forçada até obtenção de massa constante. Posteriormente esse material foi triturado em moinho tipo Wiley e submetidas a análises químicas.

Para determinação do N, o material triturado foi submetido à digestão sulfúrica (TEMMINGHOFF & HOUBA, 2004) e quantificado pela destilação de Kjeldahl (MIYAZAWA *et al.*, 1999). Para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg e S, seguiu-se a metodologia descrita por Miyazawa *et al.* (1999), com obtenção do extrato pela digestão nitroperclórica. O P foi determinado por colorimetria do

azul de molibdênio, o K por fotometria de chama, o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o S por turbidimetria. Para determinação do teor de B, a amostra foi incinerada em mufla a 550 °C, e em seguida determinado por colorimetria de azometina H. As determinações químicas foram realizadas no Laboratório de Solos Florestais da Universidade Federal de Viçosa. As variáveis em estudo foram submetidas à análise de variância pelo programa estatístico SAS (1996) e havendo significância, procedeu-se o estudo de regressão.



**Figura 1.** Precipitação pluvial no período de julho a novembro (dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Embrapa/CNPMPF). UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo do girassol híbrido, “Helio 358”, foi de 98 dias entre a emergência e a maturação fisiológica, nos tratamentos com aplicação de fósforo, enquanto que sem este elemento o ciclo foi de 106 dias. Os teores de N, P, K, Ca, S e B nos componentes da parte aérea, haste, pecíolo, folha e capítulo, foram influenciados pela idade da planta, como segue no (Quadro 2).

O teor de N nas partições da parte aérea reduziu à medida que a planta se desenvolvia (Figura 2A). Os maiores teores de N foram encontrados na seguinte ordem decrescente: Folhas>Capítulos>Pecíolos>Hastes. Nas folhas o maior teor de N, 5,14 %, foi encontrado aos 23DAE, o qual foi decrescendo até o final do

ciclo, chegando a 2,63 % aos 98 DAE. No florescimento (53 DAE) o teor foliar de N foi 3,79 %, considerado por Castro & Oliveira (2005) como suficiente ou médio.

**Quadro 2.** Resumo da análise de variância dos dados relativos ao teor de nutrientes ao longo do desenvolvimento do girassol “Helio 358”. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Partição	FV	GL	Quadrados Médios					
			N	P	K	Ca	S	B
Haste	Idade	4	15,84**	0,35**	160,8**	0,85**	0,06**	2877,8**
	Bloco	2	0,243	0,001	32,5**	0,0004	0,001	205,3
	Erro	56	0,041	0,003	0,606	0,042	0,007	139,7
	CV(%)		18,99	46,69	17,38	24,10	27,82	24,41
Pecíolo	Idade	4	10,9**	0,39**	245,0**	5,76**	0,09**	1259,4**
	Bloco	2	0,344	0,006	26,3**	0,27	0,005	52,48
	Erro	56	0,099	0,024	0,787	0,348	0,002	55,32
	CV(%)		23,46	106,80	16,29	27,50	34,60	10,49
Folha	Idade	4	33,4**	0,27**	42,5**	22,9**	0,09**	11889**
	Bloco	2	0,571	0,003	7,24**	0,151	0,03*	767,1
	Erro	56	0,409	0,002	0,169	0,172	0,004	585,2
	CV(%)		16,97	21,03	13,94	15,78	17,64	30,46

\* e \*\*, significância, a 5% e 1% pelo teste de F, respectivamente. Nesta tabela foram suprimidas da fonte de variação: Fósforo, Boro, Erro1 (Bloco\*Fósforo), Erro2 (Bloco\*boro), Erro3 (Bloco\*Idade), Erro4 (Bloco\*Fósforo\*Boro) e Erro5 (Bloco\*Fósforo\*Idade), por questão de espaço.

O N foi o nutriente mais requerido para formação das folhas. O girassol por apresentar alta taxa de crescimento, tem o N como elemento essencial na formação de compostos orgânicos e de novos órgãos (TAIZ & ZEIGER, 2006). A curva de distribuição do teor de N nas hastes e no pecíolo, ao longo do desenvolvimento da planta, apresentou comportamento e valores próximos. Aos 53 DAE o teor de N nas hastes foi de 0,86%, valor este quatro vezes inferior ao encontrado nas folhas. Entre o início do florescimento e enchimento de aquênios, Castro & Oliveira (2005) encontraram teor de N nas hastes variando de 0,4 a 1 %.

O maior teor de N encontrado no capítulo foi 2,71 % aos 53 DAE, momento da floração plena, reduzindo para 2,1 % no final da maturação fisiológica dos aquênios. Essa redução de 22,5 % no teor N dos capítulos pode ser atribuída ao

N que foi incorporado à matéria seca das flores e que não foi quantificada no momento da última coleta.

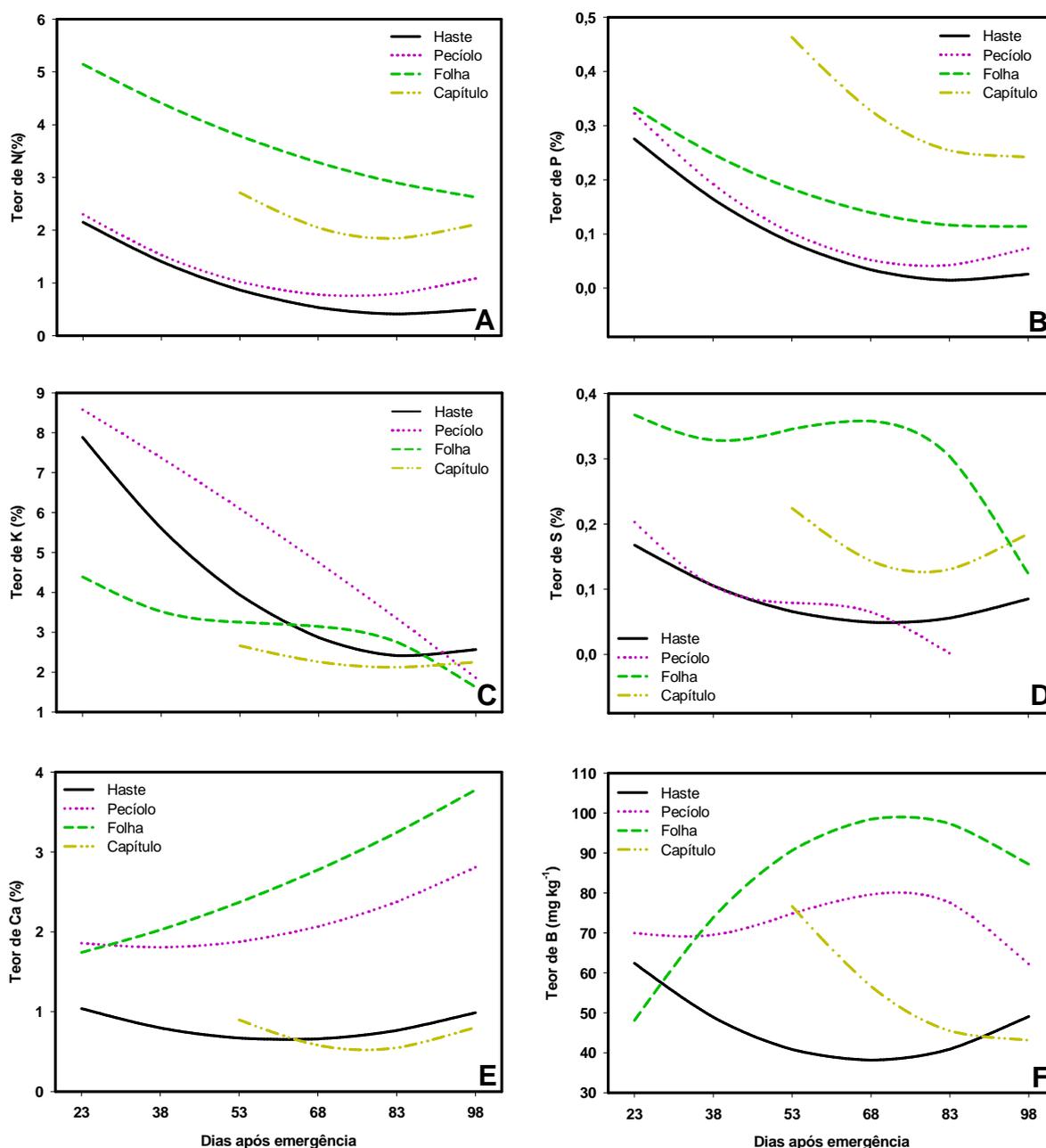
O maior teor de P (0,46 %) foi encontrado nos capítulos aos 53 DAE (Figura 2B). De acordo com Araujo & Machado (2006), os grãos constituem a principal reserva de P da planta, acumulando-se principalmente na forma de fosfato de inositol. Faquin (1994) cita que a fitina representa cerca de 70 % do P total em sementes de cereais. O maior teor foliar de P foi de 0,33 % aos 23 DAE, reduzindo para 0,18 % no momento da floração, indicando a alta redistribuição de P para a parte reprodutiva da planta, assim como ocorreu nas hastes e nos pecíolos, onde essa redução foi ainda maior.

Sachs *et al.* (2006), encontrou um teor médio de P total nos aquênios de 0,49 %. Castro & Oliveira (2005) consideram um teor foliar de P suficiente ou médio entre 0,29 e 0,45 % no início do florescimento. Mello *et al.* (2006) encontrou um teor médio na silagem de híbridos de girassol, variando entre 0,30 e 0,46 %. Comparada com a faixa de 0,4 a 0,7 % de P como indicada por Malavolta *et al.* (1997), o teor de P nas folhas encontra-se adequado.

O potássio foi o nutriente encontrado em maior teor nos tecidos da planta na seguinte ordem decrescente: Pecíolo>Haste>Folha>Capítulo (Figura 2C). O teor de K foi menor conforme ocorreu o crescimento da planta, indicando sua grande necessidade na fase inicial. No pecíolo foliar o maior teor de K foi 8,58 % aos 23 DAE, reduzindo drasticamente para 1,86 % ao final do ciclo da cultura. Essa redução ao final do ciclo está relacionada em grande parte a senescência natural das folhas após o enchimento dos aquênios. Nas hastes a redução do teor de K foi de 7,88 % as 23 DAE para 3,98 % no momento do florescimento, e chegando ao final do ciclo com 2,56. De acordo com Meurer (2006) o teor de K no estágio inicial de crescimento são mais elevados, decrescendo nos estágios mais avançados, devido à menor atividade da raiz e à menor quantidade do elemento metabolicamente absorvido, assim como foi observado neste estudo.

Nas folhas o teor máximo de K encontrado, foi 4,38 % aos 23 DAE, enquanto que no florescimento e no final do ciclo, este teor foi de 3,25 % e 1,62 %, respectivamente. Essa redução no teor K com desenvolvimento da planta foi relatado por Meurer (2006). Os resultados encontrados estão de acordo com Castro & Oliveira (2005), que consideram um teor foliar de K suficiente ou médio

entre 3,1 e 4,5 % no início do florescimento. Em silagem de híbridos de girassol Mello *et al.* (2006), encontrou um teor médio de K variando entre 2,06 e 2,65 %.



**Figura 2.** Teor de nutrientes nos componentes da parte aérea do girassol “Helio 358” ao longo de seu desenvolvimento. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Nos capítulos a variação no teor de K foi baixa, passando de 2,66 % no florescimento a 2,25 % na colheita. Embora o teor de K tenha sido alta nos componentes da parte aérea no início do desenvolvimento da planta,

principalmente nos pecíolos e hastes, pouca quantidade desse nutriente é exportada através dos aquênios na colheita, assim como relatado por Castro & Oliveira (2005).

O maior teor de S encontrado nas folhas foi aos 23 DAE, variando muito pouco até os 68 DAE (Figura 2D), onde decresce abruptamente para 0,12 % no final do ciclo. Contudo considerado como suficiente por Castro & Oliveira (2005), no florescimento. Dos 34 aos 47 DAE, o teor deste elemento reduziu de 0,12 % para 0,08 %.

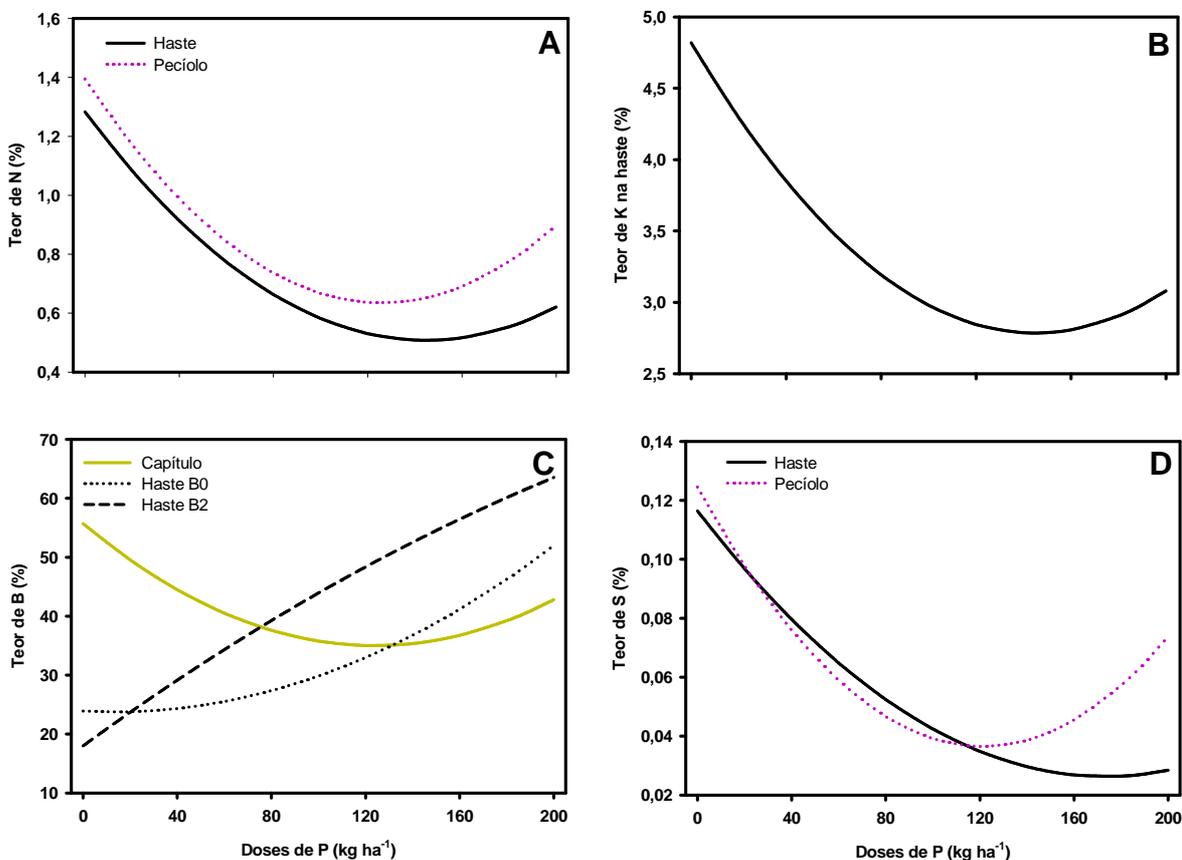
Dentre os macronutrientes estudados, o cálcio foi o único que apresentou teor crescente com a idade da planta, nas folhas e pecíolos (Figura 2E). O maior teor de Ca, 3,77 %, foi obtido nas folhas ao final do ciclo. Isso demonstra a exigência de Ca pela cultura até o final do ciclo, sendo importante a presença deste elemento na solução do solo em quantidades adequadas de maneira a não afetar a produção. Castro & Oliveira (2005) sugerem um teor mínimo de 3,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> no solo para a cultura do girassol. A baixa mobilidade do Ca na planta (VITTI *et al.*, 2006) explica a elevação do seu teor nos tecidos com a idade da planta, assim como foi observado por Yorinori (2003) em batata e Grangeiro *et al.* (2007) em beterraba.

Até o período do florescimento houve intensa assimilação de B nas folhas, reduzindo somente ao final do enchimento dos aquênios (Figura 2F). O maior teor de B nas folhas foi 99,2 mg kg<sup>-1</sup> aos 75 DAE, o que está de acordo com os resultados encontrados por Castro *et al.*, (2006), que encontrou correlação linear entre o teor de B nas folhas e a produção de aquênios. Nos capítulos, o teor reduziu de 76,6 mg kg<sup>-1</sup> aos 53 DAE para 43,1 mg kg<sup>-1</sup> na colheita. Valores inferiores foram encontrados no girassol por Sfredo & Sarruge (1990). Faquin (1994) cita que a exigência de B para o processo reprodutivo é bem maior do que para o crescimento vegetativo das plantas.

Quanto ao teor de nutrientes na parte aérea do girassol, a interação PxB demonstrou efeito significativo apenas para o teor de B nas hastes (Figura 3C). O suprimento de fósforo teve maior influência no acúmulo que no teor de nutrientes nos componentes da parte aérea na época do florescimento.

No florescimento o teor de N e S nas hastes e pecíolos, e o teor de K nas hastes, apresentaram comportamento semelhante à medida que aumentou as doses de P fornecidas, com redução destes nutrientes nos componentes citados

(Figura 3). A aplicação de 146 kg ha<sup>-1</sup> de P promoveu o menor teor de N e K nas hastes (Figura 3A e 3B), enquanto que 120 kg ha<sup>-1</sup> de P, promoveu o menor teor de N e S nos pecíolos (Figura 3A e 3D).



**Figura 3.** Teor de N nas hastes e pecíolos (A), teor de K nas hastes (B), teor de B nas hastes e capítulos (C) e teor de S nas hastes e pecíolos (D), no período do florescimento, em função das doses de fósforo estudadas. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

O maior acúmulo total observado de N, P, K, S e B, na parte aérea do girassol foi com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P. Já o maior acúmulo total de Ca na parte aérea observado foi obtido com a aplicação da maior dose de P (Quadro 3), o que pode indicar que a eficiência na absorção de Ca é melhorada com a presença de P em maior quantidade no solo. Embora o aumento das doses de P, não tenha promovido o aumento no teor de alguns nutrientes na parte aérea do girassol, o acúmulo apresentou um efeito crescente à medida que se elevou as

doses de P. Isso se deve ao acúmulo de matéria seca ter sido bastante influenciado pela aplicação do fertilizante fosfatado.

**Quadro 3.** Quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea do girassol “Helio 358” ao final do ciclo, em função da aplicação de fósforo. Médias estimadas. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )	N	P	K	Ca	S	B
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					g ha <sup>-1</sup>
0	30,5	1,9	37,5	22,2	2,9	0,8
40	67,3	6,8	86,4	48,3	6,5	2,0
80	92,6	10,0	120,7	67,3	8,9	2,8
120	106,5	11,6	140,2	79,2	10,0	3,3
200	99,8	9,5	135,1	82,8	8,3	3,1
<b>CV(%)</b>	19,63	47,79	30,12	23,41	52,09	25,49

Para uma população de 45 000 plantas por hectare, o acúmulo de nutrientes pelo girassol ao final de seu ciclo, indicou a retirada em kg ha<sup>-1</sup> de 79,36 de N, 7,96 de P, 103,97 de K, 59,76 de Ca e 7,31 de S, e de 2,42 g ha<sup>-1</sup> de B. A quantidade de N extraída do solo pela planta está de acordo com a recomendação de adubação nitrogenada proposta por Balla *et al.* (1997), que é 80 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Observou-se que a acumulação de P foi baixa em relação a outros macronutrientes e quando comparada com a quantidade fornecida na adubação, contudo o girassol foi muito responsivo a aplicação deste elemento. A maior taxa de exportação, 86%, foi observada para o elemento P pelos capítulos (Quadro 4). Isso mostra a necessidade de fazer a reposição deste elemento assim como os demais, de maneira a suprir as necessidades da cultura subsequente evitando assim o seu esgotamento no solo.

A taxa de exportação seguiu a seguinte ordem decrescente: P>N>S>K>Ca>B. O N exportado correspondeu a 71 % do total acumulado e o S 62 %, porém a exigência pela planta foi amplamente suprida pela adubação nitrogenada, e com a incorporação do gesso agrícola antes do plantio. A alta absorção de K pela planta condiz com a recomendação de 80 kg ha<sup>-1</sup> desse

elemento sugerida por Castro & Oliveira (2005) em solos que apresentam baixa concentração deste elemento. Embora o K tenha sido o elemento mais acumulado na parte aérea, sua exportação foi de 56 %.

O conhecimento da taxa de exportação de nutrientes pela cultura é fundamental para o planejamento da adubação, de maneira a fornecer as quantidades mínimas requeridas pela planta e estimar a quantidade que volta para o solo através da decomposição de seus resíduos. Dos 23 kg ha<sup>-1</sup> de N, 1,1 kg ha<sup>-1</sup> de P, 45 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 2,8 kg ha<sup>-1</sup> de S que retornam ao solo, mais da metade corresponde ao que foi acumulado nas folhas, que é um componente da planta de rápida decomposição. O K e o B retornam ao solo em maior quantidade através das hastes, 45 kg ha<sup>-1</sup> e 1,3 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Quadro 4.** Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pelos capítulos do girassol “Helio 358” ao final do ciclo. Média dos tratamentos aplicados. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Partição	N	P	K	Ca	S	B
	kg ha <sup>-1</sup>					g ha <sup>-1</sup>
Hastes	4,91	0,34	35,50	13,53	1,10	0,63
Pecíolos	1,38	0,09	2,13	4,42	0,13	0,10
Folhas	16,36	0,71	7,80	26,74	1,53	0,60
Capítulos	56,71	6,82	58,54	15,07	4,55	1,09
<b>Total</b>	79,36	7,96	103,97	59,76	7,31	2,42
<b>% Exportada</b>	71	86	56	25	62	45

A baixa taxa de exportação de Ca é explicada pela baixa mobilidade deste elemento na planta, tornando difícil sua redistribuição para os capítulos. O B teve maior acumulação nos capítulos, exportando 45 % da quantidade assimilada pela planta. No caso do cultivo de uma cultura subsequente ao girassol, deve-se ter o cuidado de verificar sua sensibilidade ao micronutriente B, pois praticamente metade do que foi assimilado volta ao solo podendo essa concentração ser limitante.

## CONCLUSÕES

1. Os teores de N, P, K e S nos componentes da parte aérea reduziram com a idade da planta.
2. O acúmulo de nutrientes decresceram nas folhas  $Ca > N > K > S > P > B$ ; nas hastes  $K > Ca > N > S > P > B$ ; nos pecíolos  $Ca > K > N > S > P > B$ ; e nos capítulos  $K > N > Ca > P > S > B$ .
3. O girassol extraiu grande quantidade de K exportando através dos capítulos, aproximadamente metade do que foi acumulado pela planta.
4. O P foi pouco extraído, contudo quase sua totalidade assimilada foi exportada pelos capítulos.

## **BIBLIOGRAFIA**

ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.252-280.

BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CASTRO, C. **Colheita do Girassol**. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (EMBRAPA-CNPSo. Doc, n.92).

BELL, R.W. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.149-168.

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.161-218.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.317-374.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Andrei, 2004, 403p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994, 227p.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. (ed). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p40-75.

GRANGEIRO, L.C.; NEGREIROS, M.Z.; SOUZA, B.S.; AZEVÊDO, P.E.; OLIVEIRA, S.L.; MEDEIROS, M.A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.31, n.2, p.267-273, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; QUEIROZ, A.C.; MIRANDA, E.N.; MAGALHÃES, A.L.R.; DAVID, D.B.; SARMENTO, J.L.R. Composição química, digestibilidade e cinética de degradação ruminal das silagens de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1523-1534, 2006.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987, 686p.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.281-298.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W.J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, p.173-223.

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

REZENDE, J.O. **Solos coesos dos Tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000, 117p.

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**, Londrina, v.27, n.4, p.533-546, 2006.

SANCHEZ, C.A. Phosphorus. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (eds). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

SAS, Institute. SAS/STAT. User's guide, version 6.11. 4. ed. Cary, Statistical Analysis System Institute, 1996. v.2, 842p.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; MESQUITA, C.M; PORTUGAL, F.A.F. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.375-409.

SFREDO, G.J.; SARRUGE, J.R. Acúmulo de micronutrientes em plantas girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.4, p.499-503, 1990.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006, 719p.

TEMMINGHOFF, E.E.J.M.; HOUBA, V.J.C. **Plant analysis procedures**. 2. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004, 179p.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.

YORINORI, G. T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutriente pela cultura da batata cv. "Atlantic"**. Piracicaba, 2003, 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

## **CAPÍTULO 3**

### **FÓSFORO E BORO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E RENDIMENTO DE ÓLEO DO GIRASSOL<sup>1</sup>**

# FÓSFORO E BORO NA PRODUÇÃO DE GRÃOS E RENDIMENTO DE ÓLEO DO GIRASSOL

Autor: Leandro Gonçalves dos Santos

Orientador: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Orientadora: Dsc. Girlene Santos de Souza

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi analisar o efeito do fósforo e boro na produção de grãos e rendimento de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.) híbrido “Helio 358”, cultivado em sistema convencional no município de Cruz das Almas, Bahia. O experimento foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Latossolo Amarelo, no período de Julho a Novembro de 2008. Assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com três repetições. Ao final do ciclo avaliou-se o rendimento de matéria seca da parte aérea, a produção de grãos, o teor de óleo, o peso de 1 000 grãos, o rendimento de óleo por área e o teor de proteína dos grãos. A produção de matéria seca total respondeu positivamente ao incremento da adubação fosfatada. A aplicação de fósforo proporcionou aumento na produção de aquênios e influenciou negativamente o teor de proteína. A interação PxB influenciou positivamente o teor de óleo nos aquênios, e, em conseqüência, seu rendimento por área.

**Palavras chave:** *Helianthus annuus* L., oleaginosa, biodiesel, aquênios.

# PHOSPHORUS AND BORON IN THE SUNFLOWER GRAIN PRODUCTION AND OIL YIELD

Author: Leandro Gonçalves dos Santos

Advisor: Dsc. Anacleto Ranulfo dos Santos

Co- Advisor: Dsc. Girlene Santos de Souza

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to analyse the phosphorus and boron effect in the production of grains and in the oil yield of the hybrid sunflower “Helio 358” (*Helianthus annuus* L.) cultivated in conventional system in the city of Cruz das Almas, Bahia State. The experiment was carried in the Bahia Reconcavo Region University, in Yellow Latosol, during the period from July to November in 2008. Took up the 5x2 factorial trial involving five levels of phosphorus (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) and two of boron (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), with the treatments distributed in randomized blocks with three replicates. At the end of the cycle the aerial part dry mass yield, grain production, weight of 1 000 grain, oil yield per area and protein in the grain import were evaluated. The dry mass production reacted positively to the basal tillering increase. The phosphorus application provided an increase in the production of achenes and influenced negatively the protein content. The PxB interaction influenced positively the oil yield in the achenes, and consequently, the yield per area.

**Key words:** *Helianthus annuus* L., oleaginous, biodiesel, achenes.

## INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) desponta como a cultura oleaginosa mais promissora do mundo, principalmente devido a sua grande adaptabilidade às diferentes condições edafo-climáticas. Seu aproveitamento integral aumenta ainda mais sua versatilidade, pois, além do principal produto, o óleo, de alta qualidade e valor nutricional, a planta e seus resíduos podem ser utilizados na alimentação animal (CASTRO & FARIAS, 2005). O alto teor de óleo nas sementes torna uma grande alternativa para a produção de biodiesel, cujo consumo mundial vem crescendo a cada ano devido à busca por fontes alternativas e limpas de energia.

No Recôncavo da Bahia predominam os Latossolos, que se caracterizam por apresentar uma camada subsuperficial coesa que limita a penetração de raízes, e a dinâmica de ar e água no perfil. Além disso, possui baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio e baixos valores de pH, fatores que inibem a disponibilidade e absorção de nutrientes (REZENDE, 2000).

O elemento fósforo (P) é um macronutriente essencial para os vegetais. Está diretamente relacionado com o armazenamento e transferência de energia nos processos bioquímicos da planta, principalmente na forma de ADP e ATP. Além disso, o fosfato é componente estrutural de fosfolipídios, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas e fosfo-proteínas. Em grãos e sementes o ácido fítico é a principal reserva de fósforo (SANCHEZ, 2007). A carência de P resulta em plantas menos desenvolvidas (SANCHEZ, 2007), atrasa o florescimento (MALAVOLTA *et al.*, 1997), prejudica o enchimento dos aquênios podendo ainda reduzir o rendimento e o teor de óleo (ROSSI, 1998).

O boro (B) é um nutriente encontrado em baixas concentrações na planta, contudo é essencial para o desenvolvimento da planta, e tem causado problemas nutricionais com frequência na cultura do girassol. Epstein & Bloom (2006), Faquin (1994) e Furlani (2004) relatam que o B é integrante de compostos que constituem a hemicelulose da parede celular. Outras funções importantes como o transporte de açúcares através das membranas, a incorporação de fosfato na formação de nucleotídeos, no desenvolvimento do tubo polínico e na frutificação, são citadas por Dechen & Nachtigall (2006), Mengel & Kirkby (1987). Bell (1997) e Gil-Martinez (1995), afirmam que grande parte dos sintomas de deficiência de B

ocorrem em tecidos mais jovens, incluindo pontos de crescimento, flores, frutos e grãos. Inicialmente ocorre morte do ápice dos brotos e das raízes, resultando também na diminuição da área foliar, tornando-se as folhas espessas, quebradiças e pequenas, além de abortamento floral e formação de grãos chochos (DECHEN & NACHTIGALL, 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de grãos, o teor de óleo, rendimento de óleo por área e o teor de proteína do girassol, pelo suprimento de fósforo e boro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em condições de campo, o experimento foi realizado na área experimental do pavilhão de Química da UFRB, localizado no município de Cruz das Almas – BA, situado a 226 m de altitude (12°40' S; 39°06' W ), em Latossolo Amarelo, textura média, no período de Julho a Novembro de 2008. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é classificado como Aw tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 24,5 °C e umidade relativa do ar de 80 %. A pluviometria média anual é de 1 100 mm, com chuvas frequentes no inverno (de maio a julho) e ocorrência de trovoadas em novembro de dezembro.

Baseado na análise química do solo (Quadro 1) procedeu-se a calagem e gessagem 60 dias antes do plantio. Aplicou-se 1,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, sendo essa quantidade determinada pelo método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis, levando em consideração o poder tampão do solo em função da textura, a tolerância máxima de 5 % de saturação por alumínio e uma exigência mínima de 3,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup> (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Ainda seguindo a recomendação destes autores, aplicou-se 1,2 t ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola determinado em função da textura do solo, a qual foi admitida como média, e quando a saturação por alumínio fosse maior que 10 % ou o nível de cálcio inferior a 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Utilizou-se sementes de girassol híbrido “Helio 358” da Helianthus do Brasil, que têm como características o porte médio e maturação fisiológica aproximada de 90 dias após emergência (DAE). A semeadura foi realizada no mês de Julho, em sistema de cultivo convencional. Aos 15 DAE procedeu-se o

desbaste de maneira a garantir trinta e duas plantas a cada dez metros, com uma população final equivalente a 45 000 plantas por hectare, seguindo a recomendação de Silveira *et al.* (2005).

Assumiu-se o ensaio fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P) e duas de boro (0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B), com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados com três repetições, conforme o modelo estatístico:  $Y_{ijk}=m+b_j+\alpha_i+\beta_k+\alpha\beta_{ik}+e_{ijk}$  em que  $Y_{ijk}$  é o valor observado no nível i das dose de P no nível k das doses de B, no bloco j; m, a média geral da variável;  $b_j$ , o efeito do bloco j;  $\alpha_i$ , o efeito nível i das doses de P;  $\beta_k$ , o efeito do nível k das doses de B;  $\alpha\beta_{ik}$ , efeito da interação entre o nível i das doses de P e o nível k das dose de B;  $e_{ijk}$  efeito do erro experimental associado a parcela que recebeu o nível i das doses de P e nível k das doses de B no bloco j.

**Quadro 1.** Características químicas de amostras de solo coletado na área do experimento em três profundidades. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Características	Profundidade (m)		
	0,0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6
pH em H <sub>2</sub> O	5,1	4,9	4,8
pH em CaCl <sub>2</sub>	4,3	4,1	4,0
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,5	0,2
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,15	1,98	2,15
Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,1	0,8	0,7
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,6	0,5
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	0,2	0,2
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,131	0,080	0,057
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,20	0,15
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,10	0,09	0,06
MO ( g dm <sup>-3</sup> )	12,4	9,0	7,0
S	2,2	0,9	0,8
CTC	4,4	2,9	2,9
V (%)	51	31	26
m (%)	21	35,7	20

pH em H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub>: relação 1:2,5. P e K: extrator Mehlich-1. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: método Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7. Matéria orgânica: C orgânico x 1,724 – Walkley Black.

O fósforo foi aplicado no sulco de plantio abaixo e ao lado da semente, na forma de Superfosfato triplo. O boro foi aplicado na forma de ácido bórico juntamente com a adubação de cobertura, aos 30 e 60 DAE. Além dos tratamentos estudados, aplicou-se também 80 kg ha<sup>-1</sup> de K e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de Cloreto de potássio e Uréia, respectivamente. Essa adubação



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados neste estudo demonstraram que aplicação das doses fósforo influenciou de forma altamente significativa na produção de matéria seca total da parte aérea, na produção de grãos, no peso de 1 000 aquênios, no teor de óleo e no teor de proteína bruta dos aquênios, como segue no (Quadro 2). Os resultados demonstraram que interação dos elementos P e B tiveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) apenas para o teor de óleo, entretanto para a aplicação isolada de boro não houve efeito significativo.

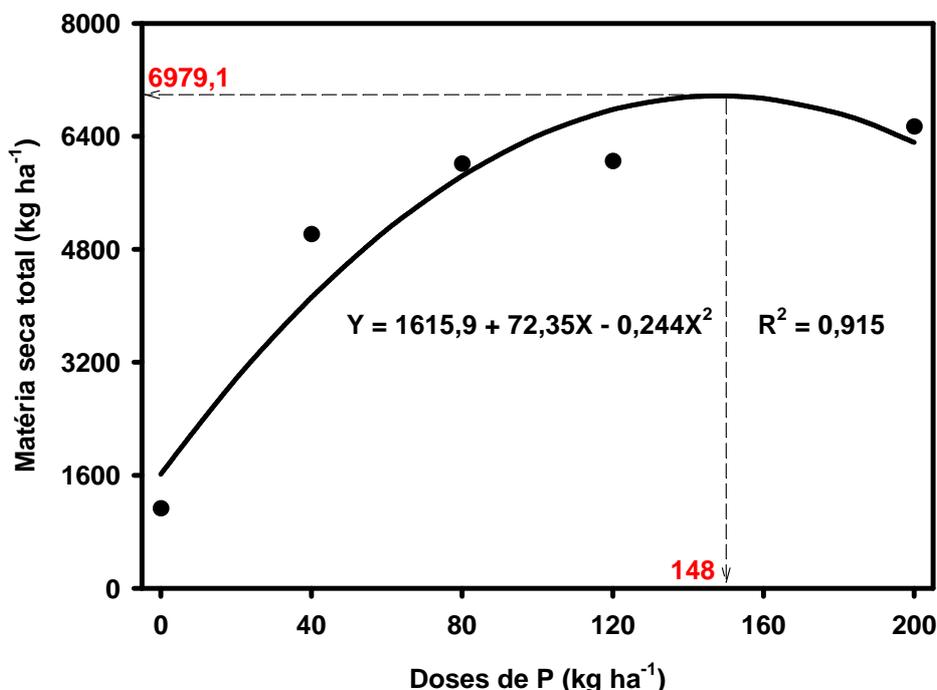
**Quadro 2.** Resumo da análise de variância dos dados referentes à matéria seca total da parte aérea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), produção de aquênios ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), peso de 1 000 aquênios (g), teor de óleo (%) e proteína bruta (%), no momento da colheita. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

FV	GL	QM				
		Matéria seca	Prod. aquênios	1 000 aquênios	Óleo	Proteína
<b>Fósforo (P)</b>	4	2,9e <sup>7**</sup>	3,3e <sup>6**</sup>	103,08**	167,57**	7,46**
<b>Boro (B)</b>	1	2,0e <sup>6</sup>	9,5e <sup>6</sup>	14,84	3,60	0,83
<b>P x B</b>	4	0,7e <sup>6</sup>	3,6e <sup>4</sup>	41,58	8,94**	1,35
<b>Bloco</b>	2	5,1e <sup>6**</sup>	8,5e <sup>5**</sup>	157,85**	10,04**	0,36
<b>Erro</b>	18	0,7e <sup>6</sup>	6,8e <sup>4</sup>	18,21	1,67	1,16
<b>Média</b>		4934	1553	49,41	37,68	15,45
<b>CV(%)</b>		16,56	16,78	8,64	3,43	6,97

Considerando que a produção de MST de qualquer cultura é parâmetro fundamental para se estimar o rendimento da planta, fica evidente que nestas condições de cultivo, a cultura do girassol requer aplicação de doses de fósforo mais elevadas que as tradicionalmente aplicadas em outras culturas na região.

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou a produção de MST do girassol, em função das doses de fósforo aplicadas (Figura 2). Com aplicação da menor dose de P ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ) a produção estimada de MST foi 155 % maior em comparação a omissão deste elemento. Esses resultados indicam que nesses Latossolos Amarelos a adubação fosfatada é fundamental para o crescimento das

plantas de girassol. Essa confirmação é citada por Nielsen *et al.* (1998). Aplicando 80 kg ha<sup>-1</sup> de P, esse incremento foi ainda maior, correspondendo a 261 % de MST. Derivando a equação de regressão observou que a máxima produção de MST (6979,1 kg ha<sup>-1</sup>) seria obtida com a aplicação de 148 kg ha<sup>-1</sup> de P.



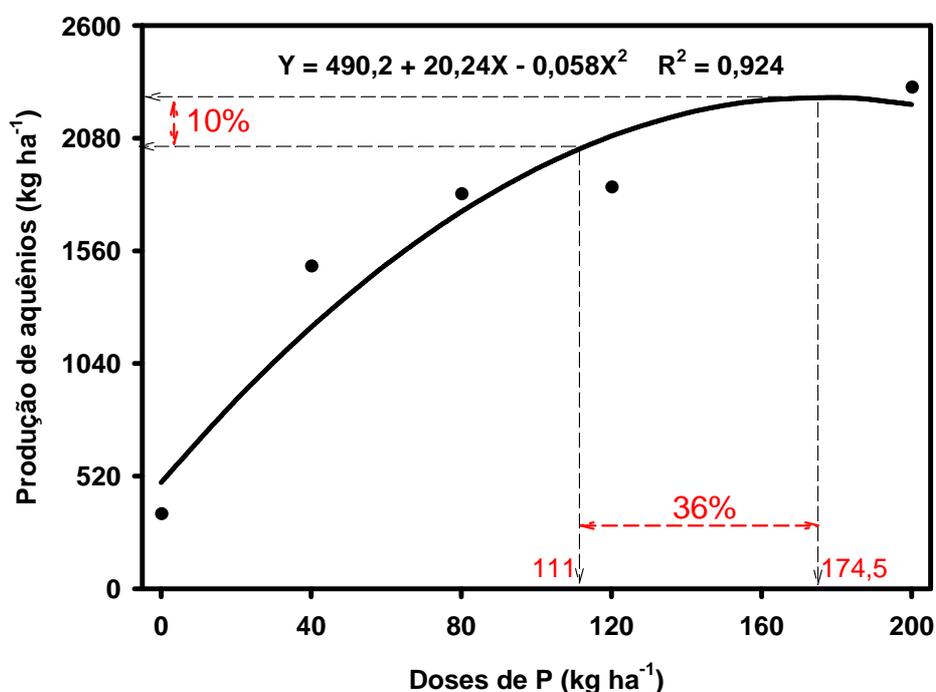
**Figura 2.** Produção de matéria seca total da parte aérea, no momento da colheita, em função das doses de fósforo estudadas. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou a produção de grãos em função das doses de fósforo aplicadas (Figura 3). A maior produção (2302,7 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a aplicação da maior dose em estudo, que comparada ao tratamento sem aplicação de P (333,1 kg ha<sup>-1</sup>), observou-se um incremento de 1969,6 kg ha<sup>-1</sup> (591 %). De acordo com Castro & Oliveira (2005) A resposta do girassol a adubação fosfatada está relacionada principalmente a sua disponibilidade no solo.

Com 40 kg ha<sup>-1</sup> de P o rendimento estimado de grãos foi duas vezes e meia maior comparado a sua omissão, e dobrando a quantidade de P no solo (80 kg ha<sup>-1</sup>) esse rendimento se torna três vezes e meia maior. Isso comprova que é necessário o fornecimento de fósforo por meio de adubação quando sua disponibilidade é limitada, o que ocorre na maioria dos solos do Recôncavo

Baiano. Resultados semelhantes na produção de aquênios foram encontrados por Villalba (2008) estudando doses de fósforo em girassol cultivado em solos de baixa fertilidade.

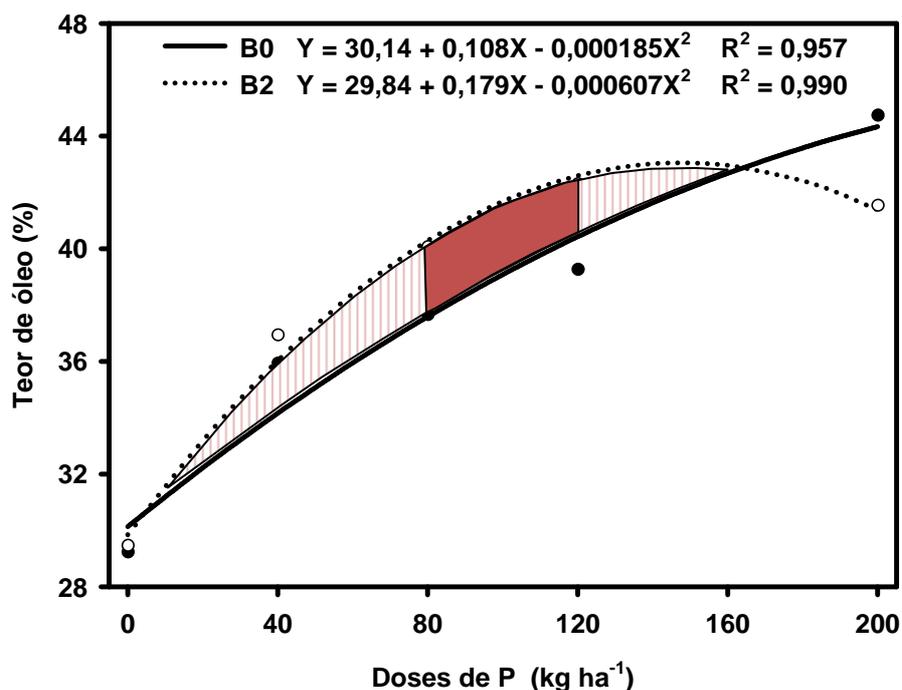
Derivando a equação, observa-se que a aplicação de  $174,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, promoveria a maior produção  $2256 \text{ kg ha}^{-1}$  de aquênios (Figura 3). Se considerarmos 90 % da máxima produção técnica como a dose de máxima eficiência econômica, seria necessário a aplicação de  $111 \text{ kg ha}^{-1}$  de P para uma produção de  $2030 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos, representando uma economia de 36 % com adubo fosfatado. Segundo Castro & Oliveira (2005), a adubação mínima para garantir a reposição da exportação de P com a produção de  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  deve ser de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de P em solos com disponibilidade muito baixa.



**Figura 3.** Produção de aquênios em função das doses de fósforo estudadas. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Os resultados obtidos para o teor de óleo neste estudo estão apresentados na figura 4. Ficou evidente que houve efeito positivo da interação entre P e B, sendo a maior variação entre as doses  $40$  e  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de P. A diferença significativa ( $Tukey < 0,05$ ) entre as doses de B só foi observada em interação com fósforo variando entre  $80$  e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ . Nessa interação, a aplicação de  $2 \text{ kg ha}^{-1}$

de B promoveu uma variação de 3,3 a 7,1 % de incremento no teor de óleo, em relação a sua omissão. Contudo, nas doses acima de 160 kg ha<sup>-1</sup> de P a presença do B reduziu o teor de óleo em até 6,5 %. De acordo com Castro & Oliveira (2005), apesar do baixo acúmulo de fósforo na matéria seca do girassol, ele desempenha funções importantes no metabolismo das plantas e principalmente, na síntese de lipídeos.



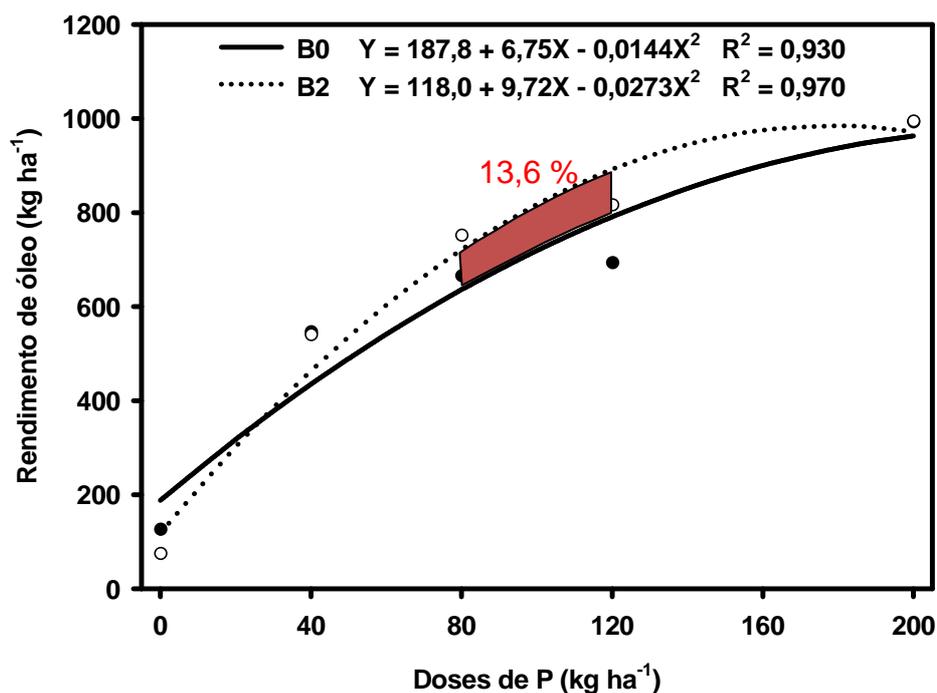
**Figura 4.** Teor de óleo nos aquênios em função da interação entre 0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B e as doses de fósforo. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Segundo Srivastava (1978), o equilíbrio na relação N/P é o fator determinante para obtenção de altas produtividades e sementes com alto teor de óleo e proteína. Pelos resultados obtidos, verificou-se que a relação P/B também deve ser levada em conta, pois embora o B não tenha promovido significância na produção de matéria seca total da planta e nem de produção quando aplicado isoladamente, o teor de óleo foi fortemente influenciado quando mesmo foi aplicado em interação com o P.

O maior teor de óleo (44,6 %) observado foi com a aplicação da maior dose de P e omissão de B (Figura 4). Com a interação entre as doses de P e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B, o maior teor de óleo (43 %) seria obtido com 147,4 kg ha<sup>-1</sup> de P. Esses resultados indicam que aplicando B, reduziu a necessidade de P para elevar o

teor de óleo no grão. Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por Castro *et al.* (2006), que obtiveram o maior teor de óleo no girassol com aplicação de 2 kg ha<sup>-1</sup> de B, e Sachs *et al.* (2006) em estudo com adubação fosfatada. Em estudo com amendoim Kasai *et al.* (1998) não conseguiram aumentar o teor de óleo com adubação fosfatada.

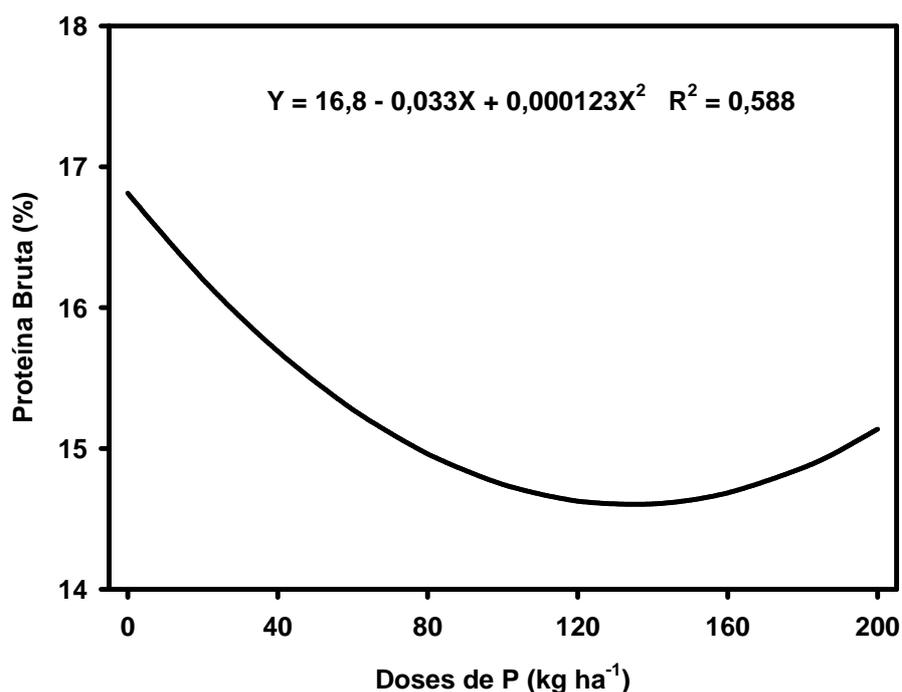
Verificou-se que aplicando boro (2 kg ha<sup>-1</sup>) em interação com doses de P entre 40 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, resultou em aumento no rendimento de óleo (Figura 5). Esse incremento foi mais pronunciado entre as doses 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P, com um valor médio de 98 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de óleo, o equivalente a 13,6 %. Para a indústria, o teor de óleo nos aquênios é muito importante, contudo se for aliado a uma boa produção de grãos, o seu rendimento de óleo por unidade de área também se torna importante comercialmente.



**Figura 5.** Rendimento de óleo nos aquênios por área, em função da interação entre 0 e 2 kg ha<sup>-1</sup> de B e as doses de fósforo. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

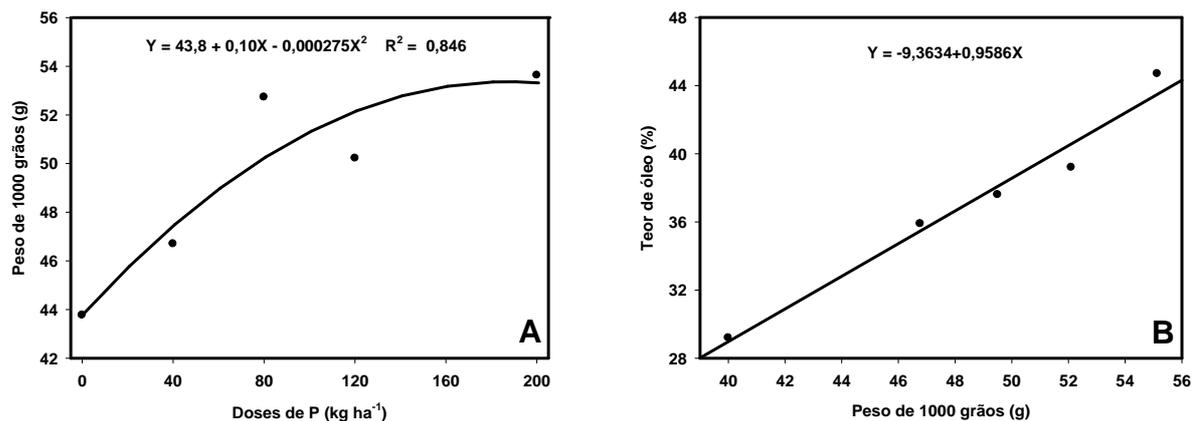
O teor de proteína nos aquênios foi influenciado negativamente pelas doses de P (Figura 6). O máximo teor foi 16,8 % em omissão de P, e o menor teor 14,6 % com aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P. Observou-se uma relação inversa entre o teor de proteína e de óleo nos aquênios, sendo o fósforo apontado como o

responsável pelo incremento no teor de óleo e na redução do teor protéico. Passone & Vazquez (1998) e Sosa *et al.* (1999) também encontraram influência na relação proteína/óleo, contudo sendo o nitrogênio responsável pela redução do teor de óleo e incremento no teor protéico. Os resultados obtidos concordam com Jain *et al.* (1990) em estudo com adubação fosfatada e potássica no amendoim. Valores semelhantes também foram encontrados por Carrão-Panizzi & Mandarino (2005).



**Figura 6.** Teor de proteína bruta nos aquênios em função das doses de fósforo. UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

Na figura 7A observa-se que o peso de 1 000 grãos foi influenciado pela adubação fosfatada, de forma crescente com o aumento das doses de P. Resultados semelhantes foram encontrados por Lobo *et al.*, (2007) trabalhando com lodo de esgoto (17,2 g kg<sup>-1</sup> de P) na produtividade do girassol, contudo Lobo *et al.* (2006) em estudo com doses de N no girassol não encontrou variação. Essa variável tem relação direta com o teor de óleo nos grãos, a qual apresentou correlação positiva altamente significativa, em função da aplicação de P em interação com B, como observado na figura 7B.



**Figura 7.** Peso de 1 000 grãos em função das doses de fósforo (A). Correlação entre teor de óleo (g) e peso de 1 000 grãos (g) em função da interação entre fósforo e boro (B). UFRB, Cruz das Almas, BA, 2008.

## CONCLUSÕES

1. A produção de matéria seca total respondeu positivamente ao incremento da adubação fosfatada.
2. A aplicação de fósforo proporcionou aumento na produção de aquênios.
3. O teor de proteína foi influenciado negativamente com a aplicação de fósforo.
4. A interação PxB influenciou positivamente o teor de óleo nos aquênios, e em conseqüência seu rendimento por área.

## BIBLIOGRAFIA

BELL, R.W. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (eds). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.149-168.

BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CASTRO, C. **Colheita do Girassol**. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (EMBRAPA-CNPSo. Doc, n.92).

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Cand. J. Biochemistry Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. Produtos protéicos do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.51-68.

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (eds). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.161-218.

CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R.F.; DECHEN, A.R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.30, n.2, p.214-220, 2006.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.317-374.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.F. (ed). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Andrei, 2004, 403p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994, 227p.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. (ed). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p40-75.

GIL-MARTINEZ, F. **Elementos de fisiología vegetal**: relaciones hídricas, nutrición mineral, transporte, metabolismo. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1995, p.249-283.

JAIN, R.C.; NEMA, D.P.; KHADWE, R. & THAKUR, R. Effects of phosphorus and potassium on yield, nutrients uptake, protein and oil contents of groundnut (*Arachis hypogaea*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.60, n.8, p.559-561, 1990.

KASAI, F.S.; ATHAYDE, M.L.F.; GODOY, I.J. Adubação fosfatada e épocas de colheita no amendoim: efeitos na produção de óleo e de proteína. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.1, 1998.

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

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **R. C. Suelo Nutr. Veg.**, v.7, n.3, p.16-25, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987, 686p.

NIELSEN, K.L.; BOUMAN, T.J.; LYNCH, J.P.; EISSENSTAT, D.M. Effects of phosphorus availability and vesicular-arbuscular mycorrhizas on the carbon budget of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **New Phytol.**, 139:647-656, 1998.

PASSONE, P; VAZQUEZ, A.G. Evaluación de la respuesta a la fertilización con nitrógeno en girasol en un Hapludol típico del partido de Vedia, Provincia de Buenos Aires. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v.17, n.3, p.289-296, 1998.

REZENDE, J.O. **Solos coesos dos Tabuleiros costeiros**: limitações agrícolas e manejo. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000, 117p.

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

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**, Londrina, v.27, n.4, p.533-546, 2006.

SANCHEZ, C.A. Phosphorus. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (eds). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

SAS, Institute. SAS/STAT. User's guide, version 6.11. 4. ed. Cary, Statistical Analysis System Institute, 1996. v.2, 842p.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; MESQUITA, C.M; PORTUGAL, F.A.F. Semeadura e manejo da cultura do girassol. In: LEITE, R. M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p.375-409.

SOSA, L.J.; ECHEVERRIA, H.E; DOSIO, G.A.A.; AGUIRREZABAL, L.A.N. Evaluacion de la nutricion nitrogenada de girasol cultivado en Balcarce. **Ciencia del Suelo**, La Plata, v.17, n.1, p.20-26, 1999.

SRIVASTAVA, A.K. Effects of fertilizers on the composition and emergence of sunflower seeds. **Experimental Agriculture**, v.14, p.213-216, 1978.

VILLALBA, E.O.H. **Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para girassol sob sistema plantio direto no Paraguai**. Santa Maria, 2008. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo permitem fazer algumas considerações a respeito do cultivo de girassol nas condições do Recôncavo Baiano, no que se refere ao seu desenvolvimento, nutrição e produção.

O fósforo é fundamental para o desenvolvimento e produção do girassol, e a característica química dos solos da região faz com que a atenção para este elemento seja redobrada, devido ao seu baixo teor disponível. A produção de matéria seca ao longo de seu desenvolvimento tem alta correlação com a produção, sendo uma informação para que o produtor possa fazer uma estimativa de sua colheita.

Sem o fornecimento de fósforo nas condições em que o girassol é cultivado no Recôncavo da Bahia, o desenvolvimento da planta fica limitado e a produção de grãos e óleo se torna inviável, principalmente em solos de baixa disponibilidade deste elemento, como ocorre nesta região.

A aplicação do boro é fundamental na cultura do girassol, influenciando significativamente no teor de óleo dos grãos e reduzindo a quantidade de fósforo para se obter uma melhor eficiência produtiva. Contudo seu efeito é nulo sem o fornecimento de fósforo.

Em caso de rotação de culturas, deve-se verificar a exigência da cultura subsequente ao elemento boro, pois o teor residual pode se tornar excessivo caso esta seja sensível.

Mais estudos no que se refere à interação entre os nutrientes essenciais devem ser realizados, com a finalidade de indicar o balanço nutricional ideal para o girassol nas condições do Recôncavo.

Diante do que foi elucidado neste estudo, fica claro que não basta fornecer sementes aos produtores, sem que a exigência nutricional do girassol seja atendida. Desta forma estaremos fadados a não suprir as expectativas do grande potencial desta cultura para produção de grãos e óleo, perdendo tempo e dinheiro, no que poderia ser mais uma fonte de renda para inúmeras propriedades que vivem da agricultura familiar.