



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ARNEY EDUARDO DO AMARAL ECKER

**LONGEVIDADE DE GIRASSOL ANÃO ORNAMENTAL COM  
APLICAÇÃO DE SILÍCIO**

Londrina  
2013

ARNEY EDUARDO DO AMARAL ECKER

**LONGEVIDADE DE GIRASSOL ANÃO ORNAMENTAL COM  
APLICAÇÃO DE SILÍCIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria.

Londrina  
2013

Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina.

### **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

A474i

Ecker, Arney Eduardo do Amaral.

Longevidade de girassol anão ornamental com aplicação de silício /  
Arney Eduardo do Amaral Ecker. – Londrina, 2013.

71 f.: il.

Orientador: Ricardo Tadeu de Faria.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de  
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Girassol – Teses. 2. Plantas ornamentais – Teses. 3. Plantas anãs –  
Teses. 4. Plantas – Efeito do silício – Teses. I. Faria, Ricardo Tadeu de.  
II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa  
de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 635.9:633.494

ARNEY EDUARDO DO AMARAL ECKER

**LONGEVIDADE DE GIRASSOL ANÃO ORNAMENTAL COM  
APLICAÇÃO DE SILÍCIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como objetivo parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria  
UEL – Londrina – PR

---

Prof. Dr. Bruno Luiz Domingos De Angelis  
UEM – Maringá – PR

---

Profa. Dra. Maria Auxiliadora Milaneze Gutierrez  
UEM – Maringá – PR

---

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Balan  
UEM – Maringá – PR

---

Profa. Dra. Mauren Sorace  
UNICENTRO – Cascavel – PR

---

Prof. Dra. Christina da Silva Wanderley  
UEL – Londrina – PR

---

Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza  
UEL – Londrina – PR

Londrina, 15 de fevereiro de 2013.

## **DEDICO**

*Primeiramente à Deus Pai, que sempre nos fortaleceu com vida, saúde, paz e comprometimento*

*À minha querida esposa, Alessandra Ecker, por sempre ter apoiado e ajudado em todos os momentos para a concretização deste trabalho. Ao amor incondicional de meus pais, Arney e Elisabeth durante todos estes anos, através de incentivos, amor, carinho e apoio constante.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina (UEL) e ao Programa de Pós Graduação, nível de Doutorado em Agronomia pela imensa oportunidade e qualidade dos ensinamentos direcionados aos discentes em todos os períodos de atividades.

Agradeço minha esposa Alessandra B. S. Ecker, por estar presente neste dia e participar de uma conquista conjunta, na qual, sem a persistência e comprometimento de ambas as partes não estaríamos reunidos neste momento. Suas palavras de incentivo e às vezes de cobrança nos determinaram a conquistar este objetivo. Em especial aos momentos de viagens, que foram longas e diárias, nas quais sem sua presença eu não teria conseguido, uma vez que, por vários momentos ela pode visualizar de perto minha face e determinação na busca deste momento. Obrigado, querida.

À meus pais, agradeço por todos os esforços não medidos para a finalização desta etapa e sinceramente, sou um jovem agraciado por Deus por ter pais que realmente sempre zelaram “verdadeiramente” pelos estudos dos seus filhos, conhecimento e responsabilidade, resultando na solidez e oportunidade real de conquistas posteriores. Não há como esquecer dos lanches preparados para as viagens, hora almoço, hora janta e assim conduzíamos os trabalhos.

Ao meu orientador Professor Dr. Ricardo Tadeu de Faria pela dedicação, paciência, conselhos, compreensão e acima de tudo profissionalismo e ética passados durante o período para a realização desta pós-graduação. Sem sua ajuda seria impossível a realização deste trabalho.

A Professora Dra. Célia Guadalupe Tardeli de Jesus Andrade e ao Técnico de Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise Osvaldo Capello e ainda, ao jovem e promissor Doutor Felipe Aranha de Andrade pela constante ajuda, apoio, ensinamentos e parceira durante todo o período de análises laboratoriais, junto a Universidade Estadual de Londrina, UEL.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, os quais tive a honra em estar em uma sala de aula aprendendo, escutando, sugerindo, participando e sendo agraciado pelos ensinamentos recebidos pelos ilustres profissionais.

À dona Weda Aparecida Westin (secretária do programa de pós-graduação em agronomia da UEL), que sempre nos atendeu com muita presteza, dedicação, seriedade e competência. Nos alertando com relação aos prazos, matrículas, reservas entre outras atividades.

Ao Prof. e amigo, Dr. Bruno Luiz Domingos De Angelis que logo após meu retorno dos Estados Unidos, sempre me apoio na conquista de objetivos até então inimagináveis e por estar presente neste momento. Suas palavras de apoio, incentivo, credibilidade e acima de tudo humildade proporcionaram uma grande amizade com base sólida. Em todos os momentos procurei me espelhar na sua pessoa e por ter recebido sempre palavras de apoio, incentivo e ter participado de forma brilhante na realização de eventos, simpósios entre outras atividades. Querido amigo, com todo respeito e humildade, eu o tenho como meu irmão mais velho e, que sempre me conduziu pelo caminho correto, estreito e digno. Obrigado.

À Prof(a) Maria Auxiliadora Milaneze Gutierre (Querida Dora) por sempre incentivar-me na continuidade desta caminhada e, por ser amiga e parceira de departamentos, juntos na realização de eventos, tais com o I Simpósio Paranaense de Floricultura e II Ciclo de Estudos Sobre Arborização Urbana, recentemente realizado e que certamente muitos virão já neste ano que se inicia. Sua dedicação, seriedade, comprometimento e competência é realmente algo para ser apreciado, pois aprendi nestes últimos anos caminhando ao seu lado, muito da área de extensão, pesquisa e eventos.

Ao amigo, Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Balan que nos últimos anos tem sido companheiro nas elaborações de congressos, simpósios, viagens técnicas e pela presteza nos auxiliando e incentivando diariamente neste trabalho. Durante um período superior à 6 anos e, na presença diária, pode transmitir palavras e verdadeiros sentimentos potencializados na grandeza da sua pessoa.

A Dr(a) e amiga Mauren Sorace, agradeço por todas as palavras de incentivo, amizade e por acreditar que sairia do papel esta atividade e aqui estaríamos juntos numa demonstração real de acreditar que o ser humano pode realmente através da sua dedicação, seriedade, comprometimento e na presença de Deus Pai realizar um trabalho digno.

Aos Professores e amigos Dr. José Carlos Pintro e Dr(a) Maria Eugênia da Silva Cruz (ambos *in memoriam*) que desde o período de mestrado me incentivaram com palavras até hoje presentes em minha formação e não caberia a

mim, deixar de homenageá-los de forma simples e humilde, porém de todo meu coração.

Aos Professores do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, que sempre nos apoia nesta caminhada, avaliando, ajudando, contribuindo significativamente para a elaboração deste trabalho, além de outros. A amizade existente, nos mostra a simplicidade de ações que enaltecem a todos.

Agradeço a minha querida irmã Cristina Ecker, exemplo de determinação, responsabilidade e verdadeira mulher. Aos meus maravilhosos sobrinhos Giulio, Pedro e Mariana os quais, apesar de estar longe nos últimos anos, saibam que espero estar mais perto e compartilhar momentos de alegrias após a finalização desta etapa.

Aos meus tios Marilene e Alberoni, por sempre apoiarem minha caminhada e dando suporte nos momentos de dificuldades. Não poderia deixar de lembrá-los, pois as lutas foram muitas neste período.

Aos amigos, Daniel Fernandes do Lago Júnior, Ana do Lago e o mais novo membro da família João Pedro, meus sinceros agradecimentos por todos os momentos vivenciados nos últimos vinte anos, juntamente com a presença do nosso também amigo Silas José dos Santos Júnior e família. Amizades de longa data são poucas, porém sólidas e na presença de Deus Pai em todos estes anos, seja na igreja, em casa, no campo onde for. Obrigado queridos amigos.

Ao mais novo sobrinho da família, Miguel... o qual poderá ter a nossa confiança e dedicação no que se refere aos ensinamentos, respeito, comprometimento e determinação. Uma nova vida é uma nova esperança e assim todos podemos acreditar em nossos objetivos.

Alguns anos atrás conhecia o Pastor Adilson Antonio Ribeiro e suas palavras até hoje caminham comigo por onde vou. Durante a realização do meu casamento com minha esposa, suas palavras permaneceram até hoje, ou seja... Vá em harmonia, respeito ao próximo e na presença de Deus. Neste sentido de respeito e gratidão, agradeço imensamente pela amizade até hoje real, firme e verdadeira, juntamente com minha gratidão e respeito pela querida amiga Lídia Maria da Fonseca Maróstica, que sempre me apoia com palavras humanas, sinceras e bíblicas. Obrigado.

Aos colegas Dr. Luiz Tavares da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA - Londrina); Dra. Eliane Gasparino e Dr. Carlos Antonio L.

Oliveira (UEM - Zootecnia); Dr. José Usan Brandão Filho Torres, Dr. Humberto Silva Santos, Dr. José Valter e Dr. Manoel Genildo Pequeno (UEM – Agronomia); Dra. Vanda Marilza Carvalho (Faculdade Campo Real – Agronomia), agradeço aos colegas por todos os momentos de conversas, nas quais tive a grande oportunidade em aprender a vida como ela é.

À CAPES pela responsabilidade na avaliação dos Programas de Pós Graduação e pelo apoio dado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UEL.

À comissão examinadora pela disponibilidade e valiosa contribuição ao presente trabalho.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudou na elaboração e finalização desta etapa ímpar da minha vida.

*“Grande é o Senhor e mui Digno de Louvor”.  
Salmo 48.*

ECKER, Arney Eduardo do Amaral. **Longevidade de girassol não ornamental com aplicação de silício**. 2013. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

## RESUMO

O mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais mobilizou no ano de 2011 R\$4,3 bilhões. O girassol (*Helianthus annuus* L.) tem grande potencial para uso como flor de corte e de vaso, e trabalhos de melhoramento genético de tal espécie têm disponibilizado, para o mercado consumidor, cultivares diferenciadas, tanto em relação à coloração e número de inflorescências quanto à altura da planta, visando o comércio como planta ornamental. Tendo em vista que o silício incrementa a resistência das plantas a doenças e a diversos tipos os estresses bióticos e abióticos, este estudo objetivou avaliar a influência de diferentes doses e periodicidades de aplicação deste elemento em plantas de girassol ornamental (*H. annuus* cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão). O cultivo foi realizado na cidade de Campo Mourão-PR, em ambiente protegido, em potes nº 13 com substrato o Tropstrato Vida Verde®, irrigação localizada e fertirrigação semanal com o adubo Peter's®. Foram preparadas parcelas com 7 plantas envasadas, tendo cada uma recebido 0,0 (tratamento controle); 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 g/L<sup>-1</sup> de ALG SIL®, como fonte de silício, em dose única e semanal. As variáveis analisadas foram: diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), altura da planta (AP), diâmetro da inflorescência (DF), massa fresca (MF), massa seca (MS), longevidade das inflorescências e teor de silício na folha. Para avaliar a longevidade das inflorescências, uma equipe previamente treinada analisou, durante 17 dias, as parcelas experimentais, atribuindo notas de 0 a 4 às plantas, conforme tabela descritiva previamente elaborada. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados e os dados submetidos à análise de variância teste de Duncan a 5%. Afim de comprovar o acúmulo de silício nas folhas deste cultivar de girassol, foram realizadas análises laboratoriais e por espectroscopia de energia dispersiva (EDS-OXFORD). Para os parâmetros DC, NF, AP e DF não houve interação entre as doses de silício testadas e a periodicidade, porém observou-se interação significativa no parâmetro massa fresca e massa seca. As análises estatísticas revelaram que a aplicação semanal de silício reduziu a massa seca total das plantas deste girassol ornamental, proporcionalmente à dose aplicada, mas aumentou a longevidade das inflorescências. A quantidade de silício presente na massa seca das folhas foi de 541,50mg/kg<sup>-1</sup> na aplicação semanal, e 528,40 mg/kg<sup>-1</sup> na aplicação única e tratamento controle 476,60 mg/kg<sup>-1</sup>. A espectroscopia mostrou a presença de silício nos tricomas foliares, inclusive nas amostras do tratamento controle, revelando ser esta uma planta do tipo intermediária, quanto ao acúmulo deste elemento.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus*. Asteraceae. Ácido monossilícico.

ECKER, Arney Eduardo do Amaral. **Longevidade de girassol anão ornamental com aplicação de silício**. 2013. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

## ABSTRACT

The Brazilian market for flowers and ornamental plants mobilized in 2011 U.S. \$ 4.3 billion. The sunflower (*Helianthus annuus* L.) has great potential for use as cut flowers and pot and plant breeding of this species are available to the consumer market, differentiated cultivars, both in relation to color and number of inflorescences on height Plant. Silicon is the second most abundant mineral element on earth and several studies have reported that it increases the resistance of plants to disease and various types of biotic and abiotic stresses. This study aimed to evaluate the influence of different doses and frequencies of silicon application on ornamental plants of sunflower (*H. annuus* cv. *Folded Garden Yellow Dwarf*). Cultivation was carried out in Campo Mourão-PR in greenhouse in pots #13 with the substrate Tropstrato Vida Verde<sup>®</sup>, drip irrigation and fertirrigation weekly with Peter's<sup>®</sup> fertilizer. 7 plots were prepared with potted plants, each having received 0.0 (control), 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 g/L<sup>-1</sup> ALG SIL<sup>®</sup>, irrigation single dose foliar and weekly. The variables analyzed were: stem diameter (DC), leaf number (NF), plant height (AP) diameter of the flower (DF), fresh weight (FW), dry matter (DM) content and longevity of the flowers silicon in the leaf. To assess the longevity of the flowers, a team examined previously trained for 17 days, the experimental plots, assigning grades 0-4 flowers as descriptive table previously prepared. The experimental design was a randomized block design and data were submitted to ANOVA Duncan test at 5%. In order to examine the accumulation of silicon in the leaves of sunflower, and laboratory analyzes were performed by energy dispersive spectroscopy (EDS-OXFORD). For the parameters DC, NF, and DF AP there was no interaction between the silicon and the doses tested frequencies, but there was a significant interaction parameter in fresh weight and dry weight. Statistical analyzes revealed that the weekly application of silicon reduced the total dry mass of the plants of this ornamental sunflower, proportionally to the applied dose, but increased the longevity of the flowers. The amount of silicon present in the leaf dry weight was 541.50 at mg/kg<sup>-1</sup> weekly application, and the application 528.40 mg/kg<sup>-1</sup> single treatment to control mg/kg<sup>-1</sup> 476.60. Spectroscopy showed the presence of silicon in leaf trichomes, even in samples from the control treatment, revealing that this is an intermediate plant type, as the accumulation of this element.

**Keywords:** *Helianthus annuus*. Asteraceae. Acid monosilícico.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b>	– Estádios de desenvolvimento da planta de girassol.....	21
<b>Tabela 3.1</b>	– Características de fontes de silício. *Monsanto / Calcium Silicate Corp; **Sub produto de siderurgia .....	37
<b>Tabela 4.1</b>	– Descrição das características referentes às notas de 4 a 0, a serem consideradas para as avaliações diárias das inflorescências de <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão .....	47
<b>Tabela 4.2</b>	– Médias das notas na longevidade das inflorescências, na periodicidade semanal, com diferentes doses de silício, aplicados via foliar, em <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão .....	50
<b>Tabela 4.3</b>	– Médias das notas na longevidade das inflorescências, na periodicidade única, com diferentes doses de silício, aplicados via foliar em <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.....	51
<b>Tabela 4.4</b>	– Médias para os parâmetros agronômicos: diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), altura de plantas (AP) e diâmetro de inflorescência (DI) após a aplicação via foliar de silício, em diferentes periodicidades no <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.....	54

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> – Balança Comercial Brasileira dos Produtos da Floricultura 1997 – 2010 .....	18
<b>Figura 2.2</b> – Detalhe da planta de girassol.....	22
<b>Figura 2.3a</b> – Flor do <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão..	23
<b>Figura 2.3b</b> – Inflorescência do girassol, corte radial de uma inflorescência de girassol aos 60 dias após a semeadura .....	26
<b>Figura 2.4</b> – Produção e consumo mundial de grãos de girassol.....	28
<b>Figura 3.1</b> – Representação esquemática da rizosfera com a presença dos principais componentes presentes na solução do solo .....	30
<b>Figura 3.2</b> – Representação esquemática da formação de polímero de silício ....	35
<b>Figura 3.3</b> – Esquema da entrada da solução do solo na raiz das plantas, evidenciando as vias simplasto e apoplasto .....	42
<b>Figura 4.1</b> – Vista da casa de vegetação da Faculdade Integrado de Campo Mourão, Campo Mourão-PR .....	43
<b>Figura 4.2</b> – Planta de <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão	44
<b>Figura 4.3</b> – Plântulas de <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.....	45
<b>Figura 4.4</b> – Plantas de <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão transplantada aos 15 dias após germinação .....	47
<b>Figura 4.5</b> – Representação dos critérios visuais de turgidez utilizados para a avaliação sensorial e atribuição de notas diárias às flores de <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.....	49
<b>Figura 4.6</b> – Equipamento para análise de espectroscopia de energia dispersiva (EDS-OXFORD), software INCA, acoplado ao MEV – FEI Quanta 200.....	57
<b>Figura 4.7</b> – Teores de silício presentes nas folhas de <i>Helianthus annuus</i> L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão, nos tratamentos controle e nas periodicidades de aplicação de silício via foliar, única e semanal, nas doses 0,0 g/L-1 por Kg-1/M.S e 6,0 g/L-1 por Kg-1/M.S.....	60

- Figura 4.8a** – Eletromicrografias evidenciando a presença de silício na base dos tricomas foliares de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Eletromicrofotografia da face abaxial da folha. Tratamento Controle (0,0 mg/L<sup>-1</sup>). Tricomas .....60
- Figura 4.8b** – Eletromicrografias evidenciando a presença de silício na base dos tricomas foliares de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Região abaxial da folha. Tratamento controle (0,0 mg/L<sup>-1</sup>). Presença de silício nos tricomas.....60
- Figura 4.9a** – Eletromicrografias evidenciando a presença de silício na base dos tricomas foliares de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Eletromicrofotografia da face abaxial da folha. Tratamento Aplicação Única (6,0 mg/L<sup>-1</sup>) .....60
- Figura 4.9b** – Eletromicrografias evidenciando a presença de silício na base dos tricomas foliares de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Região abaxial da folha. Tratamento Aplicação Única (6,0 mg/L<sup>-1</sup>). Presença de silício nos tricomas.....60
- Figura 4.10a** – Eletromicrografias evidenciando a presença de silício na base dos tricomas foliares de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Eletromicrofotografia da face abaxial da folha. Tratamento Aplicação Semanal (6,0 mg/L<sup>-1</sup>) .....61
- Figura 4.10b** – Eletromicrografias evidenciando a presença de silício na base dos tricomas foliares de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Região abaxial da folha. Tratamento Aplicação Única (6,0 mg/L<sup>-1</sup>). Presença de silício nos tricomas...61

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1 FLORICULTURA NO MUNDO E NO BRASIL.....	17
2.2 O GIRASSOL ( <i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L.).....	19
2.2.1 O Girassol como Flor Ornamental.....	23
2.2.2 O Girassol na Produção de Grãos e Óleo.....	25
<b>3 O SILÍCIO</b> .....	28
3.1 O SILÍCIO NO SOLO.....	28
3.2 O SILÍCIO NO CULTIVO DE PLANTAS ORNAMENTAIS.....	31
3.3 SILÍCIO NAS PLANTAS.....	34
3.4 FONTES DE SILÍCIO.....	37
<b>4 ARTIGO: SILÍCIO NA LONGEVIDADE DE GIRASSOL ENVASADO</b> .....	39
4.1 RESUMO / ABSTRAT.....	39
4.2 INTRODUÇÃO.....	41
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.3.1 Localização do cultivo de Girassol.....	42
4.3.2 Material Botânico.....	43
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.5 CONCLUSÃO.....	63
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado mundial de flores e plantas ornamentais vive um momento de grande competitividade e expansão, com inovações tecnológicas na produção, pós-colheita e logística de distribuição.

A União Européia, Estados Unidos e Japão concentram o mercado mundial de flores e plantas ornamentais, com a Colômbia, Equador e a Costa Rica, na América Latina, e a China, na Ásia, se destacando cada vez mais dentro deste segmento. Quanto ao consumo, a União Européia é o principal mercado e a Holanda, o maior fornecedor, seguido do Quênia, Israel, Colômbia e Espanha.

No Brasil a área estimada com este segmento é de aproximadamente 9.000 hectares, gerando 194.000 empregos diretos e 77.000 indiretos (IBRAFLO, 2012). A cadeia produtiva de flores pode ser utilizada para alavancar o desenvolvimento, gerando renda para pequenas propriedades e, contribuindo para a fixação do homem no campo.

Dentre as espécies com potencial para ser utilizada como flor de corte ou vaso está o girassol (*Helianthus annuus* L.), pertencente à Família Asteraceae. Muitos trabalhos de melhoramento genético estão sendo realizados para a obtenção de cultivares adequados para a floricultura, como flores com ausência de pólen nos capítulos, diminuição do porte das plantas e variação nas cores das flores. As características que determinam o valor comercial da planta de girassol para a comercialização são o diâmetro da inflorescência e diâmetro e comprimento do caule.

Inúmeros estudos realizados no Japão, Estados Unidos e países da Europa, nas décadas de 70 e 80, demonstraram resultados positivos em relação à aplicação de silício sobre a adaptabilidade aos estresses hídricos, de temperatura, possíveis ataques de pragas e tolerância a patógenos, em diversas culturas, tais como arroz, milho e feijão. A resistência a pragas e doenças se deve a uma barreira mecânica formada nas folhas, assim como ao estímulo à produção de compostos secundários de defesa. Em adição, vários estudos têm constatado aumento na espessura da parede celular de tecidos tratados com silício, com a ocorrência de formação de fitólitos com diferentes morfologias e distribuição, proporcionando rigidez aos tecidos vegetais.

No mercado existem diferentes fontes de silício, presentes como soluções fluídas e rochas silicatadas. A sílica é um componente importante de muitos solos minerais e é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, depois de oxigênio. O silício é absorvido pelas plantas como ácido monossilícico (RAIJ, 2011) e sua redistribuição é muito baixa, pois ele é depositado como sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) “opala”, ou como as estruturas chamadas fitólitos, que devido a sua forma não são móveis no floema. Os corpos silicosos formados apresentam diferentes formas e colaboram para amenizar.

Vários estudos têm constatado a ocorrência de formação de fitólitos com diferentes morfologias e distribuição, proporcionando rigidez aos tecidos vegetais e a presença do silício nas células este frequentemente relacionada com maior capacidade para se desenvolver em condições de estresse, seja biótico ou abiótico.

Este estudo teve como objetivo avaliar a longevidade das inflorescências de um cultivar de girassol ornamental, submetidas a aplicação foliar de diferentes doses de silício em diferentes períodos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FLORICULTURA NO MUNDO E NO BRASIL

As atividades relacionadas à floricultura geraram um faturamento de R\$ 3,8 bilhões no ano de 2010 e de R\$ 4,3 bilhões em 2011. As perspectivas são de crescimento para o setor no balanço de 2012, quando se espera um crescimento da ordem de 12% (IBRAFLOR, 2012).

A União Européia, Estados Unidos e Japão concentram o mercado mundial de flores e plantas ornamentais. A Colômbia, Equador e a Costa Rica, na América Latina, e a China, na Ásia, se destacam cada vez mais dentro deste segmento. Quanto ao consumo, a União Européia é o principal mercado e a Holanda maior fornecedor, seguido do Quênia, Israel, Colômbia e Espanha. Os Estados Unidos importam flores de corte da Colômbia, Equador, Costa Rica, México, República Dominicana e Guatemala, sendo a Holanda um grande fornecedor. O mercado japonês apresenta grande potencial, contudo, a distância, o rigor fitossanitário e a exigência com a qualidade limitam a expansão das exportações para este país (SEBRAE, 2009).

Somente alguns países realizam um controle rigoroso de dados do setor de floricultura, podendo ser citado os Estados Unidos. Por outro lado, Unemoto (2010) relata a dificuldade de obtenção e a desuniformidade dos valores relativos ao setor de flores e plantas ornamentais em âmbito mundial e nacional.

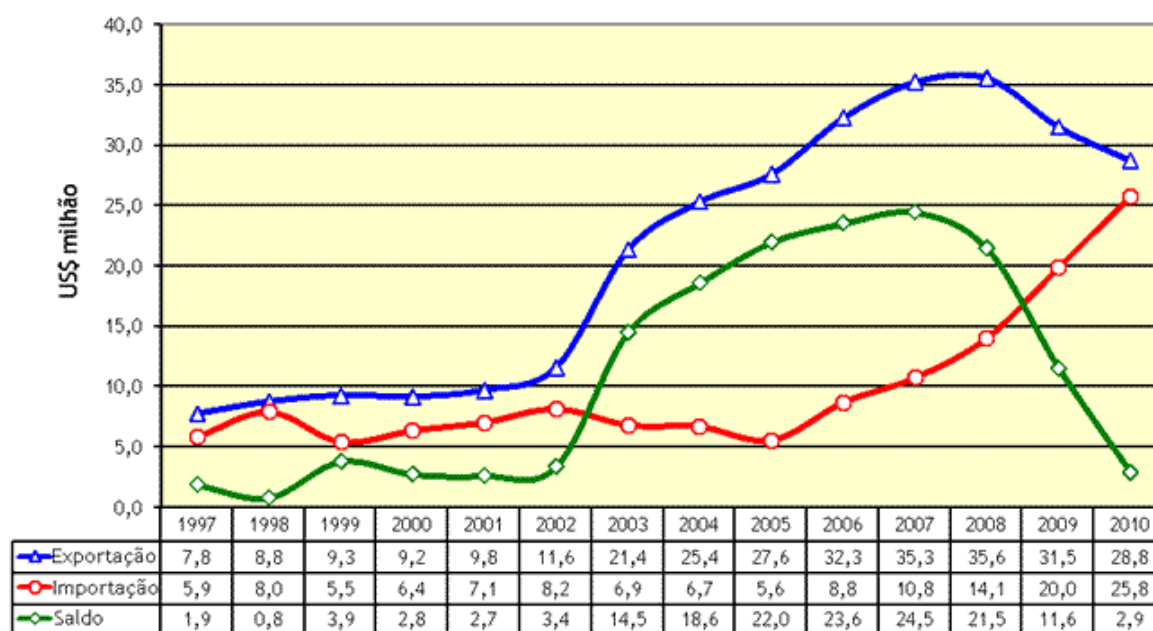
Com a elevada competitividade do mercado mundial de flores, alguns países se destacam como a Holanda com 48,3% e posteriormente a Colômbia, com 6,1% do total das vendas neste setor. A Itália, Dinamarca, Bélgica, Alemanha, Quênia, Estados Unidos, Canadá, e outros, participam de um grupo com aproximadamente cem países exportadores de flores e plantas ornamentais (JUNQUEIRA e PEETZ, 2009).

A cadeia produtiva de flores pode ser utilizada para incrementar o desenvolvimento, gerando renda para pequenas propriedades, contribuindo para a fixação do homem no campo. Segundo IBRAFLOR (2012), este segmento gera 194 mil empregos diretos, dos quais 96.000 (49,5%) são relativos à produção, 6.000

(3,1%) relacionados à distribuição, 77.000 (39,7%) ao varejo e 15.000 (7,7%) em outras funções, principalmente de apoio.

Estudos indicam que a área cultivada com floricultura no Brasil esta estimada em 9.000 hectares (KIYUNA et al., 2011). A figura 2.1 evidencia o potencial do mercado nacional de flores na linha que indica as importações. Devido à grande diversidade edafoclimática apresentada no Brasil, é possível adaptar o cultivo de diferentes espécies para abastecer esta fatia do mercado ocupada por produtores de outros países. A concentração esforços na disseminação de tecnologia, produção e principalmente logística de escoamento poderia proporcionar condições para produtores brasileiros conseguir competir pelo mercado ocupado pelos produtos importados.

**Figura 2.1** – Balança Comercial Brasileira dos Produtos da Floricultura, 1997 a 2010.



**Fonte:** Kiyuna et al., (2011).

O crescimento econômico está inserido em um contexto maior, que é o desenvolvimento. O mercado de flores e plantas ornamentais está em constante mudança e o empresário deste segmento deve inovar sempre, apresentando, tanto produtos diferenciados, quanto acessíveis ao consumidor. Inovar, fazer diferente, procurar alternativas tanto fideliza quanto conquista mercado consumidor e para o

ramo da floricultura as possibilidades são muitas, tendo em vista a diversidade genética vegetal disponível para melhoramento e produção de novas variedades e híbridos (OLIVEIRA, 2006).

As alternativas para o uso de flores e plantas ornamentais são variadas, havendo a possibilidade de inserção no setor paisagístico com o uso de espécies que possuam maior área radicular, plantas envasadas ou de corte e tem-se despontado nos últimos anos a produção de espécies arbóreas para uso em vias públicas, praças, parques, jardins dentre outras possibilidades (ASSUNÇÃO E SILVA, 2008). Segundo Marques e Caixeta Filho (2002) existe ainda um nicho de mercado para a produção de sementes de espécies ornamentais.

O início da floricultura no Brasil, na década de 30 esteve relacionado com as colônias de imigrantes holandeses, japoneses, alemães (UNEMOTO, 2010), dentre outras e esta influência européia, no início tímida, visava abastecer apenas o mercado interno e com pouca quantidade nas datas comemorativas como o dia das mães e namorados, de finados e natal, tornando-se então, embrião de uma cadeia produtiva significativa dentro do mercado interno. Na década de 70, a colônia portuguesa impulsionou um pouco mais a atividade, pois a mesma era realizada na forma empírica (WANDERLEY, 2010) e alguns anos mais tarde, chegaram-se os holandeses. A partir daí a floricultura se firmou na região de Holambra, São Paulo, o qual anos mais tarde foi criado o Veiling Holambra e este, atua até os dias de hoje (SALOMÉ, 2007, SEBRAE, 2009).

## 2.2 O GIRASSOL (*HELIANTHUS ANNUUS* L.)

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertencente à família Asteraceae e o gênero *Helianthus* é originário de países da América do Norte e América Central, com centro de origem no México. Este gênero possui entre 67 a 70 espécies, que podem ser anuais ou perenes. (DÍAZ-ZORITA, 2003; LORENZI e SOUZA, 2008).

O girassol foi domesticado pelo homem há cerca de 5.000 anos, tendo sido levado para a Europa e Ásia no século XVI onde foi utilizada como planta ornamental e hortaliça (NEVES, 2007). Esta planta é popularmente conhecida como Sonnenblume (alemão), tournesoleil (francês), sunflower (inglês) tazza regia (italiano) (DUARTE et al., 2002). O girassol é considerado a espécie ornamental

oficial do estado do Arkansas nos Estados Unidos e de acordo com Lorenzi e Souza (2008) no Brasil é popularmente denominado como girassol-dobrado, globo-de-ouro ou ainda como, apenas girassol. De acordo com Lorenzi e Matos (2008) pode ainda ser conhecida por corona-solar e margarida-do-peru.

Originário do Continente Americano, o girassol na atualidade é cultivado em praticamente todo o mundo. Segundo Dall’Agnol et al., (1994) as primeiras referências sobre o cultivo desta oleaginosa no Brasil datam de 1924, contudo, este autor salienta que o girassol teria chegado ao país com os primeiros colonos europeus no Sul muito antes desta data. Os plantios comerciais foram iniciados na década de 40 sem sucesso, devido a falta de adaptabilidade à região, dos cultivares utilizados.

Este gênero apresenta flexibilidade de adaptação a diferentes regiões (latitude, longitude e fotoperíodo), o que possibilita a inserção desta cultura em diferentes sistemas produtivos, com diferentes finalidades. A planta apresenta boa tolerância à seca, ao frio e ao calor, além de possuir um ciclo vegetativo, relativamente curto, o que o torna atrativo como alternativa de produção. Do ponto de vista do solo, a lavoura do girassol proporciona melhorias na estrutura e fertilidade dos solos, pois as plantas podem desenvolver um sistema radicular de até dois metros de profundidade, reciclando boa quantidade de nutrientes para as culturas sucessoras (CASTRO, et al., 1996).

Dentre as possibilidades de uso do girassol, destacam-se a produção de grãos, produção de óleos, o uso na floricultura através da produção e comercialização do girassol envasado ou girassol para corte, além do elevado potencial no paisagismo.

As diferentes espécies e variedades de girassol podem apresentar ciclo variando de 90 a 130 dias, dependendo da data de semeadura, das condições ambientais, estando o diâmetro da inflorescência correlacionado com as variações climáticas (MELLO et al, 2006). A seguir, a tabela 2.1, sintetiza os estádios de desenvolvimento da planta do girassol.

**Tabela 2.1** – Estádios de desenvolvimento da planta de girassol.

ESTÁDIOS	DESCRIÇÃO
<b>Ve</b>	Emergência
<b>V(n)</b>	Estágio vegetativo, onde n indica o número de folhas com, pelo menos, 4cm de comprimento
<b>R1</b>	Início da formação de capítulo (forma estrelada)
<b>R2, R3 e R4</b>	Fases de alongação e formação do capítulo
<b>R5</b>	Início do florescimento, subdividido em décimos, de acordo com a percentagem de área já florescida
<b>R6</b>	Floração completa
<b>R7</b>	Início do amarelamento da parte abaxial do capítulo
<b>R8</b>	Parte abaxial amarela, mas com brácteas ainda verde
<b>R9</b>	Maturação fisiológica – brácteas amarelas e marrons
<b>PC</b>	Pondo de colheita (grãos maduros)

**Fonte:** Adaptado de Castiglione et al., (1997).

O girassol é uma planta alógama, de polinização cruzada, realizada, principalmente por abelhas *Apis mellifera* africanizadas. Estas são consideradas mais eficientes e constantes nas visitas as flores do girassol. Na lavoura do girassol, quando são introduzidas colméias, os benefícios na produção de grãos e melhoria na qualidade fisiológica das sementes são grandes. Não se tem estabelecido um número exato de colméias por hectare de plantio, mas é aceito a necessidade dos polinizadores (ACOSTA, 2009).

A planta do girassol (Figura 2.2) apresenta o caule ereto e vigoroso, sendo cilíndrico e maciço em seu interior, que pode ser glabro ou não, ter sua superfície exterior rugosa e não apresentar ramificações. A altura nas variedades comerciais varia entre 50cm e 4m, enquanto o diâmetro da haste varia entre 1 e 10cm (CASTIGLIONI, et al., 1997). Seu sistema radicular apresenta uma parte principal pivotante que pode chegar até 1,5 a 2,0m de profundidade e um sistema de raízes secundárias, que formam cabeleira (CASTRO et al., 1997). Esta característica de formação de intensa área radicular permite à planta uma grande capacidade de realocar nutrientes nas camadas superiores do solo, sendo tida como uma cultura melhoradora de solos. Este típico sistema radicular também favorece a absorção de água do solo, permitindo a planta maior tolerância a períodos seca (GARZA et al., 2001, TEIXEIRA e ZAMPIERON, 2008).

**Figura 2.2** – Detalhe da planta de girassol.



**Fonte:** County (2012)

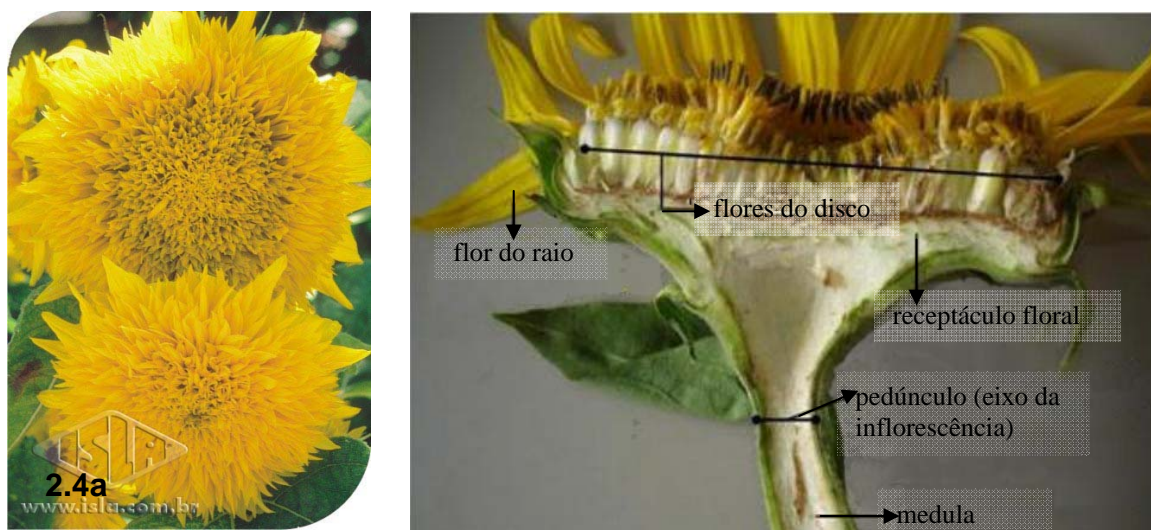
As folhas de girassol podem apresentar até 30cm de largura e 50cm de comprimento, variando em número de 8 a 70, dependendo das condições de cultivo. Suas cores variam do verde escuro ao verde amarelado. Seu pecíolo possui, na parte superior, uma espécie de canaleta que leva a água das chuvas até o caule, onde escorre até a raiz. A espécie apresenta o estágio de desenvolvimento vegetativo, dividido em duas fases, a de emergência e a de desenvolvimento de folhas verdadeiras (CASTIGLIONE, et., 1997).

O número de estádios vegetativos depende do número de folhas verdadeiras. O número de dias correspondentes ao estágio vegetativo varia com o genótipo e com fatores ambientais. Já o estágio reprodutivo é dividido em nove fases baseadas no desenvolvimento da inflorescência, desde seu aparecimento visual até a maturidade fisiológica da semente (BERGLUND, 2007; CASTIGLIONI et al., 1997).

No girassol, as flores estão reunidas em inflorescências (Figuras 2.3a e 2.3b) denominadas capítulos, uma característica típica da família Asteraceae. O capítulo abriga várias flores, geralmente pequenas, assentadas em um receptáculo comum, geralmente plano, mas que fica acentuadamente convexo por

ocasião da maturação dos aquênios. O capítulo é cercado por brácteas involucrais, dispostas em uma ou mais séries, sendo as flores do bordo do capítulo femininas e as do interior hermafroditas. O fruto do girassol é um aquênio de forma oblonga, geralmente achatado, composto de pericarpo, mesocarpo e endocarpo, de tamanho e cor variáveis, conforme as características de cada cultivar (GARZA et al., 2001, TEIXEIRA e ZAMPIERON, 2008).

**Figuras 2.3** – Inflorescência do girassol anão dobrado (A) Corte radial de um capítulo de girassol aos 60 dias após a sementeadura (B).



**Fonte:** **A:** Semente Isla®. **B:** Adaptado de Teixeira e Zampieron (2008), respectivamente.

### 2.2.1 O Girassol como Flor Ornamental

Na Embrapa Soja de Londrina-PR está sediado o Programa de Girassol Ornamental, que desenvolve trabalhos de melhoramento genético para a produção de girassol ornamental com diferentes colorações de lígulas. Uma nova opção para os produtores serão nove tonalidades diferentes: vinho, rosa, rosa claro, rosa escuro, amarelo limão de centro claro, amarelo limão de centro escuro, mesclado, ferrugem e com forma de um raio de sol. O projeto está em fase de multiplicação de sementes que serão disponibilizadas para os produtores. As plantas de girassol colorido apresentam arquitetura diferente, com capítulos menores próprios para a composição de ramalhetes e podem durar até 10 dias. Variedades

multicapituladas também foram desenvolvidas com flores que duram até 25 dias, próprios para o plantio em vasos (FRANCO, 2002).

A utilização do girassol como flor ornamental em vaso é recente e a cultivar *Helianthus annuus* L. cv. “Pacino” foi uma das primeiras espécies destinadas para este tipo de cultivo.

Entre as principais variedades de girassol para cultivo em vaso encontram-se a variedade Big Smile, que apresenta uma única inflorescência com 10 cm de diâmetro e pétalas amarelas circundando o centro negro. A Sundance Kid, que possui uma mistura de pétalas amarelas e bronze, com a inflorescência principal podendo atingir 15 cm de diâmetro. A variedade Sunspot produz uma única inflorescência de até 13 cm de diâmetro com centro escuro e pétalas amarelas. A Ted Bear apresenta várias inflorescências secundárias, sendo a primeira de cor amarelo alaranjado intenso. A variedade Pacino possui pétalas e centro amarelados, com uma inflorescência principal e quatro a cinco inflorescências secundárias (WHYPKER, 1998).

Devido ao trabalho de melhoramento genético, a partir da espécie *H. annuus*, surgiram novos cultivares e entre eles está a ‘Sunny Smile’, que apresenta porte reduzido (anão), altura entre 40 a 50 cm e com inflorescência próxima a 15cm de diâmetro (ROMAHN, 2011).

As características morfológicas e a produtividade dos cultivares de girassol ornamental são influenciadas pelo manejo da adubação e da genética ou por mudanças em fatores específicos da regulação de seu desenvolvimento, como evidenciam os resultados de Curt (2010) avaliando cultivares, épocas de semeadura e pós-colheita de girassol ornamental como flor de corte.

Diferentes cultivares de girassol ornamental estão disponíveis no mercado e muitos são os trabalhos de pesquisa com este segmento da floricultura (NEVES, 2005; FIGUEIREDO et al., 2008; SABBAGH, 2008; CURTI, 2010; ANDRADE, 2012; dentre outros).

As espécies de girassol são, em sua maioria silvestre, de locais abertos e algumas cultivadas como ornamentais, dentre as quais estão a espécies *Helianthus annuus* Linnaeus e *Helianthus argophyllus* Torrey & A. Gray (WHISTLER, 2005) e, segundo Rici (2006) espécies como *Helianthus angustifolius*, *H. atrorubens*, *H. Capenoch star*, *H. Gullick’svariety*, *H. x kellermanii*, *H. Lemon Queen*, *H.*

*Ioddongold*, *H. maximiliani*, *H. Miss mellish*, *H. Monarch*, *H. Morgensonne*, *H. Salicifolius* também apresentam potencial de uso como plantas ornamentais em diferentes opções.

### 2.2.2 O Girassol na Produção de Grãos e Óleo

Atualmente 90% da produção de grãos de girassol é utilizado para a produção de óleo, que proporciona rendimento de 400 Kg de óleo por tonelada de grãos, 150 Kg de casca e 350 kg de torta que contêm entre 45 a 50% de proteína bruta. O óleo de girassol destaca-se dos demais óleos vegetais por suas excelentes características físico-químicas e nutricionais, sendo rico em ácidos graxos essenciais. Ele possui alta relação de ácidos graxos polinsaturados/saturados (65,3% / 11,6%), em média, sendo que o teor de polinsaturados é constituído, na sua quase totalidade, pelo ácido linoléico (65%) em média (CASTRO et al., 1997).

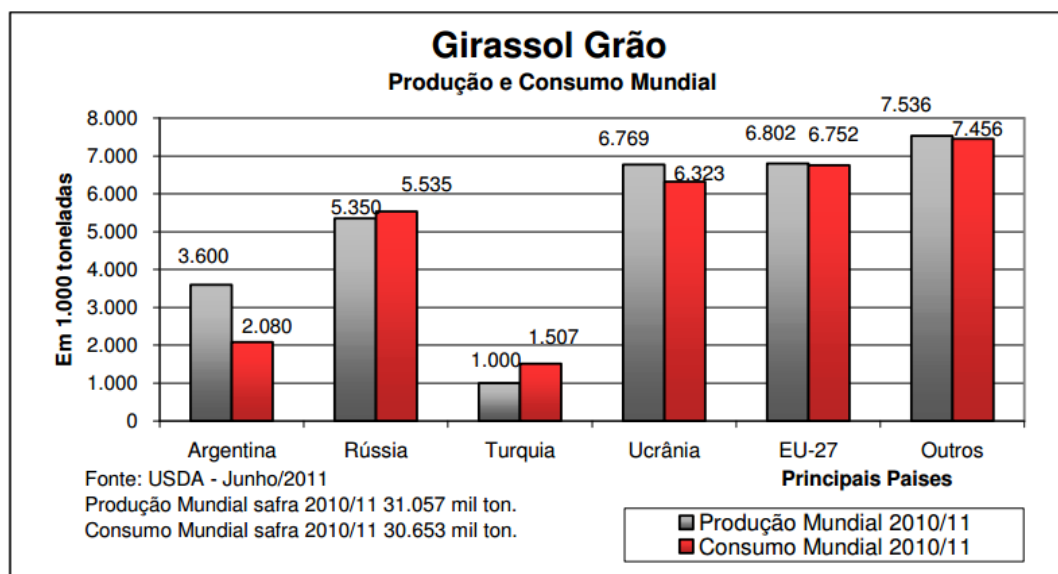
O farelo de girassol é limitado no amonoácido lisina, contudo, é uma fonte excelente de aminoácidos sulfurados, que são limitantes nas leguminosas, tornando o consórcio farelo de girassol e de soja perfeitos para a alimentação animal. O girassol também otimiza a apicultura, pois é um atrativo pasto apícola, proporcionando a produção de 20 a 30 Kg de excelente mel por hectare de plantas (ACOSTA, 2009; MANDARINO, 1992).

O girassol produz concentrado com altos teores proteicos que pode ser utilizado na alimentação humana e animal (CASTRO et al., 1997; MELLO et al., 2006), sendo que o uso da silagem propicia a geração de maior quantidade de massa vegetal úmida por unidade de áreas, melhor qualidade de produto e menor custo de produção nos cultivos de outono, quando comparada com o de milho. Um outro fator que eleva o uso de girassol em silagem é a variação de preço dos grãos como a soja e o milho.

A Figura 2.4 apresenta os números de produção e consumo de grãos de girassol no mundo na safra 2010/11. Das 31.057 mil toneladas de grãos produzidos, 11.332 mil toneladas foram destinadas à produção de óleo e 12.199 para a produção de farelo (CARVALHO, 2011). No Brasil, mesmo com a oferta maior que o consumo 83,33 mil ton. e 58,33 mil ton., respectivamente, ainda se tem a importação de óleo de girassol, provavelmente devido a maior competitividade de

outros países, incluindo do Mercosul, como a Argentina. Esta cultura, por poder ser implantada na safrinha, permite a rotação de culturas, diversificando o uso da terra sendo uma boa ferramenta para projetos de desenvolvimento agrícola.

**Figura 2.4 – Produção e consumo mundial de grãos de girassol.**



Fonte: Carvalho (2011).

No Brasil a área plantada de girassol na safra 2010/2011 e 2011/2012 foi de 66,4 e 74,2 mil ha, respectivamente, com uma produção de 83,1 e 116,1 mil toneladas para cada safra, respectivamente. No estado do Paraná, a produção em 2010 foi de 0,3 mil toneladas e em 2011 de 0,9 mil toneladas, um aumento de 200%. A produtividade em 2011 esteve em 1310 ton/ha (CONAB, 2012). O IBGE (2012) aponta para uma área e produtividade de 77.406 e 122.268, respectivamente.

Existe uma expectativa de aumento na produção de girassol devido ao Programa Nacional de Produção do Biodiesel (PNPB) e pela Lei 11.097/2005 que determina uma mistura de 5% de biodiesel ao óleo diesel consumido no Brasil à partir do ano de 2013 (ARAÚJO, 2005). Para suprir esta demanda, estima-se que serão necessários cerca de 2,5 bilhões de litros de biodiesel ao ano, o que certamente irá alavancar a cultura do girassol, tendo em vista o elevado teor de óleo de suas sementes.

Dentro do gênero *Helianthus* apenas duas espécies são utilizadas como plantas alimentícias, o *Helianthus annuus* e *H. tuberosus*, sendo que este último apresenta tubérculos comestíveis, com alta presença de inulina e chamados pelo nome de “alcachofra-de-jerusalém” e “topinambour”, corruptela francesa de “tupinambá” (LORENZI e MATOS, 2008).

### 3 O SILÍCIO

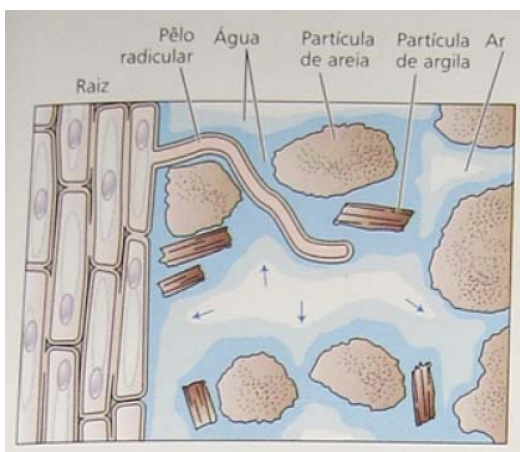
#### 3.1 O SILÍCIO NO SOLO

A palavra silício provém do latim *silex*, uma rocha constituída de sílica (dióxido de silício) amorfa hidratada e sílica microcristalina. A sílica é um componente importante de muitos solos minerais e é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, depois de oxigênio. O termo sílica refere-se à composição química  $\text{SiO}_2$  (com proporção de 1:2) sendo usado como designação genérica das várias formas dos óxidos de silício. Os óxidos de silício são originados tanto em ambientes ígneos de alta temperatura como em ambientes aquáticos de baixa temperatura. O quartzo é o óxido de silício predominante, estando presente praticamente em todos os solos (KÄMPF, et al., 2009).

Os minerais do solo sofrem intemperismo químico e biológico e estes processos variam muito nas suas taxas e é através destes processos que o silício torna-se um soluto na solução do solo (KÄMPF, et al., EPSTEIN, 1994; 2009; RAIJ, 2011, MALAVOLTA, 2006).

O solo é um sistema formado por três fases em equilíbrio: ar (cerca de 25% do volume total), a água (próxima a 23%) e sólida (formada por minerais com 45%) e a porção orgânica com 7%. Figura 3.1.

**Figura 3.1** – Representação esquemática da rizosfera com a presença dos principais componentes presentes na solução do solo.



**Fonte:** Adaptado de Taiz e Zeiger (2004).

A fração mineral é formada principalmente por silicatos, que são minerais primários que, por intemperismo, produzem minerais secundários e liberam nutrientes para as plantas. As argilas são minerais secundários resultantes do intemperismo das rochas (MALAVOLTA, 2006).

Os silicatos são os minerais primários mais importantes das rochas ígneas e o intemperismo produz minerais secundários (argilas, óxidos e hidróxidos) e os libera nutrientes para as plantas. A sílica solúvel é a matéria-prima para a formação de corpos de sílica e é liberado para o solo por desgaste de minerais de silicato, tais como quartzo e feldspato. Por exemplo, feldspato ortoclásio é um mineral presente no solo, passível de ser intemperizado rapidamente, resultando em argilas (caulinita ou montmorilonita), com a liberação de íons de potássio e de ácido monossilícico [ $\text{Si}(\text{OH})_4$  ou  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ], ou também denominado ácido ortossilícico ou simplesmente ácido silícico (KÄMPF, et al, 2009; LIMA FILHO, 2006; MALAVOLTA, 2006).

Estudos demonstram que a forma química do silício (Si) na solução do solo é o ácido silícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), sendo o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) a fonte mais simples, que reage com a água para formar  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  ( $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4$ ). O quartzo é a fonte mais comum de silício e se apresenta de forma cristalina, pouco solúvel e, portanto, não controla a concentração de silício presente na solução do solo, sendo esta concentração derivada de minerais aluminossilicatos, tais como os feldspatos e micas (KÄMPF, 2009; LIMA FILHO, 2010; EPSTEIN, 1994).

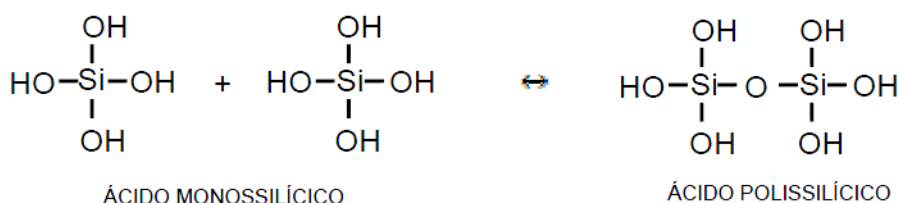
O solo pode ser considerado como aluminossilicato metálico ou um aluminoferrosilicato metálico mais matéria orgânica e mais flora e fauna (MALAVOLTA, 2006). O Silício na litosfera é o segundo elemento mais abundante, perfazendo 28%. Segundo Epstein e Bloom, (2006) a maioria dos solos são predominantemente silicatos e aluminossilicatos. Ainda segundo estes autores, na solução do solo, o silício está presente como ácido silícico ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) em concentrações variando de 0,1 a 0,6 mM, a qual é da ordem de 100 a 1000 vezes maior que a do elemento fósforo. O óxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) é o mineral mais abundante nos solos, constituindo a base da estrutura da maioria das argilominerais, entretanto, em razão do avançado grau de intemperização em que se encontram os solos tropicais, o silício é encontrado basicamente na forma de quartzo, opala

(SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O) e outras formas não-disponíveis às plantas (BARBOSA FILHO et al., 2001, KÄMPF, et al., 2009, EPSTEIN, 2001).

Marschner (1995) e Raij (2011) relatam que o silício está presente na solução do solo principalmente como ácido orto silícico [Si(OH)<sub>4</sub> ou H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>] podendo sofrer polimerização progressiva diminuindo sua solubilidade. A concentração de Si na solução do solo varia entre 3 e 40 mg por litro, estando mais comumente entre 14 e 20 mg/L<sup>-1</sup>. Esta concentração pode diminuir se o pH subir (>7) e também se houver muito sesquióxidos presentes na solução do solo e ocorrer adsorção aniônica, retirando o silício da solução do solo, como o que ocorre nos solos muito intemperizados dos trópicos.

O silício pode ocorrer como uma molécula isolada, o ácido monossilícico [Si(OH)<sub>4</sub>]<sup>-2</sup> ou como polímeros, os ácido polissilícico, que podem ser tetraedros com ligações Si-O-Si, podendo formar sílica dimérica, trimérica e assim por diante (Fig. 3.2).

**Figura 3.2** – Representação esquemática da formação de polímero de silício.



**Fonte:** O autor (2012).

Assim como ocorre com o cálcio, o fósforo e o magnésio, o ciclo do silício possui um elevado dreno abiótico, impedindo uma alta abundância na biosfera. Um destes drenos no solo é a reação do ácido silícico com o alumínio (Al), formando hidroxialuminossilicatos (HAS). A condensação do ácido silícico e a polimerização subsequente, formando a sílica biogênica, representa uma perda elevada de ácido silícico da biosfera e o aumento da quantidade de organismos formadores de sílica tem contribuído com uma redução significativa na concentração de ácido silícico no meio ambiente, pois a reação reversa é ordens de magnitude menor.

O consumo de ácido silícico pelos drenos bióticos e abióticos podem ser compensados pela sua abundância na natureza, contudo, em solos com

intensivo uso, principalmente com culturas acumuladoras de silício pode levar a deficiência deste elemento, tendo em vista que a extração não é compensada, geralmente com a adubação silicatada. Assim, solos que sofrem intensa intemperização e lixiviação, com cultivos sucessivos tendem a apresentar baixos níveis de silício trocável, devido à dessilicificação (RAIJ, 2011; KÄMPF et al., 2009; EPSTEIN, 2001; LIMA FILHO et al., 1999).

Marschner (1995) destaca que a disponibilidade de nutrientes na rizosfera depende, dentre outros fatores, da concentração do nutriente na solução do solo e do transporte destes nutrientes para a superfície radicular e que a concentração de  $\text{Si}(\text{OH})_4$  na solução do solo é de fundamental importância para o suprimento de Si para a raiz.

Os elementos essenciais, os macros e micronutrientes são aqueles sem os quais as plantas não vivem e, benéficos são outros, cuja ausência não leva à morte dos vegetais superiores, mas que, em dadas condições, podem ajudar no crescimento e na produção. Como elemento benéfico presente na natureza existe o silício e o sódio. O Silício contribui para o crescimento e a produção de diversas maneiras, seja por melhorar as condições físicas, físico-químicas e químicas desfavoráveis, contribuindo diretamente para a nutrição, aumentando a resistência a pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006, RODRIGUES, et al., 2011).

### 3.2 SILÍCIO NO CULTIVO DE PLANTAS ORNAMENTAIS

A literatura apresenta trabalhos com o uso de silício em espécies de uso ornamental, seja em condições de campo, estufa em vaso ou mesmo em hidroponia.

Carvalho et al., (2009) avaliando o efeito de diferentes doses de silício, via substrato na produção de um híbrido de girassol ornamental cultivado em vaso em casa de vegetação verificaram que a melhora na produção foi devido a dose e, não ao parcelamento das doses durante o ciclo da planta. Obtiveram aumento na matéria seca e diâmetro da inflorescência e, também houve um incremento na característica matéria seca das raízes. Estes autores concluíram que o girassol ornamental é uma planta acumuladora de silício, devido ao aumento deste elemento nos tecidos da planta com as doses utilizadas.

A colheita do girassol decorre no período da manhã ou no início da noite. As plantas e as flores devem estar livres de orvalho ou umidade e as inflorescências não devem apresentar-se totalmente abertas. Os caules devem ser cortados o mais longo possível e imediatamente devem ser imersos em água limpa contendo conservante para flores.

As ferramentas utilizadas na colheita devem ser desinfetadas para evitar a entrada de doenças nas hastes. Até o momento do processamento das flores, elas devem ser mantidas sob refrigeração com 85 a 90% de umidade relativa do ar. A durabilidade da inflorescência no vaso é entre 7 a 10 dias e, as variedades que não produzem pólen, além de não acarretar problemas com possíveis alergias e a liberação de pólen, também apresentam maior longevidade.

Gast (1995) avaliou trinta e três cultivares de girassol com potencial para uso na floricultura. As hastes foram colhidas com comprimento próximo à 45 cm, colocadas em água limpa e mantida em câmara fria (4°C) durante aproximadamente 24 horas. Após, retirou-se 15 cm das hastes e estas foram mergulhadas em solução comercial conservante chamada Prolong. O estudo concluiu que a vida pós-colheita foi diferente entre as variedades testadas e, sendo que 22 variedades resultaram na longevidade de 10 dias, que é o recomendado e, dentre estas, oito tiveram tempo de pós-colheita maior quando mantidas com o conservante comercial.

Carvalho, et al, (2009) em trabalho com girassol utilizou silicato de potássio (12% de Si e 15% de K) para verificar o efeito do parcelamento de diferentes doses silício na produção de girassol ornamental e Carvalho-Zanão et al., (2012) também utilizaram metassilicato de potássio, numa concentração total de 800 mg/Kg<sup>-1</sup>.

Em experimento com plantas de *Zinnia*, girassol e gérbegas, Kamenidou (2005) avaliaram diferentes fontes silício (silicato de potássio, silicato de sódio e casca de arroz carbonizada-20% de Si) e constataram que a fonte de silício influencia os teores deste elemento, aumentando em três vezes os teores, quando comparados ao controle, nas plantas de *Zinnia*.

Carvalho et al, (2012) trabalhando com diferentes variedades de crisântemo avaliaram a absorção de silício, a qualidade de vida, produtividade e tempo de prateleira das inflorescências dessas cultivares, com a aplicação de silício

no substrato por meio de fertirrigação. Estes autores concluíram que as variedades são acumuladoras de silício, contudo, não houve alteração nas características produção e vida útil das flores, contudo, uma das cultivares apresentou maior número de inflorescências por vaso e precocidade.

Soares et al., (2008) trabalharam com um híbrido de orquídea (*Hadrolaelia lobatta* x *Hadrolaelia purpurata* aço) avaliando duas fontes diferentes de silício (silicato de sódio e Supra Potássio<sup>®</sup>) aplicados separados e na mistura 1:1, via foliar. Os autores avaliaram o crescimento das plântulas em do híbrido de orquídea em casa de vegetação e concluíram que houve diminuição nos parâmetros analisados, como número de folhas, comprimento da parte aérea, número de raízes, comprimento da maior raíz, massa fresca de raíz e, na massa seca de raízes concluíram que, não seria recomendada a utilização de silicato de sódio em casa de vegetação para este híbrido de orquídea.

Em trabalho com rosas cultivadas em hidroponia, Savvas et al, (2007) analisaram a interação entre o silício e a exposição à salinidade no cultivo. A fonte de silício foi o silicato de potássio e, o NaCl foi adicionado à solução nutritiva. Os autores puderam verificar que a presença do silício proporcionou crescimento vegetativo e melhoria na qualidade das flores das plantas, mesmo com as plantas submetidas a salinidade. Verificou-se ainda, que as folhas mais velhas tinham um tom de verde mais escuro e estiveram menos propensas à senescência.

McAvoy e Bible, (1996) trabalhando com silicato de sódio em *Euphorbia pulcherrima* (Poinsettia) na tentativa de reduzir a incidência e a severidade da necrose da bráctea, utilizaram duas formas de aplicação da solução contendo silício, uma como rega no substrato e a outra foliar. Observou-se que a aplicação do silício não curou a doença, contudo, diminuiu a taxa de transpiração, reduzindo assim a severidade da doença. Neste estudo, a aplicação via foliar se mostrou mais eficiente.

Em outro experimento, Kamenidou et al., (2010) avaliou o fornecimento de duas fontes de silício com aplicação via foliar no cultivo de gérberas e, observaram o aumento no pedúnculo das flores. Os resultados indicam a possibilidade de uso de silício via foliar. Houve ainda, o aumento na altura e diâmetro das flores sendo que, os autores inferem que estas respostas devam-se a

um efeito indireto, com a redução da transpiração e, não a um efeito direto da acumulação do silício nos tecidos das plantas tratadas.

Carvalho-Zanão et al., (2012) avaliaram três cultivares de crisântemo cultivados em vaso, submetidos a duas doses de silício no substrato e não observaram aumento na produção ou longevidade pós-colheita das inflorescências. Por outro lado, constatou-se um aumento nos teores deste elemento nas folhas.

### 3.3 O SILÍCIO NAS PLANTAS

As plantas das famílias *Poaceae*, *Equisetaceae* e *Cyperaceae* apresentam maiores teores foliares de silício, estando esta diferença relacionada com o mecanismo de absorção deste elemento (MARSCHNER, et al., 2001).

O silício é absorvido pelas plantas como ácido monossilícico (RAIJ, 2011, RODRIGUES, et al., 2011), sendo a absorção um processo passivo em gramíneas como arroz, trigo e cevada, com o silício acompanhando o fluxo de massa da água que penetra nas raízes das plantas.

Ma et al., (2004) caracterizaram o sistema de captação de silício em raízes de arroz e verificaram a presença de um transportados de silício à partir da solução externa para as células corticais das raízes (SIT1) e um outro transportador para realizar o carregamento do silício para o xilema (SIT2). Raij (2011) sugere que algumas espécies de plantas possuem também um mecanismo que limita a absorção de quantidades elevadas de silício. Nas dicotiledôneas, como no caso do girassol, o transporte é ativo e exige gasto de energia, mesmo quando as raízes estão em presença de altas concentrações deste elemento.

O silício melhora a resistência das plantas a doenças, proporciona proteção contra temperaturas extremas e ao estresse salino, promove resistência mecânica em colmos e folhas, diminui a herbivoria (LIMA FILHO, 2010) e outros tipos de estresses, tanto bióticos como abióticos, também são atenuados com a aplicações de silício nas plantas.

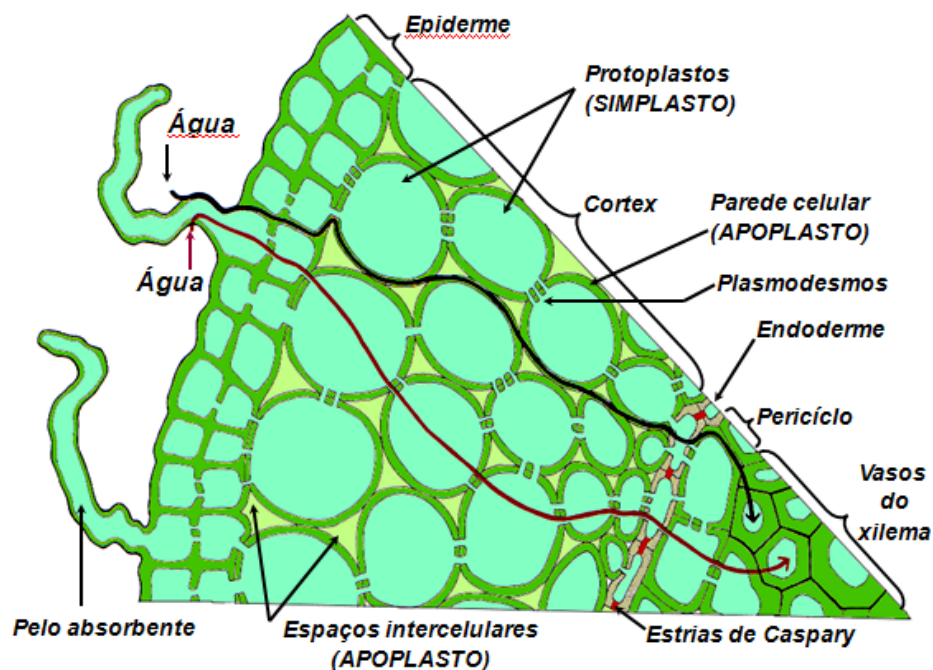
Dentre os principais efeitos do silício nas plantas pode ser destacado: a influência na morfologia da parte aérea, na transpiração e na fotossíntese. Quando o silício é depositado na parede celular, um dos efeitos é a

diminuição da transpiração, melhorando a eficiência no uso da água (DATNOFF et al., 2001, MALAVOLTA, 2006).

A presença de silício torna as folhas mais eretas o que proporciona diminuição no auto-sombreamento, acarretando melhoria na interceptação de luz e consequentemente melhora nas taxas fotossintéticas. O silício aumenta o teor de clorofila nas folhas e infere-se que este mineral forme complexos com enzimas, como o observado em cana-de-açúcar, os quais funcionem como protetores ou reguladores da fotossíntese. Há também menor acamamento das plantas, devido a maior resistência do caule, melhorando a resposta da adubação nitrogenada (MALAVOLTA, 2006).

O transporte do silício da raiz até a parte aérea das plantas se dá via xilema, onde altas quantidades deste se depositam nas células das paredes desses vasos. Este depósito pode funcionar como um reforço estrutural, podendo colaborar para evitar o colapso dos mesmos quando a planta transpira muito. O transporte do silício na raiz é em parte apoplástico, mas o Silício tem que passar ao simplasto para chegar ao xilema (Figura 3.3).

**Figura 3.3** – Esquema da entrada da solução do solo na raiz das plantas, evidenciando as vias simplasto e apoplasto.



Fonte: Organizado pelo Autor (2012).

A redistribuição do silício é muito baixa, pois ele é depositado como sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) “opala”, ou como as estruturas chamadas fitólitos. Os fitólitos são tridimensionais, o que impede sua mobilidade no floema. Nas gramíneas e cereais, grande parte do silício está presente como uma película contínua de opala hidratada ou de complexo sílica-orgânica na parede celular (INANAGA e OKASAKA, 1994).

A influência do silício na relação entre o P, Fe, Mn e Al pode ser benéfica, quando em solos ácidos e com excesso de Mn, ocorre uma maior distribuição do Mn no tecido das plantas, diminuindo as manchas escuras de Mn oxidado e de polifenóis oxidados. O silicato promove a precipitação do alumínio no solo graças à elevação do pH (gerando  $\text{OH}^-$ ). Pode também haver a formação de hidroxialuminossilatos na superfície e no apoplasto da raiz. No arroz, há um aumento no diâmetro e na rigidez do aerênquima, um espaço cheio de ar presente no colmo e nas raízes, o que aumenta o transporte de  $\text{O}_2$  até a rizosfera, facilitando a oxidação do Fe e do Mn em excesso e assim diminuindo sua toxidez pela conversão em óxidos menos disponíveis para as plantas (MALAVOLTA, 2006).

Na ausência de silício, pode haver decréscimo na incorporação de P inorgânico na molécula de ATP (Adenosina Trifosfato), no ADP (Adenosina Difosfato) e nos açúcares-P em cana-de-açúcar. Em trigo pode haver a diminuição na quantidade de lignina da parede celular, com aumento de compostos fenólicos (MALAVOLTA, 2006; MA et al, 2001).

A resistência a pragas e doenças se deve a uma barreira mecânica formada na folha, assim como ao estímulo à produção de compostos secundários de defesa. A camada de sílica amorfa nas folhas reduz a transpiração e associação deste com componentes da parede celular a torna menos acessível à ação das enzimas de degradação, dificultando assim a penetração de hifas de fungos (BARBOSA FILHO et al., 2000).

Há também a produção de compostos Si-fenóis que tem atividade fungistáticas, que aumentam a atividade da quitinase, enzima que degrada a parede celular dos fungos invasores (MORAES, et al., 2005; CARRÉ-MISSIO, 2009; McAVOY e BIBLE, 1996). Há evidências de que o silício atua na modulação da biossíntese da lignina, composto base para a rigidez das paredes celulares. Alguns autores comparam a deposição de silício com a de lignina na parede celular

(MARSCHNER, 1995; EPSTEIN, 1994). Com a formação da camada de silício, o ataque de insetos sugadores e de animais herbívoros diminui.

### 3.4 FONTES DE SILÍCIO

Compostos comerciais como estão presentes no mercado como soluções fluídas e rochas silicatadas, dentre os quais: Silifertil<sup>®</sup> (Silifertil Ambiental Ltda.), Microton<sup>®</sup> (Estelar Com. & Ind. de Imp. e Exp. Ltda.), Siligran<sup>®</sup> (Fertion Indústria de Fertilizantes Ltda.), TermofosfatoYoorin<sup>®</sup> (Yoorin Fertilizantes Ltda.), Siligesso<sup>®</sup> (Agronelli Insumos Agrícolas Ltda.), Sili-K<sup>®</sup> (Unaprosil Ind. Com. de Prod. Químicos Ltda.), Itafertil<sup>®</sup> (Mineração São Judas Ltda.) e Sifol<sup>®</sup> (Wox Agrociência Comercial Ltda.). Várias são as fontes básicas de silício utilizadas em agronomia conforme descritas na tabela 3.4, apresentada abaixo.

**Tabela 3.1** – Características de fontes de silício.\*Monsanto / Calcium Silicate Corp; \*\*Sub produto de siderurgia.

FONTE	Si total	Si em ácido cítrico 2%	Fração solúvel (%)
	%Si		
Escória de silicato de Ca*	21,1	14,8	70
Wollastonita – Silicato de Ca	23,1	Traços	0
Escória Minas Liga**	39,2	0,05	0
Silicato mg grosso	27,8	Traços	0
Silicato mg fino	27,7	Traços	0
Escória Piau**	8,5	6,9	82
Yoorin	10,8	10,4	96

Fonte: Malavolta (2006)

O Decreto Lei nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 incluiu o silício como micronutriente benéfico na Legislação para Produtos e Comercialização de Fertilizantes e Corretivos, podendo ser comercializado de forma isolada ou em mistura com outros nutrientes e a Instrução Normativa nº 5, de 23 de fevereiro de 2007 no Anexo II foi aprovada a comercialização de produtos fertilizantes minerais contendo Silício (MAPA, 2011).

Kamenidou (2005) observaram que o uso de casca de arroz carbonizada foi menos eficiente na acumulação de silício nos tecidos de *Zinnia*

quando comparada com o  $\text{NaSiO}_3$ ,  $\text{KSiO}_3$  foliar e  $\text{KSiO}_3$  incorporado ao solo. Também avaliaram o efeito da suplementação de silício ( $\text{NaSiO}_3$ ) na resistência e condução estomática de folhas de *Zinnia*, tendo sido utilizadas aplicações foliares de 0,0; 50 e 100  $\text{mg.L}^{-1}$  de silício em pulverização foliar e também aplicação via solo, nas mesmas concentrações semanais.

A cultura que mais acumula silício em seus tecidos e se beneficia da presença deste é o arroz (MA, et al., 2001). No cultivo do arroz, o silício contribui no aumento da produtividade devido a redução da incidência de doenças fúngicas e proporciona rigidez às plantas, evitando o acamamento.(DATNOFF et al.,1991; KORNDÖFER e DATNOFF, 1995; MENZIES et al., 2001; KORNDÖRFER, 2005). Barbosa Filho et al., (2001) avaliando o silicato de cálcio em arroz de sequeiro, observaram aumento linear no rendimento de grãos, com correlação significativa e positiva dos teores de silício e cálcio no solo e aumento de pH devido a aplicação do silicato de cálcio.

## 4 ARTIGO

### SILÍCIO NA LONGEVIDADE DE GIRASSOL ENVASADO

#### 4.1 RESUMO

O mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais mobilizou no ano de 2011 R\$4,3 bilhões. O girassol (*Helianthus annuus* L.) tem grande potencial para uso como flor de corte e de vaso e trabalhos de melhoramento genético desta espécie têm disponibilizado, para o mercado consumidor, cultivares diferenciadas, tanto em relação à coloração e número de inflorescências quanto à altura da planta. O silício é o segundo elemento mineral mais abundante na terra e diversos estudos têm relatado que ele aumenta a resistência das plantas a doenças e a diversos tipos os estresses bióticos e abióticos. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses e periodicidades de aplicação de silício em plantas de girassol ornamental (*H. annuus* cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão). O cultivo foi realizado na cidade de Campo Mourão-PR, em ambiente protegido, em potes nº 13 com substrato o Tropstrato Vida Verde<sup>®</sup>, irrigação localizada e fertirrigação semanal com o adubo Peter's<sup>®</sup>. Foram preparadas parcelas com 7 plantas envasadas, tendo cada uma recebido 0,0 (Controle); 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 g/L<sup>-1</sup> de ALG SIL<sup>®</sup>, em irrigação foliar em dose única e semanal. As variáveis analisadas foram: diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), altura da planta (AP), diâmetro da inflorescência (DF), massa fresca (MF), massa seca (MS), longevidade das inflorescências e teor de silício na folha. Para avaliar a longevidade das inflorescências, uma equipe previamente treinada analisou, durante 17 dias, as parcelas experimentais, atribuindo notas de 0 a 4 as flores, conforme tabela descritiva previamente elaborada. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados e os dados submetidos à análise de variância teste de Duncan a 5%. Afim de analisar o acúmulo de silício nas folhas de girassol, foram realizadas análises laboratoriais e por espectroscopia de energia dispersiva (EDS-OXFORD). Para os parâmetros DC, NF, AP e DF não houve interação entre as doses de silício e as periodicidades testadas, porém observou-se interação significativa no parâmetro massa fresca e massa seca. As análises estatísticas revelaram que a aplicação semanal de silício reduziu a massa seca total das plantas deste girassol ornamental, proporcionalmente à dose aplicada, mas aumentou a longevidade das inflorescências. A quantidade de silício presente na massa seca das folhas foi de 541,50mg/kg<sup>-1</sup> na aplicação semanal, e 528,40 mg/kg<sup>-1</sup> na aplicação única e tratamento no controle de 476,60 mg/kg<sup>-1</sup>. A espectroscopia mostrou a presença de silício nos tricomas foliares, inclusive nas amostras do tratamento controle, revelando ser esta uma planta do tipo intermediária, quanto ao acúmulo deste elemento.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus*. Asteraceae. Ácido monossilícico.

## SILICON IN LONGEVITY OF SUNFLOWER BOTTLED

### Abstract

The Brazilian market for flowers and ornamental plants mobilized in 2011 U.S. \$ 4.3 billion. The sunflower (*Helianthus annuus* L.) has great potential for use as cut flowers and pot and plant breeding of this species are available to the consumer market, differentiated cultivars, both in relation to color and number of inflorescences on height Plant. Silicon is the second most abundant mineral element on earth and several studies have reported that it increases the resistance of plants to disease and various types of biotic and abiotic stresses. This study aimed to evaluate the influence of different doses and frequencies of silicon application on ornamental plants of sunflower (*H. annuus* cv. *Folded Garden Yellow Dwarf*). Cultivation was carried out in Campo Mourão-PR in greenhouse in pots #13 with the substrate Tropstrato Vida Verde<sup>®</sup>, drip irrigation and fertirrigation weekly with Peter's<sup>®</sup> fertilizer. 7 plots were prepared with potted plants, each having received 0.0 (control), 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 g/L<sup>-1</sup> ALG SIL<sup>®</sup>, irrigation single dose foliar and weekly. The variables analyzed were: stem diameter (DC), leaf number (NF), plant height (AP) diameter of the flower (DF), fresh weight (FW), dry matter (DM) content and longevity of the flowers silicon in the leaf. To assess the longevity of the flowers, a team examined previously trained for 17 days, the experimental plots, assigning grades 0-4 flowers as descriptive table previously prepared. The experimental design was a randomized block design and data were submitted to ANOVA Duncan test at 5%. In order to examine the accumulation of silicon in the leaves of sunflower, and laboratory analyzes were performed by energy dispersive spectroscopy (EDS-OXFORD). For the parameters DC, NF, and DF AP there was no interaction between the silicon and the doses tested frequencies, but there was a significant interaction parameter in fresh weight and dry weight. Statistical analyzes revealed that the weekly application of silicon reduced the total dry mass of the plants of this ornamental sunflower, proportionally to the applied dose, but increased the longevity of the flowers. The amount of silicon present in the leaf dry weight was 541.50 at mg/kg<sup>-1</sup> weekly application, and the application 528.40 mg/kg<sup>-1</sup> single treatment to control mg/kg<sup>-1</sup> 476.60. Spectroscopy showed the presence of silicon in leaf trichomes, even in samples from the control treatment, revealing that this is an intermediate plant type, as the accumulation of this element.

**Keywords:** *Helianthus annuus*. Asteraceae. Acid monosilícico.

## 4.2 INTRODUÇÃO

O mercado mundial de flores e plantas ornamentais vive um momento de grande competitividade e expansão, com inovações tecnológicas na produção, pós-colheita e logística de distribuição. A União Européia, Estados Unidos e Japão concentram o mercado mundial de flores e plantas ornamentais, com a Colômbia, Equador e a Costa Rica, na América Latina, e a China, na Ásia, se destacando cada vez mais dentro deste segmento. Quanto ao consumo, a União Européia é o principal mercado e a Holanda, o maior fornecedor, seguido do Quênia, Israel, Colômbia e Espanha. No Brasil a área estimada com este segmento é de aproximadamente 9.000 hectares, gerando 194.000 empregos diretos e 77.000 indiretos. A cadeia produtiva de flores pode ser utilizada para gerar desenvolvimento, gerando renda para pequenas propriedades, contribuindo para a fixação do homem no campo.

Dentre as espécies com potencial para ser utilizada como flor de corte ou vaso está o girassol (*Helianthus annuus* L.), pertencente à Família Asteraceae. Muitos trabalhos de melhoramento genético estão sendo realizados para a obtenção de cultivares aptos à floricultura, como ausência de pólen nos capítulos, diminuição do porte das plantas e variação nas cores das flores. As características que determinam o valor comercial da planta de girassol para a comercialização são o diâmetro da inflorescência e diâmetro e comprimento do caule.

A sílica é um componente importante de muitos solos minerais e é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, depois de oxigênio. O Si é absorvido pelas plantas como ácido monossilícico (RAIJ, 2011) e sua redistribuição é muito baixa, pois ele é depositado como sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) “opala”, ou como as estruturas chamada fitólitos, que devido a sua forma não são móveis no floema.

O silício melhora a resistência das plantas a doenças e outros tipos de estresses, tanto bióticos como abióticos. A resistência a pragas e doenças se deve a uma barreira mecânica formada na folha, assim como ao estímulo à produção de compostos secundários de defesa. Várias são as fontes de silício comerciais presentes no mercado como soluções fluídas e rochas silicatadas.

Vários estudos têm constatado aumento na espessura da parede celular de tecidos tratados com silício. Também pode ocorrer a formação de fitólitos com diferentes morfologias e distribuição, proporcionando rigidez ao tecido.

Diversos estudos com plantas têm constatado alterações morfológicas e de produtividade em resposta ao uso de silício, assim este estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses e diferentes formas de aplicação de silício na qualidade de planta e longevidade de flores de girassol ornamental *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.

### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 4.3.1 Localização do Cultivo de Girassol

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (Figura 4.1) da Faculdade Integrado de Campo Mourão, na cidade de Campo Mourão-PR, situada nas coordenadas geográficas de 24°02'38" de Latitude Sul e 52°22'40" de Longitude, com altitude média de 630 metros, no período de Abril a Julho de 2012.

**Figura 4.1** – Vista da Casa de Vegetação da Faculdade Integrado de Campo Mourão, Campo Mourão-PR.



**Fonte:** O autor (2012)

Segundo a classificação de Köppen, o clima na região é tido como Cfa, que caracteriza clima Subtropical Úmido Mesotérmico, com a presença de verões quentes e reduzida frequência de geadas, com a tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem haver estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22°C e a média dos meses com temperaturas mais baixas é inferior a 18°C.

#### 4.3.2 Material Botânico

A variedade de girassol ornamental utilizada neste estudo foi *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão (Figura 4.2). Esta variedade foi escolhida devido a suas inflorescências não apresentarem pólen, um fato desejável para o mercado de flores, pois a quantidade de pólen produzida pelas espécies deste gênero é grande e ao se desprenderem da flor podem se acumular no ambiente, além de poder ocasionar irritações respiratórias. As inflorescências desta variedade possuem capítulos com quantidade redobrada de flores, o que proporciona um visual atrativo para o comércio. É uma variedade considerada precoce e de porte baixo, sendo ideal para o cultivo e vaso.

**Figura 4.2** – Planta de *Helianthus annuus* cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.



**Fonte:** O autor (2012).

As sementes de girassol cv. jardim dobrado amarelo anão foram adquiridas em distribuidora de produtos holerícolas e a sementeira foi realizada durante o mês de maio, em bandejas de isopor de 128 células, com duas sementes por célula em substrato Tropstrato Vida Verde®. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação tipo arco, com plástico de 200 micras transparente, chão de concreto e bancadas de crescimento de ferro articuláveis.

A temperatura média no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento, desde a germinação, esteve em torno de 21,8°C e a URA entre 40 a 70%, registrados com o auxílio de wireless weather station with pc software model WMR928NX. Após a germinação foi realizado o raleio das plântulas, deixando uma plântula por célula (Figura 4.3).

**Figura 4.3** – Plântulas de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.



**Fonte:** O autor (2012).

Para o cultivo em vaso, foi utilizado potes de plástico tipo holambra, número 13 (0,725 litros), com dimensões de 9,1 cm, de altura, 12,5 cm de diâmetro superior e 9,3 cm de diâmetro inferior. O transplante para os potes de crescimento foi realizado em 28 de maio de 2012. (Figura 4.4).

**Figura 4.4** – Plantas de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão transplantada aos 15 dias após germinação.



**Fonte:** O autor (2012).

O crescimento das mudas foi realizado com o uso do substrato comercial Tropstrato Vida Verde<sup>®</sup>, sendo este submetido a análise química no mês de maio de 2012 no laboratório Laborsolo, Londrina-PR, e apresentou as características químicas: pH (CaCl<sub>2</sub>)= 5,6; K= 0,60 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Ca= 21,3 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg= 4,3 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Al= 0,05 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; H + Al= 5,35 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; P= 52,9 mg/dm<sup>3</sup>; Si= 71240,00 mg/Kg (71,24 g/Kg substrato); Densidade seca = 200 kg/m<sup>3</sup>.

A irrigação utilizada foi do tipo localizado no pote e, o volume diário de água foi de 120 mL<sup>-1</sup>/pote, sempre no período da manhã, visando proporcionar melhores condições de umidade e desenvolvimento da planta e, também evitar o molhamento excessivo do substrato durante o período da noite. Nos dias mais quentes, efetuou-se até duas irrigações diárias.

Na primeira semana após o transplântio (após 6 dias), deu-se início a fertirrigação semanal, na quantidade de 120 mL<sup>-1</sup>, de solução para cada vaso. Foi utilizado um mini pulverizador estacionário elétrico Modelo 1113-01 da marca Guarany<sup>®</sup>, com vazão máxima de 3.8 L/min, pressão máxima de 4 Bar, ponta regulável de 0,6L/min, mangueira (PVC) 5,16" x 10m.

A calda contendo os elementos minerais foi preparada com o adubo solúvel Peter's<sup>®</sup> 20-10-20 na proporção de 1,5 gramas do adubo por litro de água, pesado com o auxílio de balança de precisão Gehaka<sup>®</sup> e preparada no momento da aplicação, no período da manhã. Nas duas últimas semanas de cultivo (8<sup>a</sup> e 9<sup>a</sup> semanas) a formulação utilizada na fertirrigação foi Peter's<sup>®</sup> 15-0-15, na quantidade de 1 grama por litro.

As soluções contendo silício foram preparadas no momento da aplicação com o auxílio de balança de precisão Gehaka<sup>®</sup>. Após, o preparo as

soluções, estas foram vertidas em um pulverizador e aplicadas via foliar nas plantas, sem contato com o substrato do vaso. Este procedimento deu-se início na primeira semana após o transplântio até ao início da abertura das inflorescências, a qual ocorreram após seis semanas de aplicações.

Os tratamentos consistiram de 5 doses de silício do produto comercial ALG SIL® de composição: SiO<sub>2</sub> (94,6%); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3,38%); TiO<sub>2</sub> (0,21%); Fe<sub>2</sub>O (0,23%); CaO (0,42%); MgO (0,44%); Na<sub>2</sub>O (0,18%); K<sub>2</sub>O (0,11%); MnO (0,01%); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,01%); P (0,43%). As doses de silício testadas foram: 0,0 g/L<sup>-1</sup> (controle), 1.5 g/L<sup>-1</sup>, 3.0g/L<sup>-1</sup>, 4,5 g/L<sup>-1</sup> e 6,0 g/L<sup>-1</sup>, em duas épocas de aplicação, Semanal (A) e Única (B).

Durante o desenvolvimento das plantas nos potes houve o crescimento de plantas oportunistas, que foram controladas manualmente. Na quarta semana após o transplântio foi realizada uma pulverização com o inseticida Acefato, na dose de 1 grama por litro de água para o controle de pulgões e outras pragas.

As variáveis analisadas foram: diâmetro do caule, número de par de folhas, altura da planta, diâmetro das inflorescências, massa fresca, massa seca, longevidade das inflorescências e teor de silício na folha.

Para a realização das análises referentes à longevidade de flores teve início quando as plantas estavam na fase apropriadas para serem comercializadas, que se iniciou em 10 de julho/2012 e se estendeu até o mês de agosto, tendo sido realizadas diariamente, por um período de 17 dias.

O momento para as avaliações da qualidade das flores tiveram início quando as inflorescências estavam desabrochando. O público selecionado para a avaliação diária da qualidade das flores foi composto por funcionários e discentes da Faculdade Integrado de Campo Mourão, onde o experimento foi realizado.

As pessoas receberam treinamento de duas semanas para realizar a avaliação conforme a escala do modelo proposto por Assis et al., (2003). A Figura 4.5, mostra os padrões de qualidade das pétalas e as referidas notas que foram atribuídas pelos avaliadores.

**Figura 4.5** – Representação dos critérios visuais de turgidez utilizados para a avaliação sensorial e atribuição de notas diárias às flores de girassol de jardim dobrado amarelo anão.



**Fonte:** O autor (2012).

Para o registro da nota individual de cada vaso, foi montada uma planilha correspondente à localização física dos vasos na bancada de cultivo, previamente determinada por sorteio no momento da instalação do experimento.

A Tabela 4.1 descreve o significado das notas que foram atribuídas às flores pelos avaliadores diariamente, tendo por base o padrão estabelecido para girassol envasado, do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2012).

**Tabela 4.1** – Descrição das características referentes às notas de 4 a 0, a serem consideradas para as avaliações diárias das inflorescências de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.

Nota	Critério
4	Plantas adequadas para comercialização por apresentar condições ideais, tais como a altura, aspecto geral da planta, sem defeitos graves (danos de doenças, danos de pragas, danos mecânicos e folhas amarelas) e leves (queima por fitoxidez, resíduo químico), além de aspectos com a turgidez geral das plantas..
3	Apresenta condições de comercialização, porém suas inflorescências apresentam pequenas alterações nas características desejadas.
2	Inadequada para a comercialização, por apresentarem inflorescências com flores levemente murchas e/ou manchadas.
1	Inadequada para a comercialização, por apresentarem inflorescências com flores murchas e/ou manchadas.
0	Inflorescência com ausência de flores ou, se presentes, ressecadas.

Após a avaliação da longevidade das inflorescências, foi dado início ao procedimento de avaliações quanto à massa fresca e massa seca, realizadas no laboratório da Faculdade Integrado de Campo Mourão-PR.

Para o teor de silício, foram transportados exemplares do tratamento controle e dose máxima, quanto às aplicações única e semanal. Para tal

procedimento, selecionou-se, aleatoriamente (por sorteio), uma planta para representar o tratamento e desta, que foi etiquetado com os dados referentes à procedência dentro do experimento e entregue ao laboratório para a análise química.

A variável diâmetro do caule, altura da planta, diâmetro das inflorescências e longevidades das inflorescências, tiveram avaliações diárias. Para as variáveis, número de folhas por planta, massa fresca, massa seca e teor de silício na folha, foram realizadas ao final do experimento.

Durante o período de avaliação quanto à variável diâmetro de caule e da inflorescência, estes foram registrados com o auxílio de paquímetro Digital Caliper Modelo ZAAS Precision8<sup>®</sup> Amatoools.

Para a variável altura de planta foi utilizado uma trena Modelo Vonder Plus, com três metros e fita 16 mm. No que se diz respeito a variável massa fresca foi utilizada balança de precisão Gehaka<sup>®</sup> para auxiliar com maior precisão os resultados e para a variável massa seca, as plantas foram dividida em parte aérea (inflorescências, caule, folhas) e parte radicular (raíz), as quais foram acondicionadas, separadamente em sacos de papel craft e pesadas com balança de precisão Gehaka<sup>®</sup> para melhor precisão aos resultados.

No procedimento de secagem do material obtido durante avaliação da massa fresca, utilizou-se estufa com ventilação forçada a 65°C até atingir massa constante, o que ocorreu após 72 horas, quando foram pesadas novamente. Este equipamento é de propriedade da Faculdade Integrado de Campo Mourão.

O teor de silício presente nas folhas, foram avaliados através da seleção de amostras representativas dos tratamentos controle 0,0mg/Kg<sup>-1</sup>, aplicação dose única e semanal nas concentrações 6,0mg/Kg<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x5, com 7 repetições. Foram avaliadas cinco doses de silício e duas épocas de aplicação sendo, os resultados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5%. O teste de Duncan foi escolhido por este ser uma ferramenta com maior probabilidade de encontrar diferenças, pois leva em consideração o número de médias abrangidas, sendo que o teste de Tukey tem um valor único como comparador (Silva e Azevedo, 2009). As variáveis analisadas foram: diâmetro do caule (DC), número de par de folhas (PF),

altura da planta (AP), diâmetro de inflorescência (DI), massa fresca (MF), massa seca (MS), longevidade da inflorescência após florescimento e teor de silício na folha.

Para a detecção da presença do silício nas folhas, as amostras foram analisadas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS-OXFORD), software INCA, acoplado ao MEV – FEI Quanta 200 (Figura 4.6), no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Universidade Estadual de Londrina. Para o preparo das amostras foram retirados discos foliares de aproximadamente 1 cm de diâmetro das folhas mais velhas de três indivíduos cada tratamento e fixadas em FAA (formol 5% , álcool etílico 90% e ácido acético 5%), permanecendo por 48 horas em temperatura ambiente.

A seguir, as amostras foram seccionadas ao meio e desidratadas em séries crescentes de etanol (70%, 80%, 90% e 100%) durante o tempo de 15 min, 15 min, 15 min e 20 min e, posteriormente secas ao ponto crítico em CO<sub>2</sub> (BalTec CPD 030). Após, foram escolhidas duas amostras e colocadas nos “stubs”, com a superfície adaxial e abaxial voltadas para cima, e recobertas com carbono BAL-TEC EM Technology and Application Carbon Thread (LZ02308 VN), utilizando-se o Sputter Coater Bal Tec SCD 050.

**Figura 4.6** – Equipamento para análise de espectroscopia de energia dispersiva (EDS-OXFORD), software INCA, acoplado ao MEV – FEI Quanta 200.



Fonte: O autor, (2012).

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da longevidade das inflorescências do cultivar do girassol utilizado constatou-se até aos dez dias (Tabelas 4.2 e 4.3) após o florescimento, em todos os tratamentos, inclusive os controles, estas apresentaram nota máxima (4). A senescência das flores teve início após este período, quando alguns indivíduos começaram a receber nota 3, mas ainda estavam em condições para serem comercializadas. As inflorescências que obtiveram nota abaixo 2 ou menor, não apresentavam padrão de comercialização.

Os resultados para a longevidade das flores de girassol mostrou que a aplicação semanal, na dose de 3,0 mg/L<sup>-1</sup> permitiu a manutenção das flores de girassol seis dias em condições de comercialização, seguida da dose 6,0 mg/L<sup>-1</sup> com 4 dias, estando as demais concentrações com 3 dias para a condição de comercialização, em relação ao tratamento controle, conforme apresentado na tabela 4.2.

**Tabela 4.2** – Médias das notas na longevidade das inflorescências, na periodicidade semanal, com diferentes doses de silício, aplicados via foliar, em *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.

APLICAÇÃO SEMANAL	Dias após o início do florescimento									
	10.º	11.º	12.º	13.º	14.º	15.º	16.º	17.º	18.º	19.º
Doses (g/L <sup>-1</sup> )	Notas									
0	4	3,8	3,6	3,4	2,8	2,6	2,6	2,4	2,0	1,2
1,5	4	3,6	3,4	3,0	2,6	2,6	1,8	1,4	1,4	0,6
3	4	3,8	3,4	3,4	3,2	3,0	3,0	2	1,6	0,8
4,5	4	3,6	3,2	3,0	2,4	2,4	2,2	1,6	1,2	0,6
6	4	3,6	3,4	3,0	3,0	2,8	2,2	2,0	1,6	1,0
Média	4	3,68	3,4	3,16	2,8	2,68	2,36	1,88	1,56	0,84

Pode ser observado na Tabela 4.3 que a dose de 4,5 mg/L<sup>-1</sup> da aplicação única, proporcionou aumento de dois dias na longevidade nas flores de

girassol, quando comparada com a forma de aplicação dose única, num total de 18 dias em condições de comercialização, sendo seguida pelas concentrações de  $1,5\text{mg/L}^{-1}$  e  $3,0\text{ mg/L}^{-1}$ , que proporcionaram 16 dias de flores em condições para comercialização, e a concentração  $6,0\text{ mg/L}^{-1}$ , que manteve as flores em condições de comércio por 15 dias.

**Tabela 4.3** – Médias das notas na longevidade das inflorescências, na periodicidade única, com diferentes doses de silício, aplicados via foliar em *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.

APLICAÇÃO ÚNICA	Dias após o início do florescimento									
	10.º	11.º	12.º	13.º	14.º	15.º	16.º	17.º	18.º	19.º
Doses ( $\text{g/L}^{-1}$ )	Notas									
0	4,0	3,6	3,4	3,4	2,6	2,6	2,0	1,8	1,6	0,6
1,5	4,0	4,0	4,0	4,0	3,6	3,2	3,0	2,8	2,0	1,2
3	4,0	3,8	3,8	3,6	3,4	3,0	3,0	2,4	1,8	1,0
4,5	4,0	4,0	4,0	3,8	3,8	3,8	3,4	3,0	3,0	2,6
6	3,8	3,8	3,6	3,6	3,4	3,0	2,6	2,6	1,8	1,0
Média	3,96	3,84	3,76	3,68	3,36	3,12	2,8	2,56	2,04	1,08

Ao ser realizada a comparação quanto as periodicidades na aplicação de silício, observou-se que a forma de aplicação única, proporcionou dois dias a mais de flores em condições para a comercialização.

Os resultados obtidos neste trabalho e no estudo de Carvalho et al., (2009) observa-se que os maiores benefícios do silício foi na qualidade das inflorescências, fator primordial para a comercialização. Por outro lado, a aplicação via foliar, ocorrida neste trabalho atuou significativamente na longevidade das inflorescências. Em contraste, o trabalho de Zanão Júnior com a cultivar de girassol ornamental Sunbright não observou efeito de doses de silício ( $0,0$ ;  $0,25$ ;  $0,50$ ;  $0,75$  e  $1,0\text{ g/Kg}^{-1}$ ) aplicados via substrato, na longevidade das flores.

Oliveira (2011) em trabalho com avaliação da longevidade de hastes de gérberras, testou diferentes doses de silício ( $0$ ;  $2,95$ ;  $4,43$  e  $5,89\text{ mmol L}^{-1}$ ) durante o cultivo e verificou a gérberra não é uma planta acumuladora de silício. Este autor observou no tratamento controle, sem a presença de silício redução no número de

flores com qualidade comercial, quando comparado aos tratamentos que receberam o silício.

Ao contrário do observado neste estudo, Carvalho-Zanão (2012) em trabalho com crisântemo, não constataram efeito do silício na produção e na longevidade das inflorescências de crisântemo, havendo aumento nos teores deste elemento nas folhas que receberam aplicação de silício, indicando diferença na utilização deste elemento mineral entre as espécies.

O tempo de permanência de um vaso com plantas de girassol em boas condições para o comércio pode ser influenciado por variáveis ambientais e manejo durante o cultivo. Castro et al., (2011) avaliando doses de nitrogênio e a longevidade de flores de girassol obtiveram 8,6 dias de condições de comercialização dos vasos e que uma das fontes de N proporcionou 9,6 dias.

As plantas tratadas com silício permaneceram maior tempo em condições de comercialização, podendo ter sido devido a manutenção do turgor de suas pétalas por mais tempo. Uma regulação estomática mais eficiente, devido a menor abertura estomática pode ter colaborado para a manutenção do turgor. Este atraso na senescência pode estar relacionado à manutenção da molécula de clorofila, tendo em vista que este elemento aumenta os teores desta proteína em dicotiledôneas (EPSTEIN, 1999).

Taiz e Zeiger (2004) comentam que no início da senescência, a clorofila é uma das primeiras proteínas a serem degradadas quando a produção de etileno aumenta e o silício possivelmente o silício proporciona melhora no conteúdo de clorofilas das folhas (EPSTEIN, 2001) e pode ser que esteja envolvido também com a manutenção das taxas de fitormônios.

A perda de água em plantas pode se dar através dos estômatos e também da cutícula (TAIZ e ZEIGER, 2004). Os efeitos benéficos do silício podem estar relacionados à redução na transpiração por estas duas estruturas. Nos estômatos, devido ao silício proporcionar diminuição em sua abertura, diminui assim a perda de água (Epstein & Boom, 2006). Já a parede celular é formada por celulose (cadeias individuais, dispostas paralelas de microfibrilas de  $\beta$ -(1→4) D-glucano), pectinas, proteínas estruturais, lignina (TAIZ e ZEIGER, 2004). As pectinas são os polissacarídeos mais hidratados da parede celular e possuem várias funções, inclusive formar superfícies carregadas que modulam pH e proporcionam equilíbrio

de íons (BUCHANAN, et al., 2000). Ao se ligar às pectinas, o silício pode melhorar a rigidez das paredes celulares e também pode dificultar a ação de enzimas degradadoras desta, permitindo a manutenção da integridade celular por mais tempo e conseqüentemente maior período de vida útil para a inflorescência.

As plantas podem ser divididas em três grupos, as acumuladoras de silício, quando apresentam teor foliar deste elemento acima de  $10 \text{ g/K}^{-1}$  na matéria seca, as não acumuladoras de silício, que o absorvem a favor de um fluxo de transpiração de forma mais lenta que a absorção de água e, à medida que as raízes absorvem silício, elas também o eliminam para a solução do solo e apresentam teores foliares de  $5 \text{ g/K}^{-1}$  na matéria seca e, ainda, as plantas intermediárias, que absorvem o silício via simplasto, na mesma velocidade que a absorção de água e, apresentam teores menores que  $10 \text{ g/K}^{-1}$  (MA, et al., 2001). A variedade de girassol ornamental utilizada neste ensaio pode ser considerada como intermediária na absorção de silício.

Considerando que neste experimento a análise química do substrato evidenciou a presença de  $71.240 \text{ mg de Si/Kg}^{-1}$ , o volume do vaso utilizado para crescimento foi de  $0,725 \text{ mL}^{-1}$  e considerando também, que a distribuição do silício no substrato tenha sido homogênea, cada vaso teria recebido a quantia de 2,58 gramas de silício proveniente do substrato.

A análise foliar do tratamento controle mostrou a presença de  $476,6 \text{ mg/Kg}^{-1}$  de silício, indicando que a planta deve utilizar de duas formas de absorção deste elemento, via foliar e radicular. Devido aos índices apresentados nas análises foliares para o teor de silício no tratamento controle, infere-se que uma fonte deste elemento possa ter disponibilizado este elemento para as plantas. Devido ao fato de não ter sido utilizada água destilada e deionizada para a fertirrigação e o preparo das soluções de silício, a água poderia então, ter sido a fonte deste elemento mineral. Talvez uma análise química pudesse elucidar esta interrogação, por outro lado, outra hipótese seria a de que o substrato teria uma quantidade maior de silício do que a análise química conseguiu determinar e durante o crescimento das plantas este elemento pode ter sido liberado para a solução presente no substrato e as raízes tiveram acesso ao silício.

Ao avaliar a literatura sobre a análise de parâmetros agrônômicos, observam-se respostas diferenciadas dentro das variedades de girassol ornamental.

Este fato sugere a possibilidade de que os materiais botânicos mesmo próximos apresentem comportamento diferenciado, como observado por Mauad et al., (2011) com cultivares de arroz submetidos a adubação silicatada, que observaram que os cultivares apresentaram respostas diferentes.

Para os parâmetros agronômicos, diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro da inflorescência (DF), não houve interação entre as doses e periodicidade de aplicação de silício testadas, contudo, apenas aos parâmetros massa fresca (MF) e massa seca (MS) ocorreu diferença significativa, conforme são apresentados os resultados na Tabela 4.5.

**Tabela 4.4** – Médias para os parâmetros agronômicos: diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), altura de plantas (AP), diâmetro de inflorescência (DI) massa fresca (MF) e massa seca (MS) após a aplicação via foliar de silício, em diferentes periodicidades no *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Londrina, UEL, 2013.

PERIODICIDADE	TRATAMENTOS	VARIÁVEIS					
		DOSES DE Si (g/L <sup>-1</sup> )	DC (mm)	NF	AP (cm)	DI (mm)	MF (g)
APLICAÇÃO ÚNICA	0,0	6,1 a	12,6 a	12,6 a	59,0 a	40,7 a	6,6 a
	1,5	6,2 a	12,0 a	12,0 a	55,2 a	37,6 ab	5,8 ab
	3,0	6,4 a	12,2 a	12,2 a	57,2 a	35,9 ab	5,1 ab
	4,4	6,6 a	11,8 a	11,8 a	51,8 a	28,6 ab	4,3 ab
	6,0	6,7 a	10,4 a	10,4 a	47,2 a	22,9 b	2,9 b
	CV%	9,87%	12,78%	12,78%	14,93%	32,26%	42,17%
	APLICAÇÃO SEMANAL	0,0	6,4 a	11,0 a	14,8 a	56,2 a	30,9 a
1,5		6,7 a	11,2 a	15,8 a	57,2 a	39,2 a	5,5 a
3,0		6,0 a	11,0 a	14,5 a	48,4 a	28,4 a	3,8 a
4,5		6,4 a	11,4 a	17,7 a	56,0 a	40,7 a	5,8 a
6,0		6,2 a	11,2 a	15,3 a	57,0 a	37,7 a	5,6 a
CV%		11,32%	12,15%	20,44%	14,81%	30,04%	46,4%

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si no nível de 5% de significância, na comparação dentro de cada forma de aplicação.

A concentração de 6,0mg/L<sup>-1</sup> aplicada de forma única, no início do desenvolvimento da plântula provavelmente influenciou na redução das variáveis massa fresca e massa seca (Tabela 4.5), indicando que este elemento possa ter

acelerado a formação das paredes celulares secundárias, que geralmente são depositadas após o final do crescimento celular em volume (TAIZ e ZEIGER; EPSTEIN e BLOOM, 2006). Com a nova parede formada, reforçada com lignina e talvez silício, a continuação da expansão da célula ficou comprometida.

Amaral et al., (2008) em trabalhos com indução de resistência em plantas de café, observou um aumento nos teores de lignina nos tratamentos com silicato de potássio. A parede celular primária, das plantas em geral, contém grande quantidade de pectinas, o polissacarídeo mais hidratado da parede celular e quando a célula está expandida e seu tamanho/volume foi atingido, passa a ocorrer então a deposição da parede celular secundária, que tem em sua constituição a macromolécula lignina, fazendo parte da estrutura no lugar da pectina (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Na parede celular primária, o silício se associa as pectinas e a polifenóis, componentes hidratados da parede, formando cadeias que aumentam a elasticidade desta e permitindo maior elasticidade ao se expandir. Altamente hidrofóbica e praticamente inacessível ao ataque enzimático, a lignina confere a rigidez à parede celular das células vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2004). O silício pode fazer ligações com os compostos da parede celular que lhe proporciona maior espessura e/ou rigidez. Neste experimento pode ter havido a diminuição das massas fresca e seca das plantas devido a uma maior rigidez da parede celular das plantas de girassol devido a uma maior taxa de lignificação e/ou silificação nas folhas (mesmo sem a formação de corpos silicosos) das plantas tratadas com as doses crescentes de silício.

Observando a periodicidade na aplicação de silício via foliar, única e na dose  $6,0\text{mg/L}^{-1}$  o parâmetro diâmetro de caule teve a melhor média, apesar de não diferir estatisticamente das outras doses testadas. Por outro lado, outros trabalhos também apontam aumento do diâmetro de caule, indicando uma possível deposição preferencial. Contudo, os parâmetros número de folhas, altura de plantas, diâmetro da inflorescência e massa fresca e massa seca apresentaram a melhor média no tratamento controle, onde as plantas não receberam silício.

Em trabalho com girassol ornamental, os resultados de Carvalho, et. al., (2009) com aplicação de silício via substrato (0, 150, 300, 450 e 600  $\text{mg vaso}^{-1}$  de silício), de forma parcelada ou única, mostraram um aumento no diâmetro de

médio e no peso das inflorescências com as doses de silício testadas. Contudo, mostraram que não houve influencia do silício na altura de planta e diâmetro de caule das plantas estudadas, corroborando com os resultados encontrados neste experimento e discordando com os resultados de Kamenidou e Cavins (2008) que em trabalhos com girassol ornamental, variedade Ring of Fire, verificaram um aumento no diâmetro do caule e na altura de planta.

Carvalho et. al., (2009) observaram que o silício teve efeito significativo na produção de massa seca de inflorescências de girassol ornamental e a dose de 414,29 mg<sup>-1</sup>/vaso de Si foi a dose que apresentou o melhor resultado, sendo que as quantidades acima desta, promoveram decréscimo na produção.

A absorção do elemento silício via radicular e foliar pode ter gerado a inibição dos parâmetros massa fresca e seca, observado neste estudo. O esperado seria que ao o Si absorvido na forma de ácido monossilícico, ao se concentrar nos tecidos, à partir de um nível, se condensasse, passando da forma monomérica para a forma polimérica, de cadeia mais pesada, formando os corpos silicosos. Este fato pode não foi observado, contudo, a presença do Si pode ter influenciado rotas bioquímicas, como as relacionadas com a fotossíntese e a extensibilidade da parede celular.

Portanto, com a maior deposição de silício nas paredes celulares, pode ter havido a diminuição da flexibilidade dos estômatos, comprometendo a abertura e o fechamento destes. Por um lado isto pode significar economia de água, mas também pode haver uma diminuição da entrada de CO<sub>2</sub> diminuindo, assim, as taxas de fotossíntese e conseqüentemente com diminuição nos valores de massa seca.

Discordando destes resultados, Braga et. al., (2009) encontraram aumento de massa fresca e massa seca em morango micropropagado, cultivados com diferentes fontes de silício, contudo o aumento não foi estatisticamente significativo quando comparado com o controle sem silício. Estes autores encontraram um maior teor de clorofila, assim como aumento da espessura dos tecidos do limbo filiar, deposição de cera epicuticular e depósito de silício nas células dos propágulos de morangueiro submetidas ao cultivo *in vitro* com silício.

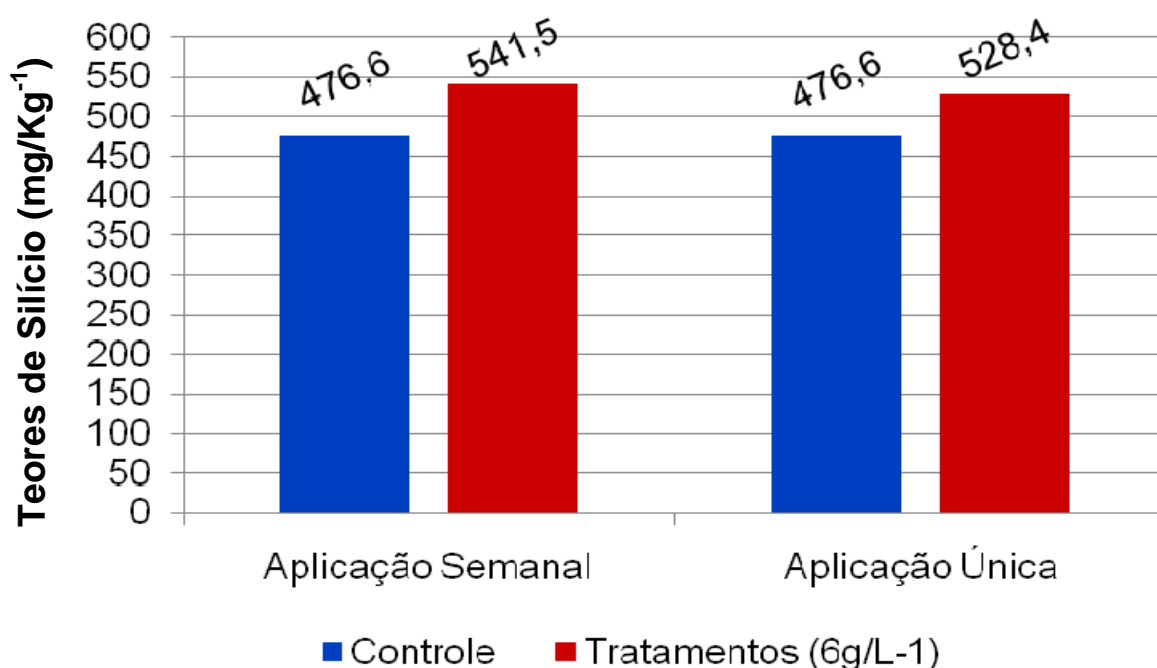
Neste experimento, o substrato comercial utilizado apresentou conforme análise química a presença de 71.240,00 mg/Kg<sup>-1</sup> de silício quando as

mudas foram transplantadas em todos os tratamentos e, ao final do ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas, a análise foliar dos tratamentos controles apresentavam  $476,6 \text{ mg/Kg}^{-1}$  de M.S de silício.

Na periodicidade da aplicação via foliar de silício, semanal, ocorreu a redução da massa seca da planta, indicando que o acúmulo foliar de  $541,5 \text{ mg/Kg}^{-1}$  encontrado nas folhas, possa ter estado acima do ideal para o desenvolvimento desta variedade de girassol ornamental. Observa-se a elevação dos teores de silício nos tecidos e que, possivelmente provocou alterações morfológicas e/ou fisiológicas que culminaram com um menor desenvolvimento destes nas plantas.

A quantidade observada de silício presente nos tecidos de folhas maduras de girassol cv. Jardim Dobrado Amarelo nos tratamentos conforme análise química realizada foram: para o tratamento controle, observou-se a presença de  $476,6 \text{ mg/Kg}^{-1}$  M.S. Nas periodicidades de aplicação de silício via foliar semanal foi observada a presença de  $541,506 \text{ mg/Kg}^{-1}$  M.S de silício e na periodicidade de aplicação via foliar única, observou-se a presença de  $528,406 \text{ mg/Kg}^{-1}$  M.S de silício conforme a demonstração na Figura 4.7.

**Figura 4.7** – Teores de silício presentes nas folhas de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão, nos tratamentos controle e nas periodicidades de aplicação de silício via foliar, única e semanal, nas doses  $0,0 \text{ g/L}^{-1}$  por  $\text{Kg}^{-1}$ /M.S e  $6,0 \text{ g/L}^{-1}$  por  $\text{Kg}^{-1}$ /M.S.



De acordo com Marschner (1995), existe uma relação inversa entre a necessidade de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) das plantas e a habilidade destas em absorver o Si. Dessa forma, o  $\text{Ca}^{2+}$ , que participa da formação e estruturação da parede celular pela sua ligação com grupos  $\text{R-COO}^-$  de ácidos poligalacturônicos (pectinas) da lamela média, poderia ter sua função afetada pela presença do Si. De acordo com Inanaga e Okasaka (1995) e Inanaga et. al., (1995), no arroz, o silício poderia ligar-se com complexos carboidratos-fenol ou carboidratos-lignina de modo similar ao  $\text{Ca}^{2+}$  e assim competir com este pelos sítios de ligação na parede celular.

A silificação é comum em gramíneas, mas pode ocorrer também em dicotiledôneas, conforme comentado por Korndöfer e Oliveira (2010). O girassol tem sido descrito como planta acumuladora de Si e Carvalho et al., (2009) avaliando doses de Si em girassol ornamental, no tratamento com  $6\text{g/L}^{-1}$  constataram a quantidade de  $32.800\text{mg/K}^{-1}$  de Si nas folhas.

Kamenidou (2005) também avaliando o silício em plantas de girassol ornamental concluiu que esta espécie acumula silício nos tecidos foliares (0,4 – 0,6%). Estes resultados corroboram com este estudo e, indicam que a espécie de girassol ornamental é uma planta que consegue absorver e acumular Silício, mesmo em quantidades menores.

Os tratamentos controles, que não receberam silício via foliar apresentaram silício nas análises foliares, assim como o observado por Zanão Júnior (2011). Em ambos trabalhos, sugere-se que o substrato tenha sido a fonte de silício para as plantas, indicando que o sistema radicular desta variedade de girassol é eficiente na absorção radial de silício e na translocação deste até os feixes do xilema da raiz, e que estes são capazes de realizar o transporte do elemento até a parte aérea da planta, onde se depositam em regiões preferenciais nas folhas, as células da base do tricoma e células do corpo do tricoma.

Ao contrário dos resultados encontrados neste experimento, Donegá (2009) trabalhando com coentro e adubação silicatada, observou que este elemento esteve presente somente nas raízes das plantas, indicando que a espécie teria menor habilidade em transportar o silício até a parte aérea da planta, mantendo-o no sistema radicular.

Para a determinação da quantidade de silício presentes nas plantas em cada tratamento foram utilizadas as folhas mais velhas porque este elemento,

após ser absorvido tende a se polimerizar, formando sílica amorfa hidratada ou sílica biogênica, tornando-se imóvel no tecido, onde foi depositado (MALAVOLTA, 2006; RAIJ, 2011), como foi verificado por Korndöfer (2006) em análise de folhas de *Davilla elliptica* St. Hil (Dilleniaceae), assim como o girassol, uma planta pertencente ao grupo das dicotiledôneas.

Pozza et al., (2004) utilizando microscopia eletrônica de varredura, verificaram em plantas de café tratadas com silicato de cálcio ( $1\text{g/Kg}^{-1}$  de substrato) a presença de cutícula mais espessa na superfície inferior da folha das plantas e provavelmente este fato se deu, devido a um maior desenvolvimento da camada de cera epicuticular, que cobriu parcialmente os estômatos, influenciando o processo difusivo de troca de gases e consequentemente as fotossíntese. Os fotoassimilados provenientes da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004) são responsáveis pelo desenvolvimento das plantas, resultando em aumento de massa fresca e seca.

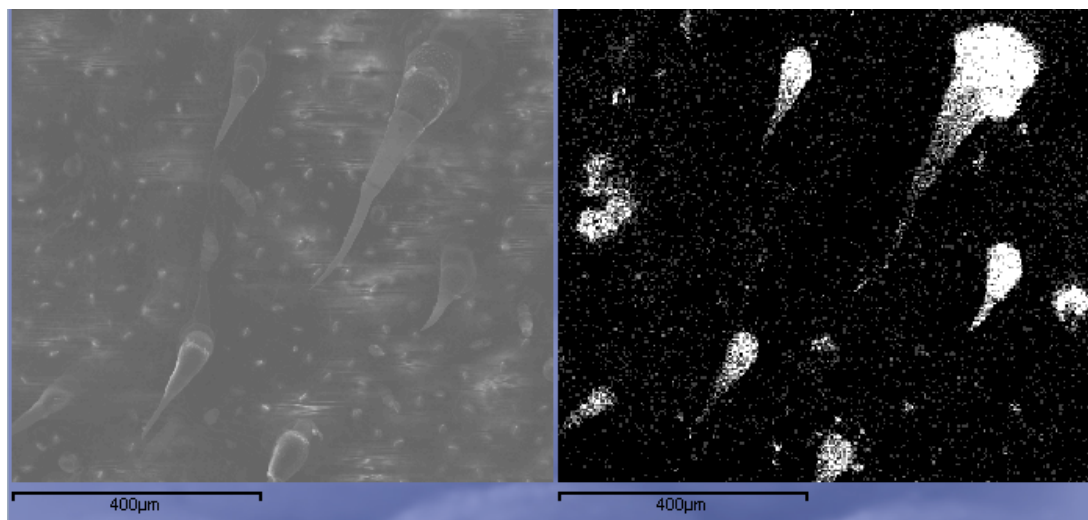
Pozza et al., (2004) avaliando o uso de silicato de cálcio ( $1\text{g/Kg}^{-1}$  de substrato) em café observaram uma maior quantidade de silício nas folhas de plantas tratadas do que nas plantas controle. O mapeamento do silício mostrou uma distribuição uniforme deste elemento na superfície da área analisada nas folhas tratadas, contudo na testemunha, o silício esteve presente de forma localizada e em menor quantidade. Estes mesmos autores utilizando microscopia eletrônica de varredura, verificaram nas plantas de café tratadas a presença de cutícula mais espessa na superfície inferior da folha das plantas e provavelmente este fato se deu, devido a maior desenvolvimento da camada de cera epicuticular, que cobriu parcialmente os estômatos. Esta maior espessura não foi observada no tratamento controle e variou conforme as variedades de café estudadas.

A microscopia eletrônica de varredura da amostra Tratamento Controle, Tratamento Dose Única ( $6,0\text{mg/L}^{-1}$ ) e Tratamento Aplicação Semanal ( $6,0\text{mg/L}^{-1}$ ) não evidenciou a formação de corpos silicosos no girassol cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. É visualizado o elemento silício, concentrado em regiões preferenciais, junto aos tricomas (Figuras 4.9a, 4.9b e 4.9c; 4.10a, 4.10b e 4.10c).

**Figuras 4.8 – (a-b) / 4.9 (a-b) e 4.10 (a-b)** – Eletromicrografias evidenciando a presença de silício na base dos tricomas foliares de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão. Londrina, UEL, 2013.

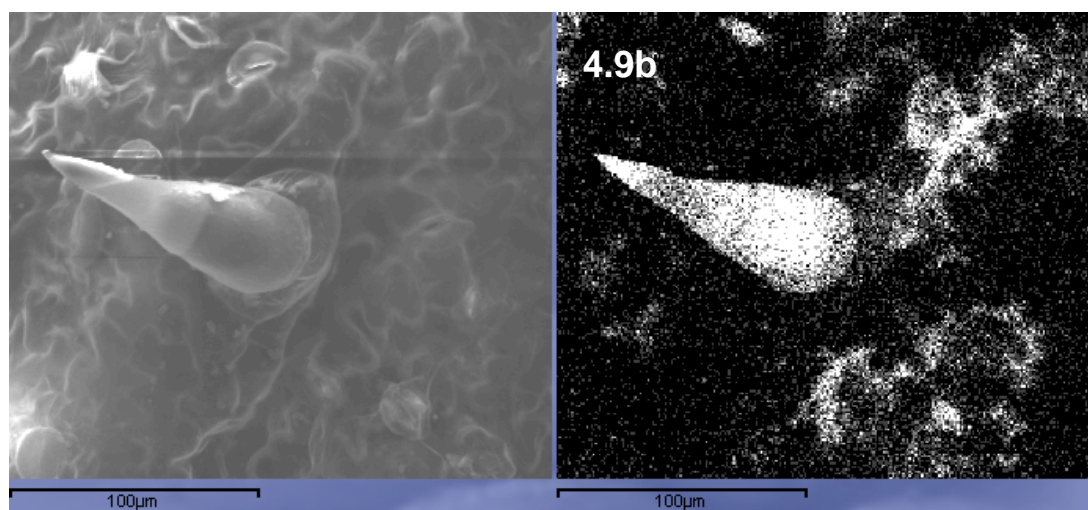
**Figura 4.8a** – Eletromicrofotografia da face abaxial da folha. Tratamento Controle ( $0,0 \text{ mg/L}^{-1}$ ).

**Figura 4.8b** – Região abaxial da folha. Tratamento controle ( $0,0 \text{ mg/L}^{-1}$ ). Presença de silício nos tricomas.



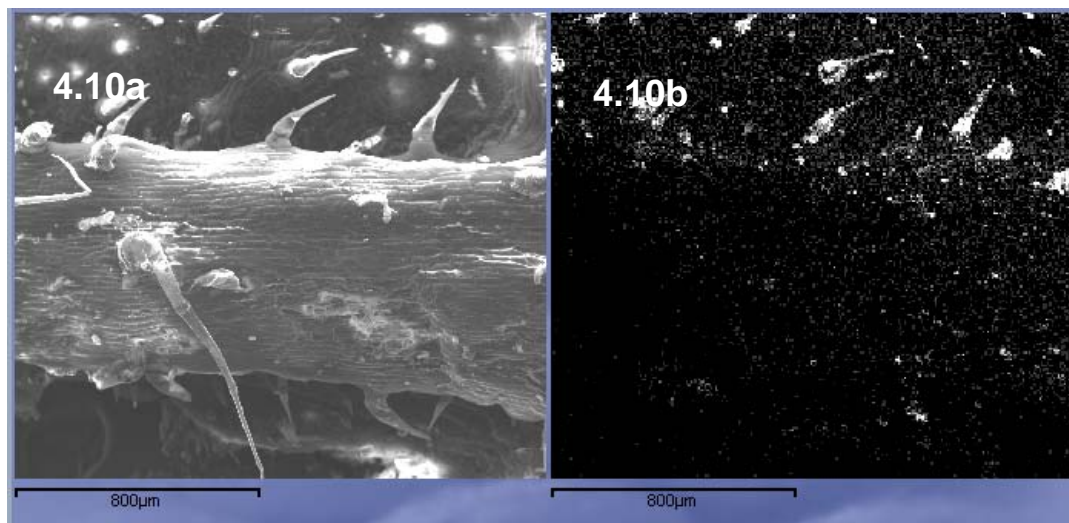
**Figura 4.9a** – Eletromicrofotografia da face abaxial da folha. Tratamento Aplicação Única ( $6,0 \text{ mg/L}^{-1}$ ).

**Figura 4.9b** – Região abaxial da folha. Tratamento Aplicação Única ( $6,0 \text{ mg/L}^{-1}$ ). Presença de silício nos tricomas.



**Figura 4.10a** – Eletromicrofotografia da face abaxial da folha. Tratamento Aplicação Semanal ( $6,0 \text{ mg/L}^{-1}$ ).

**Figura 4.10b** – Região abaxial da folha. Tratamento Aplicação Única ( $6,0 \text{ mg/L}^{-1}$ ). Presença de silício nos tricomas.



Em estudo com morango, Braga et al., (2009) avaliou a influência do silício em mudas propagadas e observou a formação de depósitos de silício em diferentes tecidos da folha, com incrustação, impregnação ou corpos silicosos, mas não verificaram um acúmulo deste elemento tão acentuado em uma região preferencial, como o encontrado neste estudo.

Korndöfer (2006) em trabalho com *Davilla elliptica* St. Hill observou que o acúmulo de silício proporcionou folhas mais duras e com maior número de tricomas, o que fez diminuir o consumo desta planta por insetos.

Esta presença de do acúmulo de silício nos tricomas poderia coibir o ataque de insetos, como lagartas, comum em plantas de girassol. A rigidez conferida aos tricomas das folhas de girassol ornamental é devido a presença do silício e poderia desgastar as mandíbulas mastigadoras das lagartas, como é observado em alguns casos.

Se por um lado, a presença de Si nas células confere proteção contra pragas e insetos, devido a maior rigidez dos tecidos, por outro lado, pode tornar as paredes celulares mais espessas, influenciando na distensão dos tecidos e consequentemente no crescimento e/ou desenvolvimento.

Epstein (2009) analisando trabalhos com silício e seus diversos usos pela planta, observou em folhas e arestas de trigo a presença de sílica nos tricomas, e concluiu que não seria possível ter detectado a presença deste elemento se as plantas tivessem sido crescidas em solução sem silício.

Em trigo, é a sílica nos tricomas que torna as folhas e aristas rígidas e rugosas, que atua como uma barreira física e inibe a ação de herbívoros e patógenos através da parede celular. Silva et al., (2005) comentam que o silício combina-se com a celulose, podendo estar presente nas células-guarda dos estômatos e nos tricomas.

Elemento benéfico para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o silício colabora com a integridade dos tecidos onde se deposita, aumentando a rigidez e protegendo contra a entrada de patógenos ou presença de herbívoros (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Contudo, o ácido monossilícico transportado até a parte aérea pode ou não se condensar e formar corpos silicosos ou fitólitos.

Asmar (2011), avaliando a influência do silício em bananeira propagada *in vitro* constatou que o tratamento que não recebeu aplicação de silício (Testemunha) apresentou deformações na epiderme da folha, tanto na superfície adaxial, como na superfície abaxial em relação aos tratamentos que continham fontes de silício. A presença do silício nas plantas tratadas conferiu às um correto arranjo das células da epiderme e provavelmente dos tecidos internos, sem que houvesse desidratação dos tecidos que, por sua vez prejudica o processo de aclimatização.

A deformação das células da epiderme nas plantas que não receberam silício pode ter ocorrido porque este nutriente, quando presente na planta, pode se depositar nas paredes celulares das células e confere resistência ao tecido (PIWPUAN; THAMMATHAWORN, 2008) assim, a má formação das células encontrada pode ter ocasionado também deformações estruturais, as quais, segundo os autores pode não ter se restringido apenas à epiderme, mas, possivelmente, aos parênquimas, devido a um aumento da sinuosidade dessas paredes e isto pode ter comprometido o processo de aclimatização.

#### 4.5 CONCLUSÃO

A periodicidade da aplicação de silício via foliar, única, na dose 4,5 mg L<sup>-1</sup> resultou maior longevidade das inflorescências de *Helianthus annuus* L. cv. Jardim Dobrado Amarelo Anão.

Com relação aos parâmetros agronômicos, somente foi observado diferença significativa para a massa seca no tratamento 6 mg L<sup>-1</sup> na periodicidade de aplicação de silício, única.

O acúmulo de silício ocorre nos tricomas, não havendo diferenças entre os tratamentos avaliados.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chamapa do Apodi–RN**. 56 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2009.

AMARAL, D. R.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; BOREL, J. C.; MACLEOD, R. E. O.; PÁDUA, M. A. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 425-431, 2008.

ANDRADE, F. A. **Silicato de cálcio no rendimento; teor de silício, macro e micronutrientes em alfafa**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.

ARAUJO, R. M. **Painel setorial de biodiesel**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2005. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/painelBio\\_Rosangela.pdf](http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/painelBio_Rosangela.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2012.

ASMAR, S. A.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, F. A.; ARAUJO, A.G.; PIO, L. A. S.; SILVA, S. O. Fontes de silício no desenvolvimento de plântulas de bananeira ‘Maçã’ micropropagadas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1127-1131, jul. 2011.

ASSUMPÇÃO, R.; SILVA, J.R. Diagnóstico tecnológico sobre bancas de flores de um cemitério no município de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 3, 2008. 20 p.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 325-330, 2001.

BERGLUND, D. R. (ed.) **Sunflower Production**. North Dakota Agricultural Experiment Station and North Dakota State University - Extension Service. North Dakota State University, Fargo, North Dakota, 2007.

BRAGA, F. T.; NUNES, C. F.; FAVERO, A. C.; PASQUAL, M.; CARVALHO, J. G.; CASTRO, E.M. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 44, n. 2, p. 128-132, 2009.

CARRÉ-MISSIO, V.; RODRIGUES, F. A.; SCHURT, D. A.; PEREIRA, S. C.; OLIVEIRA, M. G. A.; ZAMBOLIM, L. Ineficiência do silício no controle da ferrugem do cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 6, p. 416-421, 2009.

CARVALHO, M. P.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; GROSSIR, J. A. S.; BARBOSA, J. G. Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 39, n. 8, p. 2394-2399, nov. 2009.

CARVALHO, M. A. **Girassol**. CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_08\\_05\\_12\\_24\\_50\\_girassol\\_julho2011.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_08_05_12_24_50_girassol_julho2011.pdf)>. Acesso em: 02 dez. 2012.

CARVALHO-ZANÃO, M. P.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BARBOSA J. G.; GROSSI, J. A. S.; ÁVILA, V. T. Yield and shelf life of *Chrysanthemum* in response to the silicon application. **Hortic. Bras.** v. 30, p. 403-408, 2012.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAN, D.; MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A. & FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1997. 36p. (Circular Técnica, 13).

CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; CASTRO, C. de; SILVEIRA, J.M. **Fases do desenvolvimento da planta do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 24 p. Documento 59, 1997.

CASTRO, A. M. C.; SATO, O.; RANDO, E. M.; SANTOS, K. H. dos; SILVA, D. P. da; CHIMBO J. R. A.; CARVALHO, F. K.; BRAGA, C. de L. Uso de fontes de nitrogênio visando retardar a senescência em girassol ornamental. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, p. 83-90, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/2012 – Décimo Segundo Levantamento – Setembro/2012**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_09\\_06\\_09\\_18\\_33\\_boletim\\_graos\\_-\\_setembro\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_06_09_18_33_boletim_graos_-_setembro_2012.pdf)>. Acesso em: 03 dez. 2012.

COUNTY, F. PennState. Master Gardeners. College of Agricultural Sciences. Cooperative Extension. 2012. Disponível em: <<http://franklincountymgs.blogspot.com.br/2012/08/sunflowers-helianthus-annuus.html>>.

CURTI, G. L. Caracterização de cultivares de girassol ornamental semeados em diferentes épocas no oeste Catarinense. **Dissertação. Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Pato Branco**. Programa de Pós-graduação em Agronomia. 2010.

DALL'AGNOL, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; TOLEDO, J. F. F. **A cultura do girassol no Brasil**. In: PUIGNAU, J. Melhoramento genético do girassol. Montevidéu: NCA-PROCISUR, 148 p. 1994.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖFER, G. H. (Org.) Silicon in Agriculture. **Studies in Plant Science**, 8. Elsevier, 2001.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H. & JONES, D. B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Silicon and plant disease**, v. 75, p. 729-732, 1991.

DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G. A.; PLANTE, E. **O cultivo do girassol**. ASAGIR – Asociación Argentina de Girasol, 2003. Disponível em: <[http://www.asagir.org.ar/Publicaciones/cuadernillo\\_web.pdf](http://www.asagir.org.ar/Publicaciones/cuadernillo_web.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2012.

DONEGÁ, M. A. **Relação K:Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de coentro**. Dissertação de Mestrado. Fitotecnia. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.

DUARTE, F. R.; ALZUGARAY, D.; ALZUGARAY C.; NUNES, V. A.; HABER, L.; SILVA, S. P.; BENTO, A.; VITA, A. Enciclopédia de plantas: secção de plantas aromáticas e medicinais. **Instituto Agrônomo de Campinas**, São Paulo, 2002.

EPSTEIN, E. **Silicon: its manifold roles in plants**. *Annals of Applied Biology*, 155, p. 155–160, 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 406 p.

EPSTEIN, E. **Silicon in plants: Facts vs. concepts**. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. (Ed.). *Silicon in Agriculture*. 1. ed. The Netherlands: Elsevier Science, p. 41-55, 2001.

EPSTEIN, E. **The anomaly of silicon in plant biology**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. v. 91, p. 11-17, 1994.

FIGUEIREDO, G. R. G.; ANDRADE, L. O.; BATISTA, D. S.; FARIAS, G. A.; NOBRE, R. G.; RÊGO, E. R. Produção de mudas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L. cv. Dobrado Sungold) em diferentes substratos. **Revista Educação Agrícola Superior**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS – v.23, n.1, p.105-107, 2008.

FRANCO, C. Embrapa faz girassol multicolor para o mundo. SEBRAE. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Santa Catarina. 2002. Disponível em: <[http://www.sebrae-sc.com.br/ideais/printer.asp?cd\\_noticia=2385](http://www.sebrae-sc.com.br/ideais/printer.asp?cd_noticia=2385)>. Acesso em 06 jan. 2013.

GAST, K. L. B. Production and postharvest evaluation of fresh-cut sunflowers. Agricultural Experiment Station, Kansas University, **Report of Progress**, 751, p.1-9, 1995.

GARZA, M. S.; GONZÁLES, H. G.; GARCÍA, F. Z.; HERNÁNDEZ, B. C. & GARCIDUENAS, M. R. Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. **Ciencia UANL**, v. 4, p. 69-75, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, v.25 n. 10 p. 1-84 outubro, 2012. Disponível em:

<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201210.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201210.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2012.

IBRAFLOR. Instituto Brasileiro de Floricultura. Release Imprensa. Kess Schoenmaker. 2012. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=183>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

INANAGA, S.; OKASAKA A; TANAKA S. Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant? **Soil Science and Plant Nutrition**. n. 41, p.111-117, 1995.

INANAGA, S.; OKASAKA, A. Calcium and silicon binding compounds in cell walls of rice shoots. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 41, n. 1, p. 103-110, 1995.

KAMENIDOU, S. **Silicon Supplementation Affects Greenhouse Produced Cut Flowers**. Master of Science. Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University, 2005. 92 p.

KAMENIDOU, S. CAVINS, T. J.; MAREK, S. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse produced ornamental sunflowers. **Hort Science**, Alexandria, v. 43, n.1, p. 236-239, 2008.

KAMENIDOU, S.; CAVINS, T. J.; MAREK, S. Silicon supplements affect floricultural quality traits and Elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. **Hort Science**. v. 123, p. 390-394, 2010.

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J. J. **Óxidos de alumínio, silício, manganês e titânio**. In: **Química e Mineralogia dos Solos. Parte I – Conceitos Básicos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. MELO, V. F.; ALLEONI, F. (Org.). 2009.

KIYUNA, I.; ANGELO, J. A.; COELHO, P. J. Comércio Exterior da Floricultura Brasileira em 2010: situação crítica. Instituto de Economia Agrícola. **Análises e Indicadores do Agronegócio**. v.6, n.2, 2011. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12058>>. Acesso em: 25 nov. 2012.

KORNDÖFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso do silício em culturas comerciais. In: RODRIGUES, F.A. (Org.). **Silício na Agricultura**. Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura. UFV. Viçosa, MG, 2010.

KORNDÖRFER, A. P. A importância do silício nas relações entre herbívoros e *Davilla elliptica* (Dilleniaceae) St. Hil no cerrado. Dissertação. Programa de Pós-Graduação e Conservação de Recursos Naturais. Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2006.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa, no controle de doenças da cana de açúcar e do arroz. **Informações Agrônomicas**. Piracicaba, n. 70, p. 1-5, 1995.

LIMA FILHO, O. F. Aspectos Gerais Sobre o Silício em Solos , Plantas e Animais. In: RODRIGUES, F. A. (ed.) **Silício na Agricultura**. Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura. UFV. Viçosa, MG, 2010.

LIMA FILHO, O. F. O silício em sistemas intensivos de produção agropecuária. **FERTBIO**, Bonito-MT, 2006.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agrônômicas**, Encarte Técnico, n. 87, 1999.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais no Brasil. 2. ed. Nova Odessa. São Paulo: **Instituto Plantarum**. 2008.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 4. ed. Nova Odessa. São Paulo: **Instituto Plantarum**. 2008.

MA, J. F.; MIYAKE, Y; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, E. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in agriculture**. Elsevier, Amsterdam, 2001.

MACHADO e CARVALHO, Abelhas (*Hymenoptera*: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1404-1409, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 2006. 638 p.

MANDARINO, J. M. G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/fertilizantes/legislacao>>. Acesso: 26 out. 2011.

MARQUES, R. W. C.; CAIXETA, FILHO, J. V. Sazonalidade do mercado de flores e plantas ornamentais no Estado de São Paulo: o caso da CEAGESP-SP. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 789-806, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; GRASSI FILHO, H. Produção de massa seca e nutrição de cultivares de arroz de terras altas sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n.3, p. 939-948, 2011.

McAVOY, R.J.; BIBLE, B. Silica sprays reduce the incidence and severity of bract necrosis in Poinsettia. **HORTSCIENCE**, v. 31, n.7, p.1146–1149, 1996.

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. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 672-682, 2006.

MENZIES, J. G. EHRET, D. L.; CHERIG, M.; BDLANGER, R. R. Plant related silicon research in Canada. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖFER, G.H. (Org.). **Silicon on agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 323-341.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; CARVALHO, G. A.; COSTA, R. R. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 761-766, 2005.

NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; CASTILHO, R. M. M.; BOARO, C. S. F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 127-133, 2005.

NEVES, I. P. **Cultivo de Girassol**. Dossiê Técnico. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA, 2007.

OLIVEIRA, H. C. A. Inovação como elemento de competitividade para floriculturas. **Monografia. Especialização em Gestão Estratégica de Empresas e Marketing**. Fundação Educacional Jayme de Altavila. Maceió, 2006.

OLIVEIRA, S. F. **Influência do cálcio e do silício via fertirrigação na produção e qualidade de flores cortadas de gérbéras**. Dissertação, Área de Concentração Fitotecnia. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2011. 62p.

PIWPUAN, N.; THAMMATHAWORN, A. Leaf and root anatomy of acropis reinw. ex blume (Orchidaceae) in Thailand. **KKU Science Journal**, v. 36, n. 62, p. 58-63, 2008. (Suplement).

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G. de; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, D. M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 185-188, 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Editora: IPNI. 2011. 420 p.

RODRIGUES, F.A.; OLIVEIRA, L.A.; KORNDÖFER, A.P.; KORNDÖFER, G.H. **Silício: Um elemento importante para as plantas**. Informações Agronômicas, n. 134, p. 14-20, 2011.

ROMAHN, V. **A grande enciclopédia ilustrada das plantas e flores: herbáceas**. São Paulo: Editora Europa. v, 6. p, 1578. 2011.

SALOMÉ, J. R. **Mercado brasileiro de plantas ornamentais**. 2007. Disponível em: <[http://apta regional.sp.gov.br/artigo.php?id\\_artigo=511](http://apta regional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=511)>. Acesso em 17 jul. 2012.

SABBAGH, M. C. Redução de Porte de Girassol ornamental Pela Aplicação de Reguladores Vegetais. **Dissertação (Mestrado referente ao Programa de pós-graduação em agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.** Curitiba, 2008.

SAVVAS, D.; GIZAS, G.; KARRAS, G.; SYDAKIS-SIMANTIRIS, N.; SALAHAS, G.; PAPANIMITRIOU, M.; TSOUKA, N. Interaction between silicon and NaCl-salinity in a soilless culture. **European Journal Horticulture Science**, v. 72, n. 2, p. 73–79, 2007.

SEBRAE. – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do RN. **Cadeia produtiva de flores e plantas.** Natal-RN, 2009. 242 p.

SILVA, F. de A. S. e AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SILVA, L. P.; SILVA, L. S.; BOHNEN, H. Componentes da parede celular e digestibilidade *in vitro* de palha de arroz (*Oryza sativa*) com diferentes teores de silício. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1205-1208, 2005.

SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, VILLA, F.; CARVALHO, J. G. Adubação com silício via foliar na aclimatização de um híbrido de orquídea. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 626-629, 2008.

TAIZ. L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** São Paulo: Artmed, 3. ed. 2006. 720 p.

TEIXEIRA, L. M. R.; ZAMPIERON, S. L. M. Estudo da fenologia, biologia floral do girassol (*Helianthus annuus*, Compositae) e visitantes florais associados, em diferentes estações do ano. Passos/ MG. **Revista Ciência et Praxis**. v. 1, n. 1, (2008).

Foi o artigo no e-mail.

UNEMOTO, L. K. Cultivo de bastão do imperador *Etilingera elatior* (Jack) R. Smith em diferentes espaçamentos no Norte do Paraná. **Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.**

WANDERLEY, C. S. da. Reguladores de crescimentos no desenvolvimento de orquídeas terrestres cultivadas em vaso. **Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.**

WHISTLER, W. A. **Tropical ornamentals: Guide.** Portland, Oregon, USA. 2005.

WHYPKER, B.; DASOJU, S. & McCALL, I. **Guide to successful pot sunflower Production.** Horticulture information Leaflet 562, Departament of Horticultural

Science. North Carolina, Cooperative Extension Service. 1998. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/pdf/hil-562.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

ZANÃO JÚNIOR. Produção de girassol ornamental e rosas em vasos por influência da fertilização silicatada. Tese. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa. 2011.