

KARINE FERNANDES CAIAFA

**SILÍCIO NA PRODUÇÃO, ENRAIZAMENTO E SEVERIDADE DE OÍDIO EM
MINIESTACAS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndorfer

Co-orientador

Prof. Dr. Haroldo Nogueira de Paiva

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

KARINE FERNANDES CAIAFA

**SILÍCIO NA PRODUÇÃO, ENRAIZAMENTO E SEVERIDADE DE OÍDIO EM
MINIESTACAS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 14 de abril de 2014.

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

UFU

Prof. Dr. Lísias Coelho

UFU

Dr. Robson Thiago Xavier de Souza

CMAA-Unidade Vale do Tijuco

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndorfer
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

Ao meu filho Davi Caiafa Araújo, ao meu pai Aloísio Caiafa e
ao meu irmão, Aloísio Caiafa Júnior,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização de tão relevante curso.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pelo imenso apoio.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Gaspar Henrique Korndorfer, pelos ensinamentos, orientações e também pela compreensão e flexibilidade.

Ao Professor Dr. Haroldo Nogueira de Paiva, pelas orientações, respeito, amizade, paciência e, acima de tudo, pelos ensinamentos ministrados.

Ao Professor Dr. Lísias Coelho, pelas orientações, dedicação e compreensão.

Ao Professor Dr. Fabrício de Ávila Rodrigues, pelas orientações, por ceder parte da sua equipe, e pelo empréstimo de insumos que foram essenciais para o desenvolvimento do nosso trabalho.

Ao Professor Dr. Gleiber Quintão Furtado, pelas orientações e pelo tempo dedicado a mim.

Ao LAFER (Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes – Universidade Federal de Uberlândia), por ter cedido o espaço para a realização das análises de silício.

Ao colega Alex Ferreira de Freitas, pelas diversas vezes em que dedicou seu tempo para me auxiliar nas tarefas do viveiro.

Aos professores da banca examinadora.

À minha mãe, Suely Maria Fernandes Caiafa e à minha irmã Liliane Fernandes Caiafa, pelo amor e pelo tempo dedicado a mim e à minha família.

Ao meu pai, Aloísio Caiafa, e ao meu irmão, Aloísio Caiafa Júnior, pela imensa ajuda que recebi nos momentos mais difíceis desta trajetória.

Ao meu marido, Daniel Rocha Araújo, pela dedicação, paciência e amor.

À minha segunda família: Silvana Célia da Rocha Araújo, José Fábio Araújo, Marta Rocha Araújo e Fabiana Rocha Araújo, pelo apoio e pelo carinho.

Aos amigos de curso, em especial à Ivaniele Nahas Duarte e Reinaldo Silva de Oliveira, pelos diversos favores a mim prestados e principalmente pela amizade.

Aos funcionários do Viveiro de Pesquisas Florestais da Universidade Federal de Viçosa.

Aos professores: Gilberto Fernandes Correia, Denise Garcia de Santana, Hamilton Seron Pereira, Regina Maria Quintão Lana e Adriane Andrade, pelo conhecimento que adquiri ao longo da nossa convivência.

A todos os amigos, professores e familiares que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído.

EPÍGRAFE

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Martin Luther King

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
1 – Silício nas plantas.....	3
2 – Silvicultura Clonal.....	6
3 – Oídio.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
1 – Local e época.....	14
2 – Insumos.....	14
3 – Estruturas	16
4 – Delineamento Experimental.....	16
5 – Metodologia.....	17
RESULTADOS.....	21
1 – Teor de Silício nas Miniestacas.....	21
2 – Produtividade de miniestacas.....	23
3 – Enraizamento.....	26
4 – Severidade de oídio.....	29
CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
ANEXOS.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teores de macronutrientes contidos na solução nutritiva utilizada no minijardim clonal.....	14
Tabela 2: Teores de micronutrientes contidos na solução nutritiva utilizada no minijardim clonal.....	15
Tabela 3: Quadro de análise de variância da concentração de Si nas miniestacas de clones de eucalipto, em função do aumento das doses de Si.....	21
Tabela 4: Quadro de análise de variância da produtividade de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de maio a julho.....	23
Tabela 5: Quadro de análise de variância da produtividade de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de setembro e outubro.....	24
Tabela 6: Quadro de análise de variância do enraizamento de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de maio a julho.....	27
Tabela 7: Quadro de análise de variância do enraizamento de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de setembro e outubro.....	27
Tabela 8: Quadro de análise de variância da severidade de oídio em miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Colunas utilizadas na obtenção de ácido monossilícico.....	15
Figura 2: Muda de eucalipto antes (A) e após a poda (B) visando a perda de dominância apical.....	17
Figura 3: Minicepas de eucalipto no minijardim clonal em um espaçamento de 10 x 10 cm.....	18
Figura 4: Casa de vegetação utilizada durante o enraizamento das miniestacas.....	19
Figura 5: Concentração de Si em miniestacas de eucalipto em função do aumento das doses deste nutriente na solução nutritiva	22
Figura 6: A: Número de miniestacas por minicepa por mês para cada clone nos meses de maio a julho (DMS = 1,18 miniestacas/minicepa/mês; CV = 13,86%) e B: Número de miniestacas por minicepa por mês para cada clone nos meses de setembro e outubro (DMS = 3,19 miniestacas/minicepa/mês; CV = 23,57%).....	25
Figura 7: A: Porcentagem de enraizamento de miniestacas de clones de eucalipto, submetidos à 5 doses de silício, 25 dias após o estaqueamento nos meses de maio a julho (CV=20,81; DMS=7,87) B: Porcentagem de enraizamento de miniestacas de clones de eucalipto, submetidos à 5 doses de silício, 25 dias após o estaqueamento nos meses de setembro e outubro (CV=16,89; DMS = 11,30%).....	28
Figura 8: Severidade de oídio em clones de eucalipto (CV=56,77; DMS = 16,03%).....	30

RESUMO

CAIAFA, KARINE FERNANDES. **Silício na produtividade, enraizamento e severidade de oídio em miniestacas de eucalipto**. 2014. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

Nos últimos anos tem-se verificado um constante aumento do interesse pela produção clonal do gênero *Eucalyptus*, visando principalmente à uniformização dos plantios, maior produtividade e custo competitivo. Dentre as várias técnicas de propagação assexuada, destaca-se a miniestaquia. No minijardim clonal coberto, as condições ambientais encontradas favorecem o aumento da incidência de diversas doenças, entre elas o oídio (*Oidium* spp.), causando perdas significativas aos produtores de mudas. O controle do oídio é realizado geralmente por meio do uso de clones resistentes ou de fungicidas, sendo necessário, portanto, encontrar formas alternativas de controle desse patógeno com o objetivo de reduzir a utilização de produtos químicos bem como os custos. Tendo em vista que o Silício (Si) é um nutriente que se destaca no controle de doenças fúngicas e no aumento da produtividade de várias culturas, objetivou-se com este estudo avaliar sua influência na produtividade de minicepas, enraizamento de miniestacas e severidade de oídio em eucalipto. Diante disso, um experimento foi instalado no viveiro mudas pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa-MG. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas, sendo o primeiro fator relativo às doses de Si (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2 mol L⁻¹) e o segundo fator relativo à cinco clones de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* (I144, I224, 3334, GG100, GG680). Foram avaliadas as seguintes características: teor de Si nas miniestacas, severidade do oídio, produtividade das minicepas e enraizamento de miniestacas. Não houve interação entre os fatores: silício e clone em relação à concentração de Si nas miniestacas. Contudo, observou-se que o aumento das concentrações de Si na solução nutritiva ocasionou aumento do teor de Si nesses propágulos. Para as outras características avaliadas (enraizamento, produtividade de miniestacas e severidade do oídio), a resposta dos clones em relação ao aumento da concentração de Si foi semelhante, isto é, não houve interação entre os fatores estudados e não houve alteração dessas características com o aumento das concentrações de Si. Foram encontradas diferenças somente entre os clones estudados. O clone GG100 e o clone 3334 apresentaram, respectivamente, os melhores e os piores resultados para todas as características estudadas.

Palavras-chave: Silício, miniestaquia, *Oidium eucalypti*.

ABSTRACT

CAIAFA, KARINE FERNANDES. **Silicon in productivity, rooting and severity of oídium in eucalyptus minicutting.** 2014. 55 p. Dissertation (Master's degree in Agronomy/ Plants Nutrition)- Uberlandia Federal University, Uberlandia

In the last few years, there has been checked a constant increase by the clonal production of the *eucalyptus* genre, aiming mainly the alignment of the plantation. High productivity, competitive cost. Among the various methods of asexual propagation, stands out minicutting.. In the minigarden covered clonal, the environmental conditions found are in favor of the incidence of several diseases, being these the oidium, causing significative losses to the seeding producers. The oidium control is made generally by the use of resistant clones or fungicides, being necessary, however, to find alternative ways of control of this fungus with the objective to reduce the using of these chemical products such as the costs. In view of the Silicon (Si) is a nutrient who excels in the control of fungal diseases and in the raise of the productivity of several cultures, the aim of this study is to evaluate his influence in productivity, rooting and severity in oidium in eucalyptus minicutting. Therefore, an experiment was conducted in nursery seedlings, belonging to the Forestry Department of the Federal University of Viçosa-MG. The experimental design was a randomized complete block design with four replications in a split plot design, being the first relative factor to the Si doses (0;0,5;1,0;1,5 and 2 mol L⁻¹) and the second relative factor to the five clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I144, I224, 3334, GG100, GG680.) Were evaluated the following characteristics: Proportion of Si accumulated, oidium severity, productivity (number of minicutting) and rooting. There wasn't any interaction between the factors: silicon and clones in relation to the concentration of Si in the minicutting. However, observed that the raise of the Si concentrations in the nutrient solution caused an increase in Si content in these seedlings. To the other characteristics evaluated (rooting, minicutting productivity and oidium severity), the clones' answer in relation to the Si increase was similar, I mean, there wasn't any interaction between treatments and there wasn't any change of these characteristics with the increase of the Si concentrations. Differences were found only among the studied clones. The clone GG100 and the clone 3334 were the ones who has presented, respectively, the best and the worst results to all the studied traits.

Key-words: Silicon, minicutting, *Oidium eucalypti*.

INTRODUÇÃO

Segundo dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) em 2012, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou aproximadamente 6,6 milhões de hectares, sendo, 74,8% desse universo correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 25,2% aos plantios de *Pinus*. Da área plantada com *Eucalyptus*, 54,2% está concentrada na região sudeste.

O consumo cada vez maior de produtos derivados da madeira faz com que haja uma crescente pressão sobre as florestas nativas. Sendo assim, o eucalipto constitui alternativa viável para a redução dessa pressão, uma vez que seu uso é bastante diversificado e atende a uma ampla demanda.

As espécies de eucalipto possuem uma série de vantagens em relação a outras espécies florestais: sua alta produtividade aliada à sua ampla diversidade genética e capacidade de adaptação fizeram com que o gênero alcançasse grande importância econômica no Brasil e no mundo.

No Brasil, as plantações clonais com *Eucalyptus* começaram a se destacar na década de 70, a partir do desenvolvimento da técnica da estaquia em escala operacional (XAVIER, 2002). Entre as vantagens do uso da silvicultura clonal estão a maior uniformização dos plantios, seleção de árvores mais produtivas e menos suscetíveis a pragas e doenças, maior controle da qualidade da madeira, entre outras.

Embora o manuseio e a propagação vegetativa de *Eucalyptus* seja relativamente recente, vários métodos têm sido desenvolvidos desde seu início. Atualmente, os principais procedimentos usados, com potencial de utilização futura em nível comercial, são: estaquia, microestaquia e miniestaquia (WENDLING et al., 2003).

A estaquia foi, inicialmente, a técnica mais utilizada na clonagem comercial de eucaliptos; porém, tendo em vista uma série de limitações (capacidade de enraizamento, qualidade do sistema radicular, entre outros) a miniestaquia foi implementada rapidamente e, atualmente, a maioria das empresas florestais brasileiras utiliza tal técnica em escala comercial (WENDLING et al., 1999).

Devido à sua estrutura, os viveiros florestais estão sujeitos à ação de diversos organismos fitopatogênicos. A água em abundância, o substrato, o tecido vegetal tenro, entre outros fatores, predispõem o aparecimento e favorecem o desenvolvimento de doenças nesse ambiente (HOPPE; BRUN, 2004).

Uma doença muito comum nos viveiros florestais é causada pelo fungo *Oidium eucalypti*, que pode gerar perdas significativas aos produtores de mudas, como: encarquilhamento foliar e superbrotamento, redução da fotossíntese e, conseqüentemente, redução do desenvolvimento e da produtividade. O controle de oídio é realizado por meio do uso de clones resistentes e de fungicidas. No caso dos fungicidas, apesar da eficiência, ocorrem diversos problemas relacionados com a seleção de linhagens resistentes do patógeno e com a contaminação ambiental do aplicador (BETTIOL, 2004). Não há produtos registrados para o controle do oídio em eucalipto. Soma-se a esse fato, ainda, a existência de novos princípios ativos que não foram testados para essa cultura (BIZI et al., 2005).

Desse modo, a periculosidade dos produtos químicos relativa ao ambiente e ao homem tem estimulado a redução do controle químico e o aumento do uso de outras medidas, como o controle cultural, o controle biológico, o genético e o controle com produtos alternativos (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003).

O uso de Si em substituição ao consumo de fungicidas tem se mostrado uma alternativa bastante viável, tanto do ponto de vista ambiental, quanto econômico. Fungicidas em geral apresentam elevado potencial de contaminação do solo e da água e, além disso, são considerados produtos que acrescentam elevados custos ao produtor, que, em muitos casos, não possui condições financeiras para a aquisição do produto. Assim, o manejo do Si na nutrição de plantas poderá contribuir de forma significativa para uma agricultura mais sustentável e menos poluente (KORNDÖRFER et al., 2004a).

O Si também apresenta um importante papel na redução da transpiração das plantas. Isto ocorre em função da acumulação de sílica nos órgãos de transpiração, provocando a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, a qual, pela redução da transpiração, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor (KORNDÖRFER et al., 2002). Por causa desse efeito existem suspeitas de que, caso haja absorção do Si por minicepas de eucalipto, sua produtividade possa ser afetada (positiva ou negativamente), dependendo das condições ambientais em que essas plantas se encontram.

Nesse sentido, o presente estudo busca avaliar a eficiência da aplicação de doses de silício na severidade do oídio em minijardim clonal de eucalipto, assim como verificar a influência desse elemento sobre a produtividade das minicepas e enraizamento de miniestacas.

REVISÃO DE LITERATURA

1 Silício nas plantas

No ano de 2004, o silício foi incluído pela legislação Brasileira (decreto-lei nº 4.954/2004, que regulamenta a lei 6.894 de 16/01/1980 sobre o uso de fertilizantes) como um micronutriente benéfico. Entre os principais benefícios do Si para as plantas, destacam-se: aumento da tolerância a estresses abióticos (hídrico e fitotoxidez) e bióticos (ataque de pragas e doenças) (KORNDÖRFER et al., 2004a).

A respeito de suas propriedades, o silício é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4). Ele é transportado pelo xilema e se acumula principalmente nas áreas de maior transpiração, como tricomas e espinhos na forma de opala biogênica ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (KORNDÖRFER, 2006).

A capacidade de absorção e acumulação de Si é variável entre as espécies (KORNDÖRFER, 2006). Em geral, são consideradas plantas acumuladoras de silício, aquelas que possuem teor foliar acima de 1 dag kg^{-1} , e não acumuladoras plantas com teor de silício menor que $0,5 \text{ dag kg}^{-1}$ (MA et al., 2001).

Myake e Takahashi (1983) observaram que o modo de translocação do Si é diferente entre espécies. Em tomateiro, por exemplo, o Si foi retido nas raízes e uma pequena parte se translocou para a parte aérea, sendo a concentração nessa parte da planta de $0,5$ a $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ de Si, enquanto nas raízes foi de $3,2$ a $5,9 \text{ g kg}^{-1}$. Em contraste, em pepino, os teores de Si variaram de $16,7$ a $28,6 \text{ g kg}^{-1}$ na parte aérea, e de $1,3$ a $5,5 \text{ g kg}^{-1}$ nas raízes. Após ser depositado na parede celular, o Si torna-se imóvel e não mais se redistribui na planta (BALASTRA et al., 1989).

Nas gramíneas, a absorção de Si se dá de forma rápida, isto é, ocorre mais rapidamente que a da água, resultando na redução da concentração do Si na solução do solo (MA; TAKAHASHI, 2002). Plantas consideradas não acumuladoras de Si, como é o caso do tomateiro, por exemplo, absorvem o elemento mais lentamente que a água, aumentando sua concentração na solução do solo (MYAKE; TAKAHASHI, 1983).

Farias Júnior et al. (2009), estudando a produção de matéria seca, teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício, observaram que o acúmulo e os teores de Si em dois cultivares de arroz responderam de forma linear ao aumento das doses aplicadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Ramos et al.

(2008), onde a aplicação de doses crescentes de Si (fonte: Wollastonita) também aumentou de forma linear a absorção deste nutriente pelo arroz.

A cana-de-açúcar também é considerada uma planta acumuladora de Si. Ross et al. (1974) citam uma remoção (exportação) de até 408 kg ha⁻¹ de Si para uma produtividade de apenas 74 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar (folhas + colmos), e um aumento da produtividade da cana-planta de 40 t ha⁻¹ (toneladas por hectare) no tratamento controle para 63,3 t ha⁻¹ de colmos, com 7,1 t ha⁻¹ de silicato de cálcio no 1º ciclo - inclusive com aumento até o 6º ciclo de 55 para 72 t ha⁻¹ de colmos.

Os dados do trabalho de Carvalho et al. (2003) evidenciam que o eucalipto não é uma planta acumuladora de Si, embora seja responsiva ao mesmo. A eficiência de translocação do silício nas mudas dessa cultura é maior no estágio inicial de crescimento (60 dias), ficando a maior parte retida nas raízes a partir dessa época.

Os efeitos benéficos da absorção e acumulação de Si estão relacionados, em geral, com as funções estruturais e a defesa das plantas, isto é, o elemento pode afetar a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como: melhora da arquitetura das plantas (folhas mais eretas), redução do auto sombreamento e do acamamento; aumento da rigidez estrutural dos tecidos; diminuição da toxidez de Fe, Mn, Al e Na; aumento da resistência a patógenos; e aumento da proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

Os mecanismos de resistência, mediados pelo silício, a certos patógenos exibidos por algumas espécies de plantas, têm sido alvo de vários estudos (DATNOFF et al., 2007). O efeito da aplicação de silicato na redução dos danos de ataques de pragas e doenças pode ser explicado por dois mecanismos. O primeiro se refere à redução dos danos devido ao aumento da espessura da epiderme com a deposição do silício na parede celular, funcionando, assim, como uma barreira mecânica contra o ataque de doenças fúngicas e insetos. O segundo se refere à indução da formação de compostos secundários, que são considerados compostos de defesa da planta (como os “anticorpos” no homem), quando há ataque de doenças. Esses compostos auxiliam no combate e reduzem danos (CAMARGO, 2011).

A adubação com Si tem mostrado eficiência no controle de várias doenças importantes, principalmente fúngicas (KORNDÖRFER et al., 2004a). Santos et al. (2011) avaliaram três fontes de Si (fontes pó, granular e líquida) na incidência de doenças de arroz, e concluíram que a aplicação de silício em solos deficientes nesse elemento promove redução da severidade da mancha parda e da incidência da brusone

nas panículas, dependendo da fonte de silício, dose e pressão da doença. Para Zanão Júnior et al. (2009), a aplicação de silício via solo resultou em aumento do teor foliar desse elemento e foi eficiente na indução de resistência à mancha-parda, diferentemente do observado com sua aplicação via foliar.

Rodrigues (2000) concluiu que o aumento nos teores de Si de plantas de arroz mediante a aplicação de silicato de Ca e Mg no solo pode explicar a redução no aparecimento de lesões causadas pela "queima da bainha" (*Rhizoctonia solani*) e no comprimento relativo dessas lesões. Fonseca et al. (2003) mostraram que a utilização de 4 t ha⁻¹ de silicato de Ca não influenciou a queima das bainhas, mas reduziu a incidência da brusone.

Para a cultura da soja, observa-se que, apesar da deposição de Si na folha ser normalmente inferior a 0,5 dag kg⁻¹, isto é, mesmo sem haver a formação da barreira mecânica (dupla camada de Si), o silício absorvido pelas plantas pode contribuir de forma significativa para a redução da cercosporiose (NOLLA et al., 2004).

Os resultados do estudo de Carré-Missio et al. (2009) mostraram que o cafeeiro foi ineficiente em translocar o Si das raízes para a parte aérea, restringindo-o exclusivamente ao sistema radicular, o que não garantiu o aumento da resistência do cafeeiro à ferrugem.

Na cana-de-açúcar, muitos experimentos mostram uma correlação positiva entre a alta absorção de Si pela cultura e o controle de algumas doenças. Segundo Korndorfer et al. (2004a), no Havaí, as folhas contendo menos de 0,5 dag kg⁻¹ de Si eram frequentemente afetadas por um sintoma denominado *freckling*. A causa desse sintoma é ainda bastante controversa, porém, a maioria dos pesquisadores a atribui à falta de silício e ao desequilíbrio nutricional. O sintoma é mais severo nas folhas mais velhas, afetando fortemente a área fotossintética. Assim, a aplicação de silicatos pode aumentar a quantidade de clorofila das folhas e diminuir as pontuações associadas à deficiência de silício nas folhas da cana (*freckling*).

O efeito do Si em eucalipto ainda é pouco estudado, entretanto Rosa (2010) ao estudar o silício na resistência ao oídio em um jardim clonal de eucalipto, concluiu que, em temperaturas mais altas, a velocidade de desaparecimento da doença foi maior quando as mudas foram adubadas com doses mais elevadas de Si, e que a severidade desse patógeno foi negativamente influenciada pela aplicação do nutriente.

O uso de Si em substituição aos fungicidas tem se mostrado uma alternativa bastante viável tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico (KORNDÖRFER et al., 2004a).

A redução da transpiração em diversas culturas, como na cana de açúcar e no arroz, também vem sendo atribuída à adubação silicatada. O acúmulo de sílica nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, que, pela redução da transpiração, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor (KORNDÖRFER et al., 2002).

Silva et al. (2012), ao pesquisarem acerca do conteúdo relativo de água, transpiração e condutância estomática em folhas de sorgo submetidas ao estresse hídrico e a diferentes concentrações de silício (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mmol L⁻¹), concluíram que os tratamentos com silício a 0,5 e 1,5 mmol L⁻¹ responderam melhor às variáveis analisadas e mantiveram maior resistência ao estresse hídrico.

Faria (2000) observou aumento da produção de grãos em arroz com a aplicação de silicato de cálcio, principalmente quando as plantas foram submetidas a condições de menor quantidade de água disponível no solo. Isto é, quanto menor foi a capacidade de campo do solo, maior foi a resposta das plantas à aplicação de Si.

Para eucalipto cultivado em jardim clonal, Rosa (2010), concluiu que a aplicação do Si via fertirrigação não influenciou a transpiração das mudas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.

2 Silvicultura clonal

A área de plantios clonais de *Eucalyptus* vem sendo ampliada cada vez mais em todo o território brasileiro, graças à disponibilidade de clones selecionados para as mais diversas regiões e propósitos comerciais, aliado a um custo competitivo. Além disso, tem possibilitado a implantação de projetos de reflorestamento em áreas até então não indicadas em função da limitação de material genético via seminal (semente) (XAVIER; SILVA, 2010).

Segundo Xavier (2002), a silvicultura clonal pode ser caracterizada como aquela que compreende todo o processo de formação de uma floresta clonal, ou seja, seleção da árvore superior, multiplicação vegetativa, avaliação de árvores selecionadas em teste clonal, produção de mudas e estabelecimento da floresta clonal.

As primeiras iniciativas de clonagem do eucalipto datam de meados do século passado, quando pesquisadores australianos, de Camberra, e franceses no norte da África multiplicaram várias espécies de *Eucalyptus* por enraizamento de estacas obtidas de mudas seminais (ALFENAS et al., 2004). No Brasil, as plantações clonais com eucalipto começaram a se destacar na década de 70, a partir do desenvolvimento da técnica de estaquia em escala operacional (XAVIER, 2002).

A silvicultura clonal vem sendo cada vez mais utilizada, tornando-se de grande importância para o desenvolvimento da produção florestal. A utilização de clones na silvicultura permite a formação de povoamentos de alta produtividade, com grande homogeneidade e, conseqüentemente, racionalizando as atividades operacionais e melhorando a qualidade da madeira (OLIVEIRA, 2003).

A aplicação da multiplicação clonal em larga escala permitiu o desenvolvimento de conceito de florestas clonais - hoje amplamente utilizado na produção de matéria prima para uso industrial. Sob o ponto de vista do melhoramento genético, a clonagem permite ainda explorar efeitos genéticos não aditivos, oriundos da recombinação de genitores, bem como permite a realização de testes mais confiáveis, uma vez que é possível obter várias cópias geneticamente idênticas de um mesmo indivíduo (ALFENAS et al., 2004).

Com a evolução dos programas de melhoramento florestal e de seleção clonal, há uma tendência de se desenvolverem materiais mais específicos, tanto para uma maior adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, quanto para qualidades diversas da madeira. A adoção de clones específicos será cada vez mais implementada, principalmente em função dos avanços da silvicultura de precisão, permitindo dessa forma, a definição de um manejo mais apropriado a um determinado clone. Os clones produzidos especialmente para um produto poderão trazer ganhos na qualidade e na redução de custos inerentes à utilização de uma matéria prima mais indicada para a obtenção do produto final. Além disso, surge a possibilidade de atender novas demandas, como a da indústria de produtos sólidos a partir de madeira serrada de *Eucalyptus* (XAVIER; SILVA, 2010).

A propagação clonal em *Eucalyptus* por estaquia constitui-se no enraizamento de estacas caulinares (segmentos de 6-10 cm de comprimento) confeccionados a partir de brotações provenientes de cepas de árvores selecionadas, banco clonal ou jardim clonal (XAVIER et al., 2009). De acordo com Xavier (2002), o processo da clonagem por estaquia que visa o plantio para fins comerciais, pode ser assim estabelecido: *fase 1*:

seleção da árvore superior com base em características que atendam os objetivos a serem alcançados com a clonagem; *fase 2*: avaliação das árvores selecionadas em teste clonal, visando a confirmação da seleção realizada e definição das técnicas silviculturais a serem adotadas; *fase 3*: estabelecimento de áreas de multiplicação vegetativa (jardim clonal), objetivando brotações suficientes para confecção das estacas necessárias ao processo de produção de mudas por estaquia em viveiro florestal, de acordo com a demanda de plantio; e *fase 4*: plantio clonal comercial.

O jardim clonal, por ocupar um espaço relativamente reduzido em relação aos plantios convencionais (bancos clonais e plantios comerciais), permite a realização de tratos culturais com vistas à obtenção de brotos que possuem maior potencial de enraizamento. Atualmente, os tradicionais jardins clonais de campo encontram-se em desuso, pois, com o advento da miniestaquia, passou-se a empregar minijardins clonais em canteiros suspensos, cobertos com teto fixo translúcido ou, preferencialmente, retrátil (ALFENAS et al., 2004).

A frequência das coletas no jardim clonal varia de acordo com a espécie, clone, ambiente e da metodologia de coleta. Quanto ao processo de enraizamento, as estacas recebem em sua base um tratamento com o regulador de crescimento AIB (ácido indolbutírico), na dosagem de 6.000 a 8.000 mg L⁻¹. Em seguida, são estaqueadas em recipientes contendo o substrato (normalmente à base de vermiculita) para o desenvolvimento do sistema radicular. Uma vez estaqueado, o material permanece em casa de vegetação climatizada (temperatura em torno de 27°C e umidade relativa do ar acima de 80%) por um período de 20 a 45 dias, variável de acordo com a região, época do ano, espécie e clone utilizado. Após esse período, as estacas enraizadas são transferidas para aclimação em casa de sombra (sombreamento de 50%), onde permanecem por 8 a 15 dias. Após esse processo, as estacas enraizadas são levadas para um local de pleno sol, onde completam o desenvolvimento e recebem os tratamentos finais. Normalmente, as mudas estão aptas a serem plantadas com 90 a 120 dias de idade (XAVIER et al., 2009).

A miniestaquia pode ser considerada uma especialização da estaquia convencional. Basicamente, consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo processo de estaquia, ou mudas produzidas por sementes (ALFENAS et al., 2004). Essas plantas são acondicionadas em uma estrutura chamada de minijardim clonal, o qual pode ser formado por diversos sistemas. O sistema mais utilizado pelas empresas florestais é o de canaletão de areia, que é um sistema semi-hidropônico, composto por

uma calha contendo no seu interior material inerte (areia) para a sustentação das minicepas (XAVIER, 2002). Numa sequencia esquemática desta técnica, inicialmente, faz-se a poda do ápice da brotação da estaca enraizada (muda com aproximadamente 60 dias de idade), e, em intervalos de 10 a 25 dias (variáveis em função da época do ano, do clone/espécie, das condições nutricionais, entre outras) ela emite novas brotações, que são coletadas e postas para enraizar. Assim, a parte basal da brotação da estaca podada constitui uma minicepa, que fornecerá as brotações (miniesticas) para a formação das futuras mudas. O conjunto destas constitui um minijardim clonal (WENDLING, 1999).

Quanto à coleta de miniesticas no minijardim clonal, recomenda-se que seja realizada de forma seletiva, em períodos a serem definidos conforme o vigor das brotações, colhendo-se todas aquelas que se enquadram nos padrões de miniestaca, ou seja, de 3 a 5 cm de comprimento, de modo que contenham de 1 a 3 pares de folhas, e estejam cortadas ao meio. Após serem coletadas, as miniesticas são acondicionadas em recipientes com água, para que possam chegar ao local de enraizamento em perfeitas condições de turgor. O período entre a confecção e o estaqueamento destes propágulos no substrato deverá ser o mais reduzido possível, sendo recomendados intervalos inferiores a 15 minutos (WENDLING, 1999).

O desenvolvimento da técnica para o gênero *Eucalyptus* teve início na década de 90 (HIGASHI et al., 2000), devido às limitações impostas pelo cultivo *in vitro* (WENDLING, 2002). Sua aplicação tem possibilitado a propagação de genótipos de difícil enraizamento, com ampliação da porcentagem de miniesticas enraizadas e melhoria do sistema radicial, que influenciaram diretamente o desempenho de mudas em campo (ALFENAS et al., 2004).

Para Santos (2002), a aplicabilidade da miniestaquia em espécies nativas é uma opção para a propagação vegetativa de algumas espécies que possuem sementes com baixo potencial de germinação, dificuldade de armazenamento e, ou, são insumo limitante. Nesta técnica, o jardim clonal passou a ser chamado de minijardim clonal. Ele pode ser implantado em sistema de recipientes, que variam desde vasos de polipropilenos de diferentes volumes, caixas de fibra de vidro com variadas formas e dimensões, ou em sistemas de canaletões de fibrocimento ou alvenaria, dentre outros (HIGASHI et al., 2002).

Atualmente, a miniestaquia constitui-se o método mais adotado pelas empresas florestais brasileiras para clonagem de *Eucalyptus* (ALMEIDA et al., 2007). Segundo

Xavier (2002), essa técnica apresenta algumas vantagens em relação à estaquia convencional, como a eliminação do jardim clonal de campo, disponibilizando assim, a área para plantios comerciais; maior facilidade no controle de patógenos, bem como das condições nutricionais e hídricas no jardim; maior produtividade, uma vez que as operações de manejo do jardim, coleta e confecção de miniestacas são mais fáceis e rápidas de serem executadas; maior produção de propágulos por unidade de área e em menor tempo; a coleta de miniestacas pode ser realizada em qualquer horário do dia; melhor qualidade do sistema radicular em termos de vigor, uniformidade, volume e arquitetura; a necessidade de reguladores de crescimento para enraizamento em menores dosagens, ou mesmo ausência de reguladores em alguns casos e formação da muda num menor período de tempo, resultando em redução de investimentos.

3 Oídio

O aspecto fitossanitário constitui uma das características mais importantes, assim como um dos fatores mais preocupantes na fase de formação das mudas, tanto naquelas produzidas por sementes, como por estaquia. Algumas doenças podem comprometer a produção em todas as suas fases, bem como o estabelecimento e desenvolvimento das mudas no campo (FURTADO et al., 2001).

O *Oidium sp.* é um fungo patogênico, biotrófico, ou seja, depende de seus hospedeiros vivos para sobreviver. É um patógeno cosmopolita, parasitando várias espécies de eucaliptos. Uma característica marcante deste patógeno é o seu crescimento micelial superficial no tecido da planta, emitindo para o interior dos tecidos uma estrutura chamada haustório, que funciona como “raízes”, absorvendo os nutrientes da célula. A penetração se dá na forma direta através da epiderme, isto é, pelos próprios meios, sem necessidade de ferimentos. Após a colonização, formam-se os conidióforos, que irão produzir os conídios - os agentes infectivos assexuados. Os oídios podem sobreviver em condições adversas, por meio de hifas dormentes abrigadas no hospedeiro ou por meio de estruturas sexuadas chamadas cleistotécios (GRIGOLETTI JÚNIOR et al., 2005). A maioria das espécies e clones de *Eucalyptus* é hospedeira desse fungo (ALFENAS et al., 2004). Ainda, o oídio pode causar perdas significativas quando não controlado prontamente. Comumente, encontra-se em viveiros ou estufas e raramente em condições de campo (BROWN; FERREIRA, 2000).

Bélangier et al. (1995) relataram a interação entre silício e ocorrência de oídio em pepino, quando observaram aumento do período latente e redução no nível de infecção pelo patógeno nas plantas. Esses autores observaram que a infecção do oídio foi prevenida devido ao aumento na silicificação da parede epidermal, pois ocorreu formação de depósito de ácido silícico nos sítios de infecção. Dessa forma, hipotetizou-se que a penetração inicial do tubo germinativo foi impedida pelo silício e, consequentemente, pequena quantidade de esporos apresentou sucesso na infecção.

A aplicação de silício foi eficiente para controlar o oídio em diversas culturas, como: pepino, melão, abobrinha (MENZIES et al., 1992) e uva (BOWEN et al., 1992). Embora raramente cause a morte das plantas, o oídio reduz o potencial produtivo das culturas e pode afetar a qualidade do produto (STADNIK; RIVERA, 2001). O patógeno retira os nutrientes do hospedeiro, reduz sua fotossíntese, aumenta sua respiração e transpiração, resultando na redução do desenvolvimento e produtividade da planta (AGRIOS, 1997).

A olho nu é possível observar na superfície da folha e ramos uma formação esbranquiçada, parecendo uma teia, que nada mais é que o micélio externo do fungo. Em microscópio, são observados conídios cilíndricos, unicelulares, hialinos, produzidos em cadeia sobre conidióforos eretos, que se formam sobre as hifas. Por apresentar uma camada pulverulenta esbranquiçada na superfície das folhas e ramos, o oídio também é conhecido como míldio pulverulento (BETTIOL, 2004).

Nesse processo, as brotações e gemas são preferencialmente atacadas e, quando não morrem, dão origem a folhas de limbo enrugado, afilado, e geralmente com uma metade mais estreita do que a outra. O ataque sucessivo às brotações resulta em superbrotção, com perda da qualidade da muda. No campo, o sintoma toma maior importância pela perda da dominância apical, comprometendo a formação de um fuste reto para a produção de postes e mourões (KRUGNER; AUER, 2005). Muitas vezes, a infecção se inicia nos locais onde as gotas de água permanecem retidas no limbo foliar (BETTIOL, 2004).

Os oídios são fungos pertencentes à classe dos Ascomicetos, família *Eresiphales*, onde os cleitotécios (estruturas arredondadas que abrigam os ascósporos) são fundamentais para sua taxonomia. Como no Brasil estes ainda não foram encontrados em eucaliptos, a sua etiologia não está plenamente definida (BETTIOL, 2004).

Ferreira (1989) denominou o agente etiológico do oídio do eucalipto como *Oidium eucalypti*. Silva et al. (2001), através da análise morfológica da fase anamórfica,

verificaram que o isolado obtido de eucalipto é similar ao de roseira, descrito como *Sphaerotheca pannosa*, entretanto, essas informações não são suficientes para assegurar uma classificação segura.

Inoculações artificiais indicaram que isolados de oídio originário de eucalipto (*Oidium eucalypti*), roseira (*S. pannosa*) e de dalia (*Erysiphe cichoracearum* DC. ex. Mérat) foram patogênicos ao eucalipto (SILVA, 2001).

Mediante essa perspectiva, patógenos causadores de oídios são parasitas biotróficos obrigatórios de plantas. O relacionamento entre esses patógenos e as respectivas plantas hospedeiras caracteriza-se por ser altamente evoluído e complexo. Somente uma fina rede micelial cresce sobre a superfície foliar em forma de colônias, sendo que cada colônia forma numerosos haustórios que retiram nutrientes das células epidérmicas e mesofílicas, sem, no entanto, matá-las, garantindo a produção de conidióforos e conídios. Em caso de esporulação abundante, os nutrientes são drenados até mesmo de tecidos distantes não infectados (BUSHNELL; GAY, 1978).

Brown e Ferreira (2000) relataram sete espécies de *Oidium* em eucalipto pelo mundo. Quando a espécie do fungo não é identificada utiliza-se *Oidium* sp., quando várias espécies são identificadas, utiliza-se *Oidium* spp. Há autores que tem utilizado *Oidium eucalypti*, para designar oídio do eucalipto de uma forma geral, mesmo sem sua identificação específica.

Inoculações artificiais indicaram que isolados de oídio originário de eucalipto (*Oidium eucalypti*), roseira (*S. pannosa*) e de Dalia (*Erysiphe cichoracearum* DC. ex. Mérat) foram patogênicos ao eucalipto (SILVA, 2001).

Patógenos causadores de oídios são parasitas biotróficos obrigatórios de plantas. O relacionamento entre esses patógenos e suas respectivas plantas hospedeiras caracteriza-se por ser altamente evoluído e complexo. Somente uma fina rede micelial cresce sobre a superfície foliar em forma de colônias. Cada colônia forma numerosos haustórios que retiram nutrientes das células epidérmicas e mesofílicas, sem, no entanto, matá-las, garantindo a produção de conidióforos e conídios. Em caso de esporulação abundante, nutrientes são drenados até mesmo de tecidos distantes não infectados (BUSHNELL; GAY, 1978).

A disseminação desse fungo e sua severidade são altamente influenciadas pelos fatores radiação, temperatura, precipitação, evapotranspiração, condensação de água, umidade relativa e pelo vento (AUST; HOYNINGEN-HUENE, 1986). Segundo Furtado et al. (2001), o oídio dissemina-se pelo vento, respingo de chuvas e no contato

entre plantas infectadas, sendo sua incidência mais frequente na época de estiagem prolongada.

O oídio é uma doença em eucaliptos que se apresenta com frequência distribuída nas regiões Sul e Sudeste, de importância localizada e sazonal. No Paraná, tem-se verificado a sua ocorrência em árvores jovens e em mudas (em viveiros ao ar livre e em estufas), desde o fim do verão até a primavera, quando há predominância de temperaturas amenas e baixa umidade relativa do ar (AUER et al., 1999). O impacto do oídio pode ser minimizado pelo fornecimento de luminosidade solar adequada e pela circulação do ar ao redor das plantas na estufa ou viveiro e ao redor das casas (TATTAR, 1989).

MATERIAL E MÉTODOS

1 Local e época

O experimento foi desenvolvido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa – UFV em Viçosa, MG.

O município de Viçosa encontra-se nas coordenadas geográficas de -20° 45' 25,0" de latitude e -42° 51' 11,0" de longitude, com altitude de 658m. Segundo a classificação de Köpen, o clima é do tipo Cwb, mesotérmico, com verões chuvosos, invernos frios e secos. A precipitação média nos últimos 30 anos foi de 1.221 mm e há um excedente hídrico de novembro a abril; a precipitação fica abaixo da evapotranspiração potencial de abril até setembro, causando um déficit hídrico nesse período. Nos meses de setembro a novembro, a precipitação volta a ser maior que a evapotranspiração, circunstância que define uma estação seca e outra chuvosa na região (MARANGON, 1999).

Os experimentos foram realizados entre os meses de fevereiro e outubro de 2013.

2 Insumos

Neste trabalho, foram estudados 5 clones comerciais, todos híbridos de *Eucalyptus grandis* com *E. urophylla*. Os clones utilizados foram: I 144, I 224, GG 680, 3334, GG100.

As concentrações de macro e micronutrientes contidos na solução nutritiva básica utilizada para a fertirrigação no experimento estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1: Teores de macronutrientes contidos na solução nutritiva utilizada no minijardim clonal.

Nutrientes	N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S
Dose mg L ⁻¹	159,4	11,5	25,1	172,7	174,8	32,8	43,6

TABELA 2: Teores de micronutrientes contidos na solução nutritiva utilizada no minijardim clonal.

Nutrientes	B	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn
Dose mg L ⁻¹	0,48	2,40	0,03	0,36	0,02	0,10

A fonte de silício aplicada foi o ácido monossilícico, produzido a partir de silicato de potássio. O ácido monossilícico foi obtido pela passagem do silicato de potássio (na concentração de 4,5 mg L⁻¹) por uma coluna contendo resina trocadora de cátions (Amberlite IRA 410). Esta resina retém o potássio, deixando passar somente o ácido monossilícico na concentração de 20 mmol L⁻¹ (MA; TAKAHASHI, 2002), conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1: Colunas utilizadas na obtenção de ácido monossilícico.

A água utilizada no experimento foi proveniente da Estação de Tratamento de Água e Esgoto da cidade, e não recebeu nenhum outro tratamento complementar.

Foi utilizado 5 mL de MAP (Monoamônio-Fosfato) purificado na concentração 15g L⁻¹ em todas as mudas utilizadas no experimento, com a finalidade de estimular a brotação lateral destas plantas.

3 Estruturas

Durante a realização do experimento, foram usadas as seguintes estruturas:

a) Minijardim clonal com cobertura de plástico transparente: composto por quatro canaletões de cimento com leito de areia e fertirrigação por gotejamento;

b) Barracão de serviços gerais: no barracão foram preparadas as soluções nutritivas utilizadas na fertirrigação (solução estoque);

c) Casa de vegetação: com sistema de irrigação por microaspersores e umidade controlada;

d) Laboratório de tecnologia da madeira: onde foi realizada a secagem das amostras foliares em estufa e a trituração dessas amostras para análise em laboratório; e

e) Laboratório de tecnologia de fertilizantes – LAFER (Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG): onde foi realizada a análise do teor de silício contido nas folhas.

4 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. A distribuição dos tratamentos seguiu um esquema de parcelas subdivididas, conforme descrição a seguir:

- Parcelas: cinco doses de silício (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mmol L⁻¹);
- Subparcelas: cinco híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (I 144, I 224, GG 680, 3334, GG100).

A avaliação do experimento constou de:

a) Análise da produtividade: contagem do número de miniestacas produzidas por subparcela;

b) Análise do enraizamento: avaliação da porcentagem de enraizamento 25 dias após o estaqueamento na casa de vegetação;

c) Análise fitopatológica: avaliação da severidade do oídio em uma amostra de cinco minicepas por subparcela (0%; 20%, 50% e 100% de severidade), conforme descrito por Alfenas et al. (2004);

d) Análise da concentração de Silício: avaliação da concentração de silício nas miniestacas de eucalipto (folha e caule), conforme descrito por Korndörfer et al. (2004b); e

e) Avaliação da influência do clima nos demais fatores estudados: avaliação da produtividade e enraizamento nos períodos de maiores e menores temperaturas.

5 Metodologia

Inicialmente foi realizada uma pesquisa junto às empresas produtoras de mudas de eucalipto com o intuito de selecionar clones comerciais que fossem suscetíveis ao oídio. Com base nessa pesquisa, foram selecionados os seguintes clones: I 144, I 224, GG 680, 3334 e GG100, todos híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.

As mudas foram podadas, deixando-se apenas dois pares de folhas com vistas à perda de dominância apical e ao rebaixamento da cepa (Figura 2). Na semana que antecedeu o plantio, foi aplicado monoamônio-fosfato, a uma concentração de 1,5% (15 g L⁻¹), 5 mL por tubete.



Figura 2: Muda de eucalipto antes (A) e após a poda (B) visando a perda de dominância apical.

Após a poda, as mudas foram transferidas para o minijardim clonal, onde foram plantadas em um espaçamento de 10 x 10 cm. O minijardim, em alvenaria, era fechado lateralmente com Clarite®, com teto plástico fixo e piso cimentado. Cada um dos leitos

media 0,8 x 15,6 m, sendo que a cada 1,2 m de comprimento constituía-se uma parcela. Estas foram cuidadosamente isoladas por placas de fibra e lona plástica, visando evitar a contaminação pela solução nutritiva aplicada nas parcelas vizinhas. O leito foi construído com inclinação de 1%, 30 cm de profundidade, sendo 5 cm de brita (para melhor drenagem) e 25 cm de areia. O sistema de irrigação adotado foi o gotejamento, utilizando quatro fitas de irrigação com gotejadores espaçados a cada 30 cm, isto é, 16 gotejadores por parcela, e bomba hidráulica de 0,5 cv por tratamento (Figura 3).



Figura 3: Minicepas de eucalipto no minijardim clonal em um espaçamento de 10 x 10 cm.

No primeiro mês utilizou-se uma solução nutritiva básica (sem silício) em todos os tratamentos (Tabelas 1 e 2) com o objetivo de homogeneizar o estado fisiológico na formação da copa antes do início da aplicação dos tratamentos.

O manejo do minijardim consistiu em monitoramento de pragas e doenças, trocas das soluções nutritivas e aferição de condutividade elétrica (CE) do efluente de cada parcela, visando mantê-la entre 1,5 e 2,0 mS cm⁻¹. A partir do segundo mês, as doses de silício (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mmol L⁻¹) foram aplicadas juntamente com a solução nutritiva básica e mantidas até a conclusão do experimento.

Nos dois primeiros meses foram realizadas podas semanais das minicepas, com a finalidade de deixá-las com o formato de taça (formato típico de uma minicepa). Após este período, iniciou-se a avaliação do número de miniestacas e da sua porcentagem de enraizamento.

Para isso, a cada 15 dias, foram contadas todas as brotações com tamanho superior a 7 cm. Após a contagem, foram selecionadas amostras de 16 miniestacas por subparcela, que foram estaqueadas em tubetes de polipropileno (com volume de 54,0 cm³), dispostos em grades de 96 unidades e mantidos em casa de vegetação por 25 dias para enraizamento (Figura 4). Estas miniestacas possuíam comprimento aproximado de 7 a 10 cm, e dois pares de folhas mais o ápice. Foi realizada redução foliar somente nas folhas que eram muito grandes e que impediam que as miniestacas se mantivessem eretas. Após a coleta e antes do estaqueamento, as miniestacas foram acondicionadas em caixas de isopor com água fria para evitar que perdessem o turgor.

Conforme foi dito, as avaliações foram realizadas a cada 15 dias, contudo, as podas eram realizadas semanalmente. Nas semanas em que não havia contagem e estaqueamento das miniestacas, o material coletado foi descartado.



Figura 4: Casa de vegetação utilizada durante o enraizamento das miniestacas.

A casa de vegetação era automatizada, possuindo sistema de irrigação via nebulização e janela zenital para controle da umidade mínima superior a 80%, com temperatura inferior a 30°C. Tal estrutura também contava com bancadas de alvenaria e piso cimentado. Após vinte e cinco dias em casa de vegetação, foi avaliada a porcentagem de enraizamento.

As amostras de miniestacas foram estaqueadas seguindo a mesma casualização do minijardim clonal. Cada grade continha dezesseis miniestacas de cada clone, representando as cinco subparcelas por parcela. Este procedimento foi repetido por cinco vezes entre os meses de maio a julho de 2013, e mais duas vezes no mês de setembro de 2013.

Durante todo o período de avaliação da produtividade e enraizamento, foi realizado o controle do oídio no minijardim clonal por meio da aplicação de óleo de neem (marca: Agroneen Agrícola) e água. Quando esses mecanismos não foram satisfatórios, foi utilizado controle químico com defensivos com fungicida sistêmico do Grupo químico Triazol - Tebuconazole.

Durante o mês de agosto de 2013, após a conclusão da primeira etapa do experimento (avaliação da produtividade e enraizamento das miniestacas), iniciaram-se os trabalhos para avaliação da severidade do oídio. Como esse patógeno é um parasita obrigatório, o inóculo foi obtido de mudas contaminadas e mantido em tecido vivo dentro do minijardim clonal. O método de inoculação empregado foi modificado de Bettiol e Astiarraga (1998). As mudas do experimento foram intercaladas com as mudas infectadas de outras espécies de eucalipto (espécies mais suscetíveis, porém não comerciais) para serem inoculadas naturalmente.

Para permitir uma maior infestação não foi realizado nenhum tipo de controle do oídio durante um mês. Ao final desse período, realizou-se a avaliação da severidade da doença por meio da utilização de uma escala de notas conforme proposto por Alfenas et al. (2004). Para tanto, foi selecionada uma amostra de cinco minicepas por subparcela, onde foram avaliadas todas as folhas jovens emitidas.

No início e no fim do experimento (meses de maio e outubro), realizou-se a avaliação da concentração de Si nas miniestacas (folhas e caules), de acordo metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004b). A análise estatística das variáveis: teor de silício acumulado nas miniestacas, severidade de oídio, produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas, incluiu a análise de variância (Teste F a 0.05 de significância), análise de regressão polinomial e Teste de Tukey, a 0,05 de significância com o programa SISVAR (FERREIRA, 2008) após os dados terem sido submetidos à análise de normalidade (Shapiro-Wilk a 0.05 de significância) e homogeneidade (Teste de Levene a 0.05 de significância) no programa SPSS (SPSS, 2008).

RESULTADOS

1 Teor de Si nas miniestacas

Todos os clones responderam de forma similar ao aumento das doses de Si na solução nutritiva, isto é, não foi observada interação entre os fatores estudados (Tabela 3). Observou-se um aumento dos teores de Si nas miniestacas na medida em que se aumentaram as doses desse nutriente na solução nutritiva usada na fertirrigação do minijardim clonal até a concentração de $1,22 \text{ mmol L}^{-1}$ ($0,14 \text{ dag kg}^{-1}$). A partir deste valor, o aumento da concentração de Si provocou uma redução no silício absorvido pelas miniestacas de eucalipto (Figura 5).

TABELA 03: Quadro de análise de variância da concentração de Si nas miniestacas de clones de eucalipto, em função do aumento das doses de Si.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,00818	0,00273	2,004	0,1672
Silício	4	0,02642	0,0066	4,851	0,0147
Erro 1	12	0,01634	0,00136		
Clone	4	0,00165	0,00041	0,623	0,6479
Silício * Clone	16	0,01676	0,00105	1,586	0,1008
Erro 2	60	0,03963	0,00066		
Total	99	0,10898			
CV _{Si} = 29,10 (%)			CV _{Clone} = 20,27		
Média Geral: $0,13 \text{ dag kg}^{-1}$			Número de observações: 100		

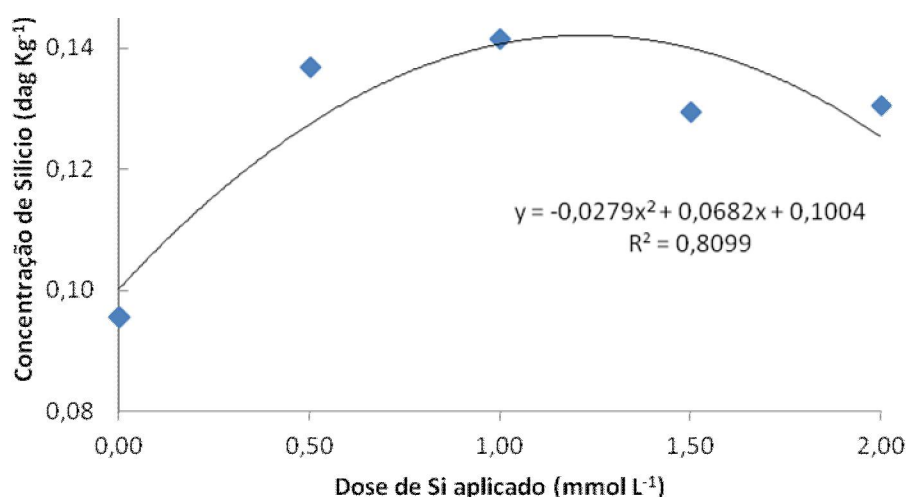


Figura 5: Concentração de Si em miniestacas de eucalipto em função do aumento das doses deste nutriente na solução nutritiva.

Apesar de ter havido incremento nos teores de Si nas miniestacas com o aumento dos teores do mesmo, aplicados na solução nutritiva, observa-se que essas porcentagens ainda são baixas (menores que 0,5 dag kg⁻¹) quando comparadas com valores obtidos em gramíneas.

As miniestacas analisadas são provenientes de brotações que eram podadas semanalmente (retirava-se todas as brotações com tamanho superior a 7 cm), ou seja, tal material vegetal possui idade que varia entre 7 e 15 dias. Sendo assim, acredita-se que as amostras analisadas acumularam quantidades reduzidas de silício por não terem ficado tempo suficiente em contato com a solução nutritiva que continha o nutriente.

Conforme mencionado anteriormente, as plantas podem ser classificadas como acumuladoras de silício (aquelas que possuem teor foliar acima de 1 dag kg⁻¹) e não acumuladoras de silício (plantas com teor de silício menor que 0,5 dag kg⁻¹) (Ma et al., 2001). Sendo assim, se considerando-se os valores obtidos neste estudo, os materiais genéticos estudados podem ser classificados como plantas não acumuladoras de Si.

Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2003) no seu trabalho sobre absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em Latossolo e Cambissolo, evidenciando que o eucalipto não é uma planta acumuladora de Si, embora seja responsiva ao mesmo.

Duarte e Coelho (2011) relataram uma absorção foliar de silício em mudas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* que variou de 0,56 dag kg⁻¹ à 1,39 dag kg⁻¹ para

doses de 28 mg L⁻¹ e 100 mg L⁻¹, respectivamente. Baseados nestes valores, os autores classificaram as plantas estudadas como intermediárias na acumulação de silício. Todavia, apesar de terem observado um acúmulo relevante de Si, as doses aplicadas na solução nutritiva não interferiram nas variáveis altura e diâmetro das plantas.

2 Produtividade de miniestacas

A produtividade média mensal de miniestacas em todo o período estudado (entre os meses de maio a setembro) foi de 10,4 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹. No período de menores temperaturas (meses de maio a julho), a produtividade média mensal foi de 9,57 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹, e nos meses mais quentes (setembro e outubro), foi de 15,2 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹.

Nas duas épocas estudadas não houve interação entre os fatores de parcela (silício) e subparcela (clone) e o silício não influenciou a produtividade de miniestacas. Foram encontradas diferenças somente entre os clones estudados, conforme quadros de análise de variância apresentados nas Tabelas 4 e 5.

TABELA 4: Quadro de análise de variância da produtividade de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de maio a julho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	5,0181	1,6727	0,539	0,6645
Silício	4	18,0773	4,51931	1,457	0,2755
Erro 1	12	37,2332	3,10276		
Clone	4	55,5238	13,8809	7,904	0,0000
Silício * Clone	16	20,3103	1,26939	0,723	0,7601
Erro 2	60	105,375	1,74625		
Total	99	241,538			
CV _{Si} = 18,42 (%)			CV _{Clone} = 13,86 (%)		
Média Geral: 9,6 miniestacas minicepa ⁻¹ mês ⁻¹			Número de observações: 100		

TABELA 5: Quadro de análise de variância da produtividade de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de setembro e outubro.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	861,317	287,106	17,67	0,0001
Silício	4	19,915	4,97875	0,306	0,8682
Erro 1	12	194,98	16,2483		
Clone	4	609,365	152,341	11,83	0,0000
Silício * Clone	16	323,935	20,2459	1,572	0,1051
Erro 2	60	772,625	12,8771		
Total	99				
CV _{Si} = 26,47%				CV _{Clone} =23,57 %	
Média Geral: 15,2 miniestacas minicepa ⁻¹ mês ⁻¹				Número de observações: 100	

Para os dois períodos estudados os clones I 144, GG100 e GG680 apresentaram as maiores produtividades de miniestacas/minicepa/mês. Nos meses de temperaturas mais baixas (maio a julho) tais clones apresentaram produtividades mensais de 10,3; 10,2 e 9,9 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹, respectivamente. Para os meses de setembro e outubro (meses em que as temperaturas foram mais altas) estes mesmos clones apresentaram produtividades de 16,6; 17,9 e 17,1 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹. Os clones 3334 e I224 apresentaram produtividades de 8,6 e 8,8 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹ para os meses de frio e 12,5 e 12,0 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹ para os meses mais quentes (Figura 6).

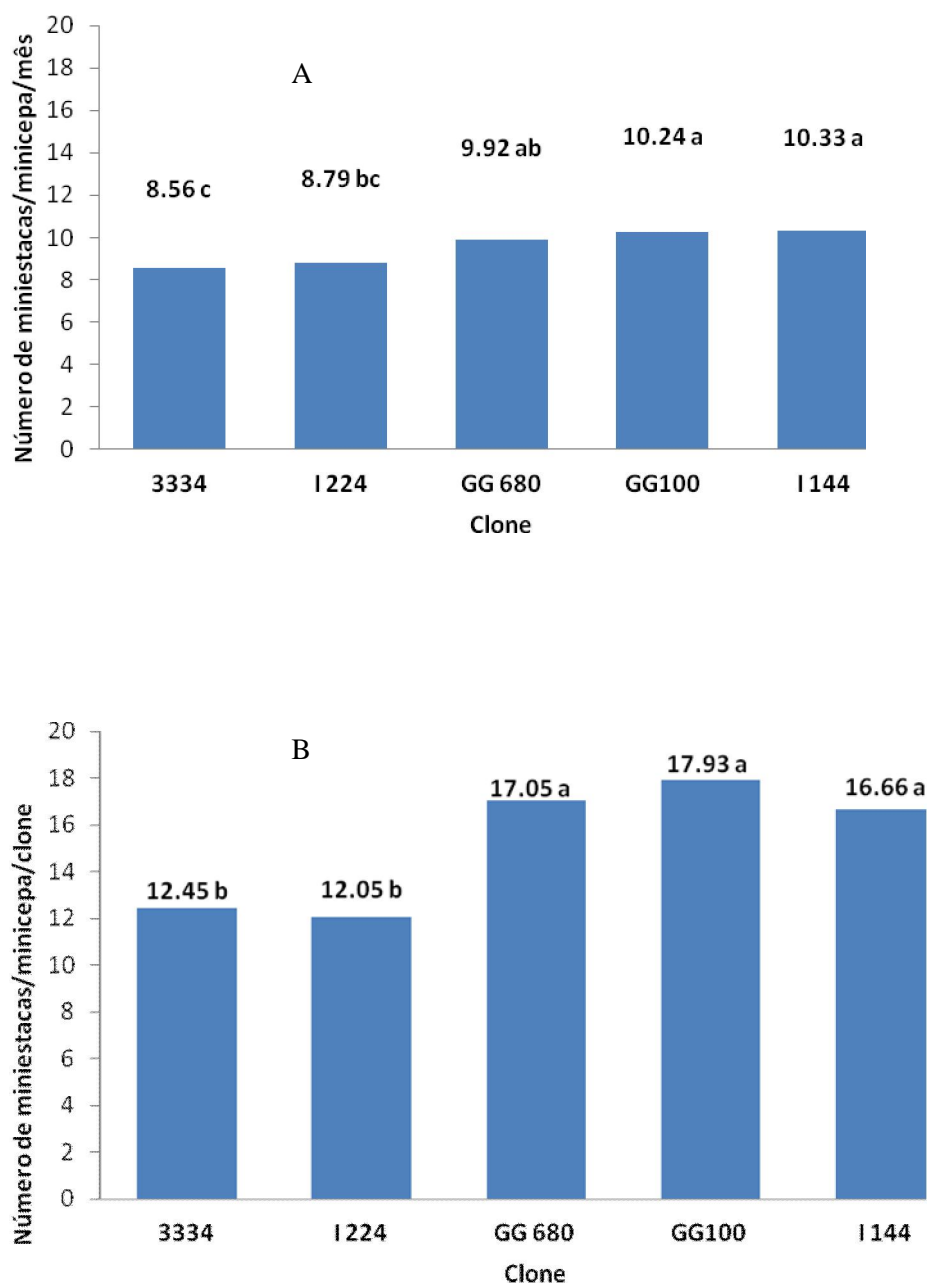


Figura 6: A: Número de miniestacas por minicepa por mês para cada clone nos meses de maio a julho (DMS = 1,18 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹; CV = 13,86%) e B: Número de miniestacas por minicepa por mês para cada clone nos meses de setembro e outubro (DMS = 3,19 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹; CV = 23,57%).

Observou-se que as produtividades de miniestacas por minicepa encontradas no presente estudo foram superiores à maior parte dos trabalhos encontrados na literatura sobre o assunto. Brondani (2008), em trabalho sobre mieniestaquia e micropropagação de *Eucalyptus benthamii*, verificou que durante as estações do ano da primavera e do verão, os clones avaliados apresentam número mínimo de 7,5 brotos minicepa⁻¹ e

máximo de 14,15 brotos minicepa⁻¹, ao passo que nas estações de outono e inverno, esse número foi de 5,45 brotos/minicepa e 13,18 brotos minicepa⁻¹, mínimo e máximo, respectivamente.

Cunha et al. (2008) e Cunha et al. (2009), relataram produtividades médias mensais por minicepa em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, que variaram de 7,9 a 11,8 e 9,6 a 13,2 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹, respectivamente. Alfenas et al. (2004) relataram informações de produtividade do operacional de algumas empresas florestais brasileiras referentes a 2003 que, se convertidas para produtividade mensal das minicepas, tem-se: 12,4 (Cenibra S.A.); 10,0 (Aracruz Celulose S.A. e VCP Florestal S.A.); 9,0 (CAF Florestal S.A.) e 8,1 (Suzano Bahia Sul S.A.), obtendo-se média geral de 9,9 miniestacas minicepa⁻¹ mês⁻¹.

Wendling et al. (2003) descrevem que as médias de produção de miniestacas/minicepa para sistema de minijardim clonal em leito de areia são de 5,6 miniestacas/minicepa para coletas, a cada 5-10 dias. Já Cunha et al. (2005), trabalhando com *Eucalyptus benthamii*, observaram que a produção mensal de miniestacas/minicepa foi de 8,1.

3 Enraizamento

O enraizamento médio de miniestacas em todo o período estudado (entre os meses de maio a setembro) foi de 48%. Foi observado um aumento significativo no enraizamento com o aumento das temperaturas. Entre os meses de maio a julho, o enraizamento médio foi de 43%, enquanto que nos meses mais quentes (setembro e outubro), foi de 75%, o que demonstra que essa característica é muito sensível às oscilações de temperatura.

Para os dois períodos estudados, não houve interação entre os fatores de parcela e subparcela (silício e clone); também o silício não influenciou no enraizamento das miniestacas. Foram encontradas diferenças somente entre os clones estudados, conforme quadros de análise de variância apresentados nas Tabelas 6 e 7.

TABELA 6: Quadro de análise de variância do enraizamento de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de maio a julho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	4409,42	1469,81	6,149	0,0089
Silício	4	189,652	47,413	0,198	0,9344
Erro 1	12	2868,16	239,013		
Clone	4	26574,5	6643,625	84,707	0,0000
Silício * Clone	16	892,21	55,7631	0,711	0,7719
Erro 2	60	4705,82	78,4304		
Total	99	39639,7			
CV _{Si} = 36,32%			CV _{Clone} = 20,81%		
Média Geral: 42,6%			Número de observações: 100		

TABELA 7: Quadro de análise de variância do enraizamento de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone entre os meses de setembro e outubro.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	641,796875	13,9323	0,699	0,5705
Silício	4	346,09375	86,5234	0,283	0,8836
Erro 1	12	3672,65625	6,05469		
Clone	4	22346,09375	586,523	34,628	0,0000
Silício * Clone	16	2177,34375	136,084	0,844	0,6331
Erro 2	60	9679,6875	161,328		
Total	99	38863,67188			
CV _{Si} = 23,27%			CV _{Clone} = 16,89%		
Média Geral: 75,2%			Número de observações: 100		

Conforme descrito anteriormente, apesar de ter sido observado incremento no teor de Si das miniestacas de eucalipto com o aumento das doses deste nutriente na solução nutritiva, pode-se classificar os clones estudados como não acumuladores de silício (teor de silício menor que 0,5 dag kg⁻¹). Desse modo, acredita-se que esse

incremento não tenha sido o suficiente para proporcionar diferenças no enraizamento das miniestacas.

O clone GG100 apresentou o maior percentual de enraizamento no período de frio (66%). Por ter apresentado uma variação pequena nesse percentual, com a elevação da temperatura nos meses de setembro e outubro, o seu enraizamento foi inferior aos demais (73%) (Figura 7). Os clones que apresentaram maior sensibilidade às variações de temperatura foram o 3334, seguido pelo clone GG680, com uma variação da porcentagem de enraizamento de 57% e 50%, respectivamente. No período quente, o clone I 144 apresentou o maior percentual de enraizamento (87%).

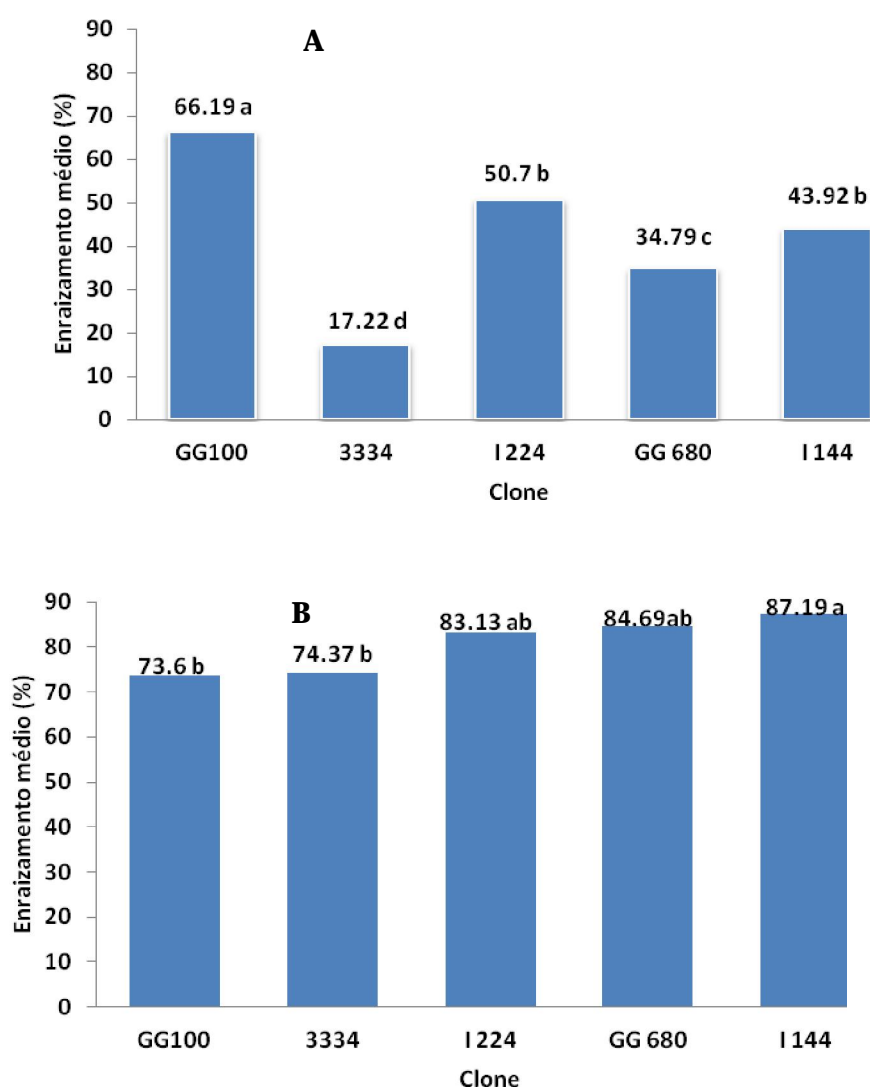


Figura 7: A: Porcentagem de enraizamento de miniestacas de clones de eucalipto, submetidos a 5 doses de silício, 25 dias após o estaqueamento nos meses de maio a julho (CV=20,81; DMS=7,87) B: Porcentagem de enraizamento de miniestacas de clones de eucalipto, submetidos à 5 doses de silício, 25 dias após o estaqueamento nos meses de setembro e outubro (CV=16,89; DMS = 11,30%).

Souza (2012), trabalhando com clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e miniestacas de 10 cm sem redução foliar, obteve resultados que flutuaram entre 70,3 e 93,8% de enraizamento. Já Cunha et al. (2009), utilizando clones com mesma hibridação, descreveram valores de enraizamento de 71,9 a 86,5%.

4 Severidade de oídio

Avaliando os resultados da Tabela 8, observa-se que não há interação entre as doses de silício aplicadas e o material genético estudado. Para todas as doses de silício, observaram-se valores de severidade de oídio semelhantes, isto é, pode-se concluir que a absorção desse nutriente não foi eficiente para controlar o oídio em minijardim clonal de eucalipto.

Nota-se que a severidade do oídio está diretamente relacionada com o material genético utilizado (Figura 8). Os clones 224 e 3334 foram os que apresentaram maiores percentuais de área foliar infectada por oídio (55,15% e 49,5%, respectivamente), enquanto que os clones GG680 e GG100, os menores (5,2% e 11,4%).

TABELA 8: Quadro de análise de variância da severidade de oídio em miniestacas de eucalipto em função das doses de silício e clone.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	4175,63	1391,88	4,564	0,0235
Silício	4	1488,56	372,14	1,22	0,3529
Erro 1	12	3659,92	304,993		
Clone	4	40271,36	10067,8	31,029	0,0000
Silício * Clone	16	3140,54	196,284	0,605	0,8675
Erro 2	60	19467,7	324,462		
Total	99				
CV _{Si} = 55,04%			CV _{Clone} = 56,77%		
Média Geral: 31,73%			Número de observações: 100		

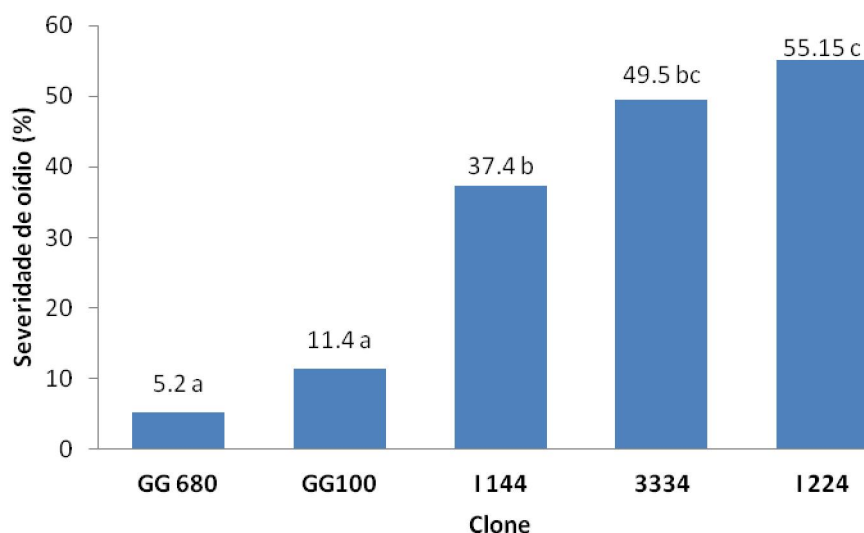


Figura 8: Severidade de oídio em clones de eucalipto (CV=56,77; DMS = 16,03%).

Rosa (2010), estudando o silício na resistência ao oídio em jardim clonal de eucalipto, concluiu que a incidência da doença no período de temperaturas mais amenas não foi influenciada pelas aplicações de Si. Apenas quando houve um aumento da temperatura, é que foi possível observar a influência das doses do nutriente na velocidade do desaparecimento do oídio, sendo este mais rápido quando as mudas foram adubadas com doses maiores de silício.

Para outras culturas, encontram-se na literatura resultados bem diferentes, como os obtidos por Pereira (2007), que observou redução de 44 % na severidade da ferrugem, quando foi pulverizado 35 g L⁻¹ de silicato de potássio em pH de 5,5. O autor relata que o silicato de potássio neste pH se mostrou tão eficiente quanto o padrão de indução de resistência comercial Acibenzolar-S-Metil em reduzir a severidade da ferrugem asiática da soja.

Menzies et al. (1992) relataram que a aplicação de silicato de potássio em solução nutritiva, bem como em pulverizações foliares, aumentou significativamente o período latente de *Podosphaera xanthii* em folhas de abóbora, além de reduzir o número de colônias desse fungo. Menzies et al. (1991) também verificaram que pulverizações foliares de silicato de potássio foram eficientes em reduzir a severidade do oídio em pepino.

CONCLUSÕES

Há um aumento dos teores de Si nas miniestacas com o aumento das doses deste nutriente na solução nutritiva até a concentração de $1,22 \text{ mmol L}^{-1}$ ($0,14 \text{ dag kg}^{-1}$ de Si na miniestaca).

A aplicação de o silício não afeta, a produtividade e o enraizamento de miniestacas.

A severidade de do oídio não é influenciada pelo aumento da concentração de Si na solução nutritiva.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 4. ed. New York: Academic Press, 1997. 635p.
- ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acesso em: 21 de junho de 2013.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F.; **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa-MG: UFV. 2004. 500 p.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A. DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SANTOS, A. F. Oídio em eucaliptos no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 32. 1999, Curitiba. **Anais...** Fitopatologia Brasileira, v. 24, 1999. p. 117.
- AUST, H. J.; HOYNINGEN-HUENE, J. V. Microclimate in relation to epidemics of powdery mildew. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 491-510, 1986.
- BALASTRA, M. L. F. C.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLREAL, P. Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hull. **Canadian Journal of Botany**, v. 67, n.8, p. 2356-2363, 1989.
- 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**, St. Paul, v.7, p. 329-336. 1995.
- BETTIOL, W. **Leite de vaca cru para o controle de Oídio**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio ambiente. 2004. (Comunicado técnico 14).
- BETTIOL, W.; ASTIARRAGA, B. D. Controle de *Sphaerotheca fuliginea* em abobrinha com resíduo da fermentação glutâmica do melaço e produto lácteo fermentado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.23, p. 431-435. 1998.
- BIZI, R. M.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; AUER, C. G.. Seleção de fungicidas para controle de oídio em eucalipto. **Boletim de pesquisa florestal**, Colombo, n.51, p. 165-170, 2005. Nota técnica.
- BOWEN, P.; MENZIES, J.; EHRET, D.; SAMUELS, L.; GLASS, A. D. M. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Agassiz, v. 117, n.6, p.906-912. 1992.

BRONDANI, G. E. **Miniestaquia e micropropagação e *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunni* Maiden**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BROWN, B. N.; FERREIRA, F. A. Diseases during propagation of eucalypts. In: KEANE, P. J.; KILE, G. A.; PODGER, F. D.; BROWN, B. N. (Eds). **Diseases and pathogens of Eucalypts**. Collingwood: CSIRO Publish. 2000. p. 119-151.

BUSHNELL, W. R.; GAY, J. Accumulation of solutes in relation to the structure and function of haustoria in powdery mildews. In: SPENCER, D. M. (ed.). **The Powdery Mildews**. New York: Academic Press, 1978. p. 183-235.

CAMARGO, M. S. de. Silício em cana-de-açúcar. **Apta Regional: Pesquisa e Tecnologia**. v. 8, n. 2, 2011.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2003. 279 p.

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

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; RESENDE, A. V. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em latossolo e cambissolo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.3, pp. 491-500. 2003.

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubetes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.3, p.307-310, 2005.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Florestais**, Piracicaba, v.36, n.79, p.203-213, set. 2008.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.591-599, 2009.

DATNOFF, L. E.; RODRIGUES, F. A.; SEEBOLD, K. W. Silicon and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Org). **Mineral nutrition and plant disease**. St Paul: The American Phytopathological Society Press, 2007. p. 233-246.

DUARTE, I. N.; COELHO, L. Uso do silício no cultivo de mudas de eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**, Goiania, v.7, n.12, 2011.

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

FARIA, R. J. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo.** 2000. 47 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, 2000.

FARIAS JÚNIOR, L. A. Carvalho, J. G.; Pinho, P. J.; Bastos, A. R. R.; Ferreira, E. V. O. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1034-1040, 2009.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal:** principais doenças florestais no Brasil. Viçosa-MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570 p.

FONSECA, D. P.; SANTOS, G. R.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. de; PEREIRA, A. C. Efeito do silício no controle das principais doenças no arroz irrigado no estado do Tocantins, CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003, **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, p.30, 2003.

FURTADO, E. L. SANTOS, C. A. G.; TAKAHASHI, S. S.; CAMARGO, F. R. A.. Doenças em viveiro de *Eucalyptus* sp.: diagnóstico e manejo. **Boletim técnico Votorantim Celulose e Papel**, Unidade Florestal, Botucatu, 23 p. 2001.

GRIGOLETTI JUNIOR, A.; BIZI, R. M.; AUER, C. G. ***Oidium* sp. em mudas de eucalipto.** Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2005 (Comunicado técnico, 144).

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus* princípios básicos e sua evolução no Brasil.** São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000, 11 p. (Circular Técnica, 192).

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica IPEF**, n. 194, São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2002, 21 p.

HOPPE, J. M.; BRUN, E. J. **Produção de sementes e mudas florestais.** Santa Maria: Editora UFSM, 2004, 125 p. (Caderno Didático).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura.** Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2002, 23 p. (Boletim Técnico 1).

KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L. A. **Silício no solo e na planta.** Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU. 2004a, 24 p. (Boletim Técnico 3).

KÖRNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de Si:** solo, planta e fertilizante. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004b, 34 p. (Boletim Técnico 1).

KORNDÖRFER, G. H.. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 355-374.

KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos eucaliptos. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.) **Manual de fitopatologia** – Doenças das plantas cultivadas, 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, 2005. p. 319-332.

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: DATNOFF, L. E., KORNDÖRFER, G. H., SNYDER, G. **Silicon in Agriculture**. New York: Elsevier science, 2001, p.17-39.

MA, J.F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer and plant silicon research in Japan**. Amsterdam: Elsevier Science Academic Press, 2002, 281p.

MARANGON, L. C. **Florística e fitossociologia de área de floresta estacional semidecidual visando dinâmica de espécies florestais arbóreas no município de Viçosa-MG**. 1999. 139 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

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

MENZIES, J.G. MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; GLASS, A. D. M.; HELMER, T.; KOCH, C.; SEYWERD, F. Effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fugilinea* on *Cucumis sativus*. **Phytopathology**, St. Paul, v.81, p.84-88, 1991.

MENZIES, J.; BOWEN, P.; EHRET, D.; GLASS, A. D. M. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v.117. p.902-905, 1992.

MYAKE, 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.

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; ARRUDA, D.G. Eficiência de silicato de cálcio e calcário no controle de cercospora sojina na cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., 2004, Uberlândia. **Resumos expandidos...** Uberlândia: Grupo de Pesquisa Silício na Agricultura, 2004 (CD ROM).

OLIVEIRA, M. L. **Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus* spp.** 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

PEREIRA, S. C. **Silício como potencializador da atividade de enzimas de defesa à ferrugem em plantas de café e soja**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, 2008.

RODRIGUES, F.A. **Fertilização silicatada na severidade da queima das bainhas (*Rhizoctonia solani* Kühn) do arroz**. 2000. 100 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2000.

ROSA, J. A. **Silício na resistência ao oídio em jardim clonal e na transpiração de mudas de eucalipto**. Botucatu, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de ciências agronômicas UNESP, Botucatu, 2010.

ROSS, L.; NABABSING, P.; CHEONG, Y.W.Y. 1974. Residual effect calcium silicate applied to sugarcane soils. In: INTERN. CONG. SOC. SUGAR CANE TECHNOLO. 15, 1974, Durban, **Anais...** v.2, p.539-542, 1974.

SANTOS G. A. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestquia**. 2002. 75 f. Monografia (graduação em Engenharia Florestal) Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SANTOS, G. R., CASTRO NETO, M. D., RAMOS, L. N., SARMENTO, R. A., KORNDÖRFER, G. H., IGNÁCIO, M. Effect of silicon sources on rice diseases and yield in the State of Tocantins, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá vol.33 n.3. 2011.

SILVA, M. D. D.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; ZAUZA, E. A. V. Etiologia do oídio do eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 201-205. 2001.

SILVA, J. C.; A madeira do futuro. **Revista da madeira**, edição especial. Curitiba, p. 04. 2001.

SILVA, J. N.; SILVA, J. L. S.; SOUZA, L. C. SIQUEIRA, J. A.; NEVES, M. G.; OLIVEIRA, L. M.; COELHO, C. C. R.; CONCEIÇÃO, A. G. C; OLIVEIRA NETO, C. F. Conteúdo Relativo de Água, Transpiração e Condutância Estomática em Folhas de Sorgo Submetidas ao Estresse Hídrico e a Diferentes Concentrações de Silício. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia. Agosto de 2012. Disponível em: <http://www.abms.org.br/29cn_milho/02555.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2013.

SOUZA, C. C.; **Padrões de miniestacas e densidade de minicepas na propagação clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2012. 57 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.

SPSS. SPSS. v.17.0.0. SPSS. Chicago, Illinois, 2008. 1 CD-ROM.

STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 484 p.

TATTAR, T. A. **Diseases of Shade Trees**. San Diego: Academic Press, 1989, 391p.

WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia**, 1999, 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1999.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; TITON, M. Miniestaquia na silvicultura clonal de *Eucalyptus*. **Folha Florestal**, Viçosa-MG, n. 1, p. 16-17, 1999.

WENDLING, I. **Rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia seriada e micropropagação**. 2002, 105f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2002.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, 2003, p. 611-618.

XAVIER, A. **Silvicultura Clonal I**: princípios e técnicas de propagação vegetativa. Viçosa: Editora UFV, 2002. 64p. (Caderno Didático, 92).

XAVIER A., WENDLING I. SILVA. R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa-MG: Ed. UFV, 2009, 272 p.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. da. Evolução da silvicultura clonal de eucalyptus no Brasil. **Agronomía Costarricense**, San José. vol. 34, p. 93-98. 2010.

ZANÃO JÚNIOR, L. A. FONTES, R. L. F. ÁVILA, V. T. de. Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.203-206, fev. 2009.

ANEXO A

Porcentagem média de enraizamento (%) de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício (mmol L⁻¹) e clone após permanecer 25 dias em casa de vegetação no período de temperaturas mais baixas.

Dose mmol L⁻¹	Clone					
	GG100	I 144	I 224	GG680	3334	Total
0,0	71,25	44,69	59,58	33,36	17,11	45,2
0,5	69,17	42,81	50,26	32,5	13,44	41,64
1,0	62,97	41,41	48,65	35,32	24,22	42,51
1,5	61,64	45,31	48,44	37,19	14,15	41,34
2,0	65,9	45,4	46,51	35,57	17,17	42,11
Total	66,19 a	43,92 b	50,7 b	34,79 c	17,22 d	
CV Si = 36,32% CV Clone = 20,81% DMS Clone = 7,88						

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey a 0,05 de significância.

ANEXO B

Porcentagem média de enraizamento (%) de miniestacas de eucalipto em função das doses de silício (mmol L^{-1}) e clone, após permanecer 25 dias em casa de vegetação no período de temperaturas mais altas.

Dose mmol L^{-1}	Clone					
	GG100	I144	224	GG680	3334	Total
0,0	73,91	84,38	79,69	92,18	71,88	80,41
0,5	72,88	87,5	84,38	89,06	73,44	81,45
1,0	73,56	90,63	82,81	85,93	71,88	80,96
1,5	74,1	82,81	84,38	75,00	81,25	79,51
2,0	73,55	90,63	84,37	81,25	73,44	80,65
Total	73,6 b	87,19 a	83,12 ab	84,69 ab	74,37 b	
CV Si = 23,27% CV Clone = 16,89% DMS Clone = 11,30%						

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey à 0,05 de significância.

ANEXO C

Produtividade de minicepas de eucalipto (número de miniestacas/minicepa/mês) em função das doses de silício (mmol L^{-1}) e clone no período de temperaturas mais baixas.

Dose mmol L^{-1}	Clone					
	GG100	I 144	224	GG680	3334	Total
0,0	10,54	10,82	9,85	10,81	9,18	10,25
0,5	10,38	9,20	8,63	10,34	9,51	9,61
1,0	10,44	10,83	8,88	10,19	8,36	9,74
1,5	9,55	10,38	8,40	8,61	8,29	9,05
2,0	10,28	10,40	8,19	9,63	7,44	9,19
Total	10,24 a	10,33 a	8,79 bc	9,92 ab	8,56 c	
CV Si	=18,42	%		CV Clone	=	13,86%
DMS Clone = 1,18 miniestacas minicepa ⁻¹ mês ⁻¹						

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey à 0,05 de significância.

ANEXO D

Produtividade de minicepas de eucalipto (número de miniestacas/minicepa/mês) em função das doses de silício (mmol L^{-1}) e clone no período de temperaturas mais altas.

Dose mmol L⁻¹	Clone					
	GG100	I 144	224	GG680	3334	Total
0,0	14,37	14,81	13,44	18,12	13,18	14,79
0,5	22,93	15,00	13,50	16,81	11,94	16,04
1,0	19,19	16,31	10,56	16,81	11,94	15,36
1,5	17,19	16,75	13,00	15,68	12,19	14,96
2,0	15,94	20,44	9,75	15,81	13,00	14,99
Total	17,93a	16,66a	12,05b	17,05a	12,45b	
CV Si = 26,47 % CV Clone = 23,57%						
DMS Clone = 3,19 miniestacas minicepa ⁻¹ mês ⁻¹						

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey à 0,05 de significância.

ANEXO E

Severidade de oídio em minicepas de eucalipto (%) em função das doses de silício (mmol L⁻¹) e clone.

Dose mmol L⁻¹	Clone					
	GG100	I 144	224	GG680	3334	Total
0,0	22,50	33,50	52,25	8,25	50,00	33,30
0,5	0,00	35,50	61,75	1,25	39,25	27,55
1,0	8,50	27,00	46,25	5,75	46,00	26,70
1,5	17,00	53,00	53,75	2,25	51,00	35,50
2,0	8,00	38,00	61,75	8,50	61,25	35,60
Total	11,40a	37,40b	55,15c	5,20a	49,50bc	

CV Si = 55,04% CV Clone = 56,77% DMS Clone = 16,03%

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste Tukey à 0,05 de significância.