

**JOELMA MELISSA MALHERBE CAMARGO**

**Seleção de clones, absorção e translocação de silício, e seu efeito sobre a população do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Moore) (Hemiptera: Psyllidae) em plantas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.**

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dra. Keti Maria Rocha Zanol

Co-orientadora: Dra. Dalva Luiz de Queiroz

**CURITIBA**

**2011**

Universidade Federal do Paraná  
Sistema de Bibliotecas

Camargo, Joelma Melissa Malherbe

Seleção de clones, absorção e translocação de silício, e seu efeito sobre a população do psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Moore) (Hemiptera: Psyllidae) em plantas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. / Joelma Melissa Malherbe Camargo. – Curitiba, 2011.

104 f.: il. ; 30cm.

Orientadora: Keti Maria Rocha Zanol

Co-orientadora: Dalva Luiz de Queiroz

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Entomologia.

1. Inseto florestal 2. Hemíptera 3. Eucalipto 4. Silício I. Título II. Zanol, Keti Maria Rocha III. Queiroz, Dalva Luiz de IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Entomologia.

CDD (20. ed.) 595.754

JOELMA MELISSA MALHERBE CAMARGO

*"Glycaspis brimblecombei (Moore) (Hemiptera: Psyllidae)": seleção de clones, absorção e translocação de silício e seu efeito sobre a população do inseto em plantas de eucalipto"*

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



---

Profa. Dra. Keti Maria Rocha Zanol (Orientadora)  
(UFPR)



---

Dra. Flavia Batista Gomes  
(Fundação Mokiti Okada SP)



---

Dr. Renato Antonio Dedecek  
(Embrapa Florestas Colombo/PR)



---

Dra. Susete do Rocio Chiarello Penteado  
(Embrapa Florestas Colombo/PR)



---

Dra. Scheila Ribeiro Messa Zaleski  
(UFPR)

*Podemos falar sobre o futuro, visualizar o futuro, mas se queremos este futuro teremos que agir"*  
Daryl Kollman

*A leitura torna um homem pleno, o diálogo, um homem preparado e a escrita, um homem exato.*  
Francis Bacon

*"Escolha um trabalho que você ame e não terá que trabalhar um único dia de sua vida."*  
Confúcio

*Escrever não é como pintar, onde se acrescenta.  
Não é o que se põe na tela que o leitor vê.  
Escrever é mais como a escultura, onde se remove,  
se elimina para tornar o trabalho mais visível.  
Até as páginas removidas de certa forma permanecem.*  
Elie Wiesel

## AGRADEÇO

A Deus,

“...pela oportunidade de estar presente aqui e de conseguir ser a pessoa a qual Ele escolhera e acreditara ser para mim”.

## DEDICO

Aos meus pais Joel e Eny,

pelo amor e compreensão em todos estes anos de minha existência,

Às minhas avós Jacyra Malherbe e Amanda Dinnies (*in memoriam*)

A minha filha amada e querida Beatriz, e ao meu esposo Rodolfo,

pelo amor, amizade, cumplicidade e apoio no trilhar de meus caminhos.

## AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, pela oportunidade do desenvolvimento das atividades experimentais, uso das instalações e equipamentos.

À Empresa Votorantim Aço Florestal – pela disponibilidade das áreas experimentais, técnicos para o auxílio e manutenção das pesquisas e pelo suporte financeiro, pois sem este seria inviável o desenvolvimento desta pesquisa, em especial à: Raul Melido, Elci, Ernani e Estela pela ajuda nos experimentos.

A professora Dra. Ketí Maria Rocha Zanol pela orientação, atenção e amizade durante o período de execução deste trabalho.

A pesquisadora e amiga Dalva Luiz de Queiroz pelos ensinamentos, parceria, orientação no desenvolvimento e instalação dos experimentos.

Ao pesquisador da Embrapa Florestas Renato Antônio Dedecek pela parceria e ajuda na instalação nos experimentos de viveiro e campo.

Aos funcionários, bolsistas e estagiários do Laboratório de Solos e Entomologia da Embrapa Florestas pelo estímulo e auxílio, em especial à Vanessa, Fabiana, Fabíola e Daniel pelo auxílio nas avaliações de campo. A todos amigos do laboratório de Entomologia e do Curso de Pós-graduação em Entomologia/UFPR.

Em especial ao professor Dr. Jair Campos Moraes, da Universidade Federal de Lavras – Minas Gerais, por toda atenção dedicada à realização deste trabalho, pela amizade e parceria formada.

## RESUMO

### **Seleção de clones, absorção e translocação de silício, e seu efeito sobre a população do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Moore) (Hemiptera: Psyllidae) em plantas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.**

O gênero *Eucalyptus*, com cerca de 5 milhões de hectares plantados no Brasil, vem se destacando pelo rápido crescimento e boa adaptação às condições edafo-climáticas brasileiras. Alternativas para incrementar a produtividade, utilizando técnicas que melhorem a absorção de nutrientes e a capacidade da planta de se desenvolver em condições ambientais adversas estão sendo cada vez mais pesquisadas e utilizadas no cenário florestal. O silício tem um papel importante na relação planta-ambiente, pois pode dar às culturas condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas, podendo, sua utilização, reduzir estresses causados por temperaturas extremas, geadas, metais pesados ou tóxicos e também aumentar a resistência a doenças e ao ataque de pragas. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de silício em plantas de *Eucalyptus camaldulensis* no aumento da resistência ao psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei*. Foram realizados experimentos em viveiro e campo, onde foi avaliado o efeito da aplicação de silício em *E. camaldulensis* e a capacidade de absorção e translocação por determinadas plantas. Foram testadas como fontes de silício, o silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e o silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ), utilizando-se três doses (fraca, intermediária e forte) para cada fonte e duas formas de aplicação (via solo e foliar). Os resultados deste trabalho demonstraram que tanto a aplicação via solo como a foliar foram eficientes para o controle de *G. brimblecombei*. Entretanto, a aplicação via foliar destaca-se por apresentar maior facilidade na aplicação, custo, solubilidade entre outros fatores e por ser mais eficiente em termos de absorção. Quando comparada a forma de aplicação de silício (plantio comercial ou semeadura das plantas) também não foram observadas diferenças

significativas, mas a implementação do uso do silício incorporando-o juntamente a adubação padrão é mais viável em relação a diversos fatores (custo, facilidade na aplicação, etc), pois a adubação já é realizada em viveiro e as plantas já seguem para campo mais resistentes. Desta forma, a adubação com silício, pode ser utilizada como uma ferramenta a mais, no manejo da cultura do eucalipto, melhorando assim a sanidade das florestas, diminuindo o uso de pesticidas e conseqüentemente o nível de dano causado por insetos-praga.



## ABSTRACT

**Election of clones, absorption and translocation of silicon, and its effect on the population the red-gum-lerp-psilid *Glycaspis brimblecombei* (Moore) (Hemiptera: Psyllidae) in plants of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.**

The *Eucalyptus* genus with about 5 million hectares planted in Brazil, is distinguished by its fast growth and good adaptation to soil and climatic conditions in Brazil. Alternatives to increase productivity, using techniques that improve the absorption of nutrients and plant capacity to develop, under adverse environmental conditions are increasingly being researched and used in the forest scenery. Silicon has an important role in plant-environment relations, it can give the crop to withstand adverse weather conditions, soil and biological adversities, their use can reduce stress caused by extreme temperatures, frosts, heavy metals or toxic and also increase resistance to disease and pest attack. Within this context, the objective of this study was to evaluate the effect of different sources and levels of silicon on *Eucalyptus camaldulensis* in the induction of resistance to lerp-gum-psilid *Glycaspis brimblecombei*. Experiments were carried out in nursery and field, where the effect of silicon in *E. camaldulensis* and absorption capacity of plants was evaluated. The sources of silicon were calcium silicate ( $\text{CaSiO}_3$ ) through soil and potassium silicate ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) on the leaves, using three doses (low, intermediate and strong). The survey results showed that both the application to soil and to the leaves were effective for the control. However, foliar application stands out due to its greater ease of implementation, cost, water solubility and because it is more efficient in terms of absorption. When compared to the form of silicon (field or nursery) there were no significant differences, but to implement the use of silicon incorporating it alongside the basic fertilization, which is already used by commercial nurseries, is considered the most appropriate and feasible. Moreover, there is a reduction in costs to the control of *G. brimblecombei*, because plants are going to field fertilized with silicon and thus become more resistant to attack by these insects. Thus, fertilization with silicon can be used as another tool in the management of *Eucalyptus* plantation, thereby

improving the health of forests, reducing pesticide use and therefore the level of damage caused by insect pests.

## SUMÁRIO

Resumo.....	v
Abstract.....	vii
I. Introdução Geral.....	13
II. Revisão bibliográfica.....	16
1. Estado nutricional da planta hospedeira x insetos-praga.....	16
2. O silício e sua absorção .....	18
3. Fontes de silício.....	19
4. O silício no solo e nas plantas.....	21
5. O silício no controle de insetos.....	23
<b>Capítulo I - Avaliação da resistência de clones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. ao psilídeo-de-concha <i>Glycaspis brimblecombei</i> Moore</b>	
Resumo.....	35
Abstract.....	36
I. Introdução.....	37
II. Material e Métodos.....	38
2.1 Caracterização experimental.....	38
2.2 Experimento.....	39
2.3 Análise estatística.....	40
III. Resultados e Discussão.....	41
IV. Conclusões.....	45
V. Referências Bibliográficas.....	46
<b>Capítulo II - Absorção e translocação de silício em mudas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes doses, fontes e formas de aplicação</b>	
Resumo.....	48
Abstract.....	50
I. Introdução.....	52
II. Material e Métodos.....	55
2.1 Local do experimento.....	55
2.2 Experimento.....	56
2.3 Tratamentos.....	57
2.4 Análise de silício.....	58
2.5 Análise estatística.....	59

III. Resultados e Discussão.....	59
IV. Conclusões.....	65
V. Referências Bibliográficas.....	65

**Capítulo III - Efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de silício em plantas de *Eucalyptus camaldulensis*, em campo.**

Resumo.....	68
Abstract.....	70
I. Introdução.....	72
II. Material e Métodos.....	74
2.1 Experimento 1 – Fazenda Santa Cecília.....	74
2.1.1 Caracterização da área experimental.....	74
2.1.2 Experimento.....	75
2.1.3 Tratamentos.....	77
2.1.4 Análise de silício.....	78
2.1.5 Análises estatísticas.....	78
2.2 Experimento 2 – Fazenda Santa Rita.....	79
2.2.1 Caracterização da área experimental.....	79
2.2.2 Experimento.....	80
2.2.3 Tratamentos e Avaliações.....	81
2.2.4 Análise de silício.....	82
2.2.5 Análises estatísticas.....	82
III. Resultados e Discussão.....	83
IV. Conclusões.....	98
V. Referências Bibliográficas.....	98
 Considerações Finais	 103
 Anexos	 105

## I. INTRODUÇÃO GERAL

O setor florestal brasileiro, constituído principalmente pelas indústrias de celulose e papel, produção de carvão vegetal, madeira serrada, chapas e aglomerados, vem ocupando lugar de destaque na economia nacional. A madeira, matéria prima utilizada pelo setor florestal é proveniente, em grande parte, de plantios homogêneos de *Pinus* e *Eucalyptus* (Silveira *et al.*, 2001).

O Brasil apresenta a maior área plantada de eucalipto do mundo, em expansão na maioria dos estados brasileiros, apresentando crescimento médio de 7,1% ao ano, entre 2004 e 2009. Esse aumento deve-se ao rápido crescimento da espécie, em ciclo de curta rotação, à alta produtividade e à expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais (ABRAF, 2010).

Em face da extensão de florestas plantadas, foram surgindo com o tempo problemas fitossanitários, ocorrendo assim, a adaptação de pragas nativas e exóticas causando danos economicamente consideráveis à espécies de *Eucalyptus*.

Várias pragas têm sido detectadas atacando o eucalipto, tais como insetos da família Psyllidae (Hemiptera). Esses utilizam preferencialmente *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*, porém podem atacar outras espécies de eucalipto (Brennan *et al.*, 2001; Dahlsten, 2003)

Devido à ocorrência de grandes áreas contínuas, plantadas com eucalipto, esses insetos têm encontrado facilidade para se dispersar, sendo hoje encontrados em quase todos os plantios em regiões produtoras de eucaliptos no Brasil (Santana, 2005).

O psilídeo-de-concha, *Glycaspis brimblecombei*, foi detectado no Brasil em junho de 2003, no estado de São Paulo, atacando *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* (Wilcken *et al.*, 2003).

Desde então, tem se espalhado rapidamente pelo país, sendo registrado em São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Mato Grosso do Sul (Wilcken *et al.*, 2003), Santa Catarina (Lutinski

*et al.*, 2006) e Rio Grande do Sul (Oliveira *et al.*, 2006).

Os danos causados por *G. brimblecombei* incluem a redução, enrolamento e deformação do limbo foliar, indução do aparecimento de fumagina, redução da área fotossintética, queda prematura de folhas (maduras); superbrotamento ou “envassouramento”; seca de ponteiros; redução no crescimento das árvores; morte dos brotos apicais, ramos e da planta como um todo (Santana *et al.*, 2004; Sá & Wilcken, 2004).

Para o controle do inseto, são empregados diferentes métodos como o controle químico, biológico, cultural e a utilização de plantas resistentes. Este último, aliás, tem sido considerado um método ideal para controlar ou diminuir o dano de uma praga a uma cultura (Luginbill, 1969; Horber, 1972). Em alguns casos, onde se tem plantas altamente resistentes, esse método pode, por si só, ser suficiente para controlar determinada praga (Painter, 1958).

Desde a década de 1980, muitas empresas florestais vem procurando conhecer a suscetibilidade ou resistência das espécies de *Eucalyptus* spp. O uso de plantas resistentes é considerado a forma ideal de controle por manter a praga abaixo do nível de dano econômico, sem causar prejuízos ao ambiente e sem ônus adicional ao produtor (Gallo *et al.*, 2002).

Nesse contexto, Silveira & Higashi (2003) destacam a importância da relação adubação x resistência de materiais genéticos. Os autores salientaram que as deficiências e desequilíbrios nutricionais provocam mudanças morfológicas e bioquímicas na planta, podendo tornar certos materiais genéticos mais suscetíveis ao ataque de insetos e que o uso eficiente das adubações está aliada diretamente à resistência dos materiais genéticos reduzindo o nível de severidade e incidência de insetos-pragas.

Dessa forma, a adubação com silício em diferentes culturas destaca-se, por se tratar de um elemento promotor ou indutor de resistência de plantas a diferentes insetos-praga.

Muitos estudos estão sendo realizados no Brasil no sentido de minimizar o ataque de insetos a plantas à partir da adubação ou acumulação de silício nas mesmas. O silício, embora não faça parte da lista dos elementos essenciais, é considerado elemento útil para o crescimento e produção de muitas culturas (Barbosa Filho *et al.*, 2001), e sua absorção traz inúmeros benefícios, especialmente quando essas são submetidas a estresse biótico ou abiótico (Ma &

Takahashi, 2002).

Além disso, o silício tem alto potencial de uso, pois promove a melhoria no metabolismo da planta e ativa genes envolvidos na produção de enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa contra insetos (Lima Filho *et al.*, 1999).

A principal vantagem da utilização do silício juntamente à adubação de diversas culturas, é a sua especificidade. Não há efeito negativo sobre a população de inimigos naturais, não são considerados tóxicos ao homem e apresentam compatibilidade de uso com outras técnicas ou formas de controle e por ser encontrado na natureza, não apresenta os mesmos problemas causados por inseticidas.

Normalmente, o silício utilizado para controle de insetos, é obtido de atividades siderúrgicas, passando por diversos processos para retirada da toxidez causada pela presença de metais pesados.

Pesquisas com a utilização de silício no Brasil vem crescendo nos últimos anos em razão da busca de novas formas sustentáveis no controle de insetos e doenças. Entretanto, estudos com espécies florestais ainda são escassos, porém com resultados promissores, como foi verificado no estudo realizado por Camargo *et al.*, (2008a,b), que avaliou o efeito da aplicação de silício em *Pinus taeda* e obteve como resultado a não-preferência do pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Hemiptera:Aphididae) a determinadas plantas que receberam a aplicação do micronutriente.

Considerando que *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 (Hemiptera: Psyllidae) representa uma ameaça à cultura do *Eucalyptus*, formulou-se a hipótese de que se a espécie *E. camaldulensis* for capaz de absorver e translocar o silício, será possível a inclusão deste micronutriente à adubação já utilizada pelas empresas florestais para minimizar os prejuízos causados por este inseto nas áreas plantadas de eucalipto.

Dessa forma, pretende-se com esse estudo avaliar o efeito da aplicação de silício em *E. camaldulensis* na indução de resistência à *G. brimblecombei*, implementando o uso desta tecnologia incorporada à um programa de manejo integrado de pragas, sendo utilizada juntamente com as medidas de controle biológico e silvicultural.

Assim, foram delineados experimentos para avaliar a suscetibilidade de diferentes clones de eucalipto ao psilídeo-de-concha em campo (Capítulo I), avaliar a eficiência da absorção e translocação de diferentes fontes e doses de silício em *E. camaldulensis*, em viveiro (Capítulo II) e testar as mesmas fontes e doses em campo avaliando o efeito da aplicação de silício na densidade populacional do inseto (Capítulo III).

## **II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Estado nutricional da planta hospedeira x insetos-praga**

O termo qualidade da planta hospedeira descreve os componentes da planta que afetam positivamente ou negativamente o desempenho de insetos herbívoros, onde o estado nutricional vem mostrando papel importante na dinâmica da população de muitos herbívoros, funcionando como indicador de qualidade da planta hospedeira (Awmack & Leather, 2002).

A condição nutricional é um dos fatores que pode afetar a capacidade de suporte da planta em relação à populações de insetos (Raven *et al.*, 1996).

Considerando-se que o contexto nutricional é um dos fatores que afetam os processos ecológicos, fisiológicos e comportamentais dos insetos, a nutrição das plantas através da aplicação de fertilizantes, surge como uma forma de manejar a ocorrência de insetos em agroecossistemas, seja por conferir às plantas certa tolerância ao ataque de pragas (Wittwer & Haseman, 1945; Hunt, *et al.*, 1992) ou ainda, por contribuir para um aumento na eficiência de agentes de controle biológico (Cardoso *et al.*, 1995; Duffield *et al.*, 1997).

Qualquer tipo de adubação que favoreça as condições fisiológicas da planta poderá conferir-lhe resistência, tendo em vista que ao fornecermos diversos nutrientes que lhe são necessários e nas proporções relativas às suas necessidades, mantêm-na em equilíbrio nutricional, possibilitando resistir mais ao ataque de agentes externos, como os inseto (Labrousse, 1932).



Com a entrada adequada e equilibrada de aminoácidos e proteínas nas plantas hospedeiras, o crescimento e a reprodução de insetos fitófagos podem ser afetados e influenciados pela quantidade e pela qualidade das proteínas e dos aminoácidos em seu alimento (McNeill & Southwood, 1978).

Pequenas diferenças nutricionais são capazes de causar grandes mudanças no equilíbrio dos níveis populacionais de insetos, ponto este considerado de suma importância na busca para a resistência da planta ao ataque de pragas (Emden, 1978). Variedades de espécies de plantas hospedeiras, sob diferentes condições de adubação, podem afetar a taxa de reprodução, crescimento e longevidade de insetos que delas se alimentam (Evans, 1937).

Boiça Júnior & Alonso (2000), ressaltaram que a manifestação da resistência pode ser afetada por vários fatores ambientais, incluindo algumas práticas culturais, como adubação, e sugerem que isso poderia ser mais explorado no manejo de pragas.

As deficiências e desequilíbrios nutricionais provocam mudanças morfológicas e bioquímicas na planta, podendo tornar certos materiais genéticos mais suscetíveis à infecção por patógenos. O uso eficiente das adubações aliadas à resistência dos materiais genéticos pode reduzir o nível de severidade e de incidência de doenças e pragas (Silveira & Higashi, 2003).

A adubação de plantas apresenta efeitos positivos e negativos na incidência de pragas e doenças (Maxwell, 1972, apud por Bortoli & Maia, 1994; Primavesi, 1988; Patriquin *et al.*, 1993). Enquanto Chaboussou (1987) e Primavesi (1988), ressaltaram a importância do equilíbrio nutricional para se evitar doenças e pragas, Maxwell (1972) apud por Bortoli & Maia (1994) considerou que os insetos ficam com menos vigor devido à nutrição inadequada das plantas e conseqüentemente, mais vulneráveis à ação dos produtos químicos e biológicos usados no seu controle.

Para Lara (1991), tanto macro como micronutrientes podem afetar a manifestação de resistência da planta, quer seja agindo sobre o inseto, quer sobre a planta, estando essa manifestação condicionada às exigências nutricionais de cada espécie.

Primavesi (1994) explicou que o controle ecológico de pragas não se designa apenas ao combate da praga, mas também o fortalecimento nutricional da planta de forma equilibrada.

Sendo assim, torna-se muito importante avaliar tais aspectos, visto que, os nutrientes existem em proporções exatas para cada espécie e em níveis próprios para cada variedade.

De acordo com Marschner (1995), os nutrientes minerais e os elementos benéficos às plantas, além de favorecerem o crescimento e a produção das plantas, podem exercer efeitos secundários sobre essas, como o aumento ou diminuição na resistência ou tolerância a insetos-praga.

Entre os nutrientes utilizados, podemos citar a adubação com silício. O micronutriente é um elemento capaz de promover a indução de resistência de plantas aos insetos, pois ao ser acumulado, proporciona mudanças anatômicas nos tecidos das plantas, como o surgimento de células epidérmicas que são mais espessas em decorrência da deposição de sílica (Epstein, 1999).

## **2.2 O silício e sua absorção**

A palavra silício provém do latim *silix*, rocha constituída de sílica (dióxido de silício) amorfa hidratada e sílica microcristalina, a qual era utilizada, pela sua dureza, na confecção de utensílios e armas na Era Pré-Metálica (Paleolítica). O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, sendo superado apenas pelo oxigênio (Elawad & Green Júnior, 1979). É encontrado somente em formas combinadas, como a sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e minerais silicatados (Lima Filho *et al.*, 1999).

Mesmo não sendo considerado essencial do ponto de vista fisiológico e metabólico para o crescimento e desenvolvimento de plantas, sua absorção traz inúmeros benefícios (Epstein, 1994). O autor ressaltou que plantas crescendo em ambiente rico em silício devem diferir daquelas presentes em ambientes deficientes nesse elemento, principalmente quanto à resistência mecânica das células, características de superfície foliar, tolerância ao estresse abiótico, e ao ataque de fungos e pragas.

A absorção do silício da solução do solo ocorre de forma passiva pela maioria das gramíneas, com o elemento acompanhando o fluxo de massa da água que penetra nas raízes

das plantas, sendo não seletivo. Seu transporte na planta é feito pelo xilema, onde se encontra na forma de ácido monossilícico, e a sua distribuição na parte aérea que depende da taxa de transpiração desses órgãos (Yoshida, 1965 apud Faria, 2001).

De acordo com Yoshida (1975), a única forma absorvida pelas plantas é a de monômeros de ácido silícico ( $H_4SiO_4$ ). No interior da planta, 99% do total acumulado encontram-se na forma de ácido silícico polimerizado, o qual é de difícil solubilização; o restante, menos de 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica. A maior parte de silício é depositado nas folhas (71% do total), seguido pelo caule (13%), pelas raízes (10%) e pelo colmo (6%).

A deposição de silício absorvido é influenciada por vários fatores: idade da planta, tipo de localização dos tecidos envolvidos e absorção através das raízes, além da transpiração. A variação ampla dos teores de silício no tecido vegetal é resultado tanto da fisiologia das diferentes espécies, quanto do ambiente onde as plantas se desenvolvem (Chagas, 2004).

Existem na planta três locais reconhecidos de deposição de silício: a parede celular, o lúmen celular e os espaços intercelulares nos tecidos das raízes, talos ou na camada extracelular da cutícula (Sangster *et al.*, 2001).

### **2.3 Fontes de silício**

As fontes tradicionalmente utilizadas são os silicatos de cálcio, potássio, magnésio ou escórias de siderurgia que apresentam baixíssimos teores de silício solúvel.

Em algumas pesquisas são utilizados metassilicatos de sódio e potássio, além do ácido silícico, com efeito semelhante. O metassilicato de potássio é utilizado na Europa, principalmente por produtores de pepino e roseiras, para o controle de míldio, por meio de pulverização foliar (Bélanger *et al.*, 1995).

Comercialmente, as escórias básicas de siderurgia, que são silicatos de cálcio e magnésio, além de poderem ser utilizadas como corretivos do solo devido à sua basicidade, são fontes de silício. Os termofosfatos magnesianos (silicofosfatos de magnésio) também se caracterizam como fontes (Carvalho-Pupatto, 2003).

O silício tem sido empregado no Brasil na forma de adubação na semeadura ou em cobertura de plantas, empregando a escória de siderurgia, que é abundante no país, constituída basicamente por silicato de cálcio e magnésio e termofosfatos magnesianos (Korndörfer & Datnoff, 1995). Em alguns países existe a possibilidade do emprego do silicato em pulverização, visando não só a adubação foliar como também o controle de pragas.

O silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) vem sendo utilizado com frequência como fonte para aplicação direta no solo em estudos que visam estudar a interação do micronutriente aplicado e seu efeito sobre insetos considerados pragas. Entre os benefícios de sua utilização está o efeito positivo sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, efeito corretivo da acidez do solo, redução do acúmulo de elementos tóxicos e melhor nutrição de plantas.

Outra fonte utilizada é o silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) via foliar. A adubação com silício via foliar, assim como acontece via solo, vem contribuindo de forma significativa para o controle de insetos-praga.

A aprovação pela legislação Brasileira, para comercialização do silicato de potássio como fonte de silício, vem viabilizando-se o uso desta fonte na aplicação via foliar. Entre as vantagens na sua utilização, destacam-se: menor custo, menor consumo de fertilizante, facilidade de aplicação, boa qualidade de matéria-prima do fertilizante (sem impurezas), fertilizantes de alta solubilidade em água e disponibilidade no mercado (Rodrigues et al., 2007).

Em geral, sabe-se que o fornecimento de nutrientes via foliar não substitui a nutrição via solo, que é mais utilizada e difundida (Camargo & Silva, 1990).

Acredita-se que o silício aplicado via foliar se deposite na superfície das mesmas e desempenhe papel semelhante àquele absorvido via radicular, o que pode ser útil especialmente para as culturas onde a absorção passiva ou rejeitiva são predominantes (Alvarez & Datnoff, 2001). De acordo com os autores, o silício aplicado via foliar pode ser responsável por efeitos protetores contra estresses bióticos, prevenindo o ataque de insetos.

## 2.4 O silício no solo e nas plantas

O silício está presente na solução do solo como ácido monossilícico, a maior parte na forma não dissociada ( $pK_1 = 9,6$ ), o qual é prontamente absorvido pelas plantas (Raven, 1983; Werner & Roth, 1983; Wild, 1988).

As principais fontes de ácido silícico presente na solução do solo são: decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos, adição de fertilizantes silicatados, e a água de irrigação (Barbosa Filho *et al.*, 2000).

O silício pode ser encontrado no solo como sílicas cristalinas e amorfas, como silicatos de ( $H_4SiO_4$ ) e Mn, e como sílica dissolvida na solução do solo (Ma *et al.*, 2001).

A concentração e a disponibilidade de silício na solução do solo são dependentes da rocha de origem, do grau de intemperismo, do pH do solo e o teor de sesquióxidos e de outras partículas adsorventes. As principais formas de silício no solo, passíveis de ser absorvidas pelas plantas, são o ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) e o ácido polisilícico, incluindo silício adsorvido, quer seja solúvel ou precipitado junto com óxidos cristalinos de Al, Fe e Mn (Takahashi, 1995).

As plantas podem ser classificadas em relação ao acúmulo de Si, como acumuladoras, intermediárias e não-acumuladoras, incluindo assim a maioria das dicotiledôneas, como leguminosas e várias espécies arbóreas (Miyake & Takahashi, 1983).

Takahashi & Miyake (1977) relataram que as plantas em que a absorção de silício excedeu à absorção de água foram separadas em acumuladoras de silício e as plantas em que a absorção é similar ou menor que a de água, foram consideradas não-acumuladoras de silício. Algumas gramíneas forrageiras, como o arroz e a cana-de-açúcar apresentam maior acúmulo de silício, sendo consideradas acumuladoras (Korndorfer *et al.*, 1999a; Korndorfer *et al.*, 1999b).

A comprovação da essencialidade do silício é muito difícil de ser obtida, devido à sua abundância na biosfera. O mesmo está presente em quantidades significativas mesmo em sais nutrientes, água e ar altamente purificados (Werner & Roth, 1983). Apesar disso, o fornecimento

de silício é benéfico para muitas espécies vegetais e, em determinadas circunstâncias, para a maioria das plantas superiores (Marschner, 1995).

O silício após ser absorvido é depositado principalmente, na parede celular, proporcionando assim um aumento na rigidez das células (Adathia & Besford, 1986). Tais células ficam mais grossas e com maior grau de silificação formando uma barreira que apresenta as funções de limitar a perda de água e de dificultar o ataque dos insetos (Yoshida, 1975).

A movimentação de silício, na forma monomérica  $H_4SiO_4$ , até as raízes depende de sua concentração na solução do solo e da espécie da planta. Em baixas concentrações é reduzido o transporte por fluxo de massa, que passa a ser significativo quando se tratar de plantas acumuladoras cultivadas em solos com elevados teores do elemento (Marschner, 1995).

O silício é transportado como  $H_4SiO_4$  no xilema e sua distribuição na planta está relacionada com a taxa transpiratória das partes da planta. Esta distribuição depende muito da espécie, sendo uniforme nas plantas que acumulam pouco silício e, nas acumuladoras, 90% do elemento encontra-se na parte aérea (Malavolta, 1980; Korndörfer *et al.*, 1999a; Mengel & Kirkby, 2001).

O elemento é imóvel na planta e é depositado nas lâminas foliares, bainhas foliares, colmos, cascas e raízes (Yoshida *et al.*, 1962), sendo que na lâmina foliar o acúmulo é maior que na bainha foliar (Tanaka & Park, 1966). Entretanto, para Winslow (1992), a casca do arroz é o órgão que mais acumula silício na planta, seguido pela folha bandeira e panícula.

O silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal através de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas; decréscimo na suscetibilidade ao acamamento, maior rigidez estrutural dos tecidos; proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de Al, Mn, Fe e Na; diminuição na incidência de patógenos e aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (Epstein, 1994; Marschner, 1995).

A produtividade de muitas gramíneas, como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, trigo, milho e algumas espécies não-gramíneas, apresentam aumentos de produtividade com o

aumento da disponibilidade de silício no solo (Elawad & Green Júnior, 1979; Korndörfer & Lepsch, 1999).

Na planta, o elemento concentra-se nos tecidos de suporte do caule e das folhas, oferecendo estrutura e resistência ao acamamento, mas também pode ser encontrado em pequenas quantidades nos grãos e frutos (Savant *et al.*, 1997) .

Segundo Epstein (1999), o teor de silício nas plantas pode variar de 0,1 até 10%. Este ao ser absorvido é capaz de formar uma barreira mecânica à invasão de fungos para o interior das plantas, dificultando também o ataque de insetos sugadores e herbívoros (Mcnaughton & Tarrants, 1983).

O efeito da proteção mecânica é atribuído, principalmente, ao depósito de silício na forma de sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) (Korndörfer *et al.*, 2004).

O silício pode proporcionar aumento do grau de resistência das plantas ao ataque de insetos e doenças. Diversos estudos demonstram que o silício se deposita nas células epidérmicas das folhas e tricomas aumentando o espessamento e a rigidez e também atua como um elicitor no sistema de defesa da planta ao ataque de pragas pela produção de compostos fenólicos de defesa (Gomes *et al.*, 2008).

Pesquisas realizadas demonstraram que o silício quando colocado à disposição das plantas pode aumentar o aproveitamento de nutrientes pelas mesmas, contribui para o crescimento e induz resistência às doenças fúngicas e aos insetos-praga (Lanning & Linko, 1961; Comhaire, 1965; Chérif *et al.*, 1992).

A partir da constatação da importância da adubação com silício, o elemento foi incluído formalmente na relação de nutrientes necessários às plantas com o Decreto nº 4.954, de 14/01/2004, que regulamenta a Lei 6.894, alterada pela Lei 6.934. Neste decreto, no primeiro capítulo, o silício foi incluído como nutriente por ser classificado como essencial ou benéfico para o crescimento e produção dos vegetais, mais precisamente como micronutriente.

## **2.5 O silício no controle de insetos**

A maior resistência ao ataque de insetos, pelas plantas, com nível ótimo de silício nos tecidos, está sendo alvo de estudos por um número cada vez maior de pesquisadores no Brasil. Alguns resultados de pesquisa incluem o pulgão-verde *Schizaphis graminum*, em trigo e sorgo; lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*, em milho; broca-do-colmo *Eldana saccharina*, em cevada; broca do colmo *Diatraea saccharalis*, em arroz; entre outros (Lima Filho, 2005).

A planta pode responder ao estímulo invasor da praga, aumentando a absorção de silício, como foi constatado em citrus e pastinaca (Lima Filho, 2005).

O efeito de diferentes fontes de silício sobre o tripses *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall, 1913) (Thysanoptera: Thripidae), foi investigado por Subramanian & Gopaldaswamy (1988). Os autores concluíram que, nos tratamentos em que foi adicionado silício, o número de tripses/folha foi significativamente menor em relação ao tratamento sem silício.

Kin & Heinrichs (1982) estudaram o efeito de quatro doses de silício (0, 50, 100 e 150 ppm de SiO<sub>2</sub>) em solução nutritiva, em plântulas de arroz contra ninfas da cigarrinha *Sogatella furcifera* (Horváth) (Hemiptera: Delphacidae). Os autores observaram que poucas ninfas transformaram-se em adultos nas plantas tratadas com silício e que o número de machos cresceu com o aumento da dose desse mineral.

Verificando a influência do silicato de cálcio e do ativador acibenzolar-S-methyl na indução de resistência em pepino, no desenvolvimento de *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), Correa *et al.*, (2005) observaram efeito adverso do silicato de cálcio e do ativador acibenzolar-S-methyl na população da mosca-branca pela redução da oviposição, aumento do ciclo biológico e mortalidade das ninfas. Apresentaram-se, assim, como produtos a serem utilizados no manejo integrado da mosca-branca na cultura do pepino.

Souza *et al.*, (2009) verificaram que a aplicação de silicato de cálcio em *Brachiaria rizantha* cv. Marandu, sobre a população de ninfas do percevejo castanho das raízes *Scaptocoris carvalhoi* (Becker, 1967), reduziu a sua população.

Para delfacídeos, tripses e mosca-da-galha a aplicação de silício contribuiu para a redução da população desses insetos-praga na cultura do arroz (Subramanian & Gopaldaswamy, 1988; Salim & Saxena, 1992).



A diminuição da população de duas espécies de afídeos *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1848) e *Sitobion avenae* (Fabr., 1794) (Hemiptera: Aphididae), sobre folhas de trigo após a aplicação foliar de silício (1% Na<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>) não foi resultado somente da deposição de silício nas células epidérmicas, mas também devido ao aumento da solubilidade desse elemento dentro da folha (Hanisch, 1980).

Moraes *et al.*, (2005) testaram o efeito do silício na preferência do pulgão-da-folha em plantas de milho, com aplicação de silício via solo e foliar onde verificaram que os tratamentos nos quais o silício foi aplicado via solo mais uma adubação foliar, ou mediante duas aplicações foliares, foram os que apresentaram menor número de pulgões, possivelmente devido ao aumento da resistência das folhas o que dificultou a alimentação desses insetos.

Gomes *et al.*, (2005) verificaram que a adubação silicatada e a infestação prévia com pulgões induzem resistência em plantas de trigo a *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae), onde a aplicação de silício ativou e aumentou a síntese de compostos de defesa da planta de trigo, como peroxidase e polifenoloxidase, reduzindo a taxa de crescimento e também a preferência desse inseto-praga a plantas tratadas com este mineral.

Carvalho *et al.*, (1999) avaliaram o efeito do silício como indutor de resistência em plantas de sorgo ao pulgão-verde, *S. graminum* e obtiveram como resultados, tanto nos testes de preferência com chance como sem chance de escolha, redução na preferência e na reprodução do pulgão-verde.

Dal Pogetto *et al.*, (2007), em estudo utilizando o Agrosilício<sup>®</sup>, avaliaram o efeito da aplicação do micronutriente em plantas de *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) no desenvolvimento biológico de *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae). Os autores concluíram que a aplicação do Agrosilício<sup>®</sup> em mudas de *E. camaldulensis* causou maior mortalidade das ninfas de *G. brimblecombei*, reduzindo assim significativamente a sua população.

Basagli *et al.*, (2003) realizaram aplicações seqüenciais de solução de silicato de sódio a 0,4% de SiO<sub>2</sub> e constataram que o silício reduziu a preferência, a longevidade e a produção de ninfas do pulgão-verde *S. graminum*, conferindo, portanto, resistência das plantas de trigo a este inseto-praga.

Camargo *et al.*, (2008a) avaliaram a aplicação de silício em plantas de *Pinus taeda* (L.) concluindo que a quantidade de silício acumulado nas plantas afetou tanto a preferência alimentar como a capacidade reprodutiva de *Cinara atlantica* (Wilson, 1918) (Hemiptera: Aphididae).

No manejo integrado de pragas (MIP), o uso de táticas que visem diminuir a densidade populacional do inseto-praga e que não afetem a sobrevivência e o desenvolvimento biológico de inimigos naturais é primordial.

Estudo realizado para observar o efeito indireto da aplicação de silício em plantas de trigo no desenvolvimento de dois importantes inimigos naturais do pulgão-verde, *Chrysoperla externa* (Hagen, 1862) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae), demonstrou que tanto o predador quanto o parasitóide não sofreram nenhuma alteração na sua biologia, quando se alimentaram de pulgões provenientes de plantas tratadas com silício (Moraes *et al.*, 2004).

Moraes *et al.*, (2004) estudaram a interação tritrófica: trigo, pulgão-verde *S. graminum* e seus inimigos naturais chave e verificaram que a aplicação de silício aumentou o grau de resistência das plantas de trigo, diminuindo a preferência do pulgão-verde em relação à testemunha. Costa *et al.*, (2009) avaliaram o comportamento biológico e alimentar de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício e verificaram que o silício forneceu proteção às plantas de trigo contra o pulgão.

Blum (1968), analisando as características anatômicas de genótipos de sorgo quanto à resistência mecânica das plântulas à penetração de larvas de dípteros da família Muscidae, observou que os genótipos resistentes caracterizaram-se por distinta lignificação, pela maior espessura das paredes celulares e pela presença de alta densidade de armações de silício (parecidos com halteres) na epiderme abaxial da base das bainhas das folhas.

Adlaka (1964) observou que a sensibilidade de vários cultivares de cana-de-açúcar para a broca do colmo, *Scirpophaga nivella* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae), estava associada a fatores como o teor de silício das plantas.

Em cultura de arroz, a resistência das plantas à broca-do-colmo, *Chilo supressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), foi positivamente correlacionada com o teor de silício, determinado em

20 variedades (Djain & Pathak, 1967). Os autores concluíram que, nas variedades com alto teor de silício, um menor número de lagartas foi encontrado, diminuindo assim, a porcentagem de coração-morto nas plantas. Verificaram também a alta correlação linear negativa entre a sobrevivência das lagartas e a porcentagem de silício encontrada nas plantas.

Para a espécie *Chilo supremain* (Walker) (= *supressalis*), que também danifica a cultura de arroz, Tayabi & Azizi (1984) verificaram que a aplicação de 500 kg/ha de silicato de potássio proporcionou o aumento do número de panículas/planta, panículas/m<sup>2</sup> e de grãos/m<sup>2</sup>, e a redução de mais da metade do número de lagartas por m<sup>2</sup>. Respostas semelhantes foram observadas por Sawant *et al.*, (1994) para a lagarta-amarela-do-colmo *Scirpophaga incertulas* (Walker), que apresentou, com a adição de 2 kg de casca de arroz carbonizada (rica em silício)/m<sup>2</sup> de canteiro um aumento significativo do teor de silício em plantas de arroz o que diminuiu a porcentagem de coração-morto causado pela lagarta-amarela-do-colmo.

Goussain *et al.*, (2005), ao estudarem o efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), não observaram efeito do silício na duração da fase larval e pupal, peso de pupa e na mortalidade de pupas. Entretanto, verificaram maior mortalidade e aumento de canibalismo em grupos de lagartas ao final do 2º instar, e maior mortalidade de lagartas individualizadas no 2º e 6º instares, quando foram alimentadas com folhas de plantas de milho tratadas com silício, em comparação com a testemunha.

A resistência de 19 genótipos de capim ao ataque do gorgulho-das-pastagens, *Listronotus bonariensis* (Kuschel) (Coleoptera: Curculionidae) foi estudada por Barker (1989), sendo verificado que o número de oviposições nas plantas foi correlacionado negativamente com a densidade de depósitos de silício na superfície abaxial das bainhas, o que também dificultou a alimentação das larvas.

### III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adathia, M. H. & Besford, R. T. The effects of silicon on cucumber plants grown in

- recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**. v. 58, p. 343 – 351. 1986.
- Adlaka, P.A. Studies of factores responsible for resistance to top borer on different varieties of sugarcane. **Indian Journal Sugarcane Research Development**. v. 83, p. 343-344, 1964.
- Alvarez, J. & Datnoff, L. E. The economics of silicon for integrated manegement and sustainable production of rice and sugarcane. *In*: Datnoff, L. E.; Snyder, G. H.; Korndörfer, G. H. (Ed.). Silicon in Agriculture. Amsterdam: Elsevier Science. p. 209-219. 2001.
- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Relatório 2010**. Ano base 2009/ABRAF. Brasília: ABRAF, 2010.
- Awmack, C. S. & Leather, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**. v. 47, p. 817-844, 2002.
- Barbosa Filho, M. P.; Snyder, G. H.; Prabhu, A. S.; Datnoff, L. E.; Korndörfer, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz (Uma revisão de literatura). **Informações Agronômicas**. v. 89: 1-8. Encarte Técnico, 2000.
- 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 Ciência de solo**. v.25, p. 325 - 330, 2001.
- Barker, G.M. Grass host preferences of *Listronotus banariensis* (Coleóptera: Curculionidae). **Journal Econ.Entomology**. 82: 1807-1816. 1989.
- Basagli, M.A.B. et al. Effect of sodium silicate application on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**. v.32, n.4, p.659-663, 2003.
- Bélanger, R.R.; Bowen, P.A.; Ehret, D.L.; Menzies, J.G. Soluble silicon – its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**. v. 79, n.4, p.329-336, 1995.
- Blum, A. Anatomical phenomena in seedlings of sorghum varieties resistant to the sorghum shoot fly *Atherigona varia soccata*. **Crop Science**. v. 8, p.388-391. 1968.
- Boiça Júnior, A.L. & Alonso, A.M. Efeito da adubação na manifestação da resistência de feijoeiro ao ataque de caruncho em testes com e sem chance de escolha. **Bragantia**. v. 59, n. 1, p. 35-43, 2000.
- Bortoli, S. A. & Maia, I. G. Influência da aplicação de fertilizantes na ocorrência de pragas. *In*: Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. Icone, São Paulo, p. 53-63. 1994.
- Brennan, E. B.; Hrusa, G. F.; Weinbaum, S. A.; Levison, W. Resistance of Eucalyptus species to *Glycaspis brimblecombei* (Homoptera: Psyllidae) in the San Francisco bay area. **Pan-Pacific Entomologist**. v. 77, n. 3, p. 249-253, 2001.
- Camargo, J.M.M.; Moraes, J. C.; Oliveira, E. B.; Iede, E. T. Resistência induzida ao pulgão-gigante-do-pinus (Hemiptera: Aphididae) em plantas de *Pinus taeda* adubadas com silício. **Bragantia**. v.67, n.4, p.927-932, 2008a.

- Camargo, J.M.M.; Moraes, J.C.; Oliveira, E.B.de; Pentead, S. do R.C.; Carvalho, R.C.Z. de. Efeito da aplicação do silício em plantas de *Pinus taeda* L., sobre a biologia e morfologia de *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e Agrotecnologia**. v.32, n. 6, p. 1767-1774. 2008b.
- Camargo, P. N. & Silva, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: Herba, 1990.
- Cardoso, A. M.; Ferreira, A., Nascimento, A. F.; Calafiori, M. H. Efeito de diferentes adubações na eficiência de *Baculovirus spodoptera* para controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) na cultura do milho *Zea mays* L. **Ecosistema**. v. 20, p. 124-130. 1995.
- Carvalho-Pupatto, J. G. **Trocas gasosas e eficiência de uso da água da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de silício**. Botucatu. 151p. Tese (Doutorado em Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. 2003.
- Carvalho, S.K., Moraes, J.C.; Carvalho, J.G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v.28, p.505-510, 1999.
- Chaboussou, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. São Paulo: L & PM, 253p. 1987.
- Chagas, R. C. S. **Avaliação de fontes de silício para as culturas do arroz e milho**. Piracicaba, 2 80p. Tese (doutorado) Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. 2004.
- Chérif, M. & Bélanger, R.R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long english cucumber. **Plant Disease**. v.76, n.10, p.1008-11, 1992.
- Comhaire, M. El papel de la silica para los vegetales. **Ann. Inst. Biol. Univ. Nac.** México. v. 25, p. 35-38, 1965.
- Correa, R.S.B.; Moraes, J.C.; AUAD, A. M.; Carvalho, G.A. Silicon and acibenzolar-s-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**. v. 34, p. 429-433. 2005.
- Dahlsten, D. L.; Dreistadt, S. H.; Garrison, R. W.; Gill, R. J. 2005. *Eucalyptus* redgum lerp psyllid, Home & Landscape. Disponível em: <[http:// www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7460.html](http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7460.html)>. Acesso em: 18 set. 2009.
- Dal Pogetto, M.H.F.A.; Wilcken, C. F. ; Lima, A. C. V. ; Christovam, R. S. Efeito da aplicação de Agrosilício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* no desenvolvimento biológico de *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae). **Anais**. IV Simpósio Brasileiro Sobre Silício na Agricultura, 2007, Botucatu. Resumos. p. 210-213. 2007.
- Djainin, A. & Pathak, M.D. Role of silica in resistance to Asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in rice varieties. **Journal of Economic Entomology**. n.60, p.347-351, 1967.

- Duffield, S. J.; Bryson, R. J.; Young, J. E. B.; Sylvester-Bradley, R. The influence of nitrogen fertilizer on the population development of the cereal aphids *Sitobion avenae* (F.) and *Metopolophium dirhodum* (Wilk.) on field grown wheat. **Annals of Applied Biology**. v. 130, p. 13-26. 1997.
- Elawad, S.H. & Green Junior, V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **II Riso**. v.28, p.235-253, 1979.
- Endem, H.F. Van. *In: Host plant resistance to insects and mites.* (Di Ponti, O.M.B., ED.). 1978.
- Epstein, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**. v.91, p.11-17, 1994.
- Epstein, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v.50, p.641-664, 1999.
- Evans, A.C. Physiological relationships between insects and their host plants. **Rothamsted Experimental Station**. Harpenden. p.558-572. 1937.
- Faria, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. Lavras, 47p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras. 2000.
- Firmino, D. C. Biologia do psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera:Psyllidae) em diferentes espécies de eucalipto e em *Eucalyptus camaldulensis* sob diferentes temperaturas. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu. 2004.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Neto, S.S.; Carvalho, R.P.L.; Batista, G.C.; Filho, E.B.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramim, J.D.; Marchini, L.C.; Lopes, J.R.S. ; Omoto, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p. 2002.
- Gomes, F.B.; Moraes, J.C.; Santos, C.D. dos; Goussain, M.M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agrícola**. v. 62, n.6, p.547-551, 2005.
- Gomes, F.B.; Moraes, J.C.; Santos, C.D.; Antunes, C.S. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**. v.37, n.2, p.185-190. 2008.
- Goussain, M.M. **Interação trigo-silício-inseticida na biologia e no comportamento de prova do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (hemiptera: aphididae) monitorado pela técnica “Electrical Penetration Graphs” (EPG)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras. 68 p. 2006.
- Goussain, M.M.; Prado, E.; Moraes, J. C. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera:Aphididae). **Neotropical Entomology**. v.34, n.5, p.807-813, 2005.
- Hanisch, H.C. Zun einfluss der stickstoffdungung und vorbeugender spritzung von natronwasser glas zu weizenpflanzem auf deren widerstandsfahigkeit gegen getreideblattlause. **Kali-Driefe**.

- v.15, 287-296, 1980.
- Horber, H. L. Plant resistance to insects. **Agric. Soc. Rev.** 10: 1-18. 1972.
- Hunt, D. W. A.; Drury, C. F.; Maw, H. E. L. Influence of nitrogen on the performance of Colorado potato beetle on tomato. **Environmental Entomology**. v. 21, p. 817-821. 1992.
- Kin, H.S. & Heinrichs, E.A. Effects of silica level on whitebacked planthopper. **International Rice Research Newsletter**. v.7, p.17, 1982.
- Korndörfer, G. A. & Datnoff, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**. n. 70, p. 1-3. 1995.
- Korndörfer, G.H.; Coelho, N.M.; Snyder, G.H.; Mizutani, C.T. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23 n.1, p.101-106, 1999a.
- Korndörfer, G. H.; Arantes, V. A.; Corrêa, G. F.; SNYDER, G.H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 23, n.3, p. 623 - 629, 1999b.
- Korndörfer, G.H. & Lepsch, I. Effect of silicon on plant growth and yield. **Silicon in Agriculture**. 26-30 Sept., Fort Lauderdale, Fl. 1999.
- Korndörfer, G. H.; Pereira, H. S.; Camargo, M. S. de. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. **(Boletim técnico, 1)**.3. ed. Uberlândia: GPSi, 23 p. 2004.
- Labrousse, F. La Fécondité du sol. Paris. **Annales Agronomiques**. 311p. 1932.
- Lanning, F. C. & Linko, Y. Absorption and deposition of silica by four varieties of sorghum. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 9, n. 6, p. 463-465. 1961.
- Lara, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo, Ed. Ícone, 336.1991.
- Lima Filho, O.F. de. O silício e a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos.<http://www.embrapa.br/noticias/artigos/folder.2005-artigo> Review of recent research. **Revista IL RISO**. v. 28, p.235-253. Acesso em: 14/05/2010.
- Lima Filho, O.F.; Lima, M.T.G.; Tsai, S.M. O silício na agricultura. p.1-7. **(Encarte Técnico - Informe Agrônomo, 87)**. 1999.
- Luginbill, P. Developing resistant plants. The ideal method of controlling insects. USDA - ARS. **Prod. Res. Report**. v.11, p. 1-14. 1969.
- Lutinski, J. A.; Lutinski, C. J.; Garcia, F. R. M. Primeiro registro de *Glycaspis brimblecombei* Moore 1964, (Hemiptera: Psyllidae) em Eucalipto no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**. v.36, p. 653–655. 2006.
- Ma, J. F.; Miyake, Y.; Takahashi, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. *In*: Datnoff, L. E.; Snyder, G. H.; Korndörfer, G. H. Silicon in agriculture. New York: **Elsevier Science**. p. 17-39. 2001.
- Ma, J. F. & Takahashi, E. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. **Elsevier Science**.

2002.

- Malavolta, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres. 215p. 1980.
- Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>o</sup> ed. London. Academic, 889p. 1995.
- Maxwell, F.G. Host plant resistance to insects: nutritional and pest management relationships. *In*: Rodriguez, J.G. *Insect and mite nutrition*. Amsterdam: North-Holland, p.599-609. 1972.
- McNaughton, S.J. & Tarrants, J.L. Grass leaf silification: natural selection for an inducible defense against herbivores. **Proceedings of Natural Sciences**. n. 80, p. 790-791, 1983.
- McNeill, S. & Southwood, T.R.E. The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. *In*: Biochemical Aspects of Plant and Animal Coevolution, ed. J.F. Harborne, H.F. van Emden, pp.77-98. London:Academic, 1978.
- Mengel, K. & Kirkby, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers. 849p. 2001.
- Miyake, Y. & Takahashi, E. Effect of silicon on the growth of solution cultured cucumber plant. **Soil Science and Plant Nutrition**. Tokyo, v. 29, p. 71-83, 1983.
- Moraes, J.C.; Goussain, M.M.; Basagli, M.A.B. Silicon influence on the tritrophic interaction: wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera:Chrysopidae) and *Aphidius colemani viereck* (Hymenoptera: Aphidiidae). **Neotropical Entomology**. v. 33, n. 5, p. 619- 624, 2004.
- Moraes, J.C.; Goussain, M.M.; Carvalho, G.A.; Costa, R.R. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1956) (Homoptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. **Ciência Agrotécnica**. n. 29, p.761-766, 2005.
- Oliveira, L. O.; Costa, E. C.; Grellman, M.; Cantarelli, E. B.; Perrando, E. R. Ocorrência de *Glycaspis brimblecombei* Moore 1964, (Homoptera:Psyllidae) em *Eucalyptus* spp. no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**. v. 3, p. 353-355. 2006.
- Painter, R. H. Resistance of plants to insects. **Annu. Rev. Entomol.** v.3, p. 267-90. 1958.
- Patriquin, D.G.; Baines, D.; Abboud, A. Soil fertility effects on pests and diseases. *In*: Cook, H.F. & Lee, H.C., eds. Proceedings of the Third International Conference on Sustainable Agriculture. Londres: Wye College Press, p. 161-174. 1993.
- Phillips, C. Blue gum psyllid. Mount Gambier: Forestry, 1992. (Forest insects, 1). Disponível em: <[http://www.forestry.sa.gov.au/privateforestry/insect\\_fact\\_sheets/Fact\\_Sheet\\_html%2001%20Blue%20Gum%20Psyllid.htm](http://www.forestry.sa.gov.au/privateforestry/insect_fact_sheets/Fact_Sheet_html%2001%20Blue%20Gum%20Psyllid.htm)>. Acesso em: 23 ago. 2009.
- Primavesi, A.M. **Manejo ecológico de pragas e doenças**. São Paulo: Nobel, 137 p. 1988.
- Primavesi, A. M. **Manejo ecológico de pragas e doenças: técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente**. São Paulo: Nobel. 137p. 1994.
- Rafi, M.M.; Epstein, E.; Falk, R.H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal Plant Physiology**. v.151, p.497-501. 1997.
- Raven, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge**



- Philosophical Society.** v.58, p.179- 207. 1983.
- Raven, H. P.; Evert, F.R.; Eichhorn, S.E. **Biologia Vegetal.** Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, 587p. 1996.
- Sá, L.A.N. & Wilcken, C.F. Nova praga exótica no ecossistema florestal. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 3p. (**Comunicado Técnico,18**). 2004.
- Salim, M. & Saxena, R.C. Iron, silica and aluminium stresses and varietal resistance in rice: effects on whitebacked planthopper. **Crop Science.** v.32, p.212-219, 1992.
- Sangster, A.G.; Hodson, M. J.; Parry, D.W. Silicon deposition and anatomical studies in the inflorescence bracts of four *Phalaris* species with their possible relevance to carcinogenesis. **New Phytologist.** v. 93, p. 105 – 122. 2001.
- Santana, D.L.Q. Psilídeos em Eucaliptos no Brasil. **Circular Técnica.** Embrapa Florestas, Colombo, n.109, 2005.
- Santana, D.L.Q.; Carvalho, R.C.Z.; Favaro, R.M.; Almeida, L.M. *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) e seus inimigos naturais no Paraná. In: Congresso Brasileiro de Entomologia. Gramado. **Anais.** Gramado: Sociedade Entomológica do Brasil, p. 450. 2004.
- Savant, N.K.; Snyder, G.D.; Datnoff, L.E. Silicon in management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy.** v. 58, p. 151-199. 1997.
- Sawant, A.S., Patil, V.H.; Savant, N.K. Rice hull ash applied to seedbed reduces deadhearts in transplanted rice. **International Rice Research Notes.** v.19, p. 20-21, 1994.
- Silveira, R.L.V.A.; Higashi, E.N.; Sgarbi, F.; Muniz, M.R.A. Seja o doutor do seu eucalipto. Arquivo do agrônomo. **Informações agrônômicas.** n.93, p.1-23. 2001.
- Silveira, R.L.V.A. & Higashi, E.N. Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto. **Circular técnicaPEF.** n.200, p.1-13. 2003.
- Souza, E. A.; Moraes, J. C.; Amaral, J. L.; Liberato, R. D.; Bonelli, E. A.; Lima, L. R. Efeito da aplicação de silicato de cálcio em *Brachiaria rizantha* cv. Marandu sobre a população de ninfas do percevejo castanho das raízes *Scaptocoris carvalhoi* Becker, 1967, características químicas do solo, planta e produção de matéria seca. **Ciência e Agrotecnologia.** v. 33, n.6, p. 1518-1526. 2009.
- Subramanian, S. & Gopalaswamy, A. Effect of silicate materials on rice crop pests. **International Rice Research Newsletter.** v.13, p. 32, 1988.
- Tanaka, A. & Park, Y. D. Significance of the absorption and distribution of silica in the growth of rice plant. **Soil Science Plant Nutrition.** v. 12, p. 23-8, 1966.
- Takahashi, F. & Miyake, Y. Silica Plant Growth. In: Seminary Soil Environment Fertilizer Management in Agriculture. Proceedings. Japan: Society of the Science of Soil Manure. p. 603 – 611. 1977.
- Takahashi, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: Matsuo, T.; Kumazawa, K.; Ishii, R.; et al. (ed.). Science of the rice plant: physiology. Tokyo: Food and Agriculture Policy

- Research Center. Cap.5, p.420-433. 1995.
- Tayabi, K. & Azizi, P. Influence of silica on rice yield and stem-borer (*Chilo supremain*) in Rasht/Iran 1979-1980. **Pesticides**. v. 18, p. 20-22, 1984.
- Werner, D. & Roth, R. Silica metabolism. In: Läuchli, A; Bielecki, R.L (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. New Series, Berlin: Springer-Verlag, v. 15b,p. 682-694, 1983.
- Wilcken, C.F.; Couto, E.B.; Ferreira Filho, P. J.; Orlato, C.; Firmino, D. C. Ocorrência do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) (Hemiptera: Psyllidae) em florestas de eucalipto no Brasil. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 11p. **(Circular técnica, 201)**. 2003.
- Wild, A. **Russel's soil conditions and plant growth**. 11 ed. London: Longman, 991p.1988.
- Winston, M. D. Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. **Crop Science**. v. 32, p.1208-13, 1992.
- Wittwer, S. H. & Haseman, L. Soil nitrogen and thrips injury of spinach. **Journal of Economic Entomology**. v. 38, p. 615-617. 1945.
- Yoshida, S.; Ohnishi, Y.; Kitagishi, K. Histochemistry of silicon in rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**. Tokyo, v. 8, p. 107-111, 1962.
- Yoshida, S. The physiology of silicon in rice. Food and Fertilizer Technology Center Taipei. Taiwan. **(Technical bulletin, 25)**. 1975.

**Capítulo I - Avaliação da susceptibilidade de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake ao psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera:Psyllidae)**

**RESUMO**

O psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* foi detectado no Brasil, em 2003, em espécies de eucalipto, causando redução na altura da planta, deformação da folha e presença de fumagina. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de diferentes clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* ao ataque de *Glycaspis brimblecombei*. O experimento foi conduzido entre maio de 2007 e abril de 2008, em área pertencente à Votorantim Aço Florestal (Fazenda Santa Cecília), com 5 clones de *E. camaldulensis* e 5 clones de *E. urophylla*. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, contendo 25 plantas por parcela, com quatro repetições. Mensalmente foram coletadas quatro folhas das nove plantas centrais de cada parcela, quantificado o número de ovos e ninfas do inseto. As maiores médias para ovos e ninfas foram obtidas para os clones de *E. camaldulensis* 7, 58, 62, 10 e 6, que não diferiram estatisticamente entre si, e foram classificados como altamente suscetíveis ao ataque do psilídeo-de-concha, baseado em estudos realizados onde avaliou-se a suscetibilidade do inseto a diferentes espécies de *Eucalyptus*. Os demais clones, 19, 36, 2, I224 e I042 pertencentes a espécie *E. urophylla*, não diferiram estatisticamente entre si, porém quando comparados aos clones de *E. camaldulensis*, apresentaram menores médias para ovos e ninfas, sendo classificados como resistentes ao ataque do psilídeo-de-concha.

**Evaluation of the susceptibility of clones of *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn.) and *Eucalyptus urophylla* (Blake) to the red gum lerp psyllid *Glycaspis brimblecombei* Moore**

**ABSTRACT**

The lerp-gum-psyllid *Glycaspis brimblecombei* was detected in Brazil, in 2003, in *Eucalyptus*, causing reduction in the size, deformation of the leaf and presence of sooty mold. The objective of this work was to evaluate the different resistance of clones of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. urophylla* to the attack of *Glycaspis brimblecombei* between May of 2007 and April of 2008. The experiment was done in Votorantim Forest plantation Steel (Farm Santa Cecília), with 10 different *Eucalyptus* clones. The experimental delineation was randomized blocks, with 25 plants for block, and four repetitions. Monthly four leaves of the nine plants had been collected in the center of each plot to quantify the egg number and nymphs number. The largest number of eggs and nymphs were observed in clones of *E. camaldulensis* 7, 58, 62, 10 and 6, that did not differ statistically among themselves, and were classified as highly susceptible to attack by the red-gum-lerp-psyllid. The other clones of *E. urophylla* (19, 36, 2, I224 and I042) did not differ among themselves and, when compared with clones of *E. camaldulensis* had lower averages of eggs and nymphs, were classified as resistant to attack by the red-gum-lerp-psyllid.

## I. INTRODUÇÃO

O Brasil detém a maior área plantada de eucalipto do mundo, destinado principalmente à produção de celulose e papel, chapas de fibras e carvão vegetal, que abastece as indústrias de base florestal (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006).

O grupo Votorantim atua principalmente na produção de zinco, níquel, chumbo, calcário dolomítico e aço. A produção de aço é vinculada à produção de carvão vegetal, que é oriundo de plantios de eucalipto da unidade Votorantim Aço Florestal localizada em Vazante, região noroeste de Minas Gerais. A produção do carvão vegetal é feita nas fazendas de sua propriedade (Fazenda Santa Cecília e Santa Rita), em João Pinheiro/MG a fim de ser permutado por ferro gusa para abastecer a usina siderúrgica do grupo. A área de plantio de eucalipto é de 2.162,27 ha., já contabilizando as áreas de pastagens que estão sendo substituídas por eucalipto. A empresa objetiva ampliar tais áreas, totalizando 10.493,10 ha. de silvicultura em 2011 (Parecer Técnico SUPRAM NOR, 02/2007).

A eucaliptocultura é intensiva e baseada principalmente em florestas clonais formadas com materiais-elite de elevada produtividade média, chegando a atingir valores da ordem de 45-60 m<sup>3</sup>/ha/ano (Mora & Garcia, 2000).

Desde a década de 1980, muitas empresas florestais vem procurando conhecer a suscetibilidade ou resistência das espécies de *Eucalyptus* a insetos-praga. Desta forma, a seleção de clones além de se basear na produtividade florestal está diretamente ligada à suscetibilidade de plantas ao ataque de insetos.

O uso de diferentes clones, ou clones classificados como resistentes ao ataque de insetos é considerada a forma ideal de controle, pois mantêm a praga em níveis inferiores ao de dano econômico, sem causar prejuízos ao ambiente e sem ônus adicional ao produtor (Gallo *et al.*, 2002).

Com a alta demanda em termos de produção de *Eucalyptus* em busca de matéria-prima, começaram a surgir problemas em relação ao aparecimento de insetos nos plantios. O psilídeo-

de-concha, *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera:Psyllidae) que já foi detectado em diferentes espécies de eucalipto e encontra-se distribuído por diversas regiões do Brasil, desponta como inseto-praga. Os danos causados pelo inseto são intensos, causando desfolha de 20% a 30%, secamento dos ponteiros, fumagina e mortalidade de árvores dominadas pelo inseto (Wilcken *et al.*, 2003).

O ataque deste psílideo, entretanto, não é homogêneo entre espécies de *Eucalyptus*, sendo consistentemente mais intenso em *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* (Paine *et al.*, 2000; Brennan *et al.*, 2001).

No Brasil, o psílideo-de-concha já foi observado nas espécies *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. urophylla* e em clones híbridos de *E. grandis* x *urophylla* (“Urograndis”) (Wilcken *et al.*, 2003; Firmino-Winckler *et al.*, 2009).

Brennan & Weinbaum (2001) avaliaram a resistência de clones de *Eucalyptus* a *G. brimblecombei* e demonstraram que características foliares, como a quantidade de cera epicuticular, difere entre espécies de eucalipto e podem afetar o estabelecimento das ninfas deste inseto. Dessa forma, é possível que a incidência deste inseto apresente diferenças entre superfícies foliares, cujas características morfológicas e grau de exposição ao sol, vento e chuva comumente são contrastantes. Este tipo de comparação pode levar à determinação de características que afetam a sobrevivência de *G. brimblecombei*, fornecendo subsídios para estratégias de controle populacional destes herbívoros.

Assim, o objetivo deste estudo foi classificar os clones utilizados atualmente pela empresa Votorantim Aço Florestal quanto à suscetibilidade ao psílideo-de-concha e indicar o melhor material para utilização em larga escala pela empresa.

## **II. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área experimental**

O estudo foi conduzido em uma área de plantio de eucalipto da empresa Votorantim Aço

Florestal (Fazenda Santa Cecília), localizado no município de João Pinheiro, região noroeste do Estado de Minas Gerais.

A Fazenda encontra-se a 450 km da cidade de Belo Horizonte, com área total de 20.528,13 (Figueiredo, 2010).

O clima é do tipo tropical úmido, subúmido, com precipitação média anual de 1.300 mm e temperatura média anual de 20,5 °C, apresentando déficit hídrico de 60 a 120 mm. Os solos são classificados como Luvisolos férricos, Ferralsolos ácidos e Arenossolos ferrálicos, com relevo plano. A altitude local varia de 600 a 1.000 m (Melillo Filho, 1994).

## 2.2 Experimento

O experimento foi instalado em viveiro no mês de janeiro de 2007, englobando um talhão de 1.100 plantas, no espaçamento de 3m x 3m.

Foram testados clones de *E. camaldulensis* ( CL 6, CL 10, CL 7, CL 58 e CL 62) e *E. urophylla* (CL 2, CL 19, CL I042, CL I224 e CL 36).

O plantio dos diferentes clones foi realizado inicialmente em viveiro comercial e acondicionados em área de pleno sol (viveiro comercial da empresa Votorantim Aço Florestal), sendo levados à campo no mês de maio de 2007, com aproximadamente 120 dias (Figura 1).



Figura 1. (a) Preparação do substrato para sementeira dos diferentes clones de *Eucalyptus*. (b) Clones com idade de 120 dias em área de pleno sol da empresa Votorantim Aço Florestal prontos para serem levados à campo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, contendo 25 plantas por

parcela, com quatro repetições (Anexo 1).

Mensalmente, no período de fevereiro de 2008 a fevereiro de 2009, foram avaliadas nove plantas centrais de cada parcela, amostrando-se quatro folhas por planta.

As folhas dos dez clones foram coletadas por um período de um ano. A amostragem das folhas foram realizadas manualmente, coletando-as no terço médio da planta, nas direções norte, sul, leste e oeste (Anexo 1).

As folhas eram coletada, acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas, onde eram examinadas no microscópio estereoscópico Olympus SZ 40, em um aumento 100 vezes (Figura 2).



Figura 2. Coleta das folhas de diferentes clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *urophylla* acondicionadas em sacos de papel para avaliação no laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas.

Foram analisadas cento e quarenta e quatro folhas por tratamento, perfazendo um total de mil quatrocentos e quarenta folhas por avaliação, onde os ovos e ninfas de *G. brimblecombei* foram quantificados.

### **2.3 Análise estatística**



Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), onde empregou-se o teste de correlação e teste Tukey à 5% de significância.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que o pico populacional de ovos ocorreu em junho de 2007 e o das ninfas no mês seguinte (Figura 3 e 4).

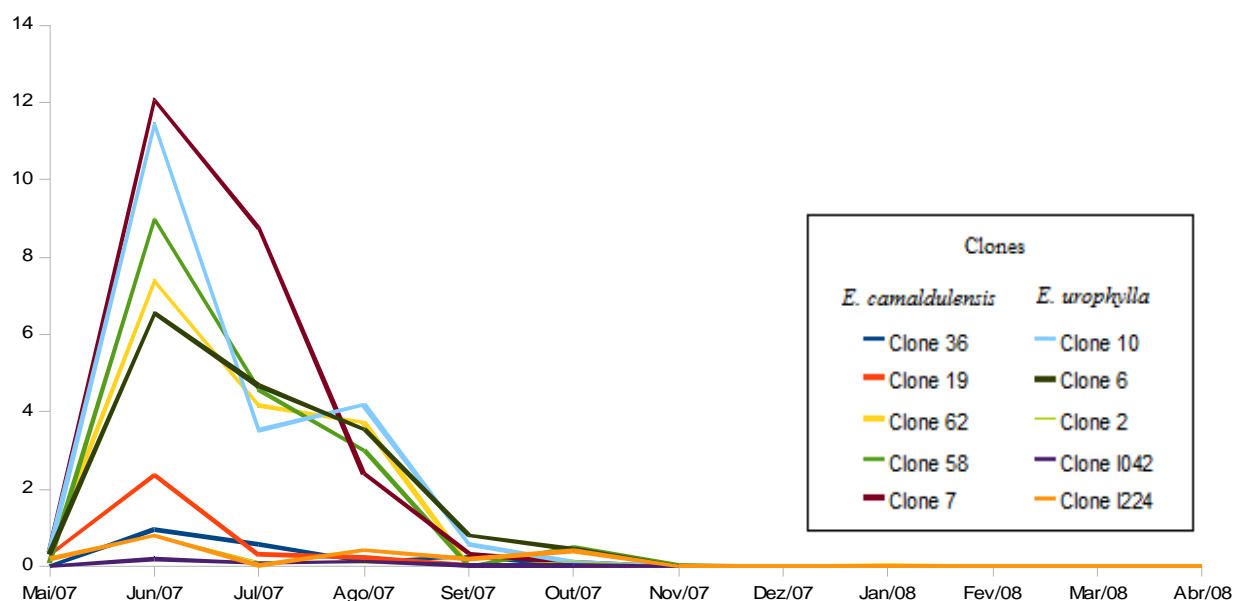


Figura 3. Número médio de ovos do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* em folhas de diferentes clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, coletadas no período de maio de 2007 à abril de 2008.

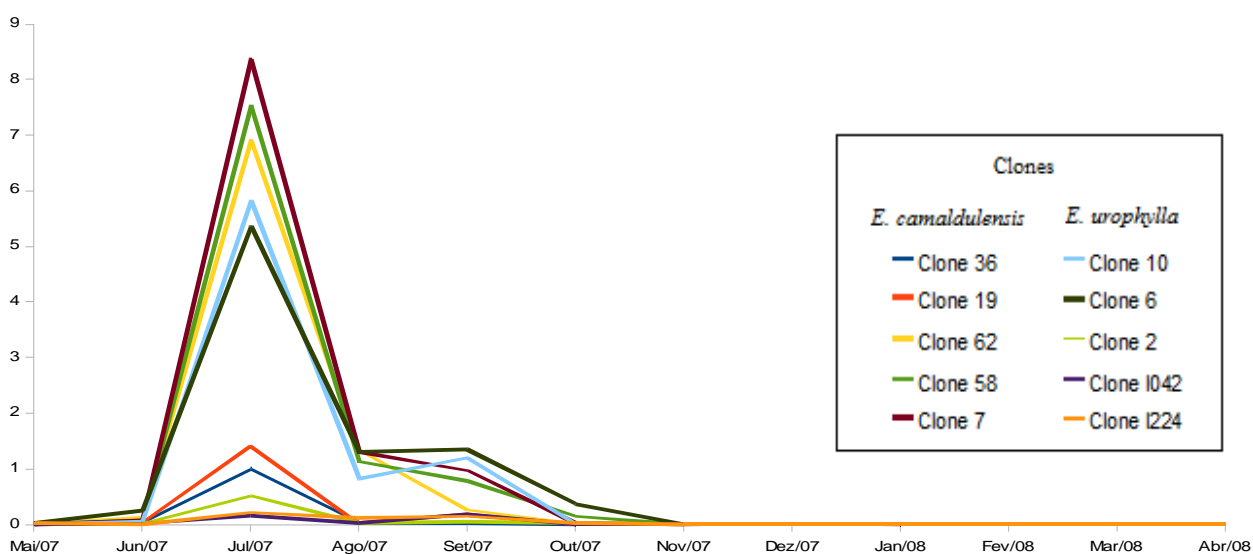


Figura 4. Número médio de ninfas do psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* em folhas de diferentes clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* coletadas no período de maio de 2007 à abril de 2008.

A análise de correlação entre o número médio de ovos obtidos em junho e o de ninfas, em julho foi positiva, ( $r^2=0,50$ ;  $p<0,05$ ). Para o número médio de ovos obtido em julho e o de ninfas em agosto, também positiva ( $r^2=0,46$ ;  $p<0,05$ ). Esses resultados demonstram que o número de ovos de um mês é diretamente proporcional ao número de ninfas no mês subsequente. Ou seja, há como estimar o número de ninfas a partir da amostragem do número de ovos, utilizando essa estimativa como ferramenta para o controle do psílideo-de-concha.

Em relação a ocorrência de ovos, obteve-se valores distintos para as espécies *E. camaldulensis* e *E. urophylla*. Os clones 62, 58, 7, 10 e 6 pertencentes à espécie *E. camaldulensis* apresentaram as maiores médias, ou seja, preferência do psílideo-de-concha em ovipositar em folhas desta espécie (Tabela 1).

Tabela1. Número médio de ovos do psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* em folhas de diferentes clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, coletadas no período de maio de 2007 à abril de 2008, na empresa Votorantim Aço Florestal, Vazante – MG.

Número médio de ovos de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em clones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> e <i>E. urophylla</i>												
Clones	Meses/Avaliações											
	Mai/07	Jun/07	Jul/07	Ago/07	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08
<b><i>E. camaldulensis</i></b>												
Clone 6	0,31a	6,55b	4,67b	3,55a	0,8a	0,45a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 10	0,37a	11,43a	3,52b	4,18a	0,58a	0,1b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 7	0,38a	12,06a	8,75a	2,4b	0,32b	0,11b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 58	0,08b	8,97b	4,58b	3b	0c	0,48a	0,02a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 62	0,38a	7,38b	4,16b	3,72a	0c	0,07b	0a	0a	0,05a	0a	0a	0a
<b><i>E. urophylla</i></b>												
Clone 2	0,21a	0,8c	0,11d	0,08d	0,02c	0,13b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 19	0,31a	2,36c	0,31c	0,23c	0,02c	0c	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone I042	0b	0,2c	0,08d	0,12d	0,02c	0,01c	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone I224	0,2a	0,81c	0,02d	0,43c	0,2b	0,4a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 36	0,01b	0,95c	0,58c	0,12d	0,25b	0c	0a	0a	0a	0a	0a	0a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $p\leq 0,05$ ).

Para o número médio de ninfas, foi possível observar que os mesmos clones de *E. camaldulensis* se destacaram, diferindo estatisticamente dos demais, pertencentes a *E. urophylla* (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio de ninfas do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* em folhas de diferentes clones de eucalipto coletadas no período de maio de 2007 à abril de 2008, na empresa Votorantim Aço Florestal, Vazante – MG.

Número médio de ninfas de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em clones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> e <i>E. urophylla</i>												
Clones	Meses/Avaliações											
	Mai/07	Jun/07	Jul/07	Ago/07	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08
<b><i>E. camaldulensis</i></b>												
Clone 6	0,03a	0,25a	5,36a	1,31a	1,35a	0,37a	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 10	0a	0,06b	5,82a	0,82a	1,2a	0,01b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 7	0a	0,08b	8,37a	1,3a	0,97a	0,02b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 58	0a	0,08b	7,53a	1,13a	0,78a	0,15a	0,02a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 62	0,01a	0,11b	6,91a	1,33a	0,26b	0,01b	0a	0a	0,05a	0a	0a	0a
<b><i>E. urophylla</i></b>												
Clone 2	0,01a	0,01c	0,51c	0,02b	0,04c	0,02b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 19	0,01a	0,03c	1,4b	0,02b	0,18b	0b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone I042	0a	0,01c	0,16c	0,03b	0,18b	0b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone I224	0,03a	0c	0,22c	0,11b	0,15b	0,02b	0a	0a	0a	0a	0a	0a
Clone 36	0a	0,03c	1b	0,13b	0,03c	0b	0a	0a	0a	0a	0a	0a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Com base na população de ovos e ninfas presentes nos clones testados, cinco foram classificados como altamente suscetíveis (clones de *E. camaldulensis*) e os demais como resistentes (clones de *E. urophylla*), (Tabela 3).

Tabela 3. Número médio de ovos e ninfas do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* em folhas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, coletadas no pico populacional de ovos e ninfas, no período de junho e julho de 2007 na empresa Votorantim Aço Florestal, Vazante – MG.

Clones	Espécie	Ovos	Ninfas	Grau de Resistência
Clone 7	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	8,37a	12,06a	Susceptível
Clone 58	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	7,53a	8,97a	Susceptível
Clone 62	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6,91a	7,38a	Susceptível
Clone 10	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,82a	11,43a	Susceptível
Clone 6	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,36a	6,55a	Susceptível
Clone 19	<i>Eucalyptus urophylla</i>	1,4b	2,36b	Não Susceptível
Clone 36	<i>Eucalyptus urophylla</i>	1b	0,95b	Não Susceptível
Clone 2	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,51b	0,8b	Não Susceptível
Clone I042	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,22b	0,2b	Não Susceptível
Clone I224	<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,22b	0,81b	Não Susceptível

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

*G. brimblecombei* se alimenta apenas de espécies de eucalipto, entretanto Paine *et al.*, (2000) observaram que, mesmo se alimentando de várias espécies de eucalipto, o psilídeo-de-concha prefere colonizar espécies do subgênero *Symphomyrtus*, seção *Exsertaria* (Pryor & Johnson, 1971), particularmente *E. camaldulensis*. Isso se deve às condições favoráveis de desenvolvimento e reprodução de *G. brimblecombei* em *E. tereticornis* e *E. camaldulensis* quando

comparados com *C. citriodora*, que apresenta maior resistência às ninfas de 1º ínstar, impossibilitando o desenvolvimento do inseto (Segundo Pryor & Johnson, 1971)

Os dados obtidos corroboram com as citações de Brennan *et al.*, (2001) que avaliaram a suscetibilidade de espécies de *Eucalyptus* a *G. brimblecombei*, baseando-se no número de ovos e ninfas para classificar as espécies como resistentes, tolerantes, altamente suscetíveis ou moderadamente susceptíveis.

Wilcken *et al.*, (2003) realizaram levantamento da infestação do psilídeo-de-concha em 22 espécies de eucalipto, classificando as espécies em resistentes e suscetíveis. Obtiveram maior infestação do número de ninfas e ovos para a espécie *E. camaldulensis* e para a espécie *E. urophylla* obtiveram menor infestação quando comparadas a *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. brassiana*, coincidindo com os resultados obtidos nesse estudo.

Em relação aos valores do Incremento Médio Anual (I.M.A) apresentados pelo clone 58 verificou-se que esse aproxima-se dos valores obtidos pelos demais, mas em contrapartida o clone apresenta o maior índice em relação a densidade básica que é considerado fator-chave, e afeta diretamente a produção do carvão vegetal (Tabela 4).

Tabela 4. Valores do incremento médio anual (m<sup>3</sup>/ha) e densidade da base seca (g/cm<sup>3</sup>) obtidos de clones de *Eucalyptus* plantados pela empresa Votorantim Aço Florestal.

Clone	I.M.A. (m <sup>3</sup> /ha/a)	Densidade Base Seca (g/cm <sup>3</sup> )
36	24,20	-
19	29,79	0,518
62	36,62	0,435
58	34,71	0,577
7	35,42	0,53
10	-	0,586
6	33,46	0,516
02	44,65	0,488
I 042	35	0,503
I 224	42	0,498

Na região norte de Minas Gerais, onde localizam-se as fazendas as condições de precipitação podem não ser tão ideais, mas há ótimos materiais genéticos adequados (clones de híbridos) a elas que podem produzir entre 40 a 45 m<sup>3</sup>/ha.ano de Incremento Médio Anual (I.M.A.).

A densidade básica pode ser considerada como um índice universal para avaliar a qualidade da madeira por causa da sua facilidade de determinação e pelas excelentes relações com as utilizações da madeira. Entretanto, essa universalização não pode e não deve ser absoluta (Foelkel *et al.*, 1992).

Embora seja geralmente considerada como característica única, a densidade básica é um componente dependente das proporções de lenho inicial e tardio, do tamanho e número de fibras e da espessura da parede da fibra (Dinus & Welt, 1997).

Os clones 02 e I224 apresentam os maiores valores de I.M.A, mas em relação aos valores obtidos para a densidade da base seca obteve-se os menores índices.

Os valores obtidos pelo clone 58 para O I.M.A e densidade da base seca, rendimento gravimétrico, resistência mecânica, percentagem de fósforo no carvão, celulose e suscetibilidade a doenças, faz com que se destaque dos demais, sendo assim, o mais indicado para a utilização em plantios destinados à produção e à qualidade do carvão vegetal.

Embora este estudo tenha demonstrado que o clone 58 seja altamente susceptível ao ataque de *G. brimblecombei*, ele continua sendo considerado pela empresa o mais apropriado para produção de carvão devido às características físicas da sua madeira.

Desta forma, optou-se por utilizar esse clone para realização dos experimentos do capítulo II e III.

#### **IV. CONCLUSÕES**

Os clones de *Eucalyptus camaldulensis* foram classificados como susceptíveis ao psilídeo-de-concha *G. brimblecombei*.

Os clones de *Eucalyptus urophylla* foram classificados como não susceptíveis ao psilídeo-de-concha *G. brimblecombei*.

## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas, A.C.; Zauza, E.A.V.; Mafia, R.G.; Assis, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 442p. 2004.
- Barros, N. F.; Novais, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa. 330 p. 1990.
- Brennan, E. B.; Hrusa, F.; Weinbaum, S. A.; Levison Junior, W. Resistance of *Eucalyptus* species *Glycaspis brimblecombei* (Homoptera: Psyllidae) in the San Francisco Bay area. **Pan Pacific Entomologist**. v.77, p. 249-253, 2001.
- Brennan, E.B.; Weinbaum, S.A. Effect of epicuticular wax on adhesion of psyllids to glaucous juvenile and glossy adult leaves of *Eucalyptus globulus* Labillardière. **Australian Journal Entomology**. v.40, p.270-277. 2001.
- Dinus, R. J.; Welt, T. Tailoring fiber properties to paper manufacture: Recent developments. **Tappi Journal**. v.80, n.4, p.127-139, 1997.
- Figueiredo, M. A. F.; Souza, A. L.; Neto, J. A. A. M.; Silva, A F.; Figueiredo, L. H. A. Alteração estrutural de uma área de cerrado explorada sob regime de manejo no município de João Pinheiro-Minas Gerais – Brasil. **Revista Árvore**. v.34, n.3, p.521-528, 2010.
- Firmino-Winckler D.C.; Wilcken, C.F.; Oliveira, N.C.; Matos, C.A.O. Biologia do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera, Psyllidae) em *Eucalyptus* spp. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 53, p.144-146. 2009.
- Foelkel, C. E. B.; Mora, E.; Menochelli, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. **O Papel**. p. 35-40. 1992.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R. P. L; Baptista, G. C. de; Berti Filho, E.; Parra, J. R .P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B.; J. D.; Marchini, L. C.; Lopes, J. R. S.; Omoto, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p. 2002.
- Mellilo Filho, A. **Plano de manejo de rendimento sustentado da Fazenda Santa Cecília - Companhia Mineira de Metais**. Belo Horizonte: Serviços Técnicos Ambientais, 28p. 1994.
- Ministério da Ciência e Tecnologia. **Especial projeto genolyptus**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/genolyptus4htm>>. Acesso em 20 de março de 2010.
- Mora, A. L. & Garcia, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo, SBS, 112p. 2000.
- Paine, T.D.; Dahlsten, D.L.; Millar, J.G.; Hoddle, M.S.; Hanks, L.M. UC Scientists Apply IPM Techniques To New Eucalyptus Pest. **Calif Agric**. v. 54, p.8-13. 2000.
- Pryor, L.D. & Johnson, L.A. **A classification of the Eucalyptus**. Canberra: Australian National University, 192p. 1971.
- Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável Noroeste de Minas. **Parecer Técnico SUPRAM NOR 02/2007**.
- Wilcken, C. F.; Couto, E. B.; Orlato, C.; Ferreira Filho, P. J.; Firmino, D. C. Ocorrência do psilídeo-

de-concha *Glycaspis brimblecombei* em florestas de eucalipto no Brasil. **Circular Técnica** IPEF, n. 201, p. 1-11. 2003.

## **Capítulo II - Absorção e translocação de silício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* adubadas com diferentes doses, fontes e formas de aplicação**

### **RESUMO**

A busca pela alta produtividade de plantas de *Eucalyptus* e de mudas com boa qualidade nutricional e genética, que sejam mais resistentes ao ataque de insetos-praga, vem sendo cada vez mais estudada. Dentro deste contexto, realizou-se o estudo da absorção e a translocação de silício em plantas de *E. camaldulensis*. O experimento foi realizado com o clone 58, em viveiro comercial pertencente à empresa Votorantim Aço Florestal/João Pinheiro – MG, onde foi avaliada a aplicação do micronutriente via solo (silicato de cálcio) e via foliar (silicato de potássio), com três diferentes doses. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 8 tratamentos e 160 repetições, sendo esses: T1 – sem aplicação de silício (adubação padrão + 110 gramas de CaO); T2 – sem aplicação de silício (adubação padrão + 1,71 gramas de KCl); T3 – aplicação do silicato de cálcio via solo (110 mg/tubete); T4 – aplicação do silicato de cálcio via solo (220 mg/planta); T5 - aplicação do silicato de cálcio via solo (440 mg/tubete); T6 - aplicação do silicato de potássio via foliar (2,5 mL/L de água); T7 - aplicação de silicato de potássio via foliar (5 mL/L de água); T8 - aplicação de silicato de potássio via foliar (10 mL/planta). Para os tratamentos T1 e T2 (controle – sem aplicação de silício) foi feita a aplicação das doses de óxido de cálcio e de cloreto de potássio na mesma dosagem para anulação do efeito destes macronutrientes isolando assim o efeito do silício. A avaliação do experimento foi realizada com base nos valores obtidos para análise do teor (%) de silício presente na matéria seca das raízes, parte aérea das plantas e no substrato. Foram realizadas três avaliações aos 30, 60 e 90 dias após aplicação das doses de silício em folhas e raízes e quatro avaliações para as amostras de solo aos 0 (sem aplicação de Si), 30, 60 e 90 dias após semeadura do eucalipto. Nas análises foliares realizadas obteve-se maiores valores em relação ao teor de silício para o T8 que foi em média 3 vezes maior, quando comparado aos tratamentos T1 e T2 (sem aplicação de silício). Em relação a percentagem de silício presente nas raízes de *E. camaldulensis*, os tratamentos não diferiram estatisticamente



entre si nas avaliações realizadas. No substrato verificou-se um aumento significativo no teor do micronutriente aos 30, 60 e 90 dias, em função das doses crescentes de silicato, nas duas formas de aplicação, destacando o T8. A quantidade de silício presente inicialmente (0 dias) para os tratamentos com aplicação do micronutriente aumentaram significativamente, com exceção da testemunha que apresentou valores semelhantes em todas as avaliações. Em relação a absorção e translocação do silício, os tratamentos com aplicação de silício apresentaram valores distintos da testemunha somente aos 60 e 90 dias, onde para as maiores doses do silicato de potássio foliar obteve-se maiores valores (mg/planta). Para os valores obtidos na translocação de silício, a aplicação das doses de silicato de cálcio e potássio foram maiores em relação aos demais tratamentos aos 30, 60 e 90 dias, em alguns casos. O tratamento 8 foi o que apresentou as maiores médias (mg/planta) do micronutriente. Assim, foi possível concluir que *E. camaldulensis* é capaz de absorver e translocar o micronutriente, sendo as fontes testadas eficientes no controle do psilídeo-de-concha *G. brimblecombei*.

## **Silicon uptake and translocation by *Eucalyptus camaldulensis* fertilization with different doses, sources and forms of application**

### **ABSTRACT**

The search for the high productivity of plants of *Eucalyptus* and changes with good nutritional and genetic quality that are more resistant to the insect-pest attack comes more being each studied time. Inside of this context one became fulfilled the study of the absorption and the translocação of silicon in plants of *E. camaldulensis*. The experiment was carried through in pertaining commercial fishery the Votorantim company Forest Steel/João Pinheiro - MG where the application of the micronutrient alone way was evaluated (calcium silicate) and saw foliar (potassium silicate), with three different doses. The experimental delineation entirely was casualizado, with 8 treatments and 160 repetitions. The treatments had been: T1 - without silicon application (fertilization standard + 110 grams of CaO); T2 - without silicon application (fertilization standard + 1.71 gram of KCl); T3 - application of calcium silicate (110 mg/tubete); T4 - application of calcium silicate (220 mg/planta); T5 - application of calcium silicate (440 mg/tubete); T6 - application of potassium silicate (2,5 ml/L of water); T7 - potassium silicate application saw foliar (5 ml/L of water); T8 - potassium silicate application (10 ml/L of water). For the treatments T1 and T2 (control - without silicon application) the application of the doses of oxide of potassium calcium and chloride was made in the same dosage for cancellation of the effect of these micronutrients thus isolating the effect of silicon. The evaluation of the experiment was carried through on the basis of the values gotten for analysis of the text (%) of present silicon in the dry substance of the roots, aerial part of the plants and in the ground. Three evaluations to the 30 had been carried through, 60 and 90 days after application of the doses of silicon in leves and roots and four evaluations for the ground samples to the 0 (without application of itself), 30, 60 and 90 days after sowing of eucalyptus. In the carried through foliares analyses one got bigger values in relation to the silicon text, for the T8 that was on average

3 times bigger, when compared with the treatments T1 and T2 (without silicon application). In relation the present silicon percentage in the *E. camaldulensis* roots of, the treatments had not differed statistical between itself in the evaluations carried through to the 30 and 60 days application of the element but in the third evaluation (90 days) the treatments T7 and T8 (application saw foliar) had after presented significant values in relation the amount of present silicon. In the ground samples a significant increase in the text of the micronutrient to the 30 was verified, 60 and 90 days, in function of the increasing doses of silicate, in the two forms of application, with prominence for application of the biggest dose of potassium silicate (it saw foliar). The amount of present silicon (0 days) for the treatments with application of the micronutrient had initially increased significantly with elapsing of the evaluations. Thus, it was possible to conclude that *E. camaldulensis* is capable to absorb and to translocar the micronutrient, and that the source more effective was the potassium silicate (it saw foliar) with the biggest dose.

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente a demanda cada vez maior por mudas de eucalipto tem exigido que as mesmas sejam de qualidade, isentas de doenças e insetos-praga. Uma das formas para garantir a produção com qualidade é pelo uso da adubação balanceada. Assim, é importante o desenvolvimento de estudos sobre os efeitos dos nutrientes, bem como sua absorção e atuação na planta, principalmente no que se refere de ocorrência de pragas.

Entre os nutrientes que influenciam na qualidade e desenvolvimento do eucalipto e outras espécies de plantas, está o silício; sendo o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre e ocorre na natureza, principalmente na forma de silicatos e no quartzo ( $\text{SiO}_2$ - mineral inerte das areias) (Epstein, 1999).

Várias fontes de silício são usadas com o objetivo de aumentar a resistência de plantas aos herbívoros (Savant et al., 1999). A aplicação de adubos contendo silício pode ser feita via solo ou via foliar, sendo os silicatos as principais fontes de silício para as plantas atualmente em uso no Brasil (Korndörfer et al., 2002).

O silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) vem sendo utilizado com frequência como fonte para aplicação direta no solo, em estudos que visam estudar a interação do micronutriente aplicado e seu efeito sobre insetos considerados pragas.

Outra fonte utilizada é o silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ), via foliar. Em geral, sabe-se que o fornecimento de nutrientes via foliar não substitui a nutrição via solo, que é mais utilizada e difundida (Camargo & Silva, 1990).

A adubação com silício via foliar, assim como acontece via solo, contribui de forma significativa para o controle de insetos e estudos sobre a sua utilização vem sendo cada vez mais difundidos. A utilização de fontes de silício via foliar além de serem eficientes tanto quanto a aplicação via solo, é economicamente mais viável para utilização em larga escala.

Nem todas as plantas são capazes de absorver ou acumular o silício, que constitui de 0,1% a 10% da matéria seca das mesmas. A absorção de silício pelas plantas dá-se como

ácido monossilícico, ( $H_4SiO_4$ ), de forma passiva, com o elemento acompanhando a absorção da água (Jones & Handreck, 1967).

No interior da planta (99% de silício acumulado), encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado. O restante, 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica, sugerindo que a sílica é absorvida pelas gramíneas através do fluxo de massa por processo não seletivo. Este também pode ser encontrado nas plantas na forma de sílica amorfa hidratada ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ), também chamada de opala ou fitolito.

Nesta forma é imóvel e não pode ser redistribuído dentro da planta, a sílica concentra-se nos tecidos de suporte do caule e nas folhas, podendo ser encontrada em pequenas quantidades nas sementes. O conteúdo médio de sílica das raízes é um décimo da concentração do caule (Henriques, 2004).

A sílica hidratada pode estar depositada no lúmen e na parede celular, nos espaços intercelulares ou nas camadas externas, em raízes, folhas, e brácteas das inflorescências de cereais (Epstein, 1994).

De forma geral, o silício concentra-se nos tecidos de suporte/sustentação do caule, nas folhas e, em menores concentrações, nas raízes. O elemento é transportado através da planta e depositado nas paredes das células, principalmente nas folhas (Rodrigues *et al.*, 2007).

Nas raízes das plantas, o silício auxilia na redução da transpiração e neutraliza a toxidez causada por metais pesados, devido ao aumento do volume e rigidez do parênquima (Rodrigues *et al.*, 2007).

A movimentação de silício até as raízes depende de sua concentração na solução do solo e da espécie da planta. Em baixas concentrações é reduzido o transporte por fluxo de massa, que passa a ser significativo quando se tratar de plantas acumuladoras cultivadas em solos com elevados teores do elemento (Marschner, 1995).

O silício absorvido pelas plantas, é facilmente translocado no xilema, e tem tendência natural a se polimerizar associando-se a compostos orgânicos como proteínas, polissacarídeos e lignina (Epstein, 1994; Kolesnikov & Gins, 2001).

Sua distribuição na planta está relacionada com a taxa transpiratória das partes da

planta. Esta distribuição depende muito da espécie: é uniforme nas plantas que acumulam pouco silício e nas espécies acumuladoras 90% do elemento encontra-se na parte aérea (Malavolta, 1980; Korndörfer *et al.*, 1999; Mengel & Kirkby, 2001).

Parte do silício absorvido permanece na forma solúvel, mas a maior parte dele é incorporado na parede das células da epiderme, dos estômatos e tricomas das folhas e pequena parte forma depósitos amorfos (Jarvis, 1987; Epstein, 2001).

A absorção de silício pelas raízes das plantas é dependente de uma série de mecanismos de transporte, os quais somente as gramíneas possuem por completo. Sendo assim, a eficiência do fornecimento de silício pelo solo não depende somente da qualidade da fonte, mas também se a planta possui capacidade para absorção radicular (Rodrigues *et al.*, 2007).

Pesquisas vem sendo realizadas visando a obtenção de novas formas de fornecimento desse micronutriente para as plantas à partir da aplicação via solo e foliar, com o uso de fontes solúveis.

A aplicação foliar de nutrientes torna-se interessante, pois, possibilita driblar a baixa eficiência das plantas em absorver o silício do solo.

Segundo Marschner (1995), as diferentes espécies vegetais variam grandemente em sua capacidade de absorver e acumular silício nos tecidos, podendo, em função dos percentuais de SiO<sub>2</sub> na matéria seca da parte aérea, serem classificadas em três grupos: acumuladoras, com teor elevado de silício, sendo a absorção ligada à respiração aeróbica; arroz e a cana-de-açúcar são exemplos desse grupo; b) não acumuladoras, com baixo teor de Si, mesmo com altos níveis no meio, indicando um mecanismo de exclusão; exemplo típico é o tomateiro; c) intermediárias, com quantidade considerável de Si, quando a concentração no meio é alta. As cucurbitáceas e a soja enquadram-se neste tipo, pois translocam o Si livremente das raízes para a parte aérea.

Dentre as pesquisas realizadas com espécies dicotiledôneas, pode-se citar Emadian & Newton (1989) que observaram maior desenvolvimento de mudas de *Pinus taeda* que receberam aplicação de silício e adubação em relação às plantas que receberam apenas adubação convencional.

Carvalho *et al.*, (2000; 2003), observaram ganhos em fósforo e incrementos na produção de matéria seca da parte aérea, em plantas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em Cambissolo, o qual recebeu aplicação do micronutriente após adubação fosfatada.

As pesquisas também tem avançado no sentido de identificar os múltiplos benefícios da utilização de resíduos industriais ricos em silício, como as escórias de alto forno de indústrias siderúrgicas, a qual seria totalmente viável e econômico para empresas, como é o caso da Votorantim Aço Florestal. A empresa produz toneladas de escória anualmente e vem sofrendo perdas econômicas significativas em relação à insetos-praga, que vêm atacando clones de *Eucalyptus* e acarretando a diminuição da produção de madeira.

Epstein (2001) citou alguns exemplos de ações benéficas que o silício é capaz de promover na planta, em casos cientificamente comprovados, tais como: resistência ao ataque de organismos patogênicos; melhor estruturação da arquitetura das plantas; resistência à herbivoria de insetos fitófagos; redução da fitotoxidez das plantas causadas por metais pesados, entre outras.

Pelo fato da sua função nas dicotiledôneas ainda não ser clara e quais os efeitos reais da adubação com silício em espécies arbóreas no controle de insetos e no incremento da produção, faz-se necessário a realização de estudos mais aprofundados em relação à absorção do micronutriente nessas espécies. Dessa forma, o uso de silício na eucaliptocultura pode ter efeito benéfico na redução de insetos-praga e doenças, no entanto, há poucas estudos sobre o seu efeito. Assim, esse trabalho objetivou analisar a capacidade de *E. camaldulensis* em absorver, translocar e acumular o silício e classificar a espécie em acumuladora, intermediária ou não-acumuladora de silício.

## **II. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local do experimento**

O experimento foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2007 em viveiro

comercial da fazenda Bom Sucesso, pertencente a empresa Votorantim Aço Florestal, cidade de Vazante, região noroeste do Estado de Minas Gerais (17°36'9"S e 46°42'2"W, com altitude de 550 m). A temperatura média anual no local é de 26,3°C, com precipitação média anual de 1.330 mm, evapotranspiração potencial de 1.666 mm e deficit hídrico de 497 mm.

## 2.2 Experimento

As sementes de *E. camaldulensis* pertencentes ao clone 58, analisado e escolhido para realização dos experimentos no capítulo anterior, foram semeadas em tubetes com capacidade de 110 cm<sup>3</sup> onde utilizou-se o substrato Plantmax® com adubação NPK (4-14-8).

O delineamento experimental foi fatorial, sendo 8 tratamentos e 160 repetições (Figura 1).

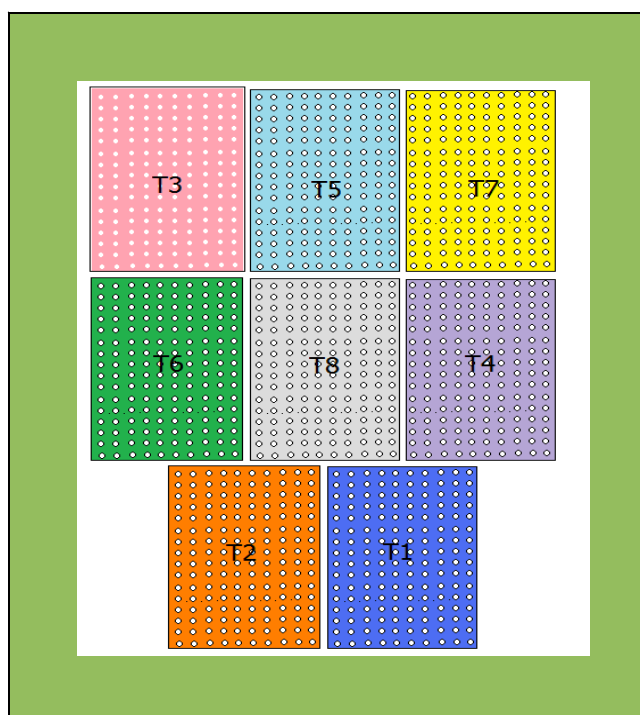


Figura 1. Croqui do experimento realizado em viveiro pertencente a empresa Votorantim Aço Florestal, Vazante – MG no período de agosto à dezembro de 2007.

Foram testadas três doses de silício (fraca, intermediária e forte), duas fontes (silicato de cálcio e potássio) e duas formas de aplicação (via solo e foliar) (Figura 2).



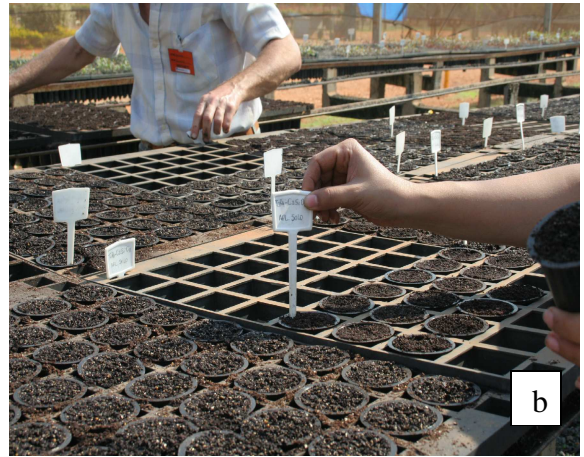


Figura 2. Instalação do experimento no viveiro comercial da empresa Votorantim aço Florestal no período de agosto à dezembro de 2007. (a) Preparação do substrato (adubo + silicato de cálcio), (b) Identificação dos tratamentos em viveiro comercial, (c) Tratamentos (via solo) em área de pleno sol (viveiro comercial), (d) Nascimento das primeiras plântulas para realização da aplicação do silicato de potássio via foliar.

### 2.3 Tratamentos

Como fonte de silício foi utilizado o silicato de cálcio via solo (Agrosilício® - SiO<sub>2</sub> 22,4% e CaO 34,9%) e o silicato de potássio via foliar (Sili-K® - teor Si 12,2% e K<sub>2</sub>O 15%).

A aplicação das doses, via solo, foi feita misturando-se o silicato de cálcio ao substrato, e a aplicação via foliar, nas três doses foi parcelada em três períodos, sendo a primeira realizada 30 dias após a semeadura logo após o aparecimento das primeiras plântulas, as demais aplicações, realizadas com intervalo de 7 dias.

Os tratamentos foram : **T1** – sem aplicação de silício (adubação padrão + 110 gramas de

CaO); **T2** – sem aplicação de silício (adubação padrão + 1,71 gramas de KCl); **T3** – aplicação do silicato de cálcio (110 mg/tubete); **T4** – aplicação do silicato de cálcio (220 mg/planta); **T5** - aplicação do silicato de cálcio (440 mg/tubete); **T6** - aplicação do silicato de potássio (2,5 mL/L de água); **T7** - aplicação de silicato de potássio via foliar (5 mL/L de água); **T8** - aplicação de silicato de potássio (10 mL/planta).

Para os tratamentos T1 e T2 (controle – sem aplicação de silício) foi feita a aplicação das doses de óxido de cálcio e de cloreto de potássio na mesma dosagem para anulação do efeito desses macronutrientes, isolando assim o efeito do silício.

A avaliação do experimento foi realizada com base nos valores obtidos para análise do teor (%) de silício presente na matéria seca das raízes, parte aérea das plantas e no substrato. Foram realizadas três avaliações aos 30, 60 e 90 dias após aplicação das doses de silício, em folhas e raízes e quatro avaliações para as amostras de substrato, aos 0 (sem aplicação de Si), 30, 60 e 90 dias após semeadura de *E. camaldulensis*.

## **2.4 Análise de silício**

Para as folhas e raízes foi feita a coleta de 50 amostras (repetições) de cada tratamento aos 30, 60 e 90 dias. As amostras de solo foram coletadas aos 0, 30, 60 e 90 dias após instalação do experimento. A preparação das amostras foi feita no Laboratório de Solos da Embrapa Florestas, onde estas foram secas e moídas.

Após o processo de secagem e moagem as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Material Vegetal da Universidade Federal de Uberlândia, no Departamento de Agronomia onde foram realizadas as análises do teores (%) de silício presente nas folhas, raiz e substrato de acordo com Korndörfer *et al.*, (2004).

As amostras de folhas e raízes foram individualizadas em frascos plásticos para posterior pesagem da matéria seca, dados estes necessários para a realização das análises de absorção, eficiência de absorção e translocação de silício.

A absorção de silício pela planta foi calculada conforme Marschner (1995) e Siddiqi & Glass (1981): *Eficiência de absorção* =  $[Conteúdo\ de\ Si\ na\ planta,\ mg] / [Matéria\ seca\ de\ raízes,\ mg]$ .

A translocação de silício foi avaliada com base na relação conteúdo de silício na parte aérea/contéudo de silício nas raízes, proposto por Carvalho *et al.*, (2003) no estudo da absorção e translocação de silício em mudas de *E. grandis* W. Hill. Ex Maiden cultivadas em amostras de Latossolo e Cambissolo.

## 2.5 Análise estatística

Para a análise dos dados obtidos para o teor de silício em folhas, raízes e substrato, utilizou-se o teste Tukey à 5% de significância.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise foliar realizada aos 30 dias (1º avaliação), verificou-se que o teor de silício em mudas de *E. camaldulensis* foi significativo para os tratamentos com aplicação do silicato de cálcio (via solo) e silicato de potássio (via foliar), os quais diferiram estatisticamente dos tratamentos T1 e T2 que não receberam aplicação do micronutriente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise do teor (%) mg/planta de silício na parte aérea (folha + caule) realizado em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 30, 60 e 90 dias, com e sem aplicação de silício via foliar e solo.

Análise foliar em mudas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício				
Tratamentos	1º Avaliação (30 dias)	2º Avaliação (60 dias)	3º Avaliação (90 dias)	Média (%) Si (mg/planta)
T1 (substrato padrão + 110 g CaO)	0,28c	0,32b	0,29b	0,22c
T2 (substrato padrão + 1,71 g KCl)	0,2c	0,38b	0,32b	0,22c
T3 (110 mg de CaSiO <sub>3</sub> via solo)	0,46b	0,49b	0,44b	0,34b
T4 ( 220 m g de CaSiO <sub>3</sub> via solo)	0,36b	0,53b	0,42b	0,32b
T5 ( 440 mg de CaSiO <sub>3</sub> via solo)	0,43b	0,44b	0,35b	0,3b
T6 ( 2,5 mL/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> via foliar)	0,49b	0,39b	0,68a	0,39b
T7 ( 5 mL/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> via foliar)	0,4b	0,34b	0,46b	0,3b
T8 ( 10 mL/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> via foliar)	0,84a	0,75a	0,87a	0,61a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Aos 30, 60 e 90 dias após aplicação de silício, para o tratamento T8 com aplicação da maior dose de silicato de potássio (via foliar) obteve-se maior percentagem no teor de silício, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Observou-se que

para a maior dose do silicato de potássio aplicada, obteve-se teor foliar em média 3 vezes maior, quando comparado aos tratamentos T1 e T2 (sem aplicação de silício).

Os tratamentos com aplicação do silicato de potássio (via foliar) apresentaram maiores teores de silício inicialmente, com decréscimo desses valores aos 60 dias, voltando a absorver o elemento aos 90 dias. Tal fato pode ser explicado pela absorção lenta do micronutriente, pois como é de conhecimento, a absorção foliar compreende uma fase passiva (penetração cuticular) e uma fase ativa (absorção celular).

Hanish (1981) observou que ocorreu a absorção e translocação do silício em plantas de trigo que receberam a aplicação do silicato de sódio via foliar.

A absorção de silício da solução do solo se dá de forma passiva, com o elemento acompanhando o fluxo de massa da água que penetra pelas raízes das plantas e, após a perda de água por transpiração, o silício fica retido nos tecidos das plantas (Yoshida, 1965 citado por Faria, 2000).

Quanto a forma de aplicação do micronutriente, houve diferença significativa, onde a aplicação via foliar mostrou ser a mais eficiente em relação à quantidade de silício presente nas folhas.

Os resultados obtidos divergem do estudo realizado por Matlou (2006) que concluiu que aplicações de silício via foliar (três fontes distintas em duas doses diferentes), foram ineficazes para aumento da quantidade de silício em folha de sorgo enquanto que a aplicação via solo resultou em aumentos significativos da concentração desse elemento nas folhas.

Guével *et al.*, (2007) ressaltaram que são necessários mais estudos a respeito da absorção via foliar, já que não há evidências consistentes da absorção de silício pelas folhas.

Em relação ao teor de silício obtido em raízes de *E. camaldulensis*, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si nas avaliações realizadas aos 30 e 60 dias após aplicação do elemento (Tabela 2).

Tabela 2. Análise do teor (%) mg/planta de silício realizado em raízes de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 0, 30, 60 e 90 dias, com e sem aplicação de silício via foliar e solo.

Análise de raízes de plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício				
Tratamentos	1º Avaliação (30 dias)	2º Avaliação (60 dias)	3º Avaliação (90 dias)	Média (%) Si (mg/planta)
T1 (substrato padrão + 110 g CaO)	0,33a	0,22a	0,15b	0,17a
T2 (substrato padrão + 1,71 g KCl)	0,3a	0,19a	0,1b	0,14a
T3 (110 mg de CaSiO <sub>3</sub> via solo)	0,21a	0,2a	0,29b	0,18a
T4 ( 220 m g de CaSiO <sub>3</sub> via solo)	0,26a	0,2a	0,21b	0,16a
T5 ( 440 mg de CaSiO <sub>3</sub> via solo)	0,28a	0,18a	0,22b	0,17a
T6 ( 2,5 mL/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> via foliar)	0,29a	0,19a	0,22b	0,17a
T7 ( 5 mL/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> via foliar)	0,29a	0,29a	0,37a	0,23a
T8 ( 10 mL/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> via foliar)	0,28a	0,19a	0,38a	0,21a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Na terceira avaliação, aos 90 dias, os tratamentos T7 e T8 (aplicação via foliar) apresentaram valores superiores para a quantidade de silício presente nas raízes, quando comparados aos demais tratamentos, diferentemente dos resultados obtidos por Carvalho *et al.*, (2003) que observaram a retenção de silício em raízes de *E. grandis* a partir dos 60 dias.

Atualmente há novas formas de fornecimento de silício para as plantas que vem sendo utilizadas. Dentre essas, podemos citar a aplicação foliar com o uso de fontes solúveis como o silicato de potássio utilizado nesse experimento.

A aplicação foliar além de ser uma das principais formas de fornecimento de nutrientes para as culturas, atua com uma opção para a baixa eficiência de plantas como as dicotiledôneas, em absorver o silício do solo.

De acordo com Jones & Handreck (1967) depósitos radiculares foram detectados principalmente em dicotiledôneas, nas quais o teor de SiO<sub>2</sub> nas raízes é relativamente alto em relação a parte aérea. Já Rodrigues *et al.*, (2007) salientam que o silício concentra-se nos tecidos de suporte/sustentação do caule, nas folhas e, em menores concentrações, nas raízes.

Apesar dos valores obtidos nesse estudo demonstrarem que o teor de silício em raízes não são relativamente altos em relação a parte aérea, pode-se presupor que ocorram esses depósitos radiculares, fato este que explicaria a questão.

Para as análises de substrato realizadas a fim de verificar a quantidade de silício presente,

percebeu-se aumento significativo no teor do micronutriente no solo aos 30, 60 e 90 dias, em função das doses crescentes de silicato, nas duas formas de aplicação (Tabela 3).

Tabela 3. Análise do teor (%) mg/planta de silício disponível no substrato de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* aos 0, 30, 60 e 90 dias, com e sem aplicação de silício via foliar e solo.

Tratamentos	(% Teor de silício (solo))				Média (%) Si (mg/planta)
	1° Avaliação (0 dias)	2° Avaliação (30 dias)	3° Avaliação (60 dias)	4° Avaliação (90 dias)	
<b>T1 (substrato padrão + 110 g CaO)</b>	0,29a	0,29b	0,34b	0,4c	0,33c
<b>T2 (substrato padrão + 1,71 g KCl)</b>	0,3a	0,2b	0,5b	0,36c	0,26c
<b>T3 (110 mg de CaSiO<sub>3</sub> via solo)</b>	0,27a	0,5a	0,5b	0,58b	0,33c
<b>T4 ( 220 m g de CaSiO<sub>3</sub> via solo)</b>	0,28a	0,53a	0,53b	0,62b	0,49b
<b>T5 ( 440 mg de CaSiO<sub>3</sub> via solo)</b>	0,32a	0,57a	0,67b	0,63b	0,4b
<b>T6 ( 2,5 ml/L de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> via foliar)</b>	0,31a	0,45a	0,67b	0,57b	0,5b
<b>T7 ( 5 ml/L de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> via foliar)</b>	0,35a	0,46a	0,81a	0,67b	0,57b
<b>T8 ( 10 ml/L de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> via foliar)</b>	0,42a	0,51a	0,91a	0,82a	0,66a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Tais resultados corroboram com os resultados obtidos por Barbosa *et al.*, (2008) e Mauad *et al.*, (2003) que obtiveram valores crescentes nos estudos realizados com aplicação do silicato de cálcio e magnésio em sorgo e arroz, respectivamente.

Korndorfer (2005) relatou que o aumento na disponibilidade de silício no solo é normalmente acompanhado pelo acréscimo no conteúdo de silício nas plantas, o que pode ser verificado para o tratamento 8, que apresentou maior quantidade do micronutriente no solo e consequentemente aumento de silício em folha e raiz.

A quantidade de silício inicialmente presente no solo (0 dias) para os tratamentos com aplicação do micronutriente aumentou no decorrer das avaliações. Os valores obtidos para o tratamento 1 e 2 também apresentaram aumento na quantidade de silício.

Quanto a origem do silício encontrado no tratamento controle T1 e T2 (sem aplicação de silício), provavelmente seja proveniente da decomposição de resíduos vegetais, fertilizantes silicatados ou da transformação de compostos minerais presentes no substrato utilizado para preparação das mudas de eucalipto.

Na avaliação realizada aos 30 dias, não obteve-se diferença significativa entre os tratamentos.

Aos 60 e 90 dias, o T8 com aplicação da maior dose do silicato de potássio (via foliar) diferiu estatisticamente dos demais, demonstrando que o fornecimento de silício via adubação foliar além de complementar a aplicação de silício via solo bastante utilizado para plantas acumuladoras, é totalmente solúvel e encontra-se prontamente disponível sendo mais eficiente no fornecimento do elemento as plantas não-acumuladoras como o eucalipto, corroborando com os resultados obtidos por Emadian & Newton, 1989; Belanger *et al.*, 1995; Marschner, 1995; Carvalho *et al.*, 2003.

O silício contido nas formulações do silicato de cálcio além de apresentar liberação lenta do micronutriente, necessita de uma grande quantidade para suprir as necessidades das plantas.

Um dos efeitos benéficos da aplicação do silicato de potássio via foliar é que o potássio além de ser considerado nutriente essencial, participa ativamente no metabolismo de carboidratos dentro das plantas.

Na terceira avaliação aos 90 dias pode-se dizer que ainda ocorreu absorção de silício pelas raízes das plantas, e assim inferir que estas possuem a capacidade de continuar translocando o elemento por até 90 dias. Desta forma, presupõe-se que *E. camaldulensis* foi capaz de transportar o silício do sistema radicular para a parte aérea, o que muitas espécies de plantas não são capazes de realizar.

Os valores obtidos para absorção e translocação de silício nos tratamentos com aplicação dos silicatos via solo e foliar, diferiram estatisticamente dos valores obtidos para T1 e T2 (Tabela 4).

Tabela 4. Absorção e translocação (mg/planta) de silício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, com aplicação de diferentes doses, fontes e formas de aplicação.

Tratamentos	Absorção Si			Translocação Si		
	30 dias	60 dias	90 dias	30 dias	60 dias	90 dias
<b>T1 (substrato padrão + 110 g CaO)</b>	2,75Aa	0,72Cb	0,71Cb	0,84Cb	1,9Ba	1,4Ba
<b>T2 (substrato padrão + 1,71 g KCl)</b>	2,5Aa	1,18Bb	0,47Cc	0,66Cb	2Ba	2,2Ba
<b>T3 (110 mg de CaSiO<sub>3</sub> via solo)</b>	1,75Ba	1,56Bb	0,9Bb	2,19Ba	1,6Bb	2,31Ba
<b>T4 ( 220 m g de CaSiO<sub>3</sub> via solo)</b>	2,16Aa	1,25Bb	1,61Ab	1,38Bb	2,65Ba	1,23Bb
<b>T5 ( 440 mg de CaSiO<sub>3</sub> via solo)</b>	2,33Aa	1,12Bb	1,04bb	1,89Bb	2,44Ba	1,59Bb
<b>T6 ( 2,5 mL/L de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> via foliar)</b>	2,41Aa	1,18Bb	1,04bb	1,68Bc	2,05Bb	3,09Aa
<b>T7 ( 5 mL/L de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> via foliar)</b>	2,41Aa	1,81Ab	1,76Ab	1,37Ba	1,17Ca	1,24Ba
<b>T8 ( 10 mL/L de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> via foliar)</b>	1,83Ba	1,18Bb	1,8Aa	3Ab	3,94Aa	3,10Ab

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e, minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Em relação à absorção, só houve diferença significativa a partir dos 60 dias, onde os tratamentos com aplicação de silício diferiram estatisticamente da testemunha.

Para as duas fontes analisadas, as plantas foram eficientes em absorver o silício fornecido e translocá-lo das raízes para a parte aérea até os 90 dias. Os níveis de absorção de silício para alguns tratamentos apresentaram pequeno decréscimo aos 60 e 90 dias após aplicação, com valores distintos da testemunha, sendo possível inferir que ocorre absorção de silício por plantas de *E. camaldulensis*.

Carvalho *et al.*, (2003) quando avaliaram a absorção e translocação de silício em *E. grandis* verificaram que os valores de silício obtidos (mg/vaso) nas plantas, enquadrava a espécie como planta não-acumuladora.

Em estudos realizados por Werner & Roth (1983) foi observado que o *Pinus* foi capaz de absorver grandes quantidades de silício, como verificado nesse experimento onde obteve-se níveis de absorção e translocação significativos. Apesar de *E. camaldulensis* absorver altos níveis de silício a espécie foi caracterizada como não-acumuladora de acordo com a caracterização de Marschner (1995).

Em relação aos níveis de translocação, os tratamentos com maiores doses do silicato via solo apresentaram um aumento na quantidade de silício translocado aos 60 dias e redução na eficiência aos 90 dias. O que também foi constatado por Carvalho *et al.*, (2003) em plantas de *E.*



*grandis* com o avançar da idade das plantas.

Em alguns casos, os percentuais observados para alguns tratamentos com aplicação de silício superaram os valores referentes àqueles sem aplicação (T1 e T2), evidenciando relação nítida entre a aplicação do micronutriente e o percentual de translocação.

Em relação a translocação de silício nos tratamentos com aplicação do silicato via foliar, observou-se que os tratamentos T6 e T8 apresentaram valores superiores e distintos dos demais tratamentos aos 90 dias sendo considerados mais eficientes em relação à translocação do micronutriente.

Os tratamentos com aplicação do silicato via solo e foliar apresentaram valores expressivos quando comparados a plantas que não receberam a aplicação de silício.

Ainda neste contexto, podemos ressaltar que a translocação de silício nas plantas de *E. camaldulensis* para T8 com aplicação do silicato via foliar, se destacou obtendo-se as maiores médias.

De acordo com os valores obtidos em relação ao teor de silício em folhas de *E. camaldulensis* foi possível classificar a espécie como não acumuladora.

#### **IV. CONCLUSÕES**

O eucalipto é uma dicotiledônea capaz de absorver e translocar o silício, dependendo do período e dosagem aplicada;

Aos 30 dias as plantas de *E. camaldulensis* absorvem pouco silício;

A translocação do micronutriente é maior aos 60 dias;

A fonte de silício mais eficiente foi o silicato de potássio (via foliar) para a maior dose;

O eucalipto não é uma planta acumuladora de silício.

#### **V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alvarez, J. & Datnoff, L. E. The economic potential of silicon for integrated management and

- sustainable rice production. **Crop Protection**. Guildford, n. 20, p. 43-48, 2001.
- Barbosa, N. C.; Venâncio, R.; Assis, M. H. S.; Paiva, J. De B.; Carneiro, M. A. C.; Pereira, H. S.; Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em Neossolo quartzarênico de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 38, n. 4, p. 290-296, 2008.
- Bélanger, R.R.; Bowen, P.A.; Ehret, D.L.; Menzies, J.G. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**. v. 79, p. 329-336, 1995.
- Camargo, P. N. & Silva, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: Herba, 1990.
- Carvalho, R.; Furtini Neto, A. E.; Curi, N.; Fernandes, L. A.; Oliveira Junior, A. C. Dessorção de fósforo por silício em solos cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 24, p. 69-74, 2000.
- Carvalho, R.; Neto, A. E. F.; Curi, N.; Resende, A. V. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em Latossolo e Cambissolo. **Ciência e Agrotecnologia**. v.27, n.3, p.491-500, 2003.
- Dechen, A. R. **Adubação, produtividade e ecologia**. Campinas: Fundação Cargill. 425p. 1992.
- Emadian, S. F. & Newton, R. J. Growth enhancement of loblolly pine (*Pinus taeda*) **Journal of Plant Physiology**. Jena, v. 134, p. 98-103, 1989.
- Epstein, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceeding National Academic Science**. Washington, v. 91, p. 11-17, 1994.
- Epstein, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v.50, p.641- 664, 1999.
- Epstein, E. Silicon in plants: facts vs. concepts. *In*: Datnoff, L.E.; Snyder, G.H.; Korndörfer, G.H. (Ed.). Silicon in Agriculture. The Netherlands: Elsevier Science. p. 1-15. 2001.
- Faria, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. Lavras. 47 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras. 2000.
- Guével, M. H.; Menzies, J. G.; Bélanger, R. R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. **European Journal of Plant Pathology**. Dordrecht, v. 119, p. 429-436, 2007.
- Henriques, E. S. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. **Informe Técnico**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2004.
- Jarvis, S. C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. **Plant Soil**. Dordrecht, v. 97, n. 3, p. 429-437, 1987.
- Jones, L. H. P. & Handreck, K. A. Silica in soil, plants and animals. **Advances in Agronomy**. San Diego, v. 19, p. 107-147, 1967.
- Kolesnikov, M.P. & Gins, V.K. Forms of Silicon in Medicinal Plants. **Applied Biochemistry and Microbiology**. v.37, n.5, p.524-527, 2001.
- Korndörfer, G.H.; Coelho, N.M.; Snyder, G.H.; Mizutani, C.T. Avaliação de métodos de extração de

- silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.23 n.1, p.101-106, 1999.
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S.; Camargo, M.S. Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU. 24 p. **Boletim Técnico**, 1. 2002
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S.; Nola, A. Análise de silício: lesões causadas pela brusone e pela mancha-parda, solo, planta e fertilizante. 2.ed. Uberlândia: UFU. 34p. **Boletim técnico**, 2. 2004.
- Korndörfer, G.H. Silício na agricultura reduz pragas e doenças. Disponível em: <<http://www11.agedado.com.br/cet/caplic/ca138.htm>>. Acesso em 29 de julho de 2009.
- Ma, J. F.; Goto, S.; Tamai, K.; Ichii, M. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. **Plant Physiology**. v.127, p.1773-1780, 2001.
- Malavolta, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres. 215p. 1980.
- Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- Mauad, M.; Grassi Filho, H.; Crusciol, C.A.C.; Corrêa, J.C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.27, n.5, p.867-873, 2003.
- Mengel, K. & Kirkby, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers. 849p. 2001.
- Rodrigues, C.R.; Rodrigues, T. M.; Luz, J.M.Q.; Juliatti, F. C.; Figueiredo, F. C. Aplicação de silício líquido solúvel via foliar em batata: Aumento de 5 toneladas/ha de batata extra. **Revista Campos & Negócios**. 2007.
- Savant, N.K.; Korndörfer, G.H.; Snyder, G.H.; Datnoff, L.E. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: A review. **Journal Plant Nutrition**. New York, NY. v.12, n.22, p.1853-1903.1999.

### **Capítulo III – Efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de silício sobre a população de *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera:Psyllidae) em campo.**

#### **Resumo**

Atualmente diversos estudos têm sido desenvolvidos sobre a utilização de silicatos na adubação de plantas. O silício é reconhecido como elemento benéfico para as plantas, e seu emprego vem se intensificando no cenário florestal pois o elemento está relacionado diretamente ao incremento da resistência a insetos-praga. O psílídeo-de-concha, *Glycaspis brimblecombei*, encontra-se atualmente distribuído por todas as regiões produtoras de eucalipto, causando danos irreparáveis, onde árvores altamente infestadas pelo psílídeo chegam a apresentar 100% de desfolha. Visando estudar o efeito da aplicação de diferentes fontes (silicato de cálcio e silicato de potássio) e doses (fraca, intermediária e forte) de silício em plantas de *Eucalyptus camaldulensis*, instalou-se dois experimentos em campo. No primeiro experimento avaliou-se a aplicação de diferentes fontes e doses de silício via solo (silicato de cálcio) e via foliar (silicato de potássio) em um plantio comercial de eucalipto com 9 meses. No segundo, foi avaliada a aplicação do micronutriente desde a semeadura do eucalipto, incorporando-o ao substrato (via solo) e aplicando o mesmo em plântulas de eucalipto com aproximadamente 30 dias (via foliar). As avaliações dos experimentos foram realizadas mensalmente, onde foram feitas amostragens nas folhas das nove plantas centrais de cada parcela experimental. As avaliações foram realizadas durante 24 meses, onde as folhas pertencentes aos tratamentos foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e posteriormente encaminhadas ao laboratório para quantificação do número de ovos e ninfas de *G. brimblecombei*. Os resultados obtidos nos dois experimentos demonstram a diminuição na densidade populacional do inseto para os tratamentos com aplicação de silício, e conseqüentemente para a testemunha (sem aplicação de silício). Em relação a aplicação via foliar e via solo, ambas foram eficientes no controle do inseto, ou seja, menor população do inseto-praga nas áreas analisadas. A medição da altura das plantas de *E. camaldulensis* foi realizada aos 9, 12, 16 e 24 meses (Experimento 1) e aos 4, 8, 12 e 24 meses (Experimento 2)

após instalação dos experimentos. Em relação aos dados obtidos para altura das plantas, somente para as plantas do experimento 1 obteve-se diferenças significativas, onde a aplicação do silicato de potássio (dose forte) culminou em plantas maiores quando comparadas as demais. Os dados climáticos da região (temperatura e precipitação) foram coletados, analisados e posteriormente foram correlacionados com a população do psílideo, onde a correlação entre o número de ovos e ninfas e a precipitação foi positiva, ou seja, menor incidência no ataque do psílideo a plantas no período de chuvas. Para a análise de silício realizada em folhas obteve-se os maiores valores (% teor) para os tratamentos com aplicação do silicato de potássio via foliar (Experimento 1 e 2).

**Effect the application of different sources and levels of silicon in population of *Glycaspis brimblecombei*, in field.**

**Abstract**

Currently diverse studies have been developed on the silicate use in the fertilization of plants. The silicon is recognized as beneficial element for the plants, and its job comes directly if intensifying in the forest scene therefore the element this related to the increment of the resistance the insect-plague. The lerp-gum-psilid *Glycaspis brimblecombei*, meets distributed by all currently the producing regions of eucalipto causing irreparable damages, where trees highly infested by the psilídeo arrive to present 100% of take away the leaves. Aiming at to study the effect of the application of different sources (silicate of calcium and potassium silicate) and doses (weak, intermediate and strong) of silicon in camaldulensis plants of *Eucalyptus* one installed two experiments in field. In the first experiment it was evaluated application of different sources and doses of silicon saw ground (calcium silicate) and saw foliar (potassium silicate) in commercial plantation of eucalipto with 9 months. In as, the application of the micronutrient since the sowing of eucalipto was evaluated, incorporating the substratum (saw it ground) and applying the same in plântulas of *Eucalyptus* with approximately 120 days (it saw foliar). The evaluations of the experiments had been carried through monthly, where samplings in leves of the nine plants were made central offices of each parcel (treatment). The evaluations had been carried through during 24 months, where the pertaining leves to the treatments were collected, conditioned in bags of paper and later directed to the laboratory for quantification of the number of eggs and nymphs of *G. brimblecombei*. The measurement of the height of the *E. camaldulensis* plants of was carried through to the 9, 12, 16 and 24 months (Experiment 1) and to the 4, 8, 24 and 30 months (Experiment 2) after installation of the experiments. The climatic data of the region (temperature and precipitation) had been collected and analyzed where they had been later correlated with the population of the psilídeo. The results gotten in the two experiments demonstrate that it did not

have significant difference enters the silicon application in plants of *E. camaldulensis* with 9 months or application of the micronutrient since the sowing, therefore in both the applications got the control of the insect. In relation the form of silicon application (it saw ground or foliar) in plants of *E. camaldulensis*, also did not get significant differences for the egg number in the two experiments, both had presented comparative inferior numbers when to the treatment without silicon application. however for the number of nymphs one got significant differences, being distinguished the treatment (Experiment 1) saw foliar with the weak dose and for the treatment it saw ground with the intermediate dose (Experiment 2). The correlation enters the number of eggs and nymphs and the precipitation was positive, that is, minor incidence in the attack of the psílideo the plants in the period of rains. In relation to the height of the plants, for the plants of experiment 1 one only got significant differences, where the application of potassium silicate stops (strong dose) the plants bigger when was compared excessively. For the silicon analysis carried through in leaves one got the biggest values (% text) for the treatments with application of potassium silicate foliar application for experiment 1 and 2.

## I. INTRODUÇÃO

Minas Gerais tem um território de cerca de 58,8 milhões de hectares de eucalipto, utilizado principalmente como matéria prima para a produção de carvão, postes de iluminação pública e etc. O Estado é responsável ainda, por 30% de todo o eucalipto plantado em todo o território nacional, que tem 4.258.704 milhões de hectares de árvores plantadas. As informações são da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Seapa-MG) e da Associação Mineira de Silvicultura.

No entanto, boa parte da produção é perdida em decorrência do ataque de insetos-praga, entre os quais se inclui o psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964).

O primeiro relato da ocorrência do psilídeo-de-concha em povoamentos de *Eucalyptus* sp. foi em junho de 2003, no interior do estado de São Paulo. Posteriormente, foi observado nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná (Wilcken, 2003).

As plantas atacadas por essa espécie apresentam folhas cobertas com pequenas conchas cônicas brancas e cerosas, formadas pela secreção adocicada “honeydew” e que geralmente está associado à fumagina. Altas populações de psilídeo-de-concha em espécies suscetíveis de eucalipto causam desfolhamento, podendo levar a árvore à morte (Nagamine & Heu, 2001).

Desde a detecção de *G. brimblecombei*, muitos estudos foram realizados no intuito de se conhecer a biologia (Firmino-Winckler et al., 2009), flutuação populacional (Filho et al., 2008), influência de fatores ambientais sobre a população e o uso de diversos métodos para controle do inseto (Filho, 2005).

Atualmente o manejo do psilídeo-de-concha vem passando por mudanças, onde o emprego correto de fertilizantes e a nutrição adequada das plantas despontam como técnicas adequadas e promissoras no controle desses insetos. Entre as opções viáveis destaca-se também o uso de variedades resistentes e/ou a indução de resistência de plantas a qual pode ser obtida por meio da aplicação de produtos químicos ou minerais.

O silício vem sendo empregado no controle de insetos-praga devido a formação de barreira mecânica nas células vegetais, aumentando assim a resistência contra o ataque de



insetos.

O micronutriente é reconhecido como elemento benéfico para as plantas, com grande destaque na nutrição de plantas (Raij & Camargo, 1973).

O fornecimento do micronutriente pode ser feito através da adubação via solo ou via foliar, contribuindo para o controle de insetos. Atualmente diversos estudos estão sendo realizados em relação a utilização de silicatos, que são as principais fontes de silício usados atualmente na adubação de plantas no Brasil (Korndorfer *et al.*, 2002).

Para a maioria dos estudos realizados com silicatos, destaca-se o emprego do silicato de cálcio com aplicação direta no solo, obtendo assim redução significativa no desenvolvimento do inseto e no dano à planta (Arruda e Silva, 2009; Souza *et al.*, 2009; Korndorfer, 2010).

Embora o emprego de silicatos via solo seja grande, a utilização do silicato de potássio via foliar vem despontando nesse cenário, pois além de apresentar vantagens no emprego da técnica em relação ao menor custo apresenta maior facilidade de aplicação e maior solubilidade em água.

Além disso, acredita-se que o silício aplicado via foliar se deposite na superfície das folhas desempenhando papel semelhante àquele absorvido via radicular, o que pode ser útil especialmente para as culturas onde a absorção passiva ou rejeitiva são predominantes (Alvarez & Datnoff, 2001).

É importante o incentivo das pesquisas relacionadas, por exemplo, como a eficiência de fontes de silício e sua utilização, levantamentos nutricionais, caracterização dos cultivares das diversas espécies quanto ao tipo de absorção do micronutriente. Além disso, são de extrema relevância estudos envolvendo a relação entre a nutrição mineral de espécies arbóreas com aplicação de silício e o ataque de insetos-praga.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar em campo doses e fontes de silício em dois experimentos distintos com o intuito de diminuir a população de *G. brimblecombei* em plantas de *Eucallyptus camaldulensis*

## II. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Experimento 1 – Fazenda Santa Rita

#### 2.1.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área de plantio comercial de *Eucalyptus camaldulensis*, clone 58 (Fazenda Santa Rita), pertencente à Empresa Votorantim Aço Florestal localizado no município de João Pinheiro, região noroeste do Estado de Minas Gerais, no período de agosto de 2007 à julho de 2009, o qual englobou um talhão de 800 plantas no espaçamento de 3 m x 3 m (Figura 1).



Figura 1. Área experimental em área de plantio comercial de *Eucalyptus camaldulensis* da empresa Votorantim Aço Florestal/MG, Fazenda Santa Rita.

A área total da propriedade é de 15.520,15 ha, sendo 2.854,53 ha de plantios de eucalipto, ou seja, 18,4% da propriedade.

A altitude média é de 750 metros acima do nível do mar, conforme análise no Google Earth®.

Considerando os aspectos climáticos, o local é classificado como Tropical Úmido de Cerrado com Inverno Seco, ou seja, com estações definidas de chuva e seca. A temperatura média anual é de 22,5°C, variando entre 15°C e 32°C, e precipitação média anual em torno de 1.100 mm, com freqüência de chuvas de novembro a março.

A Fazenda Santa Rita está inserida no bioma Cerrado, apresentando fauna e flora típicas. A fisionomia predominante é de Cerrado *strictu sensu* onde encontra-se sobre solos areno-argilosos e arenosos.

### 2.1.2 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em plantio comercial com idade aproximada de 9 meses, onde foi empregado delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições (3 doses x 2 fontes de silício), em parcelas de 25 plantas, totalizando 700 plantas (Figura 2).



Figura 2. Plantio comercial de *Eucalyptus camaldulensis* situado na Fazenda Santa Rita, pertencente a empresa Votorantim Aço Florestal, situada no município de João Pinheiro/MG.

Foram testadas três doses de silício (fraca, intermediária e forte), duas fontes (silicato de cálcio e potássio) e duas formas de aplicação (via solo e foliar).

Como fonte de silício foi utilizado o silicato de cálcio via solo (Agrosilício® - SiO<sub>2</sub> 22,4% e CaO 34,9%) e o silicato de potássio via foliar (Sili-K® - teor Si 12,2% e K<sub>2</sub>O 15%).

As doses via solo do silicato de cálcio foram aplicadas em círculo, ao redor das plantas com auxílio de um vaso de plástico com capacidade de 1 Kg de solo (Figura 3).

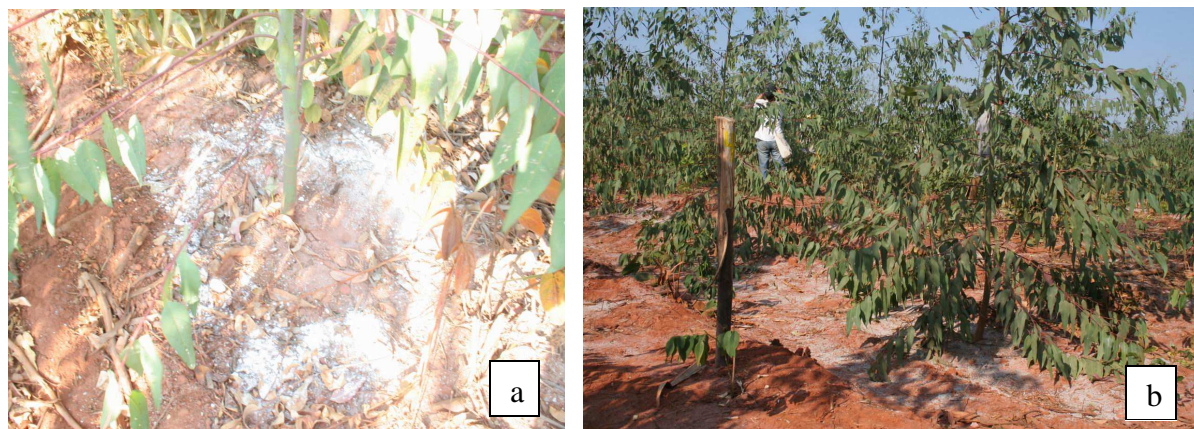


Figura 3. (a) Detalhe da aplicação do silicato de cálcio (CaSiO<sub>3</sub>) via solo em plantas de *E. camaldulensis* com 9 meses (b) Vista do plantio comercial da empresa Votorantim Aço Florestal com aplicação do silicato de cálcio no solo.

Para a aplicação via foliar do silicato de potássio utilizou-se um pulverizador com capacidade de 30 litros.

O volume da solução (silicato de potássio + espalhante adesivo) aplicada em cada planta foi estipulado previamente, de forma que se atingisse o ponto de molhamento máximo na superfície da folha, sem que houvesse escorrimento da solução (Figura 4).



Figura 4. Aplicação via foliar do silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) em plantas de *E. camaldulensis* com 9 meses, pertencentes ao plantio comercial da empresa Votorantim Aço Florestal.

Para a aplicação foliar fez-se duas aplicações, onde a primeira foi realizada na instalação do experimento e a outra após intervalo de 15 dias.

### 2.1.3 Tratamentos e Avaliações

Os tratamentos foram: T1 - sem aplicação de silício; T2 - silicato de cálcio via solo (900 g/planta); T3 - silicato de cálcio via solo (1800 g/planta); T4 - silicato de cálcio via solo (3600 g/planta); T5 - silicato de potássio via foliar (34 mL/20L de água + 0,1% espalhante adesivo Agral); T6 - silicato de potássio via foliar (68 mL/20L de água + 0,1% espalhante adesivo Agral); T7 - silicato de potássio via foliar (135 mL/20L de água + 0,1% espalhante adesivo Agral).

Mensalmente, foram realizadas avaliações das nove plantas centrais de cada parcela, sendo amostradas quatro folhas por planta (Anexo 2).

A amostragem das folhas foram realizadas manualmente, coletando-as no terço médio da planta, nas direções norte, sul, leste e oeste.

As avaliações foram realizadas durante 24 meses, onde as folhas pertencentes aos tratamentos foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Entomologia para quantificação do número de ovos e ninfas de *G. brimblecombei*.

A medição da altura das plantas de *E. camaldulensis* pertencentes à parcela experimental foi realizada aos 9, 12, 16 e 24 meses após instalação do experimento.

Os dados climáticos da região (temperatura e precipitação) foram fornecidos pelo posto meteorológico CMM Agroflorestral e analisados para posterior correlação com a população do psilídeo.

#### **2.1.4 Análise de silício**

Para análise foliar de silício foram coletadas 25 amostras (folhas) de cada tratamento de seis em seis meses após instalação do experimento, totalizando quatro coletas.

A preparação das amostras foi feita no Laboratório de Solos da Embrapa Florestas, onde estas foram secas e moídas.

Após o processo de secagem e moagem as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Material Vegetal da Universidade Federal de Uberlândia, no Departamento de Agronomia onde foram realizadas a análise do teor (%) de silício presente nas folhas, raiz e substrato de acordo com Korndörfer *et al.*, (2004).

#### **2.1.5 Análises estatísticas**

Para a análise dos dados obtidos após as avaliações realizadas nas folhas provenientes do experimento instalado em campo, onde quantificou-se o número médio de ovos e ninfas presentes e os dados foram submetidos ao teste de Friedman.

Os valores médios obtidos na medição da altura, análise foliar e solo, foram submetidos ao teste Tukey à 5% de significância.

## 2.2 Experimento 2 – Fazenda Bom Sucesso e Fazenda Santa Cecília

### 2.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido inicialmente em viveiro comercial (Fazenda Bom Sucesso), pertencente à Empresa Votorantim Aço Florestal localizado no município de Vazante, região noroeste do Estado de Minas Gerais, no período de dezembro de 2007 à março de 2008.

Nesse período foi feita a semeadura de *E. camaldulensis* com aplicação de diferentes fontes, doses e formas de aplicação de silício (Figura 5).



Figura 5. Viveiro comercial da empresa Votorantim Aço Florestal, situada na Fazenda Bom Sucesso no município de Vazante – MG.

Após as plantas atingiram quatro meses, as mesmas foram encaminhadas a campo para condução do experimento em área de plantio de eucalipto na Fazenda Santa Cecília (município de João Pinheiro), no período de março de 2008 à fevereiro de 2010.

A Fazenda Santa Cecília situa-se no município de João Pinheiro-MG onde a área total da propriedade é de 20.528,13 ha, dos quais 15,34% são destinados ao projeto, 20% são de área de reserva legal, 2,07% são de áreas de preservação permanente e o restante, de áreas remanescentes.

A altitude local varia de 600 a 1.000 m (Melillo Filho, 1994). Considerando os aspectos climáticos, o local do empreendimento é classificado como Tropical Úmido de Cerrado com Inverno Seco, ou seja, com estações definidas de chuva e seca. A temperatura média anual é de 22,5°C, variando entre 15°C e 32°C, e precipitação média anual em torno de 1.300 mm, com freqüência de chuvas de novembro a março.

A Fazenda Santa Cecília está inserida no bioma Cerrado, apresentando fauna e flora típicas e a fisionomia predominante é de Cerrado *Strictu Sensu*.

Os solos são classificados como Luvisolos férricos, Ferralsolos ácricos e Arenossolos ferrálicos, com relevo plano.

### 2.2.2 Experimento

O experimento foi conduzido inicialmente em viveiro comercial, onde a aplicação das doses via solo foi feita misturando o silicato de cálcio ao substrato (Figura 6).



Figura 6. Preparo do substrato para semeadura de *E. camaldulensis* com aplicação de diferentes doses de silicato de cálcio.

A aplicação do silicato de potássio via foliar foi parcelada em 3 doses sendo feita com o auxílio de um borrifador de água com capacidade de 500 ml.

A primeira aplicação foi realizada 30 dias após a semeadura, logo após o aparecimento



das primeiras plântulas de *E. camaldulensis* e as demais aplicações foram realizadas com intervalo de 7 dias (Figura 7).

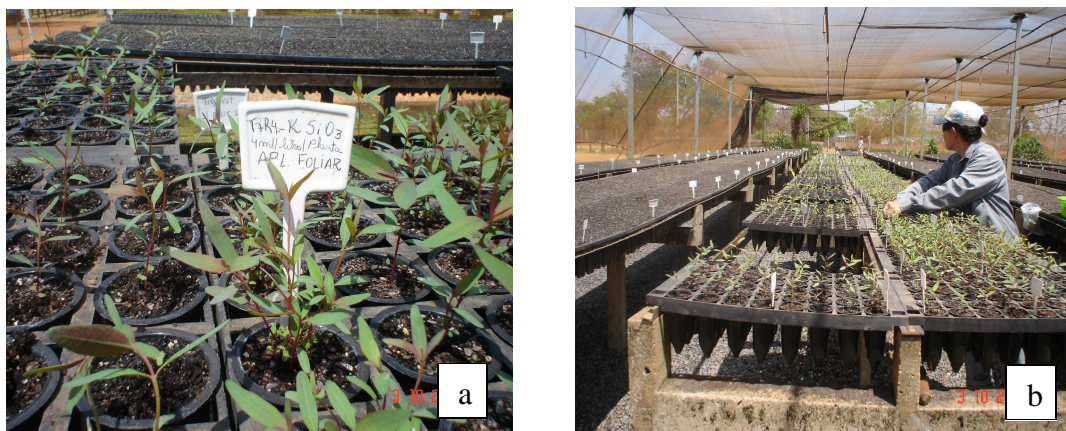


Figura 7. (a) Aparecimento das primeiras plântulas de *E. camaldulensis*. (b) Aplicação do silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) via foliar, em diferentes doses em plântulas de *E. camaldulensis*.

O delineamento experimental em viveiro, foi de blocos ao acaso com quatro repetições (3 doses x 2 fontes), em parcelas de 25 plantas, totalizando 900 mudas.

Foram testadas três doses de silício (fraca, intermediária e forte), duas fontes (silicato de cálcio e potássio) e duas formas de aplicação (via solo e foliar).

Como fonte de silício foi utilizado o silicato de cálcio via solo (Agrosilício® -  $SiO_2$  22,4% e  $CaO$  34,9%) e o silicato de potássio via foliar (Sili-K® - teor Si 12,2% e  $K_2O$  15%).

Quando as plantas atingiram aproximadamente 120 dias, foram levadas a campo para o plantio na área experimental utilizando o mesmo delineamento que foi empregado no viveiro comercial, com parcelas de 25 plantas por repetição.

### 2.2.3 Tratamentos e Avaliações

Os tratamentos foram: **T1** – sem aplicação de silício; **T2** - silicato de cálcio via solo (180 mg/planta); **T3** - silicato de cálcio via solo (360 mg/planta); **T4** - silicato de cálcio via solo (540 mg/planta); **T5** - silicato de potássio via foliar (2,5 ml/L de água); **T6** - silicato de potássio via foliar (5 ml/L de água); **T7** - silicato de potássio via foliar (10 ml/L de água).

As avaliações foram realizadas mensalmente, avaliando-se as nove plantas centrais de

cada parcela, onde eram amostradas quatro folhas por planta (Anexo 3).

As folhas foram retiradas do terço médio da planta, nas direções norte, sul, leste e oeste.

As avaliações foram realizadas durante 24 meses, onde as folhas pertencentes aos tratamentos eram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Entomologia para quantificação do número de ovos e ninfas de *G. brimblecombei*.

A medição da altura das plantas de *E. camaldulensis* foi realizada aos 4, 8, 12 e 24 meses após instalação do experimento.

Os dados climáticos da região (temperatura e precipitação) foram fornecidos pelo posto meteorológico CMM Agroflorestal e analisados para posterior correlação com a população do psílídeo.

#### **2.2.4 Análise de silício**

Para análise foliar de silício foram coletadas 25 amostras (folhas) de cada tratamento de seis em seis meses após instalação do experimento em campo, totalizando quatro coletas.

A preparação das amostras foi feita no Laboratório de Solos da Embrapa Florestas, onde estas foram secas e moídas.

Após o processo de secagem e moagem as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Material Vegetal da Universidade Federal de Uberlândia, no Departamento de Agronomia onde foi realizada a análise do teor (%) de silício presente nas folhas, de acordo com Korndörfer *et al.*, (2004).

#### **2.2.5 Análises estatísticas**

Para a análise dos dados obtidos após as avaliações realizadas nas folhas provenientes do experimento instalado em campo, onde quantificou-se o número médio de ovos e ninfas presentes utilizou-se o teste Friedman.

Os valores médios obtidos na medição da altura e análise foliar, foram submetidos ao teste Tukey à 5% de significância.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Experimento 1 – Fazenda Santa Rita

Apesar de *G. brimblecombei* ser uma espécie polivoltina, não foi encontrado ovos e ninfas durante todo o período de avaliação do experimento (Anexo 1).

Para o número de ovos obteve-se valores até a 14<sup>o</sup> avaliação (setembro/2008) e para ninfas até a 13<sup>o</sup> avaliação (agosto/2008).

O fato de não ter sido registrada a ocorrência do inseto entre a 14<sup>o</sup> e 24<sup>o</sup> avaliações, pode ser atribuído à fatores climáticos da região (temperatura e precipitação) e também pelo controle do inseto pela técnica aplicada na pesquisa, que juntamente aos métodos de controle já empregados pela empresa e pelo controle biológico (parasitóides, predadores, entre outros) contribuíram para o equilíbrio do meio.

Segundo Ramírez *et al.*, (2003) os fatores ambientais tem efeitos diretos sobre a população do psílídeo, pois a chuva causa uma diminuição no número de insetos, onde chuvas constantes contribuem para a queda das conchas. O autor ainda salienta que somente a chuva não controla o inseto-praga, mas ajuda a diminuir a densidade populacional do inseto.

Durante o período de avaliação, não foi possível verificar um padrão de flutuação para ovos e ninfas do psílídeo-de-concha.

Os picos populacionais para ovos e ninfas foram observados nos meses de agosto, setembro e dezembro de 2007 e em junho de 2008.

Em relação ao aumento populacional de ovos em dezembro de 2007, obteve-se valores significativos, apesar do valor obtido no mês para precipitação ser de 41,8 mm (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios obtidos para temperatura máxima, mínima e precipitação na Fazenda Santa Rita no período onde foi registrada a presença de ovos e ninfas de *G. brimblecombei* (Avaliações entre agosto de 2007 à agosto de 2008).

Avaliações	Temp. Máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)	Precipitação (mm)
Ago/07	32,9	10,8	0
Set/07	35,1	14,5	1
Out/07	35,5	15,1	3,8
Nov/07	32,2	15,3	51,7
Dez/07	32,5	15,1	41,8
Jan/08	32,2	17,3	95,6
Fev/08	31,5	17,3	67,8
Mar/08	29,3	16,6	49,2
Abr/08	30,2	14,9	20,6
Mai/08	27,9	11,5	16,8
Jun/08	27,7	8,6	0
Jul/08	28,7	9,1	0
Ago/08	30,9	12,9	0,4

Fonte: Posto Meteorológico CMM Florestal

Favaro (2006) estudou a flutuação populacional do inseto e verificou que não há índice de correlação positiva para ovos e ninfas, em relação à precipitação pluviométrica.

Em contrapartida, Ferreira Filho *et al.*, (2008) estudaram a flutuação populacional do inseto e verificaram que há relação direta entre a diminuição das chuvas e o aumento populacional do psilídeo-de-concha.

Tal fato pode ser observado nos picos populacionais de ovos e ninfas (agosto e setembro de 2007) e (junho e julho de 2008), onde os valores médios obtidos para precipitação foi zero.

Para ovos e ninfas foram obtidas correlações positivas somente em relação à precipitação ( $r= 0,67$  e  $r=0,74$ ) onde obteve-se índices de correlação altamente significativos ( $p=0,001$  e  $p=0,002$ ) para a baixa densidade de chuvas no período analisado.

Para temperatura máxima e média obteve-se correlações negativas ( $r=-0,21$ ), demonstrando que temperaturas elevadas e baixas não interferem no desenvolvimento do inseto, ao contrário de Favaro (2006) que classificou a temperatura máxima e mínima como fator chave, para o desenvolvimento da espécie.

Em relação ao número de ovos e ninfas obtidos para os tratamentos durante o período

analisado (1º a 13º avaliação), verificaram-se diferenças significativas pelo teste Friedman, entre o tratamento sem aplicação de silício e os tratamentos com aplicação de silício via solo e via foliar (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Número de ovos de *G. brimblecombei* em folhas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício durante as avaliações realizadas entre agosto de 2007 e agosto de 2008, Fazenda Santa Rita.

Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	
Meses	Ago/07	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Média
T1 – sem aplicação de Si	118Ba	8Cd	3Ad	0Ad	86Bb	43Ac	24Ad	16Ad	16Ad	7Ad	155Aa	31Ac	50Ac	42,84A
T2 – 1800 mg de CaSiO <sub>3</sub>	68Cb	29Bc	4Ad	2Ad	142Aa	55Ab	2Cd	16Ac	2B	3Ad	73Bb	22Bc	3Cd	32,38B
T3 – 3600 mg de CaSiO <sub>3</sub>	71Cb	56Bb	4Ad	0Ad	28Cc	4Bd	0Cd	6Bd	3Bd	5Ad	129Aa	16Bc	35Bc	27,46C
T4 – 5400 mg de CaSiO <sub>3</sub>	105Ba	38Bc	0Ad	0Ad	73Bb	0Bd	0Cd	0Bd	0Bd	0Ad	65Bb	11Bc	0Cd	22,46D
T5 – 34 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	70Ca	11C	1Ac	0Ac	37Cb	3Bc	12Bb	12Ab	12Ab	3Ac	73Ba	3Cc	25Bb	20,15D
T6 – 68 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	172A	160Aa	7A	0Ad	18Cc	0Bd	7Bd	7Bd	5Bd	2Ad	54Bb	13Bc	0Cd	34,2B
T7 – 135 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	200Aa	29Bc	5Ad	0Ad	86Bb	0Bd	9Bd	9Bd	1Bd	0Ad	89Bb	9Cd	22Bc	35,3B

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e, minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 3. Número de ninfas de *G. brimblecombei* em folhas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício durante as avaliações realizadas entre agosto de 2007 e agosto de 2008, Fazenda Santa Rita.

Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	
Meses	Ago/07	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Média
T1 – sem aplicação de Si	441Aa	175Bb	4Ad	0Ad	19Ac	17Ac	2Ad	0Ad	0Ad	0Bd	22Ac	13Ac	8Ad	53,92A
T2 – 1800 mg de CaSiO <sub>3</sub>	250Ba	160Bb	4Ac	3Ac	8Bc	2Bc	0Ac	0Ac	0Ac	10Ac	5Bc	2Bc	3Bc	4,47D
T3 – 3600 mg de CaSiO <sub>3</sub>	215Ba	123Bb	7Ad	0Ad	2Bd	4Bd	1Ad	0Ad	0Ad	0Bd	26Ac	2Bd	4Bd	3,84D
T4 – 5400 mg de CaSiO <sub>3</sub>	292Ba	119Bb	6Ac	1Ac	1Bc	9Ac	0Ac	0Ac	0Ac	0Bc	0Bc	1Bc	0Bc	4,33D
T5 – 34 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	216Ba	54Cb	7Ac	0Ac	2Bc	7Bc	0Ac	0Ac	0Ac	2Bc	14Ac	2Bc	4Bc	3,08D
T6 – 68 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	436Ab	1230Aa	5Ac	0Ac	5Bc	4Bc	1Ac	0Ac	0Ac	0Bc	8Bc	5Bc	0Bc	16,94B
T7 – 135 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	504Aa	147Bb	3Ad	0Ad	5Bd	10Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Bd	11Ac	33Ac	3Bd	7,16C

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e, minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As médias obtidas para ovos e ninfas em cada tratamento, foram comparadas utilizando o teste Tukey à 5% de probabilidade. Os tratamentos com aplicação de silício diferiram estatisticamente daquele sem aplicação do micronutriente, com exceção do tratamento 6, para qual obteve-se um número elevado de ovos e ninfas de *G. brimblecombei*.

Discutir o efeito da aplicação de silício em condições de campo é bastante difícil visto que

inúmeros fatores podem interferir na sua ação. Dessa forma, os altos valores obtidos no tratamento 6, pode ser explicado pelo emprego em maior quantidade do micronutriente, que pode ter influenciado a resistência ou a tolerância da planta ao psíldeo.

Se analisarmos cada mês, as doses menores, em alguns casos também resultam em alto número de insetos. Além disso, o T5 teve a maior porcentagem de silício e os menores números de ovos e ninfas.

Quando comparada a forma de aplicação do silício (via solo e via foliar), obteve-se valores distintos para a aplicação via solo em relação às maiores doses da aplicação via foliar (Figura 8).

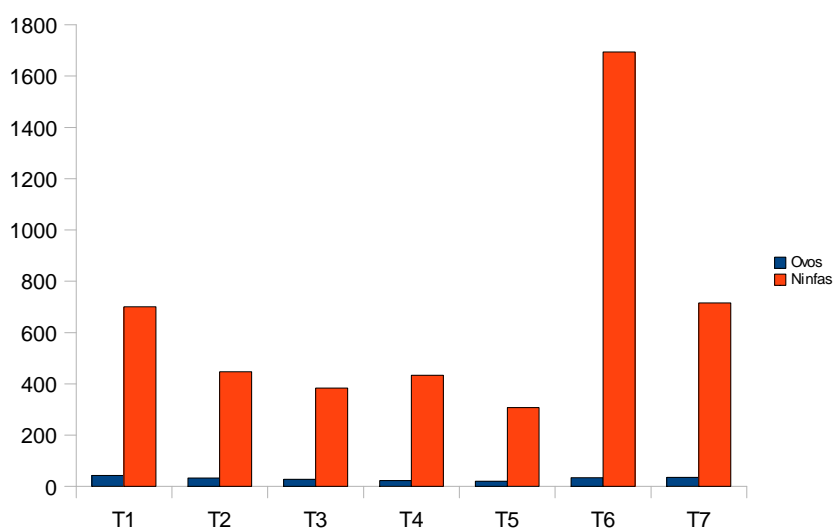


Figura 8. Número total obtido de ovos e ninfas de *G. brimblecombei* em folhas de *E. camaldulensis* sem aplicação de silício e com aplicação do silicato de cálcio (via solo) e do silicato de potássio (via foliar), Fazenda Santa Rita.

O número médio de ovos de *G. brimblecombei* obtidos para os tratamentos com aplicação de silício via solo e foliar diferiram estatisticamente do tratamento 1 (sem aplicação de silício), onde as menores médias foram obtidas para os tratamentos 4 e 5.

Os valores obtidos entre os tratamentos para o número médio de ninfas também diferiram estatisticamente entre si. O tratamento 5 apresentou número médio menor em relação aos demais tratamentos.

Com exceção do tratamento 5 (via foliar), os tratamentos com aplicação via solo apresentaram as menores médias. O que pode ser explicado pelo fato de que quando o silício

encontra-se disponível em abundância na solução do solo, este confere resistência ao ataque de insetos sugadores por ser um elemento químico envolvido em funções físicas de regulação da evapo-transpiração, formando assim uma barreira de resistência mecânica (Epstein, 1999).

Goussain (2001), citado por Gomes (2003), verificou que o silício, bem como a forma de aplicação, afetaram o desenvolvimento biológico do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) em milho.

O interesse pelo fornecimento de nutrientes minerais, através das folhas às plantas vem crescendo no país. É de conhecimento que o fornecimento de nutrientes via foliar não substituem a nutrição via solo que além de ser mais utilizada é certamente mais difundida (Camargo & Silva, 1990).

No estudo realizado, tanto a adubação com silício via foliar como a aplicação via solo, contribuíram de forma significativa para o controle de *G. brimblecombei*.

O silicato de cálcio (via solo) tem sido frequentemente utilizado como fonte para aplicação direta no solo visando estudar o efeito sobre os insetos fitófagos. A aplicação do silicato pode ter influenciado na redução do número de insetos nas plantas.

Em contrapartida, os estudos que avaliam o efeito da adubação com o silicato de potássio (via foliar) apesar de serem poucos, apresentam resultados promissores por se tratar de uma fonte de fácil aplicação e econômica em relação a aplicação via solo.

Para as doses de silício aplicadas (fraca, intermediária e forte) obtiveram-se diferenças significativas, onde a aplicação do silicato de potássio via foliar (dose fraca) foi mais eficiente para o controle do psílideo, apresentando os menores valores para ovos e ninfas de *G. brimblecombei*.

O número de ovos para os tratamentos com aplicação do silicato de cálcio via solo, apresentou um decréscimo de acordo com o aumento das doses, o que não foi verificado para a aplicação via foliar.

Em estudos realizados avaliando o efeito da adubação de culturas com o silicato de potássio sobre afídeos, lepidópteros e dípteros verificou-se uma interferência negativa sobre a população destes insetos.

Vários estudos mostraram aumento na resistência da planta ao ataque de insetos após aplicação do silício via foliar.

Outros estudos comparam a aplicação de silicatos via solo e foliar. Entre eles podemos citar a pesquisa realizada por Moraes *et al.*, (2005) que verificaram uma redução do número de moscas-brancas no pepino, quando incorporado o silicato de cálcio via solo. Já a aplicação foliar desse silicato, reduziu a oviposição três vezes mais em comparação ao controle. Em ambos os métodos ocorreu aumento da mortalidade de ninfas.

Costa & Moraes (2006) demonstraram que a aplicação de silício (via solo e foliar) reduziu significativamente o número de ninfas e a taxa de crescimento populacional de *S. graminum* em plantas de trigo.

Dal Pogetto *et al.*, (2009) e Spolidorio *et al.*, (2010) avaliaram o efeito da aplicação do silicato de cálcio via solo em *E. camaldulensis*, sobre a biologia de *G. brimblecombei* e obtiveram como resultados valores negativos para o desenvolvimento e preferência do inseto por determinadas plantas.

Quando analisado o teor de silício presente nas folhas de *E. camaldulensis* aos 9, 12 e 24 meses, obteve-se os maiores valores para os tratamentos com aplicação do silicato de potássio via foliar (Tabela 4).

Tabela 4. Análise do teor de silício em folhas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses do micronutriente.

Análise foliar em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício				
	1º Avaliação	2º Avaliação	3º Avaliação	Média % teor de silício
	9 meses	12 meses	24 meses	
T1 – sem aplicação de Si	0,38c	1,29c	1,68c	1,05c
T2 – 1800 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,52b	1,32c	2,51c	1,35c
T3 – 3600 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,57b	1,27c	2,58c	1,47c
T4 – 5400 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,62b	2,28b	4,63b	2,51b
T5 – 34 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,83a	3,87a	6,72a	3,8a
T6 – 68 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,71a	3,33a	5,57b	3,03a
T7 – 135 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,76a	3,35a	6,67a	3,39a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

No presente estudo, independentemente da fonte de silício utilizada, os teores de silício



obtidos para plantas de *E. camaldulensis* afetaram a densidade populacional do inseto positivamente, com exceção do tratamento 6. Lara (1991) explicou que características físicas, morfológicas e/ou químicas das plantas podem alterar o comportamento dos insetos e também interferir na sua biologia, reduzindo sua adaptação, conferindo resistência as plantas.

Nas quatro avaliações realizadas, os valores obtidos em relação ao teor de silício para os tratamentos com aplicação de doses crescentes do silicato de potássio (via foliar) foram expressivos, diferindo estatisticamente do tratamento 1 (sem aplicação de silício).

Em contrapartida, Matlou (2006) concluiu que aplicações de silício via foliar, usando três fontes distintas em duas doses diferentes, foram ineficazes para aumentar a quantidade do micronutriente em folha de sorgo, enquanto que a aplicação via solo resultou em aumentos significativos da concentração de silício nas folhas.

Buck (2006) em testes com arroz verificou que o silicato de potássio interferiu na concentração de silício das folhas. Quanto maior a dose aplicada, maior a concentração de silício em relação à testemunha (sem aplicação de Si). O autor também realizou testes com sorgo utilizando doses crescentes, mas observou que praticamente não houve acúmulo de silício nas folhas, diferentemente do que havia sido notado no arroz.

Os valores médios obtidos para a altura das plantas de *E. camaldulensis* com aplicação de silicato de cálcio e potássio em diferentes doses diferiram estatisticamente somente na última avaliação (30 meses), onde para as plantas com aplicação do silicato de potássio (dose forte) obteve-se um valor médio maior, em comparação aos demais tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios obtidos na medição (m) de plantas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício.

Avaliação da medição da altura de plantas de <i>E. camaldulensis</i> em plantio comercial com aplicação de diferentes fontes e doses de silício				
Tratamentos	1º Medição (9 meses)	2º Medição (12 meses)	3º Medição (16 meses)	4º Medição (30 meses)
T1 – sem aplicação de Si	3,25a	4,73a	5,8a	15,3b
T2 – 1800 mg de CaSiO <sub>3</sub>	3,57a	5,21a	6,01a	15b
T3 – 3600 mg de CaSiO <sub>3</sub>	3,48a	4,23a	6,17a	14,9b
T4 – 5400 mg de CaSiO <sub>3</sub>	3,4a	4,6a	5,93a	13c
T5 – 34 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	3,37a	4,15a	5,87a	15b
T6 – 68 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	3,14a	4,89a	5,98a	15,8b
T7 – 135 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	3,25a	5a	5,74a	16,7a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de significância.

Qing *et al.*, (2002) relatou que a aplicação de silício mostrou efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho, promoveu o crescimento de folhas, melhorando o desenvolvimento de caules, aumentando a resistência, promovendo maior arejamento de raízes, aumentando o número de grãos, proporcionando incrementos na acumulação de matéria seca e na produção de milho.

Neri (2006) não observou diferenças significativas entre os tratamentos para altura e diâmetro das hastes das plantas de milho. Contudo, a aplicação de silício aumentou o diâmetro do caule.

O silício é um elemento mineral que, depois de absorvido pelas plantas, polimeriza-se e acumula na parede celular da epiderme (Jarvis, 1987) e dos tecidos de suporte e sustentação, fortalecendo significativamente a estrutura da planta do fortalecimento do caule (Plucknett, 1971).

Ma *et al.*, (2001) salientou que entre os benefícios proporcionados pela adubação com silício destaca-se sua influência positiva no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Porém, Gomes *et al.*, (2009) não observaram este efeito no crescimento para altura e diâmetro das hastes das plantas de batata inglesa. Ma *et al.*, (2001) supõe que não há efeito da aplicação de silício sobre o crescimento das plantas, por estas não serem classificadas como acumuladoras de silício.

Madeiros *et al.*, (2010) estudaram o efeito da aplicação de escórias de siderurgia sobre o crescimento da cana-de-açúcar e verificaram que a altura das plantas não foi afetada pela aplicação de silício. Marcussi *et al.*, (2000) em estudos sobre a resposta da cultura do milho à aplicação de calcário e de escória de siderurgia, também verificaram que não houve efeito significativo da interação fontes e doses de materiais corretivos sobre a altura das plantas.

O silício geralmente não é considerado entre o grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas. No entanto, o crescimento e a produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo, milho, entre outros) e algumas espécies não gramíneas (alfafa, feijão, tomate, aface e repolho) têm mostrado incrementos de produtividades com o aumento da disponibilidade do micronutriente para as plantas (Elawad & Green, 1979; Silva, 1973).

Em relação às espécies arbóreas não há estudos sobre a interação do silício e o crescimento das plantas, somente estudos que classificam as dicotiledôneas em geral como espécies não acumuladoras de silício. Os valores obtidos nesse estudo, em relação à altura de *E. camaldulensis* corroboram com a análise feita por Ma *et al.*, (2001) que correlacionou o crescimento e o desenvolvimento das plantas com a capacidade das mesmas em acumular silício.

## **Experimento 2 – Fazenda Santa Cecília**

Esse experimento foi realizado com o mesmo enfoque do experimento 1, que teve por objetivo verificar o efeito da aplicação de silício em *E. camaldulensis* visando o controle do psilídeo-de-concha, só que foi feita a partir da semeadura.

Como observado para o experimento 1, não foram encontrados ovos e ninfas durante todo o período de avaliação (Anexo 2).

Foram registrados ovos até a 10ª avaliação (dezembro/2008) e para ninfas até a 8ª avaliação (outubro/2008). Nas demais avaliações não foi verificada a presença de ovos e ninfas do psilídeo, podendo inferir que a ausência do inseto na área deve-se à fatores climáticos, idade

da planta e pelo controle biológico do inseto.

Considerando-se que o contexto nutricional é um dos fatores que afetam os processos ecológicos, fisiológicos e comportamentais dos insetos, a nutrição das plantas através da aplicação de fertilizantes surge como uma forma de manejar a ocorrência de insetos em agroecossistemas, seja por conferir às plantas certa tolerância ao ataque de pragas (Wittwer & Haseman, 1945; Hunt, *et al.*, 1992) ou ainda, por contribuir para um aumento na eficiência de agentes de controle biológico (Cardoso *et al.*, 1995; Duffield *et al.*, 1997).

Além disso, a adubação adequada possibilita um desenvolvimento vegetativo mais eficiente compensando as perdas provocadas por pragas que atacam estruturas vegetativas como as folhas.

Outra hipótese para a explicação da ausência de ovos e ninfas seria a proposta por Costa Lima (1942) e Gallo *et al.*, (2002) que explicam que há preferência dos psíldeos por brotações e folhas novas. Tal fato pode explicar a obtenção de valores para as plantas com até 24 meses (Experimento 1) e 22 meses (Experimento 2).

Para o experimento 1, foi possível verificar o ataque a plantas com até 22 meses, o que pode confirmar tal hipótese elaborada por estes autores.

Em relação a densidade de ovos e ninfas de *G. brimblecombei*, foi possível verificar que o pico populacional para ovos ocorreu em junho de 2008 e para ninfas no mês subsequente.

Diferentemente do que foi verificado para o experimento 1, o número de ovos obtido em um mês foi diretamente proporcional ao número de ninfas do mês subsequente.

Assim como no experimento 1, houve correlação positiva do número elevado de ovos e ninfas com a precipitação ( $r=0,55$  e  $r=0,63$ ), para a qual obteve-se índice de correlação altamente significativo ( $p= 0,001$  e  $p= 0,001$ ).

O elevado número de ovos e ninfas obtidos nos meses de junho e julho, agosto e setembro de 2008 encontra-se diretamente correlacionados com os valores obtidos para precipitação que foi nula (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios obtidos para temperatura máxima, mínima e precipitação na Fazenda Santa Cecília no período onde foi registrada a presença de ovos e ninfas de *G. brimblecombei* (Avaliações entre março de 2008 à março de 2009, na Fazenda Santa Cecília).

Avaliações	Temp. Máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)	Precipitação (mm)
Mar/08	29,3	16,6	49,2
Abr/08	30,2	14,9	20,6
Mai/08	27,9	11,5	16,8
Jun/08	27,7	8,6	0
Jul/08	28,7	9,1	0
Ago/08	30,9	12,9	0,4
Set/08	33,6	13,3	17,2
Out/08	36,2	15,1	2
Nov/08	35,1	15,7	28
Dez/08	31	14,6	41,3
Jan/09	30,9	15,3	83,8
Fev/09	30,7	15,1	37
Mar/09	32,8	16,2	37,8

Fonte: Posto Meteorológico CMM Florestal

Como verificado no experimento 1, a precipitação baixa está relacionada diretamente com o aumento populacional do psílídeo-de-concha.

Para temperatura máxima e média as correlações foram negativas ( $r=-0,31$ ), demonstrando que temperaturas elevadas e baixas, assim como observado no experimento anterior, não interferem no desenvolvimento do inseto.

Para o número de ovos e ninfas obtidos para os tratamentos durante o período analisado (1º a 10º avaliação), verificaram-se diferenças significativas pelo teste Friedman, entre o tratamento sem aplicação de silício e os tratamentos com aplicação de silício via solo e via foliar (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Número de ovos de *G. brimblecombei* em folhas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício durante as avaliações realizadas entre março de 2008 e março de 2009, na Fazenda Santa Cecília.

Número de ovos de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício														
Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	
Meses	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Jan/09	Fev/09	Mar/09	Média
T1 – sem aplicação de Si	224Ac	1Ad	30Ad	6322Aa	2563Ab	211Ac	205Ac	143Bc	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	746,7A
T2 – 180 mg de CaSiO <sub>3</sub>	109Bc	0Ae	2Be	5419Ba	2546Ab	191Ac	193Ac	85Cd	0Ae	0Ae	0Ae	0Ae	0Ae	657,3B
T3 – 360 mg de CaSiO <sub>3</sub>	64Cd	0Ae	12Ae	5568Ba	2340Ab	189Ac	284Ac	36Cd	0Ae	0Ae	0Ae	0Ae	0Ae	653,3B
T4 – 540 mg de CaSiO <sub>3</sub>	31Cd	0Ae	18Ae	5693Ba	2414Ab	228Ac	67Cd	208Ac	0Ae	1Ae	0Ae	0Ae	0Ae	666,1B
T5 – 2,5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	63Cc	3Ad	21Ad	5702Ba	2354Ab	114Bc	111Bc	20Cd	0Ae	0Ae	0Ae	0Ae	0Ae	645,2B
T6 – 5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	127Bd	0Ae	1Be	6140Aa	1836Bb	226Ac	155Bd	243Ac	0Ae	2Ae	0Ae	0Ae	0Ae	671,5B
T7 – 10 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	108Bd	0Ae	0Be	5345Ba	2638Ab	231Ac	249Ac	40Cd	0Ae	13A	0A	0A	0A	663,3B

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e, minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 3. Número de ninfas de *G. brimblecombei* em folhas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício durante as avaliações realizadas entre março de 2008 e março de 2009, na Fazenda Santa Cecília.

Número de ninfas de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício														
Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	
Meses	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Jan/09	Fev/09	Mar/09	Média
T1 – sem aplicação de Si	1Ad	1Ad	2Bd	229Ab	2893Ab	745Ba	625Aa	89Ac	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	352,6A
T2 – 180 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0Ad	0Ad	9Bd	182Bb	2663Ab	627Ca	171Db	31Cc	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	283,3B
T3 – 360 mg de CaSiO <sub>3</sub>	4Ad	0Ad	20Ac	96Cb	199Cb	897Aa	224Cb	52Bc	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	253,2C
T4 – 540 mg de CaSiO <sub>3</sub>	2Ad	0Ad	8Bd	119Bb	2680Ab	820Aa	171Db	47Bc	0Ad	1Ad	0Ad	0Ad	0Ad	296B
T5 – 2,5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0Ad	0Ad	24Ac	215Ab	2409Bb	692Ca	345Bb	31Cc	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	285,8B
T6 – 5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0Ad	0Ad	26Ac	196Ab	2260Bb	750Ba	196Db	65Bc	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	268,6B
T7 – 10 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0Ad	0Ad	0Bd	162Bb	2825Ab	947Aa	204Cb	46Bc	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	0Ad	321,2A

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e, minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Após a verificação de diferença significativa para o número total de ovos e ninfas de *G. brimblecombei*, obtidas para cada tratamento, foi feita a comparação das médias utilizando o teste Tukey a 5% de probabilidade.

Com os resultados obtidos, foi possível verificar que os tratamentos com aplicação de

silício diferiram estatisticamente do tratamento sem aplicação do micronutriente, para ninfas.

Em relação a aplicação do silicato via solo e foliar não obteve-se diferenças significativas para o número de ovos, somente em relação ao número obtido para ninfas (Figura 10).

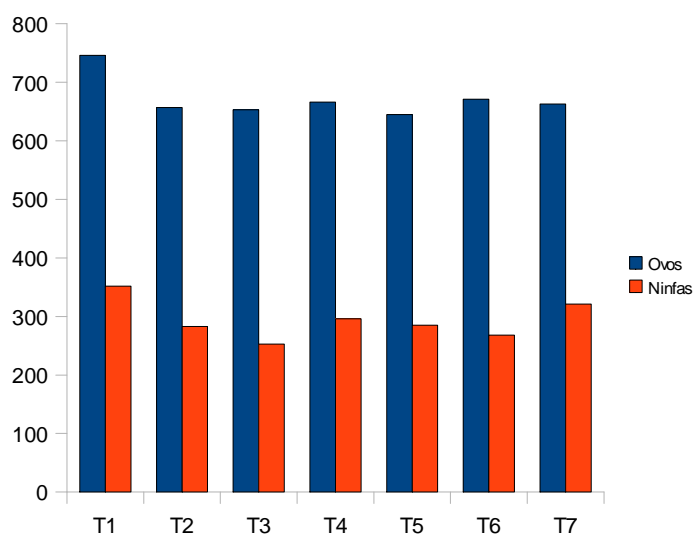


Figura 10. Comparação do número obtido para ovos e ninfas de *G. brimblecombei* em folhas de *E. camaldulensis* sem aplicação de silício e com aplicação do silicato de cálcio (via solo) e potássio (via foliar).

Em relação ao número médio de ninfas, o menor valor foi obtido para o tratamento 3, respectivo a aplicação do silicato de cálcio (via solo) na dose intermediária.

Quando comparada a forma de aplicação do silício (via solo e foliar), não foi observado diferenças significativas para o número médio de ovos.

Estudos realizados com a aplicação do silicato de cálcio (via solo) em arroz e cana-de-açúcar têm resultado em efeito positivo sobre a resistência das plantas ao ataque de diversas pragas (Djamin & Pathak, 1967; Tayabi & Azizi 1984; Elawad *et al.*, 1985; Korndörfer *et al.*, 2002). Outras culturas que apresentaram respostas positivas à aplicação de silício foram: abacaxi, alface, beterraba, aveia, feijão, soja, fumo, trigo, sorgo e repolho (Elawad & Green Jr., 1979; Carvalho *et al.*, 1999; Basagli *et al.*, 2003).

De acordo com Korndörfer *et al.*, (2004); Redinond & Potter (2007) a aplicação do silicato de cálcio produz uma redução significativa no desenvolvimento dos insetos e na redução do dano as plantas hospedeiras.

A adubação via foliar com o silicato de potássio além de facilitar o acúmulo no micronutriente na parte aérea, proporciona benefícios em função desse acúmulo, como a resistência da plantas ao ataque de insetos, porém isto não foi verificado nesse estudo.

Alguns estudos mostraram aumento da resistência de plantas contra estresses bióticos após aplicação do silício via foliar, como o estudo realizado por Hanish (1981) com afídeos.

Outros comparam a aplicação de silício via foliar e solo como Moraes *et al.*, (2005) no estudo realizado com *R. maidis*; Correa *et al.*, (2005) com *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera:Aleyrodidae); Costa & Moraes (2006) e Costa *et al.*, (2007) com *S. graminum*, concluindo assim que os dois tipos de aplicações, tanto via solo como foliar são eficientes no controle dos insetos.

Entre as doses testadas (fraca, intermediária e forte) dos silicatos de cálcio (via solo) e do silicato de potássio (via foliar) a aplicação mais eficiente em termos de controle do inseto, foi para a dose intermediária da aplicação via solo.

Os valores obtidos para análise foliar do teor de silício foram significativos nas avaliações realizadas aos 12 e 24 meses após instalação do experimento (Tabela 12).

Tabela 12. Análise do teor de silício em folhas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses do micronutriente.

	Análise foliar em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício			Média % teor de silício
	1º Avaliação 4 meses	2º Avaliação 12 meses	3º Avaliação 24 meses	
T1 – sem aplicação de Si	0,19a	1,17c	1,23d	0,86d
T2 – 180 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,1a	1,22c	3,21c	1,51c
T3 – 360 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,23a	1,2c	3,28c	1,57c
T4 – 540 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,11a	1,19c	3,07c	1,45c
T5 – 2,5 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,2a	2,07b	4,96b	2,41b
T6 – 5 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,22a	2,56b	5,64b	2,8b
T7 – 10 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,18a	3,44a	8,78a	4,13a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Na 2º e 3º avaliação, os valores obtidos para o tratamento 7 foram superiores, diferindo



assim dos demais tratamentos.

Quando comparado os tratamentos com e sem aplicação de silício, para aqueles que receberam doses do silicato de cálcio e potássio o teor de silício foliar foi superior, na 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> avaliação.

Em relação as médias do teor de silício, o tratamento 7 se destacou dos demais apresentando média de 4,13 mg de silício.

Independentemente da fonte de silício utilizada, os teores de silício presente nas plantas de *E. camaldulensis* afetaram de certa forma a densidade populacional do inseto, com exceção do tratamento 7 que recebeu maior dose de silício e obteve maior quantidade de silício presente na parte aérea e maior número de ovos e ninfas presentes em suas folhas.

Ao contrário dos valores obtidos no experimento 1 em relação ao efeito da aplicação de silício na altura das plantas de *E. camaldulensis*, não obteve-se diferenças significativas para as avaliações realizadas aos 4, 8, 12 e 16 meses após instalação do experimento. (Tabela 13).

Tabela 13. Valores médios obtidos na medição (m) de plantas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício.

Tratamentos	Avaliação da medição da altura de plantas de <i>E. camaldulensis</i>			
	1 <sup>o</sup> Medição (4 meses)	2 <sup>o</sup> Medição (8 meses)	3 <sup>o</sup> Medição (12 meses)	4 <sup>o</sup> Medição (16 meses)
T1 – sem aplicação de Si	0,94a	2,31a	2,58a	4,26a
T2 – 180 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,92a	2,49a	2,29a	4,07a
T3 – 360 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,9a	2,11a	2,5a	4,21a
T4 – 540 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0,96a	2,16a	2,5a	4,21a
T5 – 2,5 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1,01a	2,29a	2,68a	4,41a
T6 – 5 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,96a	2,21a	2,6a	4,34a
T7 – 10 ml/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,9a	2,54a	2,44a	4,48a

\*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Neri (2006) quando estudou o efeito da aplicação de silício em plantas de milho não verificou diferenças significativas para altura e diâmetro das hastes das plantas.

Comumente, para estudos realizados com o intuito de verificar o efeito da aplicação de silício no crescimento das plantas obteve-se diferenças para plantas que foram adubadas com o

micronutriente.

Para maioria das culturas estudadas como cana-de-açúcar, arroz, sorgo, milho, aveia, trigo, alfafa, alface, pepino, feijão, tomate e repolho obteve-se resultados positivos em relação ao incremento de produção e crescimento das plantas.

#### IV. CONCLUSÕES

A aplicação de silício em plantas de *E. camaldulensis* pode afetar a densidade populacional de ovos e ninfas.

A partir da adubação silicatada, plantas de *E. camaldulensis* apresentaram diferenças no seu crescimento somente na adubação realizada em campo, e maior concentração de silício foliar quando comparadas àquelas que não receberam aplicação do micronutriente na adubação realizada desde a semeadura.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, J. & Datnoff, L.E. The economics of silicon integrated management and sustainable production of rice and sugarcane. In: Datnoff, L.E.; Snyder, G.H.; Korndorfer, G.H. (Ed). Silicon in Agriculture. **Elsevier Science**. p.209-219. 2001.
- Basagli, M.A.B.; Moraes, J.C.; Carvalho, G.A.; Ecole, C.; Gonçalves-Gervásio, R.C.R. Efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**. v.32, n.4. 2003.
- Buck, G. B. **Silicato de potássio aplicado via foliar e a incidência da brusone em arroz**. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, MG. 2006.
- Camargo, P. N. & Silva, O. **Manual de adubação foliar**. São Paulo: Herba. 1990.
- Cardoso, A. M.; Ferreira, A.; Nascimento, A.F.; Calafiori, M.H. Efeito de diferentes adubações na eficiência de *Baculovirus spodoptera* para controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) na cultura do milho, *Zea mays* L. **Ecossistema**. v. 20, p. 124-130. 1995.
- Carvalho, R.; Furtini Neto, A. E.; Curi, N.; Fernandes, L. A.; Oliveira Junior, A. C. Dessorção de

- fósforo por silício em solos cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 24, p. 69-74. 2000.
- Carvalho, S.P.; Moraes J.C.; Carvalho, J.G. Efeito do silício na resistência de plantas de do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v.28, p.505-510. 1999.
- Correa, R.R.; Moraes, J.C.; Antunes, C.S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**. v.31, n.2, p.393-397. 2007.
- Costa, R.R. & Moraes, J.C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Neotropical Entomology**. v.35, p. 834-839. 2006.
- Correa, R.S.B., Moraes, J.C.; Auad, A.M.; Carvalho, G.A. Silicon and acibenzolar-s-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**. v.34, p.429-433. 2005.
- Dal Pogetto, M.H.F.A.; Wilcken, C.F.; Lima, A. C. V.; Christovam, R. S. Efeito da aplicação de agrosilício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* no desenvolvimento biológico de *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae). In: IV Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura, 2006, Botucatu - SP. IV Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura - **Resumos**. Botucatu : FEPAF, p. 210-213. 2007.
- Djain, M.D. & Pathak, A. Papel da sílica na resistência à broca do arroz asiático, *Chilo suppressalis* (Walker), em variedades de arroz. **Journal Economic Entomology**. v.60, p.347-351. 1967.
- Duffield, S. J. et al. The influence of nitrogen fertilizer on the population development of the cereal aphids *Sitobion avenae* (F.) and *Metopolophium dirhodum* (Wilk.) on field grown wheat. **Annals of Applied Biology**. v. 130, p. 13-26. 1997.
- Elawad, S.H.; L.H. Allen, Jr.; Gascho, G.J. Influence of UV-B radiation and soluble silicates on the growth and nutrient concentration of sugarcane. **Soil and Crop**. Science Society of Florida. v.44, p.134-141. 1985.
- Elawad, S.H. & Green Jr., V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL RISO**. v28, p.235-253, 1979.
- Emadian, S. F. & Newton, R. J. Growth enhancement of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings by silicon. **Journal of Plant Physiology**. v. 134, p. 98-103, 1989.
- Epstein, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 50, p.641-664. 1999.
- Favaro, R. M. **Aspectos bionômicos de *Glycaspis (Glycaspis) brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae) e seu controle com fungos entomopatogênicos**. 43f. Dissertação

- (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 2006.
- Ferreira Filho, P.J.; Wilcken, C.F.; Oliveira, N.C.; Dal Pogetto, M.H.F.A.; Lima, A.C.V. Dinâmica populacional do psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae) e de seu parasitóide *Psyllaephagus bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em floresta de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Rural**. v.38, n.8, p.2109-2114. 2008.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Neto, S.S.; Carvalho, R.P.L.; Batista, G.C.; Filho, E.B.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramim, J.D.; Marchini, L.C.; Lopes, J.R.S.; Omoto, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p. 2002.
- Gomes, F. B. **Indução de resistência em trigo por silício e pelo pulgão *Shizaphis graminum***. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, MG. 2003.
- Gomes, F. B.; Moraes, J.C.; Neri, D.K.P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**. 33, n. 1, p. 18-23, 2009.
- Goussain, M. M. **Efeito da aplicação do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae)**. 2001. 64 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Lavras, MG. 2001.
- Hanisch, H.C. Die Populationsentwicklung von Getreideblattläusen an Weizenpflanzen nach verschieden hoher Stickstoffdüngung und vorbeugender Applikation von Kieselsäure zur Wirtspflanze. **Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft Für Allgemeine und Angewandte Entomologie**. v.3, p.308–311. 1981.
- Hunt, D. W. A., Drury, C. F.; Maw, H. E. L. Influence of nitrogen on the performance of Colorado potato beetle on tomato. **Environmental Entomology**. v. 21, p. 817-82. 1992.
- Jarvis, S. C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. **Plant Soil**. v. 97, n. 3, p. 429-437. 1987.
- Korndorfer, G.H.; Pereira, H.S.; Camargo, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU. Iciag. 24p. 2004.
- Korndorfer, G. H.; Pereira, H. S.; Camargo, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB**. v. 21, n.2, p. 34-37. 2002.
- Lara, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone. 1991.
- Ma, J.f.; Miyake, Y.; Takahashi, E. silicon as a beneficial element for crop plant. *In: Silicon in Agriculture*. Edited by Datnoff, L.E.; Korndorfer, G.H.; Snyder, G. New York. **Elsevier Science**. P.17-39. 2001.
- Marcussi, A. M.; Prado, R. M.; Fonseca, I.M.; Do Vale, D.W.; Silvia, T. M. R. Resposta da cultura

do milho à aplicação de calcário e de escória de siderurgia.<[http://prope.unesp.br/xxi\\_cic/27](http://prope.unesp.br/xxi_cic/27)>  
Acesso em: 16 de dezembro de 2010.

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, n.4, p.761-766. 2005.

Nagamine, W.T. & Heu, R.A. Red gum lerp psyllid. **New pest advisory**. n. 1-2, p. 1-2. 2001.

Neri, D. K. P. **Indução de resistência em milho ao pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) pela aplicação de silício e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 68 p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, MG. 2006.

Plucknett, D. L. The use soluble silicates in Hawaii agriculture. **University of Queensland**. v. 1, n. 6, p. 203-223. 1971.

Qinq, Z; et al. Effects of Si fertilizer on maize (*Zea mays*) yield and on quality of maize population. **Journal of Maize Sciences**. v. 10, n. 1, p. 81-83. 2002.

Raij, B. van & Camargo, O.A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**. v.32, p.223-231. 1973.

Ramirez, A. N. G.; Mancera, G. M.; Santos, J. J. G. Análisis del efecto de las condiciones ambientales en la fluctuación poblacional del psílido del eucalipto en el estado de México. Habana 2002. 5 p. Disponível em: <<http://metinf.cu/Memorias/paginas?Articulos/Extranjero>>. Acesso em 18 de dez. 2010.

Redinond, C.T. & Potter, D.A. Silicon fertilization does not enhance creeping bentgrass resistance to cutworms and white grubs. **USGA Turfgrass and Environmental Research**. v.6, p. 1-7. 2007.

Silva, J.A. **Plant, mineral nutrition**. Yearbook of science and technology. McGraw-Hill Book Co., Inc.1973.

Spolidorio, D. C.; Abdalla, M. C.; Lima, A. C. V.; Dal Pogetto, M.H.F.A.; Ferreira Filho, P.J.; Wilcken, C.F. Efeito da aplicação de silício em mudas de eucalipto na biologia do psílideo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) em condições de laboratório. *In: XXIII Congresso Brasileiro de Entomologia, 2010, Natal - RN. CD - ROM, 2010.*

Tayabi, K. & Azizi, P. Influência da sílica de arroz e produção de broca (*Chilo supremain*) em Rasht/1979-1980 Irã. **Pesticidas**. v.18, p.20-22. 1984.

Wilcken, C. F. Ocorrência do psílideo de concha (*Glycaspis brimblecombei*) em florestas de eucalipto no Brasil. Alerta Protef. 2003. Disponível em: [www.ipef.br/protecao/psilideo.html](http://www.ipef.br/protecao/psilideo.html). Acesso em: 23 de out. 2010.

Wittwer, S. H. & Haseman, L. Soil nitrogen and thrips injury on spinach. **Journal of Economic Entomology**. v. 38, p 615-617. 1945.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre a influência de fontes e doses de silício sobre *Eucalyptus camaldulensis* em relação ao psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera:Psyllidae) , representam uma contribuição importante no manejo do inseto-praga.

Apesar de inúmeros trabalhos realizados com o objetivo de avaliar a eficiência da aplicação de silício em plantas para controle de pragas, pouco sabe-se sobre o real efeito do micronutriente sobre as espécies florestais.

Desta forma, foi possível verificar através dos dados apresentados, que os efeitos promovidos pelo uso de silício em campo interferem na incidência do inseto ou seja, na densidade populacional e conseqüentemente na prevenção dos danos causados a planta hospedeira.

Quanto aos tipos de silicatos atualmente utilizados podemos citar o silicato de cálcio (via solo) e do silicato de potássio (via foliar), ambos foram eficientes para o controle do psilídeo-de-concha. Mas se levarmos em consideração algumas questões como: a facilidade da aplicação do produto, menor custo e consumo do micronutriente, boa qualidade da matéria-prima, solubilidade em água e disponibilidade no mercado, o silicato de potássio destaca-se por apresentar todas as características.

Além disso, com o intuito de verificar a absorção e translocação de silício em plantas de *E. camaldulensis* obteve-se os maiores índices em relação ao teor de silício em plantas que receberam a aplicação do silicato de potássio (via foliar). Entretanto, faz-se necessário a recomendação de doses que sejam eficientes para o controle dos insetos, pois a falta ou excesso do micronutriente demonstrou ter efeito contrário na resistência de plantas aos insetos podendo ainda interferir no crescimento e produtividade das mesmas.

Apesar de ser complexa a função do silício na nutrição de plantas, foram obtidos resultados inéditos em relação a absorção e translocação de silício em *E. camaldulensis*. Os resultados demonstraram que houve absorção do micronutriente, apesar desses valores, classificá-lo como planta não-acumuladora. Assim, são necessárias pesquisas mais aprofundadas

em relação a aplicação de silício em *E. camaldulensis* e a uma reformulação das propostas que caracterizam as plantas em relação à acumulação de silício.

## **ANEXOS**



**Anexo 1.** Número médio de ovos e ninfas de *G. brimblecombei* em plantas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício, provenientes das avaliações realizadas entre agosto de 2007 e julho de 2009, na Fazenda Santa Rita (Experimento 1) – município de João Pinheiro – MG.

Número de ovos de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício																								
Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º	23º	24º
Meses	Ago/07	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Jan/09	Fev/09	Mar/09	Abr/09	Mai/09	Jun/09	Jul/09
T1 – sem aplicação de Si	118	8	3º	0	86	43	24	16	16	7	155	31	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2 – 1800 mg de CaSiO <sub>3</sub>	68	29	4	2	142	55	2	16	2	3	73	22	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3 – 3600 mg de CaSiO <sub>3</sub>	71	56	4	0	28	4	0	6	3	5	129	16	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4 – 5400 mg de CaSiO <sub>3</sub>	105	38	0	0	73	0	0	0	0	0	65	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5 – 34 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	70	11	1	0	37	3	0	12	12	3	73	3	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6 – 68 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	172	160	7	0	18	0	1	7	5	2	54	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7 – 135 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	20	29	5	0	86	0	0	9	1	0	89	90	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Número de ninfas de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício																								
Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º	23º	24º
Meses	Ago/07	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Jan/09	Fev/09	Mar/09	Abr/09	Mai/09	Jun/09	Jul/09
T1 – sem aplicação de Si	441	175	4	0	19	17	2	0	0	0	22	13	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2 – 1800 mg de CaSiO <sub>3</sub>	250	160	4	3	8	2	0	0	0	1	5	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3 – 3600 mg de CaSiO <sub>3</sub>	215	123	7	0	2	4	1	0	0	0	26	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4 – 5400 mg de CaSiO <sub>3</sub>	292	119	6	1	1	9	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5 – 34 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	216	51	7	0	2	7	0	0	0	2	14	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6 – 68 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	436	1230	5	0	5	4	1	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7 – 135 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	504	147	3	0	5	10	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Anexo 2.** Número médio de ovos e ninfas de *G. brimblecombei* em plantas de *E. camaldulensis* adubadas com diferentes fontes e doses de silício, provenientes das avaliações realizadas entre março de 2008 e fevereiro de 2010, na Fazenda Santa Cecília (Experimento 2) – município de João Pinheiro – MG.

Número de ovos de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício																									
Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º	23º	24º	
Meses	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Jan/09	Fev/09	Mar/09	Abr/09	Mai/09	Jun/09	Jul/09	Ago/09	Set/09	Out/09	Nov/09	Dez/09	Jan/10	Fev/10	
T1 - sem aplicação de Si	224	1	30	6322	2563	211	205	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2 - 180 mg de CaSiO <sub>3</sub>	109	0	2	5419	2546	191	193	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3 - 360 mg de CaSiO <sub>3</sub>	64	0	12	5568	2340	189	284	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4 - 540 mg de CaSiO <sub>3</sub>	31	0	18	5693	2414	228	67	208	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5 - 2,5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	63	3	21	5702	2354	114	111	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6 - 5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	127	0	1	614	1836	226	155	243	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7 - 10 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	108	0	0	5345	2638	231	249	40	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Número de ninfas de <i>Glycaspis brimblecombei</i> em plantas de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> adubadas com diferentes fontes e doses de silício																									
Avaliações	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º	17º	18º	19º	20º	21º	22º	23º	24º	
Meses	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Jan/09	Fev/09	Mar/09	Abr/09	Mai/09	Jun/09	Jul/09	Ago/09	Set/09	Out/09	Nov/09	Dez/09	Jan/10	Fev/10	
T1 - sem aplicação de Si	1	1	2	229	2893	745	625	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2 - 180 mg de CaSiO <sub>3</sub>	0	0	9	182	2663	627	171	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3 - 360 mg de CaSiO <sub>3</sub>	4	0	20	96	1999	897	224	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4 - 540 mg de CaSiO <sub>3</sub>	2	0	8	119	2680	820	171	47	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5 - 2,5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	24	215	2409	692	345	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6 - 5 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	26	196	2260	750	196	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7 - 10 m/L de K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	162	2825	947	204	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0