

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE SUBDOSES DOS HERBICIDAS
CLOMAZONE E SULFENTRAZONE EM CLONES DE *E.*
grandis x *E. urophylla***

Ernesto Norio Takahashi
Engenheiro Florestal

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE SUBDOSES DOS HERBICIDAS
CLOMAZONE E SULFENTRAZONE EM CLONES DE *E.*
grandis x *E. urophylla***

Ernesto Norio Takahashi

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

Co-Orientador: Prof. Dr. Ken McNabb

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Dezembro de 2007

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ERNESTO NORIO TAKAHASHI, nascido em 08 de março de 1974, na cidade de São Miguel Arcanjo-SP, é Engenheiro Florestal e Licenciado em Ciências Agrárias pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, Câmpus Piracicaba. Foi estagiário entre 1998 e 1999 na Auburn University Southern Forestry Nursery Management Cooperative (Alabama/USA). Desde 2000 é Pesquisador Florestal do setor de Silvicultura e Manejo na Votorantim Celulose e Papel Unidade Florestal, e atualmente atua na Unidade de Três Lagoas - MS. Finalizou sua especialização em MBA - Planejamento e Gestão Ambiental (Pós-graduação *Lato Sensu*) pela Universidade Cândido Mendes (RJ) em 2006. Iniciou o Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) de Jaboticabal-SP em agosto de 2005.

Ao meu pai, Shizuo Takahashi, e à minha mãe, Lomy Yamazoe Takahashi, filhos da imigração japonesa ao Brasil, na ocasião um destino incerto. Com muita coragem, determinação, dignidade, honestidade e perseverança venceram a sua luta, e nos encaminharam para a vida.

OFEREÇO

À minha amada esposa Suzana e à filha, Acacia, meus portos seguros e razão de minha luta, que suportaram os momentos de minha ausência e incentivaram para a realização de mais uma etapa da vida. Ao meu querido irmão Seiji, pelos conselhos e palavras de apoio durante toda a vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a vida... que me ofereceu a oportunidade de respirar, trabalhar, estudar, amar, ser feliz e também sofrer dissabores, angústias, tristezas... enfim a viver!

Ao meu amigo, conselheiro e orientador Prof. Pedro Luis, sempre disposto a colaborar e contribuir com a ciência, pela sua capacidade de expor de forma simples a complexidade da ciência, agradeço pelo apoio, pela paciência e pelas palavras de incentivo.

A FCAV/ UNESP pela oportunidade de desenvolver a minha capacitação técnica.

A Votorantim Celulose e Papel, o meu profundo agradecimento por me liberar nas horas preciosas de trabalho na empresa.

Aos Prof. Rinaldo e Prof^a. Maria do Carmo pelas sugestões dadas no exame de qualificação.

Aos Prof. Carlos Martinez, Corá, Coutinho, Pitelli e Plínio pelos ensinamentos nas disciplinas que freqüentei, meu muito obrigado.

Aos meus amigos da VCP Florestal: Eng^{os} José Maria, Walter, Cláudio, Celina, Cesar, Eduardo, Ailton, que me incentivaram e me apoiaram nos momentos difíceis.

Agradecimento aos meus colegas acadêmicos Mariluce, Michelle, Tomás (Jabolo) pela troca de idéias e informações durante o período acadêmico.

Aos funcionários do Departamento de Biologia Aplicada, Chico (*in memorian*) e Martins, meu agradecimento.

A empresa Herbae, nas pessoas do Tiago e Marcos, o meu agradecimento pela colaboração na montagem e mensuração dos experimentos.

Ao estagiário Bruno, vulgo Trombadinha, sempre curioso para a aprendizagem.

Enfim, meu profundo agradecimento à sociedade brasileira, financiadora dos meus estudos, para a qual terei eterna dívida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
SUMMARY	x
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Consequência da deriva de herbicidas sobre o eucalipto	3
.....	
2.2. Relação material genético versus herbicidas.....	4
III. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1. Local	7
3.2. Ensaio 01 - Determinação das doses críticas dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	7
3.3. Ensaio 02 - Efeito das aplicação de subdoses dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	9
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. Ensaio 01 - Determinação das doses críticas dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	11

4.1.1. Determinação da dose crítica do herbicida clomazone em clones de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	11
4.1.2. Determinação da dose crítica do herbicida sulfentrazone em clones de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	16
4.2. Ensaio 02 - Efeito das aplicação de subdoses dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	22
4.2.1. Efeito do clomazone em clones de eucalipto	22
4.2.2. Efeito do sulfentrazone em clones de eucalipto.....	28
V. CONCLUSÕES	36
VI. REFERÊNCIAS	37

DOSES CRÍTICAS DOS HERBICIDAS CLOMAZONE E SULFENTRAZONE EM CLONES DE *E. grandis* x *E. urophylla*

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de deriva dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em dois clones comerciais de *E. grandis* x *E. urophylla* da Votorantim Celulose e Papel, Unidade Florestal. A pesquisa foi realizada em duas etapas. O Ensaio 1 foi o exploratório, para determinação da dose crítica dos herbicidas clomazone e sulfentrazone e, o Ensaio 2, o efeito das aplicações de subdoses destes herbicidas em plantas de eucalipto, determinadas previamente no Ensaio 1. A metodologia de plantio e condução do experimento foram semelhantes para os dois ensaios, sendo as mudas previamente selecionadas de dois clones (VCP1 e VCP2) e plantadas em vasos com capacidade para 5,0 L, preenchidos com Neossolo Quartzarênico. Ao redor de 80 dias após o plantio foi realizada a aplicação dos herbicidas. O delineamento experimental do Ensaio 1 utilizado para cada herbicida foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x9, com três repetições, onde constituíram como fatores principais dois clones de eucalipto expostos a oito doses do herbicida para o Ensaio 1. No caso do Ensaio 2 o delineamento experimental foi o mesmo, no entanto, no esquema fatorial de 2x8. A avaliação de ambos ensaios foram realizados 30 dias após a aplicação, e no caso do Ensaio 2 fez uma avaliação dos sintomas da aplicação dos herbicidas ao longo do experimento. O Ensaio 1 indicou como sendo as doses críticas entre 18 a 180 mL ha⁻¹ e 22 a 220 mLha⁻¹, para clomazone e sulfentrazone, respectivamente. Em função disso foi estabelecido as doses para o Ensaio 2, sendo para o herbicida clomazone de 0 a 2000 mL ha⁻¹ e para o sulfentrazone de 0 a 1500 mL ha⁻¹. No Ensaio 2 observou-se que a aplicação do clomazone resultou em folhas novas rosadas, amareladas e em alguns casos esbranquiçadas como um todo ou parte dela, e as nervuras mantiveram-se verdes. Observou-se também que as folhas velhas tornaram-se mais verdes e grossas. Houve redução nas características de crescimento variando de 13 a 57%. A dose crítica do clomazone foi de 800 e 1200 mL ha⁻¹, para os clones VCP1 e VCP2, respectivamente. Para o sulfentrazone os

sintomas da deriva resultaram em necrose generalizada nas folhas novas e velhas, ao redor da necrose formou-se uma região arroxeadada. Observou-se também a deformação extrema das folhas novas, regular nas folhas velhas e a perda da dominância apical das plantas. As características de crescimento indicaram redução de 9 a 58%. Para este herbicida, a dose crítica foi de 75 mL ha⁻¹ para o clone VCP1 e 1200 mL ha⁻¹ para o clone VCP2. As respostas dos materiais genéticos indicam que o clone VCP2 é mais tolerante aos dois herbicidas estudados quando comparado ao VCP1, e poderá tornar-se uma ferramenta estratégica de manejo florestal.

PALAVRAS-CHAVE: deriva, eucalipto, fitotoxicidade, tolerância

CLOMAZONE AND SULFENTRAZONE CRITICAL DOSES ON CLONES OF *E. grandis* x *E. urophylla*

SUMMARY - This research aimed to develop accurate information about effects of unintentional drift of two herbicides drift (clomazone and sulfentrazone) on growth of two Votorantim Celulose e Papel *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* commercial clones. The first step of the project this research were carried out on two steps, being first the exploitore trial (Trial 1) reaching determined the critical doses of clomazone e sulfentrazone application under Eucalyptus. The second step (Trial 2) as being trial to evaluated the herbicides' subdoses effects on Eucalyptus plants. Application rates of Trial 1 indicated doses ranging between 18 and 180 mL ha⁻¹ to clomazone and 22 and 220 mL ha⁻¹ to sulfentrazone, so we tested the sensitivity of Eucalyputs clonelets to critical, as being the critica. Through these results second research imposed to doses to clomazone ranging between 0 and 2000 mL ha⁻¹ for clomazone, and 0 and 1500 mL ha⁻¹ for sulfentrazone. One cutting of each clone were planted in 5.0 liter plastic pots filled with sandy soil. 80 days after planting the herbicides application were carried out. The treatments were applied to plots with a completely randomized blocks with 2x8 factorial design, replicated three times, using two hybrid *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* clones and eight herbicides doses.

Visual herbicide injury evaluation and growth measurements were made 30 days after application. Clomazone drift application led to changes in *Eucalyptus* leaf color, typically exhibit in younger leaves yellowing, pinking and some cases whitening between leaves veins and older leaves turned strongly green and thicker. Growth parameters reduced between 13 and 57% when clomazone were applied. Critical doses to clomazone were 800 to 1200 mL ha⁻¹, to clone VCP1 e VCP2, respectively. The symptoms of sulfentrazone treatment included speckling and spotting to younger and older leaves, usually there with were purple rings around the spots. High deformation of younger leaves, regular on older leaves and also lose of apical dominance occurred. Growth parameter dropped by indicates reduction between 9 to 66% when sulfentrazone was applied. Critical doses to sulfentrazone were 75 to 1200 mL ha⁻¹, to clone VCP1 e VCP2, respectively. These results indicated that VCP2 is more tolerant to these herbicides drift when compared to VCP1, and could be strategic tool of forest management.

KEY-WORDS: drift, *Eucalyptus* fitotoxicity, tolerance

I. INTRODUÇÃO

A eucaliptocultura no Brasil gera matéria-prima para indústria de celulose e papel, carvão e também para a fabricação de móveis. De acordo com ABRAF (2006), o plantio desta cultura no Brasil ocupa ao redor de 3,5 milhões de hectares para atendimento da demanda do mercado. Somente em 2005 foram plantados, entre áreas de plantio e reforma, cerca de 550 mil ha (SBS, 2006). Do mesmo modo, o plantio de cana-de-açúcar vem aumentando ao longo dos anos e, atualmente, cobre cerca de 6,0 milhões ha, constatando-se um incremento na área de plantio na ordem de 5,1% na safra 2004-2005 a 2005-2006 (ANUÁRIO, 2006). A expansão de ambas culturas ocorre em áreas ocupadas anteriormente por outras culturas, menos rentáveis, particularmente em pequenas propriedades, assim como em áreas recém desmatadas. Como conseqüência, é muito freqüente estas culturas estarem muito próximas e até mesmo vizinhas, principalmente no estado de São Paulo.

O uso de herbicidas é importante para o cultivos agrícolas e florestais intensivos, uma vez que estes enfrentam perdas significativas de produtividade ocasionadas pela interferência imposta pelas plantas daninhas, que afetam o desenvolvimento da cultura ao competirem pela luz, água, nutrientes, espaço, ocasionando efeitos de natureza alelopática e aumentando os riscos de incêndio (PITELLI e MARCHI, 1991, TOLEDO et al., 1999). No caso do eucalipto, pesquisas desenvolvidas por TOLEDO et al. (1999) e COSTA et al. (2004) mostraram perdas significativas de produtividade ocasionadas pela competição com *Brachiaria decumbens* e *Commelina benghalensis*, respectivamente. SOUZA et al. (2003) e TAKAHASHI et al. (2004) constataram efeitos alelopáticos de plantas daninhas que inibiram o desenvolvimento do eucalipto.

KUVA et al. (2001) mencionaram que dependendo da composição da comunidade infestante, a interferência das plantas daninhas pode reduzir em até 82% a produtividade da cultura da cana-de-açúcar.

Para minimizar a interferência imposta pelas plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar é freqüente o uso de herbicidas pré-emergentes, como o clomazone e

sulfentrazone. No entanto, a aplicação destes produtos pode afetar o desenvolvimento dos plantios de eucalipto, pois, como mencionado anteriormente, em muitos casos eles se encontram em áreas próximas a de aplicação.

Nessas áreas, ocasionalmente, são observados sintomas cloróticos e necróticos nas folhas das plantas, causados provavelmente pelo efeito de deriva do clomazone e do sulfentrazone, respectivamente, provenientes da aplicação na cana-de-açúcar. Este fato é agravado pelas aplicações intensivas durante o período pré e pós plantio da cana-de-açúcar, realizado mecanicamente com o uso tratores, o que aumenta ainda mais a possibilidade de derivas. TAKAHASHI et al. (2006a) constataram efeito de intoxicação do sulfentrazone sobre o eucalipto. Em relação ao clomazone, RODRIGUES e ALMEIDA (1998) não recomendam a utilização do produto a menos de 800 m da cultura de citros, já que lhe é muito sensível. Não existe na literatura estudos mais específicos e detalhados sobre o efeito da deriva do clomazone e sulfentrazone sobre o eucalipto, constituindo assim uma área potencial de estudos.

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de subdoses dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, visando a simulação da deriva destes herbicidas.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Consequencia da deriva de herbicidas sobre o eucalipto

A literatura referente ao uso ou consequências dos herbicidas clomazone e sulfentrazone, especialmente, em eucalipto é escassa. Assim, foi necessário adicionar a esta revisão literaturas relacionadas à outras culturas agrícolas e outros herbicidas.

Estudos que se referem a injúrias ou efeito negativos sobre o crescimento ocasionados às planta de eucalipto por herbicidas, sejam pré ou pós-emergentes, são escassos. Estudos mais recentes sobre a consequência da deriva do glyphosate são citados por SALGADO et al. (2004), que afirmaram que este produto se destaca pelo uso em inúmeras empresas florestais nacionais, em virtude de sua eficiência e por controlar várias espécies de plantas daninhas em pós emergência. No entanto, o uso indiscriminado e sem cuidados operacionais podem acarretar graves consequências no desenvolvimento do eucalipto (ALVES et al., 2004, SALGADO et al., 2004, TUFFI SANTOS et al., 2004). Na Tasmânia, a característica agressiva do glyphosate ao ser aplicado em plantas é aproveitada como ferramenta no controle de brotações de eucalipto que ocorrem nos plantios comerciais (LASALA et al., 2000).

O herbicida pré-emergente comercial utilizado pelas empresas florestais é o isoxaflutole, que tem a sua origem nos plantios de cana-de-açúcar (CEZARINO, 1997). COSTA et al. (2002a) controlaram com sucesso a *Brachiaria plantaginea*, *Eleusine indica* e *Galinsoga parviflora* com o uso deste produto em plantios de *Pinus elliottii*. No entanto, observaram pequenas injúrias nestas mudas causadas pelo produto químico, mas sem afetar significativamente o desenvolvimento da cultura. Trabalho semelhante foi realizado por COSTA et al. (2002b), ao aplicar o isoxaflutole em plantio de *E. grandis*. O controle foi efetivo para *Amaranthus viridis*, *Ageratum conyzoides* e *Brachiaria plantaginea*. Entretanto, houve leve injúria em *E. grandis*, sem afetar significativamente o seu crescimento. MACEDO et al. (2002) também obtiveram controle de *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens* e *Cenchrus echinatus* com o isoxaflutole em plantio de *E. grandis* e, assim como os trabalhos anteriores, observaram

leve injúria causada pelo produto na cultura, sem afetar significativamente o crescimento. O oxyfluorfen na dose a partir de de 360 g ha⁻¹ i.a. ocasionou clorose e necrose nas folhas e redução em matéria seca da parte aérea e radicular em plantas de eucalipto, e também causou danos na gema apical em *E. citriodora* (SILVA et al., 1994).

Pesquisa realizada por TAKAHASHI et al. (2006a) não encontraram efeito significativo do sulfentrazone na dose de 600 a 1000 mL ha⁻¹ sobre altura de eucalipto tanto aos 30 como aos 90 dias após aplicação.

TIMOSSI e ALVES (2001) relataram que a dose comercial do clomazone resultou na formação de manchas cloróticas e/ou necróticas na casca do fruto de laranja e causou mortalidade que se encontrava em crescimento vegetativo.

O sulfentrazone aplicado nas doses de 0,05 a 0,25 g ha⁻¹ i.a. em conjunto com o glyphosate não mostraram ser significativamente fitotóxicos para a cultura da laranja e houve controle efetivo para *Alternanthera tenella*, *Ipomoea grandifolia*, *Parthenium hysterophorus* e *Bidens pilosa* (OLIVEIRA et al., 2002a). Resultado semelhante foi obtido por OLIVEIRA et al. (2002b), tanto para a ausência de efeito fitotóxico na laranja como para controle do *Panicum maximum*, *Digitaria insularis* e principalmente da *Bidens pilosa*.

2.2. Relação material genético versus herbicidas

O efeito dos diferentes herbicidas sobre os diferentes materiais genéticos é ainda pouco explorado na silvicultura e é considerada uma ferramenta de manejo. Já existem casos de áreas agrícolas com plantas resistentes a alguns herbicidas, como a soja transgênica tolerante ao glyphosate (FUNGUETTO et al., 2004; MONSANTO, 2005; REPORTER TERRA, 2005).

Neste sentido, SALGADO et al. (2004) já verificaram comportamentos diferenciados para dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla* ao receberem aplicações de doses decrescentes do glyphosate. ALVES et al. (2004) obtiveram resultados de crescimento diferenciados entre dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla* ao aplicarem

doses crescentes de glyphosate. PROCÓPIO (2003) observaram a mesma tendência nas variedades de cana-de-açúcar e soja em relação aos herbicidas. DUARTE et al. (2006) sugerem que isto pode estar relacionado à diferença na penetração do produto na planta. A penetração dos herbicidas nas plantas é essencial para sua eficiência e pode ocorrer através dos tecidos vegetais (estruturas aéreas e subterrâneas), pelas sementes, radícula e caulículo (SILVA, 2000). Ao contrário, MELHORANÇA & MELHORANÇA (2002), não observaram comportamento diferenciado em relação a fitotoxicidade para 15 cultivares de soja submetidos a quatro doses de sulfentrazone (250, 350, 450 e 600 g ha⁻¹ i.a.).

Diversas pesquisas indicam diferencial de crescimento e comportamento entre os clones de eucalipto. TAKAHASHI et al. (2004) observaram diferença significativa de crescimento em altura e diâmetro ao comparar dois clones plantados em solo com diferentes concentrações de resíduos de *Brachiaria decumbens* misturados ao solo. O mesmo foi observado por TAKAHASHI et al. (2005), que verificaram que o crescimento em comprimento do caule, diâmetro, área foliar total e biomassa total de dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla* foram significativamente diferentes para o manejo de *Brachiaria decumbens* em plantios no campo. TAKAHASHI et al. (2006b) observaram efeito significativo do material genético para crescimento em biomassa de dois clones quando foram plantados em quatro tipos de solo. WICHERT (2005) observou também crescimento diferenciado entre dois clones implantados em um experimento de conservação de solo. SILVA (2005) detectou diferenças significativas no crescimento em altura, diâmetro e biomassa quando comparou dois clones submetidos a diferentes espaçamentos e arranjos.

O fato dos materiais genéticos expressarem diferenças no crescimento pode estar ligado a fatores fisiológicos. Pesquisa realizada por SAMPAIO et al. (2006) detectou diferenças significativas da taxa fotossintética, condutância estomática e taxa transpiratória entre dois clones de *E. urograndis* quando plantados em diferentes manejo de água. De acordo com MIELKE et al. (1999), a condutância estomática indica a disposição da planta em fazer a troca de gases com a atmosfera e interfere

diretamente na taxa transpiratória e na realização da fotossíntese da planta, devido a abertura dos estômatos (TAIZ & ZAIGER, 2002).

Outro fator que afeta o desenvolvimento diferenciado entre os clones pode estar relacionado a área foliar dos clones, pois esta característica está intimamente ligado a capacidade fotossintética das plantas (TAIZ & ZAIGER, 2002). TAKAHASHI et al. (2005) obtiveram área foliar total significativamente diferente para dois clones de eucalipto em função do manejo de *Brachiaria decumbens*. Do mesmo modo, TAKAHASHI et al. (2006b) detectaram diferenças significativas de massa seca de caule em dois clones pesquisados quando plantados em diferentes tipos de solo, sendo superior para o clone com maior área foliar. Em um estudo de irrigação em eucalipto de cinco anos, o tratamento com adição de água resultou em maior biomassa e também maior área foliar (TAKAHASHI et al., 2007a). TAKAHASHI et al. (2007b) observaram maior enraizamento de dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla* quando mantiveram as folhas intactas comparadas com folhas cortadas. As folhas executam papel essencial para o crescimento e desenvolvimento de todos os órgãos das plantas, já que é o local onde ocorre a maior parte das atividades fotossintéticas (KOZLOWSKI & PALLARDY, 1997; TAIS & ZEIGER, 2002). Desta forma, qualquer injúria que venha a ocorrer nas folhas, como a resultante da intoxicação por herbicidas, poderá refletir no crescimento e desenvolvimento das plantas, comprometendo-os.

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual de São Paulo (FCAV/UNESP), utilizando o sistema de subdoses para simular a deriva dos herbicidas. A pesquisa foi dividida em duas etapas, sendo a primeira um ensaio exploratório para determinação da dose crítica dos herbicidas clomazone e sulfentrazone e, a segunda, para avaliar o efeito das aplicação de subdoses destes herbicidas, determinadas previamente no primeiro ensaio, em plantas de eucalipto.

3.2. Ensaio 01 - Determinações das doses críticas do herbicida clomazone e sulfentrazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*

Os herbicidas clomazone e sulfentrazone foram aplicados sobre dois clones comerciais de *E. grandis* x *E. urophylla* da Votorantim Celulose e Papel Unidade Florestal. As doses estabelecidas para os dois herbicidas foram: 0, 10^{-7} %, 10^{-6} %, 10^{-5} %, 10^{-4} %, 10^{-3} %, 10^{-2} %, 10^{-1} % e 1% das doses comerciais de 1800 mL ha^{-1} para o clomazone e de 2200 mL ha^{-1} para o sulfentrazone.

Foram selecionadas mudas de dois clones (VCP1 e VCP2) com alturas padronizadas ao redor de 20 cm, sistema radicular ativo e idade ao redor de 90 dias, evitando-se mudas bifurcadas e doentes. O VCP1 tem como característica principal o seu crescimento inicial agressivo e um material genético extremamente responsivo ao manejo e adubação quando comparado ao VCP2, que, ao contrário, é um material de crescimento mais lento e, aparentemente, menos responsivo ao manejo e adubação. As mudas foram plantadas em vasos com capacidade para 5 L, preenchidos com solo do tipo Neossolo Quartzarênico coletado da camada arável (argila:10-15%), irrigados todos os dias com cerca 0,5 L de água e recebendo a cada dois dias cerca de 0,5 L de solução nutritiva de SARRUGE (1975), descrita na (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química da solução nutritiva utilizada no experimento.

Fertilizantes	Doses
	(g 200 L ⁻¹ de água)
MAP	20
Nitrato de cálcio	120
Nitrato de potássio	85
Sulfato de magnésio	72
	(mL 200 L ⁻¹ de água)
Solução de micronutrientes*	200
Solução Fe- ETDA**	200

* A solução de micronutrientes teve a seguinte composição (g 5,0 L⁻¹): 15 g de ácido bórico, 12 g de sulfato de manganês, 1,5 g de sulfato de zinco, 0,625 g de sulfato de cobre e 0,02 g molibdato de sódio.

** Dissolver 275 g de Ferrilene em 5,0 L de água.

Ao redor de 80 dias após o plantio (DAP) foi realizada a aplicação dos herbicidas com pulverizador costal à pressão constante (CO₂), munido de barra com quatro bicos XR11002, espaçados a cada 0,5 m, regulado para um gasto de volume de calda de 200 L ha⁻¹, e altura de trabalho a 0,5 m em relação à planta. A aplicação ocorreu em julho de 2005, às 16:00 h e, no momento da aplicação, a temperatura do ar era de 26°C, com umidade relativa do ar de 43%, nebulosidade de 70%, sem presença de vento e orvalho.

O delineamento experimental utilizado para cada herbicida foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x9 com três repetições, considerando-se como fatores principais os dois clones de eucalipto expostos a nove doses dos herbicidas.

Decorridos 30 dias após a aplicação (DAA), foram determinados a altura, área foliar total, massa seca de caule e folhas das plantas. A área foliar total foi determinada pelo medidor LI 3000A (LiCor). A massa seca foi determinada em balança de precisão

de 0,001 g, após o material vegetal ter sido seco em estufa de circulação forçada de ar a 70°C por 96 horas.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste F, utilizando o programa estatístico Minitab e para estudo das doses foi realizado análise de regressão através do programa gráfico Origin (Microcal).

3.3. Ensaio 02 - Efeito das aplicação de subdoses dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*

As subdoses estabelecidas para o ensaio do herbicida clomazone foram 2000, 1600, 1200, 800, 400, 200, 100, 0 mL ha⁻¹ e para o sulfentrazone foram 1500, 1200, 900, 600, 300, 150, 75, 0 mL ha⁻¹, valores determinados através do Ensaio 1, no qual se constatou que entre 18 a 180 e 22 a 220 mL ha⁻¹ foram as doses críticas de clomazone e sulfentrazone, respectivamente.

Os procedimentos para a instalação e condução deste ensaio foram semelhantes aos o Ensaio 1, ou seja, foram utilizadas mudas dos dois clones, com o mesmo padrão de seleção, e plantadas nos mesmos recipientes, utilizando Neossolo Quartzarênico como substrato, sendo irrigadas e fertilizadas de maneira semelhante.

Ao redor dos 80 DAP foi realizada a aplicação dos herbicidas, utilizando-se o mesmo pulverizador costal, com a mesma regulagem utilizada no Ensaio 1. A aplicação ocorreu em setembro de 2006 às 16:20 h e, no momento da aplicação, a temperatura do ar era de 25°C, com umidade relativa do ar de 41%, nebulosidade de 70%, sem presença de vento e orvalho.

O delineamento experimental utilizado para cada herbicida foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x8 com três repetições, considerando-se como fatores principais os dois clones de eucalipto expostos a oito doses dos herbicidas.

Fez-se uma avaliação e descrição geral visual dos sintomas de intoxicação nas plantas, desde a aplicação destes dois herbicidas até o momento da avaliação final de crescimento (análise destrutiva). Esta avaliação ocorreu aos 30 DAA, quando

determinou-se a altura, área foliar total, massa seca de folhas e caule das plantas. A área foliar total foi determinada pelo medidor LI 3000A (LiCor). A massa seca foi determinada em balança de precisão de 0,001 g, após o material vegetal ter sido seco em estufa de circulação forçada de ar a 70°C por 96 horas.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste F, utilizando o programa estatístico Minitab, sendo a comparação entre as médias feita utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e, para estudo das doses foi realizada análise de regressão com o programa gráfico Origin (Microcal).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio 01 - Determinação das doses críticas dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*

4.1.1. Determinação das doses críticas do herbicida clomazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*

Para as características de crescimento, a análise de variância mostrou efeito significativo das doses do herbicida para área foliar total ($F=7,94$, $p<0,001$), massa seca de folhas ($F=9,94$, $p<0,001$), e efeito significativo do material genético (clones) para altura ($F=101,05$, $p<0,001$), área foliar total ($F=37,91$, $p<0,001$), e massa seca do caule ($F=36,89$, $p<0,001$) e folhas ($F=62,30$, $p<0,001$). Quanto à interação entre os fatores (dose x clone), foi observado efeito significativo apenas para massa seca das folhas ($F=2,74$, $p=0,019$) (Tabela 2).

A altura do clone VCP1 foi em média 28% maior quando comparada a do VCP2, variando entre 4 e 45% (2 a 15 cm), corroborando com as observações já realizadas a nível de campo (Figura 1), sendo este fato um forte indicativo de superioridade de crescimento do VCP1 quando comparado ao VCP2.

A área foliar total do VCP1 foi cerca de 30% superior ao VCP2 em todas as doses. A equação que representou a relação área foliar total e dose do clomazone foi a exponencial para os dois clones. O aumento das doses do clomazone proporcionaram redução na área foliar total de 1792,5 para cerca de 900 cm² para o clone VCP1, e de 1397,2 para cerca de 750 cm² no VCP2, isto é, redução ao redor de 50% ao comparar a dose de 180 mL ha⁻¹ com a menor, para ambos materiais genéticos. A velocidade na queda da área foliar total do VCP2 foi mais drástica em comparação ao VCP1, no entanto, ambos clones atingiram os menores valores de área foliar total na dose de 180 mL ha⁻¹. Indicando ser este valor a dose crítica para ambos clones. Observou-se também que a redução da área foliar total do VCP1 iniciou-se na dose de 1,8 mL ha⁻¹

enquanto que VCP2 foi 18 mL ha⁻¹, indicando maior sensibilidade do VCP1 a aplicação do herbicida (Figura 2).

Tabela 2. Valores médios das características de crescimento, análise de variância e coeficiente de variação dos dados 30 dias após a aplicação (DAA), para nove doses do herbicida clomazone em dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Fator	Altura (cm)	Área foliar total (cm ²)	Massa seca caule (kg planta ⁻¹)	Massa seca folha (kg planta ⁻¹)
Dose (mL ha ⁻¹)				
0	41,83	1584,63	5,95	12,08
1,8E-05	39,83	1385,33	5,33	10,82
1,8E-04	40,33	1554,17	5,78	11,32
1,8E-03	41,83	1645,58	5,92	16,17
1,8E-02	40,17	1503,72	5,30	11,98
1,8E-01	43,50	1770,70	6,60	13,32
1,8E-00	40,50	1546,63	5,27	11,73
1,8E+01	39,83	1623,62	6,00	13,07
1,8E+02	36,00	847,13	4,65	6,38
Clone				
VCP1	45,41	1688,66	6,43	14,03
VCP2	35,44	1302,79	4,86	9,71
F _{conc}	1,91ns	7,94**	2,16ns	9,94**
F _{clone}	101,05**	37,91**	36,89**	62,30**
F _{concxclone}	1,92ns	1,89ns	1,35ns	2,74*
CV%	15,96	26,27	23,20	32,93

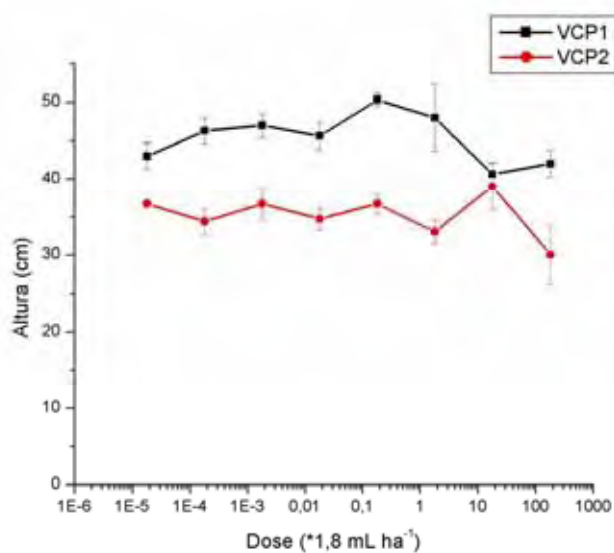


Figura 1 – Altura de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

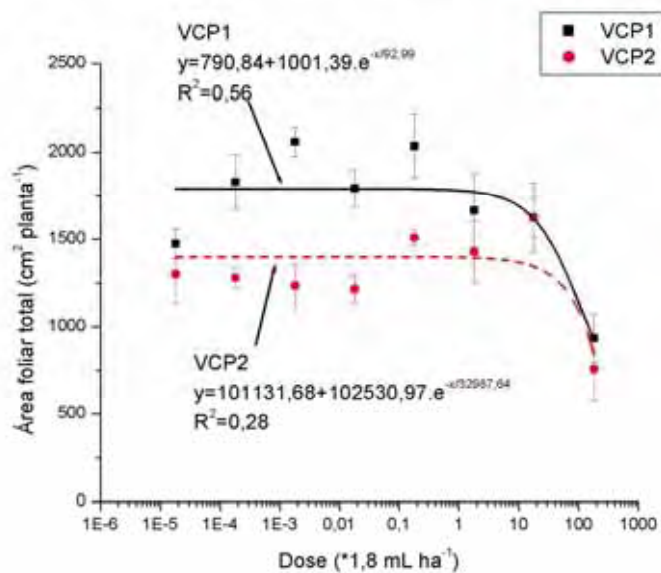


Figura 2 – Área foliar total de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

Quanto a massa seca do caule o VCP1 obteve ganhos de até $2,70 \text{ g planta}^{-1}$, isto é, foi cerca de 70% superior ao VCP2 (Figura 3).

A massa seca foliar do VCP1 foi cerca de 30% superior ao VCP2 em todas as concentrações. A equação que representou a relação massa seca foliar e dose do clomazone foi a exponencial tanto para o clone VCP1 como VCP2. As doses crescentes do clomazone refletiram em perda de massa seca foliar a partir da dose 18 mL ha^{-1} , sendo de 14 para cerca de 6 g planta^{-1} para o clone VCP1 e de 10 para cerca de 4 g planta^{-1} , isto é redução ao redor de 50% ao comparar a menor dose com 180 mL ha^{-1} , para ambos materiais genéticos. A velocidade na queda da área foliar total do VCP1 foi mais drástica em comparação ao VCP2 (Figura 4). Observou-se também que a perda em massa seca de folha iniciou-se a partir da dose de 18 mL ha^{-1} para ambos os clones.

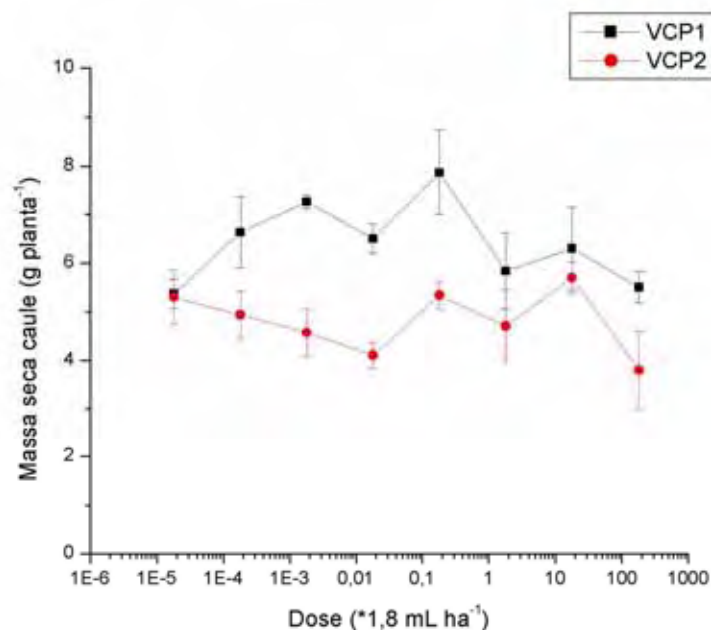


Figura 3 – Massa seca do caule de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

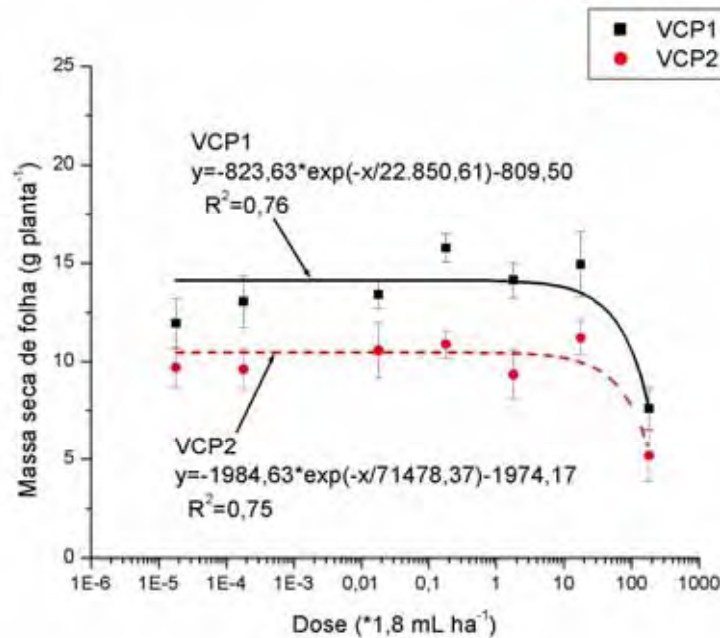


Figura 4 – Massa seca da folha de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

Resultado semelhante foi obtido por VIDAL e FLECK (1992), que obtiveram redução de cerca de 50% na área foliar de girassol (DK180) quando aplicado o clomazone na dose de 2.000 mL ha⁻¹. A redução das características de crescimento ocasionado pela aplicação de clomazone ocorre por ser uma substância inibidora e destruidora da clorofila das folhas e a sua ausência resulta na morte das plantas. Este herbicida é absorvido pelas raízes e translocado para a parte aérea, onde inibe a produção de novos carotenóides, responsáveis pela produção de clorofila (BAUMANN et al., 2007).

4.1.2. Determinação da dose crítica do herbicida sulfentrazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*

Para as características de crescimento, a análise de variância mostrou efeito significativo das doses do herbicida para altura ($F=6,42$, $p<0,001$), área foliar total ($F=9,70$, $p<0,001$), massa seca de caule ($F=8,75$, $p<0,001$) e folhas ($F=9,08$, $p<0,001$), e efeito significativo do material genético (clones) para massa seca do caule ($F=5,44$, $p=0,026$) e massa seca foliar ($F=9,45$, $p=0,004$). Não se detectou interação entre os fatores de crescimento e doses neste experimento (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios das características de crescimento, análise de variância e coeficiente de variação dos dados 30 DAA, para nove doses do herbicida sulfentrazone de dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Fator	Altura (cm)	Área foliar total (cm ²)	Massa seca caule (kg planta ⁻¹)	Massa seca folha (kg planta ⁻¹)
Dose (mL ha ⁻¹)				
0	35,33	738,83	2,27	4,98
2,20E-05	35,33	761,93	2,30	5,07
2,20E-04	36,33	775,03	2,52	4,90
2,20E-03	38,67	846,38	2,68	6,48
2,20E-02	34,17	788,57	2,35	5,48
2,20E-01	36,83	856,95	2,25	4,90
2,20E-00	35,67	678,73	2,42	4,90
2,20E+01	36,00	790,93	2,75	5,37
2,20E+02	26,83	258,65	1,32	2,15
Clone				
VCP1	34,70	754,54	2,43	5,31
VCP2	35,33	689,02	2,21	4,52
F _{conc}	6,42**	9,70**	8,75**	9,08**
F _{clone}	0,52ns	2,84ns	5,44*	9,45**
F _{concxclone}	0,95ns	0,76ns	2,14ns	2,15ns
CV%	12,13	30,77	23,37	30,35

A relação altura e doses do sulfentrazone foi representada por uma equação exponencial, havendo queda significativa em altura a partir da dose de 22 mL ha⁻¹, o qual foi de cerca de 38 para 25 cm, representando redução de 34% (Figura 5).

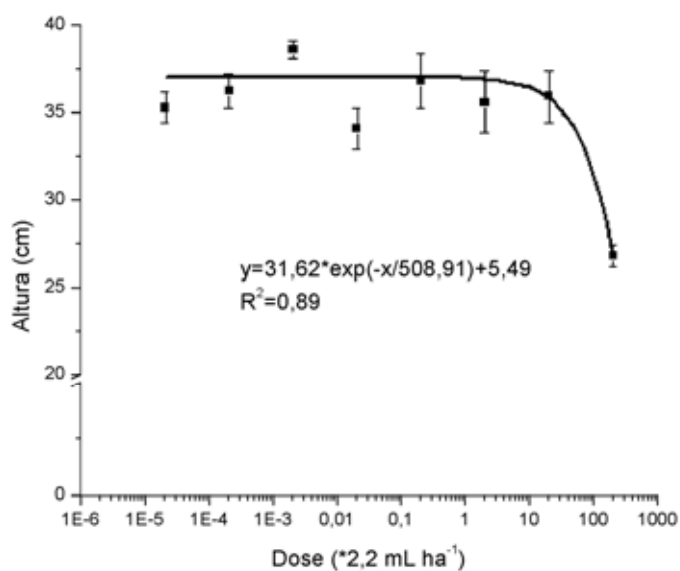


Figura 5 – Altura de clone de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de doses crescentes de sulfentrazone.

Do mesmo modo, uma equação exponencial foi estabelecida para analisar a relação área foliar total e dose. A redução em área foliar total tornou-se significativa a partir da dose 22 mL ha⁻¹, de 800 para 200 cm², redução de cerca de 75% ao comparar com 220 mL ha⁻¹ (Figura 6).

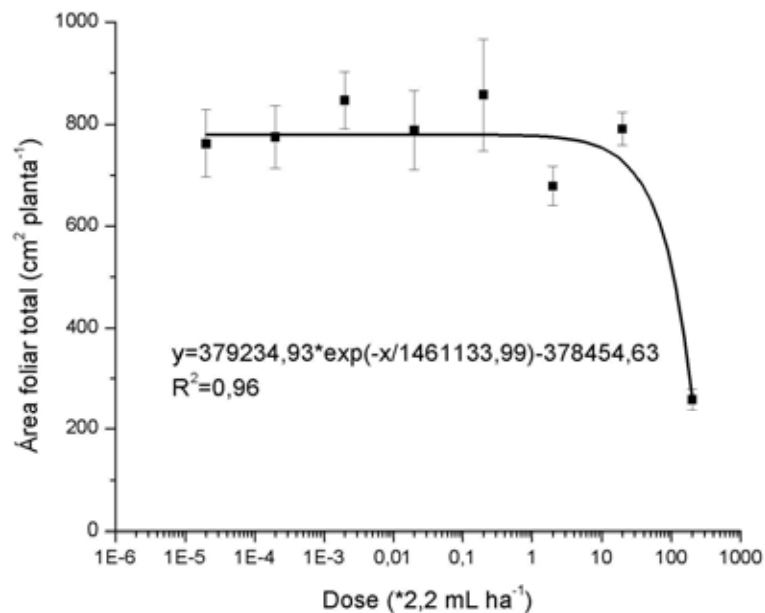


Figura 6 – Área foliar total de clone de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de doses crescentes de sulfentrazone.

A equação que representou a relação massa seca de caule e dose do sulfentrazone foi a exponencial tanto para o clone VCP1 como VCP2. As doses crescentes do sulfentrazone refletiram em perda de massa seca de caule a partir da dose de 22 mL ha⁻¹, sendo de 2,7 para cerca de 1,5 g planta⁻¹ para o clone VCP1 e de 2,2 para cerca de 1,2 g planta⁻¹, isto é redução ao redor de 50% ao comparar a esta dose com 220 mL ha⁻¹, para ambos materiais genéticos. A velocidade na queda da massa seca de caule do VCP2 foi mais drástica em comparação ao VCP1 (Figura 7).

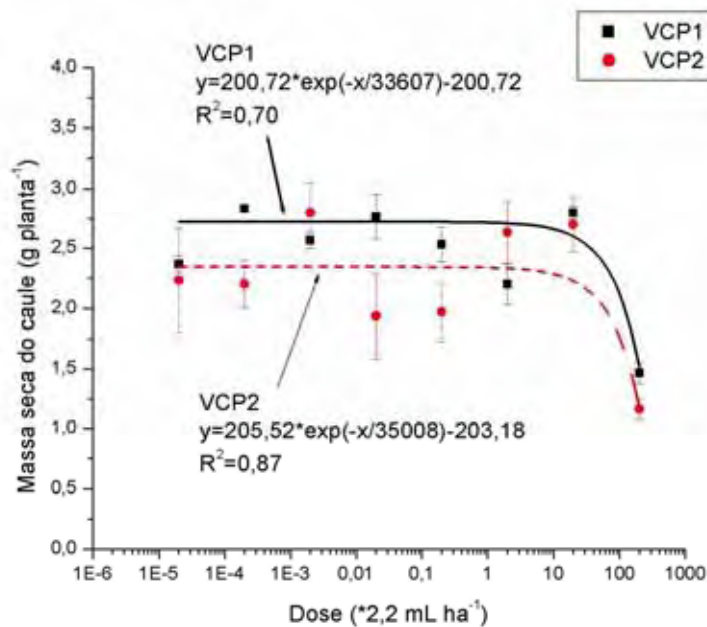


Figura 7 – Massa seca do caule de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de doses crescentes de sulfentrazone.

As doses crescentes do sulfentrazone refletiram em perda de massa seca foliar dos clones VCP1 e VCP2 a partir da dose de 22 mL ha⁻¹, reduzindo de 6 g planta⁻¹ para cerca de 2 g planta⁻¹ para o VCP1 a dose de 220 mL ha⁻¹, cerca de 66% de redução. Para o VCP2 a queda foi de cerca de 4 g planta⁻¹ para 1,75 g planta⁻¹, isto é redução ao redor de 56% (Figura 8).

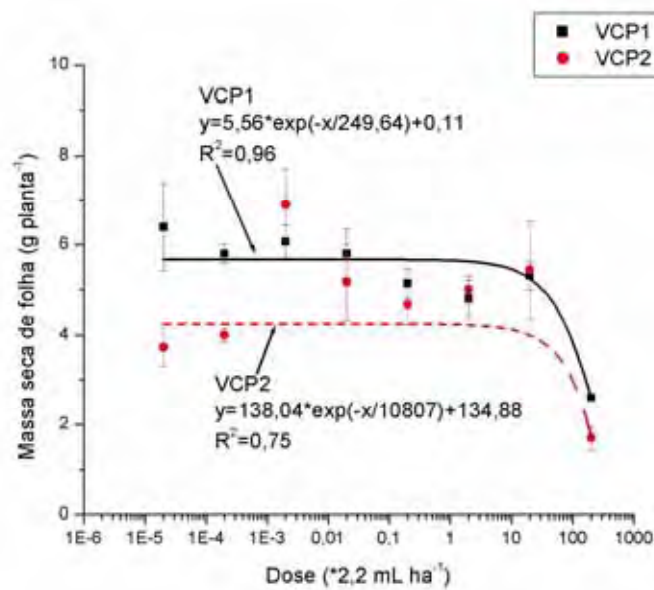


Figura 8 – Massa seca das folhas de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA doses crescentes de sulfentrazone em clone de *E. grandis* x *E. urophylla*.

De maneira semelhante ARRUDA et al. (1999) observaram que a soja (BR-16) apresentou baixa tolerância ao sulfentrazone, uma vez que o herbicida reduziu a área foliar, o acúmulo de massa seca, a altura das plantas e o comprimento das raízes. Do mesmo modo, BLANCO & CORREA (2002) mostraram o crescimento de diversas culturas que sucederam a soja e que o sulfentrazone afetou significativamente o crescimento e rendimento das culturas de milho e aveia, o que indica que pode haver também o efeito de absorção do herbicida através das raízes. O efeito negativo do sulfentrazone ocorreu porque seu modo de ação se caracteriza como destruidor de

membranas celulares, inibindo a enzima protox, havendo acúmulo de protorfirina IX, o que leva a peroxidação do O₂ e por conseqüência, a destruição das membranas (DAN HASS, 1993).

Quanto as respostas diferenciadas dos clones de *E. grandis* x *E. urophylla* no presente estudo, fato semelhante foi obtido por SILVA et al. (1994) os quais detectaram que o *E. grandis* e *E. saligna* foram as espécies mais tolerantes a aplicação do oxyfluorfen, *E. camaldulensis* foi a intermediária e *E. citriodora*, a mais sensível. Mostrando que a tolerância aos herbicidas ocorrem também a nível de espécie. PROCÓPIO et al. (2003) já observaram a mesma tendência nas variedades de cana-de-açúcar e soja em relação aos herbicidas. DUARTE et al. (2006) sugere que isto pode estar relacionado à diferença na penetração do produto na planta. A penetração dos herbicidas nas plantas é essencial para sua eficiência e pode ocorrer através dos tecidos vegetais (estruturas aéreas e subterrâneas), pelas sementes, radícula e caulículo (SILVA, 2000).

Os resultados obtidos neste trabalho indicam o clone VCP1 como sendo o material genético de maior potencial de crescimento comparado ao VCP2. O clone VCP2 é um material genético mais tolerante as aplicações dos dois herbicidas. As doses críticas estabelecido neste primeiro ensaio foram entre 18 e 180 mL ha⁻¹ para o clomazone e 22 e 220 mL ha⁻¹ para o sulfentrazone.

4.2. Ensaio 02 - Efeito das aplicação de subdoses dos herbicidas clomazone e sulfentrazone em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*

4.2.1. Efeito do clomazone em clones de eucalipto

Os sintomas da aplicação de clomazone simulando uma deriva iniciaram-se a partir do sétimo dia após a aplicação. O clomazone resultou em folhas novas rosadas, amareladas e em alguns casos esbranquiçadas como um todo ou parte dela, e as nervuras mantiveram-se verdes. Observou-se também que as folhas velhas tornaram-se mais verdes e grossas (Figura 9). Não houve recuperação significativa destes

sintomas durante os 30 DAA. TIMOSSI e ALVES (2001) relataram que a maior dose de clomazone (2.000 mL ha^{-1}) aplicado sobre plantas de laranjeira ocasionou queda de folhas ou estas entraram em processo de senescência após se tornarem cloróticas. BAUMMAN et al. (2007) observaram também semelhantes na cultura de milho, amendoim e algodão.



Figura 9 – Sintomas da aplicação de clomazone 7 DAA em plantas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Para as características de crescimento, a análise de variância mostrou efeito significativo das doses do herbicida para altura ($F=4,24$, $p<0,001$), área foliar total ($F=32,95$, $p<0,001$), massa seca de caule ($F=12,78$, $p<0,001$) e folhas ($F=19,87$, $p<0,001$), e efeito significativo do material genético (clones) para altura ($F=28,73$, $p=0,002$) e massa seca do caule ($F=15,03$, $p=0,001$). Quanto a interação entre os fatores (dose x clone) foi observado efeito significativo apenas para área foliar total ($F=3,94$, $p<0,001$) (Tabela 4).

Tabela 4. Médias das características de crescimento, análise de variância e coeficiente de variação dos dados 30 DAA, para oito doses do herbicida clomazone de dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Fator	Altura (cm)	Área foliar total (cm ²)	Massa seca caule (kg planta ⁻¹)	Massa seca folha (kg planta ⁻¹)
Dose (mL.ha ⁻¹)				
0	60,17	1885,41	12,36	15,37
100	57,00	1677,65	9,87	12,90
200	52,83	1839,07	9,88	13,61
400	57,17	1631,25	8,54	11,85
800	52,67	1435,67	8,81	9,87
1200	53,17	1112,60	8,23	9,43
1600	51,00	1013,59	7,15	8,01
2000	47,00	870,82	6,98	6,94
Clone				
Clone1	57,67	1430,00	8,31	10,98
Clone2	50,08	1436,51	9,64	11,02
F _{dose}	4,24**	32,95**	12,78**	19,87**
F _{clone}	28,73**	0,02ns	15,03**	0,01ns
F _{dosexclone}	0,23ns	3,94**	1,60ns	0,37ns
CV%	12,79	29,07	23,49	28,31

A aplicação do clomazone sobre as plantas de eucalipto reduziu o crescimento em altura em 13% para o VCP1 (62 cm para 54 cm) e em 20% para o VCP2 (54 cm para 43 cm) ao se comparar a maior dose com a testemunha. Esta redução apresentou comportamento linear para ambos os clones (Figura 10), sendo que para o VCP1, para uma altura máxima estimada de 62 cm, cada mL de clomazone por hectare reduziu em 0,005 cm essa altura, para o VCP2, a redução foi de 0,006 cm a altura máxima estimada de 54 cm. Observou-se também crescimento cerca de 11% maior em altura do VCP1 do que o VCP2.

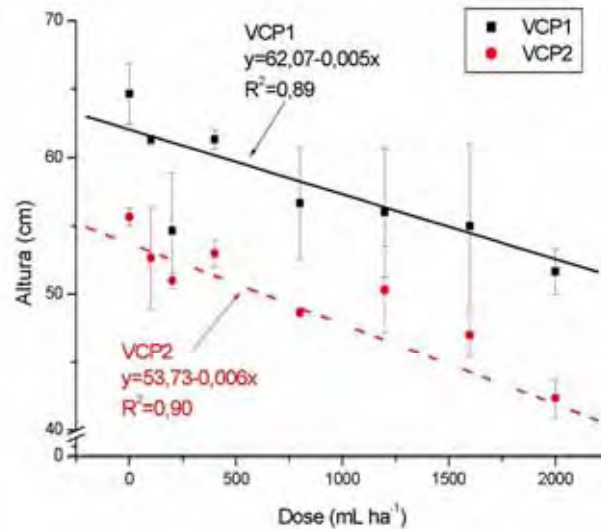


Figura 10 – Altura de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

Para área foliar total a redução foi de cerca de 55% (1900 cm² para 850 cm²) para ambos os clones ao comparar a maior dose com a testemunha, sendo representado por uma equação linear (Figura 11). A análise de desdobramento dos fatores, para as médias de dose dentro do clone, a redução da área foliar total tornou-se crítica a partir da dose de 800 mL ha⁻¹ para o VCP1 enquanto que para o VCP2 foi de 1200 mL ha⁻¹ (Tabela 5), indicando maior tolerância deste clone para o herbicida clomazone.

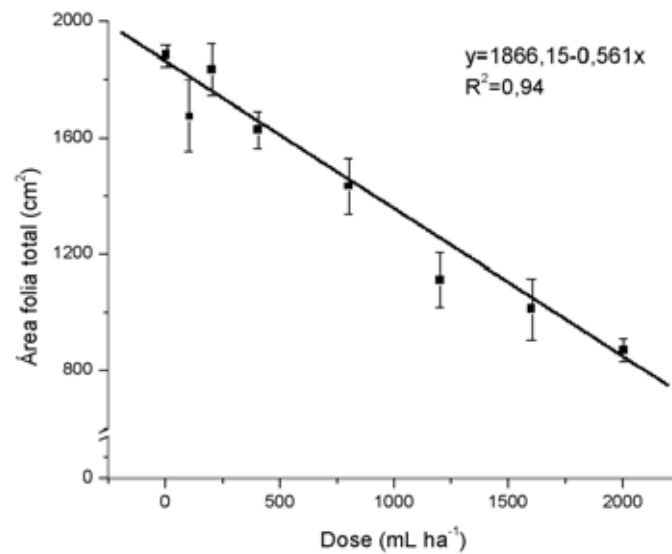


Figura 11 – Área foliar total de clone de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

Tabela 5 – Área foliar total de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

Clone	Dose (mL ha ⁻¹)							
	0	100	200	400	800	1200	1600	2000
	1879,4	1901,2	1724,3	1599,6	1242,9	1031,6	1145,6	915,5
VCP1	Aa	Aa	Aa	ABa	BCb	Ca	Ca	Ca
	1891,4	1454,2	1953,8	1662,8	1628,4	1193,6	881,6	826,2
VCP2	ABa	BCb	Aa	ABa	ABCa	Ca	Da	Da

(*) Letras maiúsculas comparam doses dentro de cada clone e minúsculas clones dentro de cada dose. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No caso da massa seca de caule, observou-se reduções variando de 27 a 40%, sendo de 10,0 para 6,0 g por planta para o VCP1 e 11,0 para 8,0 g planta⁻¹ no VCP2.

Para uma massa seca de caule máxima estimada de $11,0 \text{ g planta}^{-1}$ do VCP1, houve redução exponencial da massa de $0,005 \text{ g planta}^{-1}$ a cada mL por hectare aplicado. Já o VCP2 a redução foi linear sendo de $0,001 \text{ g planta}^{-1}$ para cada mL aplicado de clomazone, para uma massa seca de caule máxima estimada em 11 g (Figura 12).

Para massa seca de folhas, a redução foi de 57% (de $14,0 \text{ g}$ para $6,0 \text{ g planta}^{-1}$) e se ajustou ao modelo linear, sendo que houve uma redução de $0,0036 \text{ g planta}^{-1}$ na massa seca de folhas máxima estimada de 14 g , para cada mL por hectare de clomazone aplicado (Figura 12). Resultado semelhante foi obtido por VIDAL e FLECK (1992), que obtiveram redução de cerca de 50% na área foliar de girassol (DK180) quando aplicado o clomazone na dose de 2.000 mL ha^{-1} .

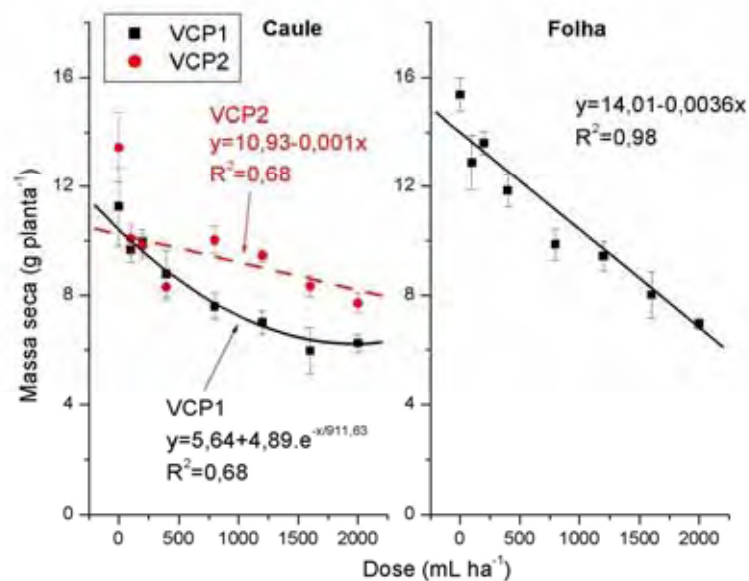


Figura 12 – Massa seca do caule e folhas de clone de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de clomazone.

A redução das características de crescimento ocasionado pela aplicação de clomazone ocorre por ser este classificado como substância inibidora e destruidora da clorofila das folhas e a sua ausência resulta na morte das plantas. Este herbicida é

absorvido pelas raízes e translocado para a parte aérea, onde inibe a produção de novos carotenóides, responsáveis pela produção de clorofila (BAUMANN et al., 2007).

4.2.2. Efeito do sulfentrazone em clones de eucalipto

Os sintomas da deriva de sulfentrazone iniciaram-se também a partir do sétimo dia após a aplicação. No caso do sulfentrazone surgiram necroses generalizadas nas folhas novas e velhas, e ao redor da necrose formou-se uma região arroxeadada. Também se observou deformação extrema das folhas novas, regular nas folhas velhas e a perda da dominância apical das plantas (Figura 13). Não houve recuperação significativa destes sintomas durante os trinta e cinco dias após a aplicação. No estudo realizado por RONCHI e SILVA (2003), o sulfentrazone, na dose de 1200 mL ha⁻¹, causou enrugamento e necrose nas folhas mais novas do cafeeiro, as que surgiram posteriormente também apresentaram sintomas idênticos, porém com menor intensidade.



Figura 13 – Sintomas da aplicação de sulfentrazone 7 DAA em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Para o herbicida sulfentrazone constatou-se efeito significativo das doses para altura ($F=3,80$, $p=0,005$), área foliar total ($F=27,49$, $p<0,001$), massa seca de caule ($F=8,40$, $p<0,001$) e folhas ($F=18,79$, $p<0,001$). O material genético influenciou significativamente a altura ($F=19,14$, $p<0,001$), área foliar total ($F=8,13$, $p=0,008$), massa seca de folha ($F=33,46$, $p<0,001$) e interação foi significativa entre fatores para área foliar total ($F=5,09$, $p=0,001$), massa seca de folhas ($F=3,76$, $p=0,005$) (Tabela 6).

Tabela 6. Médias das características de crescimento, análise de variância e coeficiente de variação dos dados 30 DAA, para oito doses do herbicida sulfentrazone de dois clones de *E. grandis* x *E. urophylla*.

	Altura (cm)	Área foliar total (cm ²)	Massa seca caule (kg planta ⁻¹)	Massa seca folha (kg planta ⁻¹)
Dose (mL.ha ⁻¹)				
0	60,17	2122,57	11,13	16,68
75	55,33	1608,48	9,97	14,67
150	53,00	1581,67	9,98	11,68
300	51,83	1230,60	8,02	11,45
600	51,67	1431,10	8,03	11,92
900	47,83	1181,22	8,15	11,43
1200	49,83	960,37	7,32	9,27
1500	48,67	794,12	7,75	8,00
Clone				
Clone1	55,46	1283,28	9,02	10,59
Clone2	49,13	1444,25	8,57	13,19
F _{dose}	3,80**	27,49**	8,40**	18,79**
F _{clone}	19,14**	8,13**	1,85ns	33,46**
F _{dosexclone}	0,55ns	5,09**	1,31ns	3,76**
CV%	12,52	34,33	19,29	28,44

A aplicação do sulfentrazone sobre as plantas de eucalipto reduziu o crescimento em altura de 9 a 15%, ao comparar a maior dose com a testemunha, sendo ajustadas à equações exponenciais. Para o clone VCP1 a redução foi de 65 cm para 55 cm, e para o VCP2 de 55 cm para 50 cm sendo que houve estabilização da perda em altura a partir da dose de 300 mL ha⁻¹ para ambos clones, sendo representado por equações exponenciais (Figura 14). Observou-se também desenvolvimento significativamente maior do clone VCP1 em relação ao VCP2, ao redor de 8%.

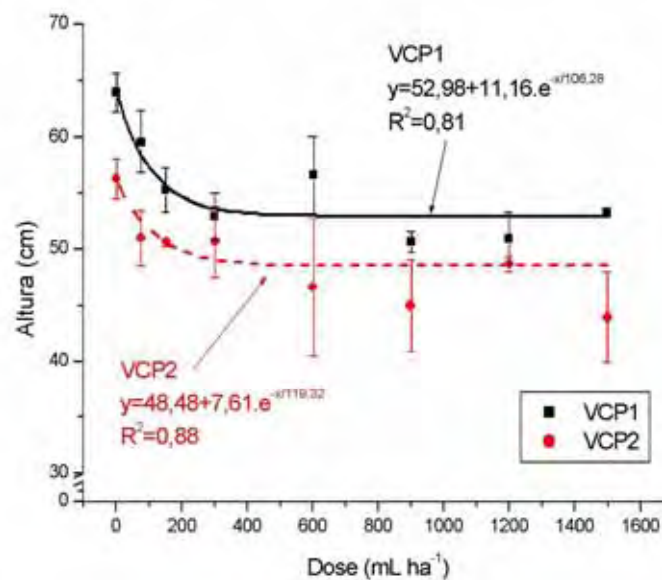


Figura 14 – Altura de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de sulfentrazone.

Para área foliar, a redução foi de cerca de 2400 cm² para 800 cm² por planta para o VCP1, redução de 66%, representada por uma equação exponencial e de 1800 cm² para 800 cm² por planta para o VCP2, redução de 44%, representada por uma equação linear (Figura 15). Na análise de desdobramento de fatores, para as médias de dose dentro do clone, a redução da área foliar tornou-se crítica a partir da dose de 75

mL ha⁻¹ no VCP1, no entanto, para a o VCP2, foi de 1200 mL ha⁻¹, novamente indicando maior tolerância do deste clone comparado ao primeiro (Tabela 5).

No caso da massa seca de caule, observou-se redução de 12,0 para 8,0 g planta⁻¹, cerca de 30%, sendo representado por uma equação exponencial (Figura 16).

Para massa seca das folhas a redução foi de 58%, sendo de 17,0 g para 7,0 g por planta do VCP1, e 43% para o VCP2, sendo de 16,0 g para 9,0 g sendo representado por equação exponencial e linear para os clones VCP1 e VCP2, respectivamente (Figura 16).

Para o VCP1 houve redução de 0,002 g de massa seca de folhas para cada mL de sulfentrazone aplicado para uma massa seca de folha máxima estimada em 17,0 g planta⁻¹ e no caso do VCP2, a queda foi de 0,004 g para uma massa seca de caule máxima estimada em 16,0 g planta⁻¹. A análise de desdobramento de fatores, para média de clones dentre de dose, indicou sendo a dose de 150 mL ha⁻¹ a dose crítica para o VCP1 e 1200 mL ha⁻¹ para o VCP2 (Tabela 7). TAKAHASHI et al. (2006a) não encontraram efeito significativo do sulfentrazone na dose de 600 a 1000 mL ha⁻¹ sobre altura de eucalipto tanto aos 30 como 90 dias após aplicação. Entretanto, este produto causou a perda de dominância apical das plantas e, conseqüentemente, a ocorrência de bifurcação.

RONCHI e SILVA (2003) obtiveram queda de 32% na altura, 46% na biomassa da parte aérea e 51% da biomassa radicular quando mudas de café receberam aplicação de sulfentrazone na dose de 1.200 mL ha⁻¹ comparado com a testemunha. De maneira semelhante ARRUDA et al. (1999) observaram que a soja (BR-16) apresentou baixa tolerância ao sulfentrazone, uma vez que o herbicida reduziu a área foliar, o acúmulo de massa seca, a altura das plantas e o comprimento das raízes. Do mesmo modo, BLANCO e CORREA (2005) mostraram o crescimento de diversas culturas que sucederam a soja e que o sulfentrazone afetou significativamente o crescimento e rendimento das culturas de milho e aveia, o que indica que pode haver também o efeito de absorção do herbicida através das raízes.

O efeito negativo do sulfentrazone ocorreu porque seu modo de ação se caracteriza como destruidor de membranas celulares, inibindo a enzima protox,

havendo acúmulo de protorfirina IX, o que leva a peroxidação do O_2 e por consequência, a destruição das membranas (DAN HASS, 1993).

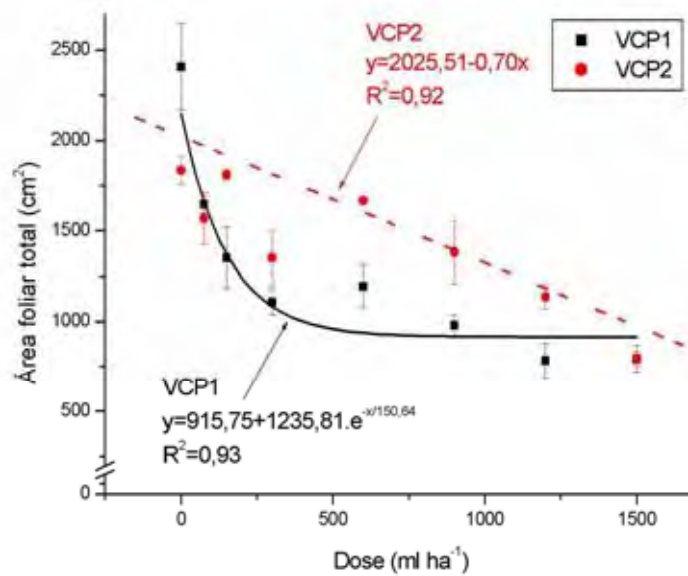


Figura 15 – Área foliar total de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de sulfentrazona.

Tabela 7 – Área foliar total e massa seca de folhas de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de oito doses de sulfentrazone.

Clone	Dose (mL ha ⁻¹)							
	0	75	150	300	600	900	1200	1500
Área foliar (cm ² planta ⁻¹)								
	2408,1	1647,0	1351,3	1108,8	1194,7	979,9	782,9	793,4
VCP1	Aa	Ba	BCb	CDa	BCDb	CDb	Db	Da
	1837,0	1569,9	1812,0	1352,4	1667,5	1382,4	1140,5	794,8
VCP2	Ab	Aba	Aa	Aba	Aa	ABa	BCa	Ca
Massa seca folha (g planta ⁻¹)								
	17,2	14,1	10,4	9,5	8,3	9,6	8,3	7,2
VCP1	Aa	ABa	BCa	Cb	Cb	Cb	Ca	Ca
	16,1	15,2	12,9	13,3	15,6	13,3	10,2	8,8
VCP2	Aa	Aa	ABCa	ABa	Aa	ABa	BCa	Ca

(*) Letras maiúsculas comparam doses dentro de cada clone e minúsculas clones dentro de cada dose. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

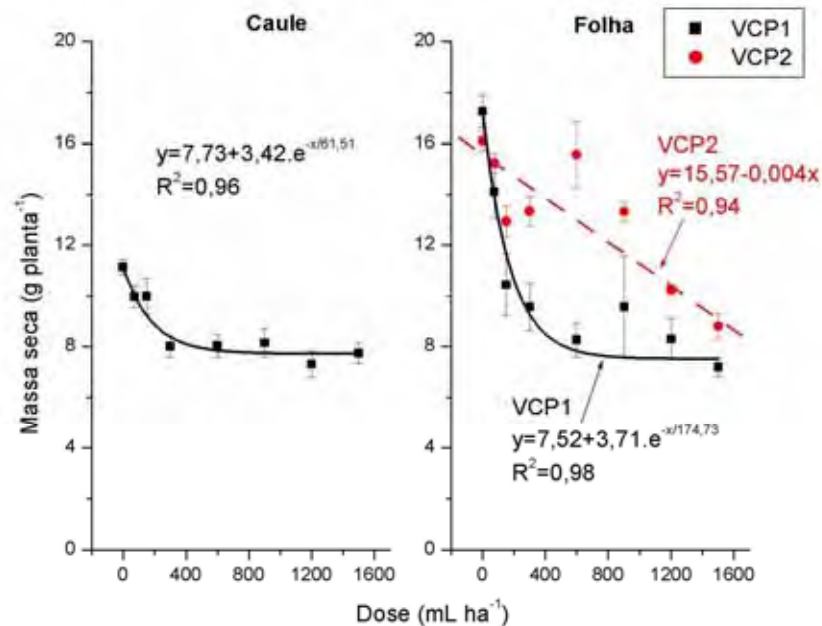


Figura 16 – Massa seca de caule e folha de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, 30 DAA de diferentes doses de sulfentrazone.

Quanto as respostas diferenciadas dos clones de *E. grandis* x *E. urophylla* no presente estudo, fato semelhante foi obtido por SILVA et al. (1994) os quais detectaram que o *E. grandis* e *E. saligna* foram as espécies mais tolerantes a aplicação do oxyfluorfen, *E. camaldulensis* foi a intermediária e *E. citriodora*, a mais sensível. Mostrando que a tolerância aos herbicidas ocorrem também a nível de espécie. PROCÓPIO et al. (2003) já observaram a mesma tendência nas variedades de cana-de-açúcar e soja em relação aos herbicidas. DUARTE et al (2006) sugere que isto pode estar relacionado à diferença na penetração do produto na planta. A penetração dos herbicidas nas plantas é essencial para sua eficiência e pode ocorrer através dos tecidos vegetais (estruturas aéreas e subterrâneas), pelas sementes, radícula e caulículo (SILVA, 2000).

Neste trabalho, os materiais genéticos responderam de forma significativamente diferenciada para área foliar total e massa seca das folhas, parâmetro importante para

os processos bioquímicos e fisiológicos da planta, e que podem implicar em desenvolvimento diferenciado ou mesmo na qualidade da madeira. Isto indica que materiais genéticos podem ser utilizadas como ferramenta do manejo florestal, isto é, em casos onde a probabilidade de ocorrência de deriva de herbicidas são maiores plantar o clone VCP2 e áreas menos prováveis o clone VCP1.

V. CONCLUSÕES

A partir destes estudos conclui-se que os herbicidas clomazone e sulfentrazone, mesmo em sub doses, simulando a deriva, reduzem significativamente o crescimento de *E. grandis* x *E. urophylla*.

A dose crítica do herbicida clomazone foi de 800 e 1200 mL ha⁻¹, para os clones VCP1 e VCP2, respectivamente. Já para o herbicida sulfentrazone a dose crítica foi de 75 mLha⁻¹ para o clone VCP1 e 1.200 mLha⁻¹ para o clone VCP2.

Os materiais genéticos responderam de forma significativamente sendo o clone VCP2 mais tolerante.

A avaliação da deriva destes herbicidas sobre o crescimento eucalipto por um período mais longo será essencial para determinar a capacidade regenerativa dos mesmos.

VI. REFERÊNCIAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtos de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico**: ano base 2005. 21 p. Brasília, 2006.

ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P.; FARIAS, M. A.; TAKAHASHI, E. N.; FRANCISCATTE, W.; FERRAZ, C. F. Consequências da deriva de glifosato em plantas de Eucalipto In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DA PLANTA DANINHA, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** p. 211.

ANUÁRIO brasileiro da cana-de-açúcar 2005. Disponível em: http://www.anuarios.com.br/port/2005/cana_de_acucar/default.php. Acesso em: 31 out. 2006.

ARRUDA, J. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. Crescimento de plantas de soja em função de doses de sulfentrazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 375-386, 1999.

BAUMANN, P. A.; DOTRAY, P. A.; PROSTKO, E. P. **Herbicides How they work and symptoms they cause.** Disponível em: [http://stephenville.tamu.edu/~butler/foragesoftexas/weed control/hermode.pdf](http://stephenville.tamu.edu/~butler/foragesoftexas/weed_control/hermode.pdf). Acesso em: 31 jan. 2007.

BLANCO, F. M. G; CORRÊA, L. E. A. Avaliação na seletividade e persistência do herbicida sulfentrazone na cultura do milho (*Pennisetum americanum* L.) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** p. 556.

CEZARINO, V. Isoxaflutole- Nova molécula herbicida para as culturas de cana-de-açúcar e do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTA DANINHA, 21., 1997, Caxambú. **Palestras e Mesas Redondas...** p.79-84.

COSTA, A. G. F.; ALVES, P. L. C. A.; MORELLI, M. C.; PAVANI, D. Períodos de interferência de trapoeraba (*Commelina benghalensis* Hort.) no crescimento inicial de

Eucalipto (*E. grandis* W. Hill ex Maiden). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p.471-478, 2004.

COSTA, E. A. D.; MATALO, M. B.; MACEDO, E. C.; ROZANSKI, A. Eficiência de isoxaflutole aplicado em pré-emergência de plantas daninhas em áreas reflorestadas com Pinus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS 23., 2002a, Gramado. **Resumos...** p. 560.

COSTA, E. A. D.; MATALO, M. B.; ROZANSKI, A.; MACEDO, E. C. Eficiência de isoxaflutole em solo argiloso aplicado em pré-emergência aplicado em plantas daninhas em área reflorestada com Eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 23., 2002b, Gramado. **Resumos...** p. 561.

DAN HASS, F. Herbicide effects on plant structure, physiology and biochemistry. In: _____. **Pesticide interactions in crop production**. Local: CRC Press, 1993. p. 13-34,

DUARTE, N. F.; KARAM, D.; SÁ, N.; CRUZ, M. B.; SCOTTI, M. R. M. Seletividade de herbicidas sobre *Myracrodouon urundeuva* (Aroeira). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p.329-337, 2006.

FUNGUETTO, C. I.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; DODE, L. B. Detecção de sementes de soja geneticamente modificada tolerante ao herbicida glifosate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 130-138, 2004.

KOZLOWSKI, T.; PALLARDY, S.G. **Physiology of woody plants**. 2nd ed. Sand Diego: Academic Press, 1997. 20 p.

KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; CHRITOFFOLETI, P. J.; PITELLI, R. A.; ALVES, P. L. C. A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 323-330, 2001.

LASALA, A. V.; JINGLE, J. K. The effect of seasonal and climatic factors on *E. obliqua* mortality in response to stem injection of glyphosate. **Tasforests**, v. 12, p. 11-20, 2000.

MACEDO, E. C.; COSTA, E. A. D.; ROZANSKI, A.; MATALO, M. B. Eficiência de isoxaflutole em solo arenoso aplicado em pré-emergência aplicado em plantas daninhas em área reflorestada com Eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** p. 562.

MELHORANÇA, A. L.; MELHORANÇA FILHO, A. L. Seletividade do herbicida sulfentrazone em diversas cultivares de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** p. 430.

MIELKE, S. M.; OLIVA, M. A.; BARROS, N. F.; PENCHEL, R. M.; MARTINEZ, C. A.; FONSECA, S.; ALMEIDA, A. C. Stomatal control of transpiration in the canopy of a clonal *Eucalyptus grandis* plantation. **Trees**, n.13, p. 152-160, 1999.

MONSANTO. **Monsanto pesquisa soja tolerante à seca e à ferrugem.** Disponível em: <<http://www.estadao.com.br>>. Acesso em: 15 jun 2005.

OLIVEIRA, A. F.; FOLONI, L. L.; PLESE, L. P. M. Sulfentrazone aplicado em faixas na linha da cultura da laranja (*Citrus sinensis* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 23., 2002a, Gramado. **Resumos...** p. 534.

OLIVEIRA, A. F.; FOLONI, L. L.; PLESE, L. P. M. Sulfentrazone aplicado em pós-emergência, em faixa na linha de laranja nova (*Citrus sinensis* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 23., 2002b, Gramado. **Resumos...** p. 535.

PITELLI, R. A. ; MARCHI, S. R. Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamento. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** p.110-123.

PROCÓPIO, S.O. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. In: PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2003. **Resumos...** p.50.

REPORTER TERRA. **Conheça as razões de quem defende os transgênicos.** Disponível em: <<http://www.terra.com.br>>. Acesso em: 15 jun. 2005.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas** 4. ed. Londrina. Edição dos Autores, 648 p., 1998.

- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**. v .21, n. 3, p. 421-426, 2003.
- SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A.; TAKAHASHI, E. N.; FERRAZ, C. F. Efeito da deriva de glifosato em dois clones de Eucalipto In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DA PLANTA DANINHA, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** p. 211.
- SAMPAIO T. F.; TAKAHASHI, E. N.; ALVES, P. L. C. A; SILVA, A. C.; RANGEL T. M.; BIAGIONI, B. T.; MARTINS, J. C. Avaliação de eficácia de géis hidroretentores sobre clones de *E. urograndis*. In: FERTBIO: A BUSCA PELAS RAÍZES, 2006, Bonito. **Anais...** 1 CD-ROM.
- SBS. Sociedade Brasileira Silvicultura. **REFLORESTAMENTO POR REGIÃO**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/reflorestamentporregiao.doc>>. Acesso em: 05 fev. 2007.
- SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologyca**, v.1, n. 3, p.231-233, 1975.
- SILVA, A. A. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2000. 260 p.
- SILVA, C. R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 2005. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.
- SILVA, W. ; SILVA, J. F.; CARDOSO, A. A.; Barros, N. F. Tolerância de *Eucalyptus* spp a diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 287-300, 1994.
- SOUZA, L. S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de eucalipto (*E. grandis*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 343-354, 2003.
- TAKAHASHI, E. N.; SILVA. A. C.; JACOB, W. S.; HAKAMADA, R. E. Efeito da decomposição da *Brachiaria decumbens* no desenvolvimento de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*. In: Congresso Brasileiro de Ciência da Planta Daninha, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** p. 5.

- TAKAHASHI, E. N.; ALVES, P. L. C. A.; SILVA, A. C., FRANCISCATTE, W.; PAZOTTI, A.; OLIVEIRA, J. M.; SILVA, C. J. Effects of *Brachiaria decumbens* management in the growth of hybrid clones of *Eucalyptus*. In: Congreso de la Asociación Latino Americana de Malezas, 17., 2005, Cuba. **Anais...** 1 CD-ROM.
- TAKAHASHI, E. N.; PATROCÍNIO, D. D.; ALVES, P. L. C. A.; SILVA, C. R.; ADRIANO, S. A. Consequência do uso de três herbicidas pré-emergentes no desenvolvimento de clone de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 25., 2006a, Brasília. **Resumos...** p. 438.
- TAKAHASHI, E. N.; SILVA, A. C.; RANGEL, T. M.; SAMPAIO, T. F.; BIAGIONI, B. T. Production of hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones on different soil types. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO, 6., 2006b, Passo Fundo. **Resumos e Palestra...** 1 CD-ROM.
- TAKAHASHI, E. N.; SILVA, A. C.; VALLE, C. V.; SILVA, C. R.; JACOB, W. S.; RANGEL, T. M. Hybrids clone (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) growth under irrigation and fertigation on sandy soils in Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST SOILS AND ECOSYSTEM HEALTH, 2007a. **Resumos...** p. 107.
- TAKAHASHI, E. N.; ZANETTI V. T.; TEDESCO, F. R.; SCARPINATI, E. A.; MARTINS F.; BIAGGIONI, B. T. Relationship between leaf area and *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones cutting production. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST SOILS AND ECOSYSTEM HEALTH, 2007b. **Resumos...** p.109.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3rd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc, 2002. 792 p.
- TIMOSSI, P. C.; ALVES, P. L. C. A. Efeitos da simulação de deriva de clomazone em plantas de laranjeira 'HAMLIN'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, 2001.
- TOLEDO, R.; ALVES, P. L. C. A.; VALLE, C. V.; ALVARENGA, S. A. Manejo de *Brachiaria decumbens* e seu reflexo no desenvolvimento de *E. grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 129-41, 1999.

TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; BARROS, N. F.; FERREIRA, L. R.; SIQUEIRA C. H.; MACHADO, A. F. L. Simulação da deriva do glyphosate em eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DA PLANTA DANINHA, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** p. 209.

VIDAL, R .A.; FLECK, N. G. Controle de girassol espontâneo com herbicidas pós-emergentes seletivos para soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 4, p.549-60, 1992.

WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo de solo no Vale do Paraíba-SP**. Piracicaba, 2005. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.