

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO

LUIZ NERI BERTÉ

**SELETIVIDADE DE FORMULAÇÕES DE CLOMAZONE APLICADO EM
PRÉ E PÓS EMERGÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
PINHÃO-MANSO**

Marechal Cândido Rondon-PR

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO

LUIZ NERI BERTÉ

**SELETIVIDADE DE FORMULAÇÕES DE CLOMAZONE APLICADO EM
PRÉ E PÓS EMERGÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
PINHÃO-MANSO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Neumárcio Vilanova da Costa

Co-orientador: Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Marechal Cândido Rondon-PR

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO**

LUIZ NERI BERTÉ

**SELETIVIDADE DE FORMULAÇÕES DE CLOMAZONE APLICADO EM
PRÉ E PÓS EMERGÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
PINHÃO-MANSO**



A DEUS, ao meu papai Luiz Berté (*in memoriam*) e a toda minha família, pelo apoio de cada dia e o amor incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por estar sempre me guiando para bons caminhos e depois de várias lutas me abençoar mais uma vitória em minha vida.

Ao meu papai Luiz Berté (*in memoriam*) que sempre me apoiou em minhas decisões, esteve sempre ao meu lado, e me ensinou muitos valores de vida, que por mais que sejam simples, sem eles seria difícil alcançar esse objetivo e seguir em frente.

A minha família, mamãe Florita, minha irmã Shirley, meus sobrinhos Livia e Miguel, meu cunhado Alex, minha namorada Angela, por todo amor e o apoio, principalmente nos momentos difíceis e por toda a alegria nos bons momentos que compartilhamos juntos.

Ao meu Orientador Neumárcio Vilanova da Costa por sua atenção, paciência, compreensão e ensinamentos valiosos transmitidos, que sem dúvidas, foram imprescindíveis ao desenvolvimento deste trabalho. Ao meu Co-Orientador Paulo Sérgio Rabello do Oliveira, pela amizade e atenção desde a graduação e pelos ensinamentos repassados em sala de aula. Sou grato pela oportunidade de trabalhar com vocês.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, ao Curso de Agronomia, aos professores, aos funcionários e a toda a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, que oportunizou a realização deste trabalho e que foi minha casa por 7 anos.

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

Ao Núcleo de Estações Experimentais pela disponibilidade do local e material utilizado na condução do experimento.

A todos os professores do departamento de mestrado/doutorado que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A Marlboro e a Seleta que foram verdadeiros parceiros nas horas ruins.

Aos meus grandes e verdadeiros amigos Anderson Santin, André Luiz Piva, Charles Douglas Rossol, Cristiane Meinerz, Deise Dalazen Castagnara, Éder Júnior Mezzalira, Jeferson Klein, José Edson Sacht, João Eroni Sacht, Lorena Noreto, Lucas Bulegon, Milciades Melgarejo, Sheila Cordeiro, Vanessa Mattiello, que sempre se dispuseram, em todos os momentos, a me ajudar, e também aos demais amigos e colegas com os quais convivi bons momentos e estiveram presentes nessa trajetória.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho, ficam aqui meus sinceros e verdadeiros agradecimentos.

SELETIVIDADE DE FORMULAÇÕES DE CLOMAZONE APLICADO EM PRÉ E PÓS EMERGÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO PINHÃO-MANSO

RESUMO

Devido à expansão do cultivo de pinhão-manso no Brasil são necessários estudos abrangendo o manejo agrônômico, especialmente no manejo de plantas daninhas, devido à susceptibilidade do pinhão-manso a competição e à escassez de informações. Assim, objetivou-se quantificar os efeitos de doses crescentes de clomazone no desenvolvimento inicial do pinhão-manso visando identificar doses seletivas do herbicida para a cultura. Para tal foram conduzidos dois ensaios sob o delineamento em esquema fatorial 2 x 5, em blocos casualizados com 4 repetições. O primeiro fator representou a combinação de duas formulações do herbicida clomazone, sendo utilizadas as formulações CS (suspensão de encapsulado) e CE (concentrado emulsionável) do produto comercial GAMIT 360 CS[®] e GAMIT 500 CE[®], respectivamente, e cinco dosagens: 0; 250; 500; 1000 e 2000 g ha⁻¹. No primeiro ensaio estudou-se a aplicação do clomazone em pré emergência e no segundo a aplicação em pós-emergência. Para a identificação dos efeitos do clomazone sobre a cultura foram investigados parâmetros biométricos, bioquímicos e fisiológicos. Nos ensaios de pré e pós emergência, a aplicação do clomazone ocasionou sintomas de fitointoxicação nas maiores dosagens utilizadas, evidenciados por sintomas de clorose foliar. Em ambos os ensaios e para todas as doses e formulações utilizadas, a altura de plantas e diâmetro do caule apresentaram incremento linear no decorrer do período de avaliações. Em pré emergência, a aplicação do clomazone prejudicou o desenvolvimento dos parâmetros biométricos, porém, no ensaio de pós emergência as alterações foram menos expressivas. Os parâmetros bioquímicos e fisiológicos foram afetados pela aplicação do clomazone em pré e pós emergência. A aplicação de clomazone em pré e pós emergência na cultura do pinhão-manso, nas formulações de suspensão de encapsulado (GAMIT 360 CS[®]) e concentrado emulsionável (GAMIT 500 CE[®]) até a dosagem de 2000 g ha⁻¹ promoveu sintomas intermediários de fitointoxicação e interferiu negativamente no desenvolvimento inicial e no acúmulo de massa seca pelas plantas. A recuperação das plantas após 51 dias quando da aplicação em pré emergência, e 42 dias na aplicação em pós emergência sugerem a existência de seletividade do clomazone para essa cultura em ambas formulações até a dose de 500 g ha⁻¹. No entanto, são necessários novos estudos de maior duração e que contemplem a produtividade da cultura para verificar os efeitos negativos do herbicida nos aspectos produtivos do pinhão-manso.

Palavras-chave: fitointoxicação, fotossíntese, *Jatropha curcas*, inibidor de carotenoides.

SELECTIVITY OF FORMULATIONS IN APPLIED clomazone PRE AND POST THE INITIAL DEVELOPMENT OF EMERGENCY JATROPHA

ABSTRACT

Due to the expansion of the cultivation of *Jatropha curcas*, in Brazil studies are needed covering agronomic management, especially in weed management, due to the susceptibility of *Jatropha curcas* the competition and lack of information. Thus, the objective was to quantify the effects of increasing doses of clomazone in the initial development of the *Jatropha curcas* to identify selective herbicide doses for culture. To this end, two experiments were conducted in the randomized factorial 2 x 5 in randomized blocks with 4 replications. The first factor representing the combination of two formulations of the herbicide clomazone being used CS (suspension of encapsulated) formulations and EC (emulsifiable concentrate) the commercial product GAMIT and 360 CS ® 500 EC ® and five dosages 0; 250; 500; 1000 and 2000 g ha⁻¹. In the first experiment we studied the application of clomazone reemergence and second applying post-emergence. To identify the effects of clomazone on culture biometric, physiological and biochemical parameters were investigated. In trials of pre and post emergence, application of clomazone herbicide symptoms caused the higher dosages used, as evidenced by symptoms of leaf chlorosis. In both trials and for all doses and formulations used, plant height and stem diameter showed a linear increase during the trial period. In pre emergence, application of clomazone hindered the development of biometric parameters, however, the post emergence test the changes were less dramatic. The biochemical and physiological parameters were affected by the application of clomazone in pre and post emergence. The application of clomazone in pre and post-emergence in the culture of *Jatropha*, the suspension formulations of encapsulated (GAMIT 360 CS ®) and emulsifiable concentrate (EC GAMIT 500 ®) to a dose of 2000 g ha⁻¹ produced an intermediate symptoms phytointoxication and negatively affect early development and dry matter accumulation by plants. The recovery of plants after 51 days when applied before emergence, and 42 days in the post application emergency suggest the existence of clomazone selectivity for this crop in both formulations until the dose of 500 g ha⁻¹. However, further studies needed for longer duration and are contemplating the crop to verify the negative effects of the herbicide in the production of *jatropha* aspects.

Keywords: plant injury, photosynthesis, *Jatropha curcas*, inhibitor of carotene.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Sítios de atuação dos herbicidas inibidores da síntese de carotenóides..... 21
- Figura 2.** Estrutura química do herbicida clomazone 22
- Figura 3.** Médias coletadas a cada 10 dias de temperaturas mínima, média e máxima, média da umidade relativa do ar e média de precipitação durante os meses do período experimental. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013..... 24
- Figura 4.** Fitointoxicação de plantas de pinhão-mansó até os 50 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013 33
- Figura 5.** Altura de plantas de pinhão-mansó até os 56 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013 34
- Figura 6.** Diâmetro do caule de plantas de pinhão-mansó até os 56 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013..... 35
- Figura 7.** Área foliar total (AFT) de plantas de pinhão-mansó aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013..... 36
- Figura 8.** Matéria seca total (MST), de plantas de pinhão-mansó aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013..... 36
- Figura 9.** Número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) de plantas de pinhão-mansó aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013..... 38
- Figura 10.** Proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (*Ca*), clorofila *b* (*Cb*), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-mansó aos 56

dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 41

Figura 11. Condutância estomática de plantas de pinhão-manso até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 43

Figura 12. Transpiração de plantas de pinhão-manso até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 43

Figura 13. Concentração interna de CO₂ na câmara estomática de plantas de pinhão-manso até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 44

Figura 14. Eficiência do uso da água de plantas de pinhão-manso até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 45

Figura 15. Fitointoxicação de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 46

Figura 16. Altura de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 47

Figura 17. Diâmetro do caule de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 47

Figura 18. Área foliar total (AFT) de plantas de pinhão-manso aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 48

- Figura 19.** Matéria seca total (MST) de plantas de pinhão manso aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013..... 49
- Figura 20.** Proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (CA), clorofila *b* (CB), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-manso aos 42 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 51
- Figura 21.** Fotossíntese líquida de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013.....53
- Figura 22.** Condutância estomática de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013..... 53
- Figura 23.** Transpiração de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 201354
- Figura 24.** Concentração interna de CO₂ na câmara estomática de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013 55
- Figura 25.** Eficiência do uso da água de plantas de pinhão-manso até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013..... 56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. 25
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raíz (MSR) de plantas de pinhão-manso aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. 35
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (Ca), clorofila *b* (Cb), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-manso aos 56 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. 39
- Tabela 4.** Proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (Ca), clorofila *b* (Cb), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-manso aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. 40
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raíz (MSR) de plantas de pinhão-manso aos 42 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013 48
- Tabela 6.** Número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raíz (MSR) de plantas de pinhão-manso aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013 49
- Tabela 7.** Proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (CA), clorofila *b* (CB), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-manso aos 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013 50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 A cultura do Pinhão-manso.....	14
2.2 Manejo de Plantas Daninhas na Cultura do Pinhão-manso	15
2.3 Herbicidas pré e pós emergentes	156
2.4 Seletividade dos herbicidas na cultura do pinhão-manso	18
2.5 Herbicidas inibidores da síntese de carotenóides	20
2.6 Clomazone	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Localização e caracterização da área experimental	24
3.2 Delineamento experimental	25
3.3 Implantação e condução do experimento	25
3.4 Determinação das variáveis estudadas	27
3.5 Análise estatística dos dados.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Aplicação de clomazone no pinhão-manso em pré-emergência.....	32
4.2 Aplicação de clomazone no pinhão-manso em pós-emergência	45
5 CONCLUSÕES	57
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1 INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) caracteriza-se como uma planta perene, pertencente à família Euphorbiaceae, também conhecida como uma cultura rústica, adaptada a condições climáticas extremas (SATURNINO et al., 2005).

Devido ao seu elevado teor de óleo encontrado em suas sementes, variando entre 33 a 38% e representando cerca de 53 a 79% da massa do fruto, possui características para utilização na produção de biodiesel (ARRUDA et al., 2004; DIAS et al., 2007; KUMAR et al., 2008). Nos últimos anos, a área cultivada com o pinhão-manso expandiu-se no Brasil, tendo uma área plantada acima de 26 mil hectares (ROCHA et al., 2010). Entretanto, são escassas as informações técnicas científicas sobre os aspectos agronômicos básicos desta cultura (HORSCHUTZ et al., 2012), bem como os estudos que contemplam suas exigências de manejo (FERNANDES et al., 2013).

Dentre os fatores abióticos e bióticos que representam risco à cultura do pinhão-manso podendo interferir na produtividade, destaca-se a competição com as plantas daninhas (ROCHA et al., 2010). Os efeitos negativos mais marcantes são observados na fase de implantação no cultivo de *J. curcas* (SATURNINO et al., 2005), e quando persistente, podem comprometer o crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas (ERASMO et al., 2009).

Para o manejo de plantas daninhas em áreas extensas cultivadas com pinhão-manso, o método químico pode vir a ser o mais indicado devido às características como eficiência, rapidez e economia (GONÇALVEZ et al., 2009). Porém, ainda há escassez de informações sobre a tolerância do pinhão-manso aos herbicidas registrados no Brasil (ROCHA et al., 2010). Atualmente não existem herbicidas registrados para essa cultura (GONÇALVEZ et al., 2009; AGROFIT, 2013).

Porém, o sucesso do controle químico depende da seletividade dos produtos usados (RIZZARDI et al., 2003). Assim, para a utilização desse método de controle no pinhão-manso, são necessários estudos para identificar herbicidas seletivos (GONÇALVEZ et al., 2009), considerando não somente os padrões fenológicos da cultura (FERNANDES et al., 2013), mas também as intoxicações provocadas pelos produtos (GALON et al., 2009).

Por ser uma planta rústica adaptada as diferentes condições ambientais e sensíveis a competição com plantas daninhas, no presente estudo, objetivou-se verificar a relação entre o comportamento no desenvolvimento inicial de pinhão-manso, testando a hipótese de que diferentes formulações devem apresentar um desempenho diferente na seletividade do

herbicida clomazone aplicado em diferentes dosagens e em dois momentos distintos da implantação e manejo da cultura. Para isso, no presente trabalho foram investigados parâmetros biométricos, bioquímicos e fisiológicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do Pinhão-manso

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) tem seu centro de diversidade ainda indeterminado, mas provavelmente está localizado na América do Sul (FERNANDES et al., 2013), pois a grande maioria dos relatos e estudos, afirmam que a espécie tem sua origem no Brasil (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2006).

Atualmente, a cultura pode ser encontrada de forma espontânea em quase todas as regiões intertropicais, ocorrendo em número bastante reduzido nas regiões temperadas e em maior escala nas regiões tropicais (HELLER, 1996; GÜBITZ et al., 1999; SWOT, 2002; ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2006), sendo amplamente cultivada ao longo da América Central, África e Ásia (FERNANDES et al., 2013).

As sementes de pinhão-manso contêm em sua composição cerca de 38% de óleo (SOUZA et al., 2009), os quais podem tornar-se o combustível para motores diesel (LOPES et al., 2013). Essas características associadas ao fato de o Brasil ser um país mundialmente conhecido na área dos biocombustíveis (CINI et al., 2013), foram as responsáveis por fazer com que o pinhão-manso tenha se destacado no cenário mundial como planta promissora para a produção de biodiesel (SIQUEIRA et al., 2013), sendo considerada uma oleaginosa estratégica para produção desse biocombustível (LOPES et al., 2013).

Além do fortalecimento e diversificação da matriz energética nacional, o pinhão-manso se destaca pela sua função social, pois pode contribuir para a permanência do homem no campo, uma vez que a cultura possui amplo potencial agrícola (FRANCIS et al., 2005). Segundo Andrade et al. (2007) a cultura do pinhão-manso produz anualmente no mínimo 2 toneladas de sementes por hectare condicionada aos tratamentos culturais utilizados. Drummond et al. (2010) obtiveram no Sertão do São Francisco - PE, produtividades de grãos entre 2853 e 3542 kg ha⁻¹, em plantas com 12 meses de idade sob sistema irrigado.

No Brasil há uma área implantada com o pinhão-manso estimada em 26 mil hectares, com uma produção estimada em 116 mil toneladas de grãos (CONAB, 2011).

O pinhão-manso é uma espécie arbustiva (FERNANDES et al., 2013), perene, monóica, pertencente à família das Euphorbiaceae (BECKER; MAKKAR, 2008) possuindo crescimento rápido (OLIVEIRA et al., 2007).

A precipitação pluviométrica é um dos eventos climáticos que mais influência na fenologia do pinhão-manso (PARENTE et al., 2009), cujas principais fenofases são a abscisão

foliar, formação de folhas novas, floração e frutificação (SANTOS et al., 2010). A quantidade de frutos é determinada pelo número de flores femininas e sua fecundação (FERNANDES et al., 2013).

As plantas de pinhão-mansão iniciam sua fase reprodutiva aos dez meses após o plantio, porém, a produção aumenta progressivamente até o terceiro ou quarto ano e pode durar até 40 anos (MARTINS et al., 2008).

Dentre as características agronômicas que facilitam o seu cultivo, destacam-se o ciclo perene, rápido crescimento, fácil propagação, baixo custo de sementes e elevado teor de óleo (SUJATHA et al., 2008), além da baixa exigência hídrica, aproximadamente 600 mm anuais (SARTUNINO et al., 2005).

As perspectivas favoráveis ao cultivo agrônomico do pinhão-mansão devem-se à possibilidade da cultura ocupar solos inaptos a outras atividades agrícolas, como os arenosos e os de pouca fertilidade (ACHTEN et al., 2008), e ao fato de ser uma cultura bastante responsiva à adubação, principalmente quando aplicado na forma organomineral (SILVA et al., 2011).

Na implantação de cultivos comerciais recomenda-se que sejam utilizadas sementes ou mudas provenientes de sementes, pois essa prática possibilita a obtenção de plantas mais vigorosas e de maior longevidade, entre 30 e 50 anos (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Em relação às características do solo deve-se atentar para os teores de Al^{+3} , que quando elevados limitam o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea (STEINER et al., 2012). O cultivo pode ser realizado sob diversos sistemas, dentre eles o convencional e o consorciado com outras culturas nos dois primeiros anos (SATO et al., 2009).

Apesar de existirem algumas recomendações agronômicas, a grande maioria é restrita a condições pontuais, não sendo extrapoláveis para outras regiões e ambientes de cultivo. O pinhão-mansão é tido como uma cultura agrícola de fácil manejo quando comparado com grandes culturas, entretanto, muitos estudos agrônomicos ainda são necessários para se determinar a tecnologia de cultivo mais adequada para cada situação (VERAS et al., 2011).

2.2 Manejo de Plantas Daninhas na Cultura do Pinhão-mansão

Da mesma forma que para outras culturas, os cultivos comerciais de pinhão-mansão podem ser afetados por fatores bióticos e abióticos, dentre os quais se destaca a interferência

das plantas daninhas (ROCHA et al., 2010). A presença de plantas infestantes causa interferências negativas, sobretudo em plantas jovens, comprometendo o seu crescimento e desenvolvimento vegetativo (ERASMO et al., 2009).

A interferência negativa das plantas daninhas nas plantas de pinhão-mansão, além de ser promovida pela competição por recursos do meio, como água, luz e nutrientes (ARRUDA et al., 2004), pode ser ocasionada pela liberação de substâncias alelopáticas prejudiciais e pela hospedagem de pragas e/ou insetos transmissores de doenças (GONÇALVES et al., 2009).

Durante o estágio inicial de desenvolvimento, as plantas de pinhão-mansão são mais suscetíveis à competição com as plantas daninhas sendo necessária a intervenção, através do controle mecânico ou uma possível aplicação de herbicidas durante a fase de estabelecimento da cultura (SATURNINO et al., 2005).

O controle mecânico é utilizado em cultivos familiares devido à disponibilidade da mão-de-obra familiar para as capinas, no entanto, ao ser extrapolado para cultivos comerciais, torna-se economicamente inviável devido aos gastos com mão-de-obra contratada. Assim, para cultivos extensivos, herbicidas seletivos aplicados em pré ou pós emergência das plantas daninhas podem ser uma excelente alternativa (ERASMO et al., 2009), por ser um método geralmente eficiente e rápido, e com menor dependência de mão-de-obra (ROCHA et al., 2012).

No entanto, no Brasil ainda não existem herbicidas registrados para utilização no pinhão-mansão (ROCHA et al., 2010) e são poucos os estudos realizados com essa finalidade (ERASMO et al., 2009; COSTA et al., 2009; GONÇALVES et al., 2009; ROCHA et al., 2010; GONÇALVES et al., 2011), por esse motivo, trabalhos que abordem o manejo de plantas daninhas na cultura do pinhão-mansão, especialmente o manejo químico são necessários para fundamentar cientificamente as recomendações de tratamentos culturais para a cultura.

2.3 Herbicidas pré e pós emergentes

Os herbicidas possuem diversas classificações, dentre as quais se destaca a referente à época de aplicação, essa reflete a eficiência de absorção por diferentes estruturas das plantas. Devido ao fato que praticamente todos os herbicidas devem ser aplicados em um determinado momento para que o controle das plantas daninhas e sua seletividade sejam maximizados.

Segundo Aida e Kluthcouski (2004), herbicida pré emergente é a substância que controla as plantas daninhas se aplicada uniformemente sobre o solo úmido após a brotação

das plantas daninhas. Como sua aplicação é feita antes ou após a semeadura ou plantio, mas antes da emergência das plantas daninhas, devido a esse fato a eficácia desses produtos depende muito da disponibilidade de água no solo, uma vez que atuam sobre o processo de germinação de sementes e/ou sobre o crescimento radicular.

Seu uso está relacionado a propiciar a cultura um bom estabelecimento e desenvolvimento inicial, uma vez que segundo Pitellie Marchi (1991), a interferência imposta pelas plantas daninhas é mais severa principalmente na fase inicial de crescimento. Em culturas semelhantes, que se realiza a implantação via muda como o eucalipto, à aplicação de pré emergentes tem proporcionado menor competição e melhor estabelecimento e crescimento, reduzindo o número de plantas mortas e homogeneizando o desenvolvimento das plantas, desde que as condições de fertilidade e umidade do solo estejam adequadas (RODRIGUES, 2005).

O uso desses produtos por parte dos produtores geralmente se dá de forma incorreta, uma vez que esses acreditam que a presença de palhada sobre a superfície do solo minimiza a sua eficiência, e usam doses maiores que a recomendada, o que pode acarretar uma forte contaminação ambiental. Esse fato pode estar levando a marginalização desses produtos cada vez menos utilizados em sistemas de semeadura direta (ROSSI, 2007).

Entretanto, alguns trabalhos mostram que esses não têm sua dinâmica alterada, Almeida (1992) estudando a dinâmica de cyanazine + metolachlor não encontraram diferença no controle de invasoras no sistema convencional ou de semeadura direta. Erbach & Lovely (1975) não observaram diferença no controle de plantas daninhas, utilizando o atrazine, em áreas com 4 t ha^{-1} de matéria seca de milho.

Herbicidas pós emergentes referem-se aquelas realizadas quando as plantas daninhas encontram-se emergidas (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2004), nesse caso o herbicida deve ser absorvido em maior parte via foliar, além de normalmente a cultura em questão apresentar tolerância ao determinado produto aplicado. Nessa situação a idade das plantas daninhas tem grande importância, na eficiência da aplicação, sendo normalmente feitas em fases precoces do desenvolvimento das plantas daninhas, o que geralmente compreende entre 3 a 4 pares de folhas para dicotiledôneas, e antes da fase de perfilhamento para as gramíneas.

Para que seja utilizado como pós emergente, o herbicida deve apresentar à característica de seletividade, que segundo Aidar e Kluthcouski (2004) é a especificidade que o herbicida possui na sua ação, ou seja, quando aplicado na área de plantio, não afeta de forma danosa a cultura principal, embora controle eficientemente as plantas daninhas.

Nessas condições a seletividade é total, porém nem sempre os sintomas de fitointoxicação estão ausentes, esses variam de acordo com o mecanismo de ação de cada produto. Entretanto a cultura deve apresentar a capacidade de se desintoxicar, utilizando-se de diferentes mecanismos de defesa. Oliveira Jr. et al. (2006), observaram que não foram verificadas reduções de produtividade em função da aplicação de associações de herbicidas pós emergentes na soja, mesmo essa apresentando sintomas de intoxicação. Nelson et al. (2007), explicam que a seletividade expressa pelas plantas varia em função da dose e época de aplicação do herbicida.

2.4 Seletividade dos herbicidas na cultura do pinhão-mansão

A seletividade se dá pela capacidade de um determinado herbicida eliminar plantas daninha, que se encontram no mesmo ambiente da cultura sem causar efeitos fitotóxicos capazes de reduzir a produtividade e/ou prejudicar a qualidade do produto colhido (VELINI et al., 1992). Essa característica ocorre pela translocação reduzida do produto nas plantas, ou pela detoxificação da molécula (SILVA; SILVA, 2009). Sua identificação é monitorada por meio de avaliações de fitointoxicação e do rendimento da cultura (BIFFE et al., 2010).

A seletividade dos herbicidas às culturas é a base para o sucesso do controle químico das plantas daninhas, sendo considerada uma resposta diferencial de diversas espécies de plantas a determinado herbicida (OLIVEIRA JR., 2001; DIAS et al., 2003; RIZZARDI et al., 2003).

A seletividade não pode ser determinada apenas pela verificação de sintomas visuais nas plantas. São conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem produzir efeitos visualmente detectáveis. Existem também casos de herbicidas que provocam injúrias bastante acentuadas às culturas, mas que permitem a plena recuperação das plantas e do potencial produtivo do cultivo (SILVA et al., 2003).

Dessa forma, quando se tem por objetivo estudar seletividade de herbicidas, é importante que se observem as intoxicações provocadas por eles, bem como os efeitos sobre o crescimento e a produtividade da planta cultivada em estudo (NEGRISOLI et al., 2004; GALON et al., 2009).

Em pinhão-mansão, poucos estudos dessa natureza foram realizados no Brasil, contudo, alguns herbicidas pré emergentes são recomendados para outras culturas da mesma família botânica do pinhão-mansão, como mamona, mandioca e seringueira (AGROFIT, 2013). Desta

maneira, espera-se que esses herbicidas apresentem seletividade ao pinhão-manso, no entanto, estes estudos ainda são incipientes e não conclusivos.

Estudos recentes realizados por Costa et al., (2012) em aplicações com jato dirigido no pinhão-manso, demonstraram que o diuron (1000 e 2000 g ha⁻¹) e as misturas com glyphosate + diuron (720 + 2000 g ha⁻¹, 1440 + 1000 g ha⁻¹ e 1440 + 2000 g ha⁻¹) prejudicaram o desenvolvimento e a atividade fotossintética, enquanto o glyphosate (720 e 1440 g ha⁻¹) e a mistura glyphosate + diuron (720 + 1000 g ha⁻¹), apresentaram bom potencial de seletividade.

Entretanto, os autores observaram sintomas de fitotoxicidade após a aplicação dirigida do glyphosate e do diuron isolados que corresponderam a amarelecimento das folhas imaturas do ápice do caule, e algumas folhas apresentaram coloração púrpura avermelhada. Os sintomas mais severos de intoxicação foram observados para as aplicações das misturas dos herbicidas avaliados, sendo que o amarelecimento foliar foi observado na planta inteira, seguido de bronzeamento e necrose, principalmente das folhas imaturas do ápice do caule.

Algumas folhas basais sofreram abscisão após dois ou três dias do surgimento dos sintomas severos de intoxicação. Costa et al. (2009), verificaram os mesmos sintomas após a simulação da deriva de glyphosate em dose superior a 45 g ha⁻¹, abaixo desse valor não foram observados sintomas de fitointoxicação em plantas de pinhão-manso.

Gonçalves et al. (2011) avaliando a seletividade de herbicidas aplicados em pós emergência em pinhão-manso concluíram que o fluazifop-p-butil e glyphosate nas menores doses (100 e 180 g ha⁻¹, respectivamente), apresentaram-se seletivos às mudas de pinhão-manso. A aplicação de glyphosate nas quatro maiores doses (450, 720, 990 e 1260 g ha⁻¹) e 2,4-D (720, 1080, 1440, 1800 e 2160 g ha⁻¹) provocou efeitos fitotóxicos com alterações no aspecto e morfologia das plantas de pinhão-manso, como encarquilhamento, queda de folhas, rachamento do caule e morte.

Albuquerque et al. (2008) avaliaram o efeito dos herbicidas diclosulam, flumetsulam, 2,4-D, imazapir, imazapic e trifluralin em aplicação de pré emergência, no estabelecimento e crescimento inicial das plantas de pinhão-manso. Estes autores verificaram que o trifluralin não provocou fitotoxidez, não afetou o diâmetro, matéria seca, crescimento em altura e o diâmetro do caule das plantas; o flumetsulam não afetou o crescimento em altura; o diclosulan, 2,4-D, imazapir e imazapic afetaram negativamente o estabelecimento e crescimento inicial das plantas de pinhão-manso.

Rocha et al. (2010) avaliando a tolerância de diferentes genótipos de pinhão-manso a herbicidas aplicados em pré emergência verificaram que o isoxaflutole (113 g ha⁻¹) e tebuthiuron (1100 g ha⁻¹) causaram injúrias severas às plantas, influenciando negativamente o

crescimento das plantas; os herbicidas oxyfluorfen (720 g ha⁻¹) e pendimethalin (1500 g ha⁻¹) mostraram potencial para utilização em áreas cultivadas com pinhão-manso. Por sua vez, Erasmo et al., (2009) verificaram que os herbicidas diuron, trifluralin e isoxaflutole apresentaram potencial de utilização na cultura do pinhão-manso.

Na cultura da mandioca, pertencente à mesma família botânica do pinhão-manso, o clomazone está entre os produtos registrados para o controle de plantas daninhas em pré-emergência, especificamente no controle de espécies de folha estreita (BRASIL, 2013). Entretanto, não são conhecidos seus efeitos na cultura do pinhão-manso tanto em pré quanto em pós emergência. Silva et al., (2009) e Biffe et al., (2010) ressaltaram a restrita disponibilidade de herbicidas registrados para o uso em pós emergência na cultura da mandioca, e por se tratar de uma cultura emergente, a mesma disponibilidade restrita pode ser extrapolada para a cultura do pinhão-manso.

Estudos que viabilizem a obtenção de informações sobre o efeito fitotóxico das formulações à base de clomazone (inibidor da síntese de caroteno) disponíveis no mercado na cultura do pinhão-manso são necessários, tanto do ponto de vista científico quanto comercial, pois podem subsidiar um futuro registro deste herbicida para a cultura.

2. 5 Herbicidas inibidores da síntese de carotenóides

Este grupo de mecanismo de ação caracteriza-se principalmente pelo sintoma de injúria comum, caracterizado pela despigmentação das folhas ocasionada pela fotodegradação da clorofila que ocorre após o bloqueio da síntese de pigmentos carotenóides.

Esses herbicidas atuam de maneira geral em alguns sítios enzimáticos da rota da síntese dos pigmentos carotenóides, esse bloqueio é o fenômeno responsável pelo surgimento do sintoma de albinismo ou despigmentação.

Entretanto a ausência dos pigmentos não altera a síntese da clorofila, mas sim a sua proteção contra a foto oxidação. Como os carotenóides são responsáveis por proteger a clorofila, absorvendo a energia dissipada pela mesma, quando estes não estão presentes a energia não pode ser dissipada e a foto oxidação da clorofila é iniciada (SILVA; SILVA, 2009). Esse processo é conhecido como estresse oxidativo, no qual ocorre a destruição das membranas das células, levando assim as plantas à morte (KRUSE, 2001).

Após a fitointoxicação as plantas continuam seu crescimento por alguns dias, mas devido à falta de clorofila perdida, começam a surgir manchas cloróticas, que evoluem a necróticas, queda das folhas e culminam com a morte das plantas.

Esse processo demora alguns dias para ocorrer porque esses herbicidas não agem nos carotenóides já sintetizados, apenas inibem a síntese de novos carotenóides. Dessa forma, para que sejam observados os primeiros sintomas, se faz necessário um intervalo de tempo para a renovação dos carotenóides dos tecidos, o qual é variável entre as espécies. Por esse motivo os tecidos não aparecem brancos imediatamente, e somente após o seu surgimento é que há o desenvolvimento das manchas necróticas e a necrose dos tecidos (SILVA; SILVA, 2009).

Os herbicidas deste grupo são subdivididos em três sub-grupos (F1, F2 e F3) que diferem entre si em função do sítio de atuação no bloqueio dos pigmentos carotenóides (Figura 1), mas que apresentam em comum o mesmo típico sintoma de injúria nas plantas.

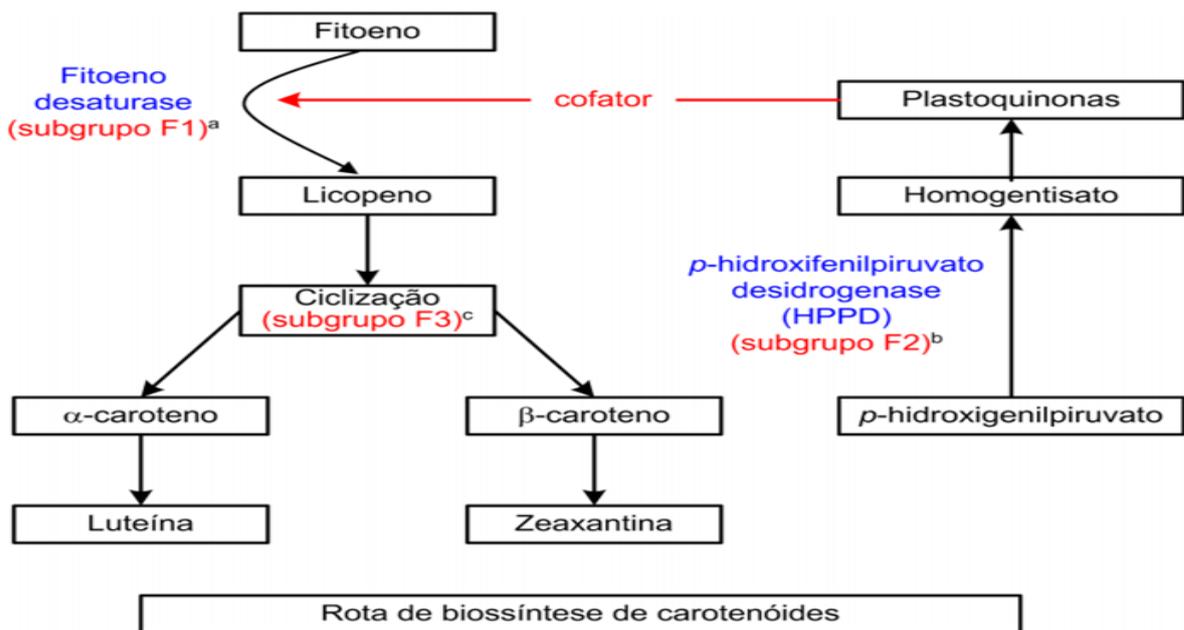


Figura 1. Sítios de atuação dos herbicidas inibidores da síntese de carotenóides.

Fonte: adaptado de Retzinger Jr e Mallory-Smith (1997).

^a Subgrupo F1: nenhum herbicida registrado para uso no Brasil.

^b Subgrupo F2: isoxaflutole, mesotrione, tembotrione.

^c Subgrupo F3: clomazone.

Quanto à inibição, os herbicidas inibidores de carotenóides são divididos em três sub-grupos: a) inibidores dos diterpenos (clomazone, Grupo F3); b) inibidores da enzima hidroxifenil-piruvato-dioxigenase (isoxaflutole, Grupo F2) e c) inibidores da fitoenodesaturase (norflurazon, Grupo F1) (CHRISTOFFOLETI et al., 2001).

No Brasil, apenas quatro moléculas inibidoras da síntese de carotenóides são registradas, representadas por três grupos químicos: isoxazoles (isoxaflutole), tricetonas (mesotrione e tembotrione) e isoxazolidinonas (clomazone) (BRASIL, 2013).

2.6 Clomazone

O clomazone [2-[(2-clorofenil)metil]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona] é um herbicida pertencente ao grupo químico isoxazolidinonas (Figura 2), é indicado para controle em pré emergência de mono e dicotiledôneas, principalmente nas culturas do feijão, algodão, milho, tabaco, arroz, cana-de-açúcar, soja e mandioca (ZANELLA et al., 2008).

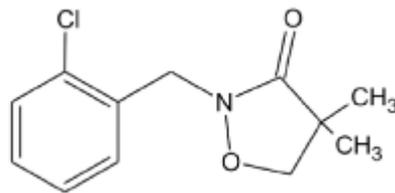


Figura 2. Estrutura química do herbicida clomazone.

O clomazone é altamente solúvel em água (1100 mg L⁻¹a 25 °C) e possui valor de Koc (coeficiente de partição carbono orgânico do solo-água) variando entre 150 e 562 cm³g⁻¹ e valor de constante da Lei de Henry de 4,19 x 10⁻³ Pa m³ mol⁻¹, o que lhe confere maior fitotoxicidade quando em presença de água abundante (ZANELLA et al., 2008; ESTÉVEZ et al., 2008). Este herbicida é classificado pela Legislação Brasileira com toxicidade de classe III (média) e possui grande potencial de poluição aquática em ecossistemas. Trata-se de um agente químico muito usado na Região Sul do Brasil, principalmente em culturas irrigadas de arroz (ZANELLA et al., 2008).

A meia vida dependendo dos níveis de matéria orgânica e tipo de solo, pode ser de 28 a 84 dias (MIRON, 2009) podendo persistir por mais de 150 dias (SILVA; SILVA, 2009) dependendo do solo, da umidade do solo e as condições climáticas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Quando aplicado na superfície do solo pode lixiviar-se para as camadas mais profundas, chegando às raízes das plantas e causando danos às mais sensíveis (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). A dose recomendada depende da cultura e do tipo de solo (SILVA; SILVA, 2009).

Embora o mecanismo de ação do clomazone seja bastante questionado, (VIDAL; MEROTTO JR, 2001; OLIVEIRA JR, 2011), acredita-se que tenha apenas um local de ação,

na rota da síntese da enzima isopentil pirofosfato isomerase, desencadeando o acúmulo de gossipol e hemigossipol. De forma indireta pode atuar na redução da síntese proteica, perda de protoplastídeos e degradação dos ribossomos (SILVA; SILVA, 2009).

Evidências recentes sugerem que o clomazone é metabolizado para a forma 5-ceto-clomazone pelas hemoproteínas do sistema citocromo P-450 monoxigenase, tornando-se ativa como herbicida (YUN et al., 2005). A forma 5-ceto-clomazone inibe a 1-deoxi-xilulose-5-fosfatase sintase (DOXP), enzima chave no fosfato metil-eritrol na via isoprenóide. Esta é a responsável pela síntese de isoprenóidesplastídeos, como os carotenóides e fitol, e sua síntese dependente do ácido mevalônico dos terpenóidescitosólicos não é afetada por este herbicida (FERHATOGLU et al., 2005).

Nas culturas de algodão e arroz a tolerância ao clomazone é conferida pela inibição da enzima citocromo P-450 monoxigenase presente nas células do mesófilo, por meio do uso de protetores como o dietholate. Os protetores são responsáveis pela diminuição da atividade do citocromo, evitando que o clomazone seja transformado na forma ativa (5-ceto-clomazone) (FERHATOGLU; BARRETT, 2006). No caso da soja, a seletividade do clomazone também pode estar relacionada a um somatório de outros fatores secundários, como hidroxilação, rompimento da cadeia no radical N-CH₂, conjugação com metabólitos, metabolismo mais intenso e menor translocação para locais de atuação (OLIVEIRA JR, 2011).

No Brasil, as principais formulações a base de clomazone são comercializadas pelos nomes comerciais de Clomanex, Clomazone, Escudo, Gamit, Gamit Star, Magister e Reator (BRASIL, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido no Centro de Controle Biológico e Cultivo Protegido Professor Dr. Mário Cezar Lopes, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. O experimento foi conduzido em vasos mantidos em ambiente externo e expostos às condições climáticas no período de outubro de 2011 a março de 2012.

Os dados climáticos durante o período experimental foram mensurados por meio de estação climatológica automática pertencente à UNIOESTE, localizada no município de Marechal Cândido Rondon e constam na Figura 3.

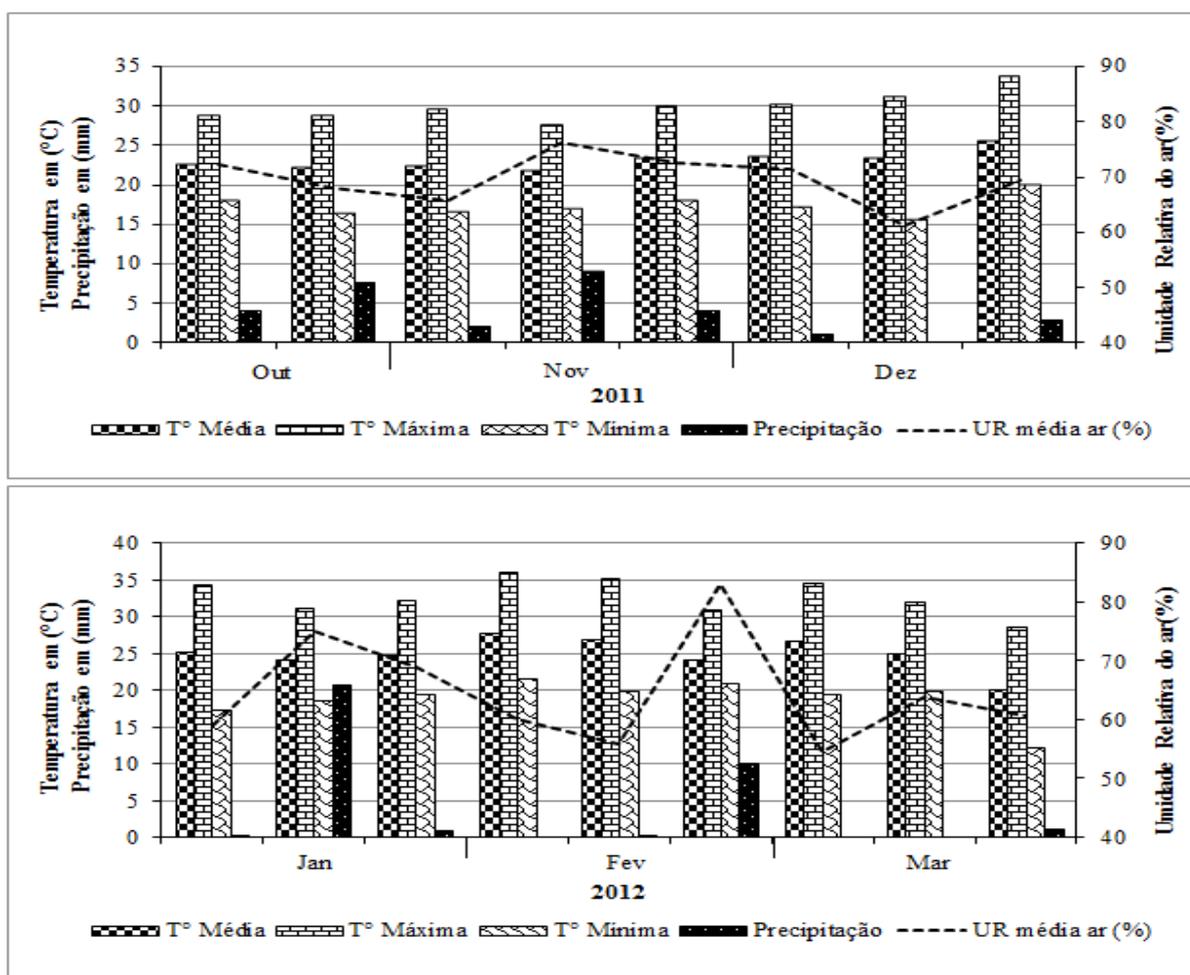


Figura 3. Médias coletadas a cada 10 dias de temperaturas mínima, média e máxima, média da umidade relativa do ar e média de precipitação durante os meses do período experimental. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2 X 5, em blocos casualizados com 4 repetições. O primeiro fator representou a combinação de duas formulações do herbicida clomazone, sendo utilizado as formulações CS (suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹) e CE (concentrado emulsionável 500 g L⁻¹) do produto comercial GAMIT 360 CS[®] e GAMIT 500 CE[®], respectivamente, e cinco dosagens: 0; 250; 500; 1000 e 2000 g ha⁻¹.

3.3 Implantação e condução do experimento

Foram conduzidos dois ensaios, um com a aplicação dos tratamentos em pré emergência e o segundo com a aplicação dos tratamentos em pós emergência.

Em ambos os ensaios, utilizou-se como substrato solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006), o qual foi coletado em área agrícola, na camada arável (0-20 cm de profundidade). Para a caracterização físico-química, amostras deformadas foram coletadas após a obtenção do solo, em vários pontos distintos da porção de solo preparada para o experimento.

As características físicas foram determinadas pelo método do decímetro de Boyoucos (EMBRAPA,1998). As características químicas foram determinadas no Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Unioeste, enquanto as características físicas foram determinadas no Laboratório de Física do Solo da Unioeste e constam na Tabela 1. Após a caracterização química e física, constatada a ausência da necessidade de calagem, o solo foi peneirado em peneira com malha de 5 mm e distribuído em vasos com capacidade para 17,81 dm³ de solo.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013.

Prof. (cm)	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Cátions trocáveis (cmol _c dm ⁻³)					V (%)	pH (CaCl ₂)	Areia	Silte	Argila	
			K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	H + Al	CTC					
0 - 20	16,84	1,75	0,15	0,91	4,79	0,05	3,73	9,58	61	5,5	54,2	117,6	828,2

Prof.: profundidade

No ensaio em que se estudou a aplicação dos tratamentos em pré emergência do pinhão-mansão, a semeadura foi realizada no dia 18 de janeiro de 2012, utilizando-se 3 sementes por vaso. Aos 15 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso.

Para a aplicação dos tratamentos em pós emergência do pinhão-mansão, foram preparadas mudas em tubetes de 280 cm³, fazendo o uso de substrato comercial Platimax[®]. As sementes foram distribuídas uma semente por tubete no dia 19 de outubro de 2011. Aos 63 dias após a semeadura, as mudas foram selecionadas adotando-se como padrão, o tamanho e estágio de desenvolvimento, visando uma homogeneidade e as mesmas foram transplantadas, no dia 20 de dezembro de 2011.

Para o ensaio pós emergência, desde o preparo das mudas até a condução final do experimento, as plantas de pinhão-mansão foram irrigadas diariamente com água em abundância. Em dias de muito calor e sol forte houve necessidade de irrigar duas vezes ao dia para que não houvesse estresse hídrico e para que o solo fosse mantido na capacidade de campo. No ensaio de pré emergência os vasos foram irrigados antes do plantio das sementes e da aplicação dos tratamentos até a obtenção da capacidade de campo.

Decorridas 24 horas da semeadura e da aplicação dos tratamentos, os vasos voltaram a ser irrigados diariamente com água em abundância. Nos dias de temperatura e radiação solar elevadas, havendo necessidade, foram irrigados duas vezes no dia, até o final do experimento. Tanto no ensaio de pré emergência como no ensaio de pós emergência a irrigação era feita na base da planta evitando-se irrigar as folhas das plantas de pinhão-mansão. Em cada irrigação era aplicado um volume estimado de 2,5 L de água para cada vaso, mensurado com copo graduado.

Para a condução dos ensaios, a adubação química utilizada na semeadura e no transplante das mudas de pinhão-mansão foi realizada com base nos resultados de análise de solo, tomando-se como fundamentação teórica as recomendações de adubação para a cultura da mamoneira, de acordo com Scivittaro & Pillon (2006). Tal procedimento foi adotado por não existir até o momento recomendações de adubação específicas para a cultura do pinhão-mansão.

Desta forma, as adubações foram realizadas nas seguintes dosagens: fósforo (P₂O₅), 80 kg ha⁻¹, utilizando-se como fonte o superfosfato simples (16% de P₂O₅); nitrogênio (N), 15 kg ha⁻¹, utilizando-se como fonte a uréia (45% N); e potássio (K₂O), 30 kg ha⁻¹ utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (60% K₂O). A adubação nitrogenada não foi dividida, sendo

aplicada toda na adubação de base (15 kg ha^{-1}), para ficar igual à adubação no ensaio de pré emergência.

No ensaio de pré emergência, os tratamentos foram aplicados imediatamente após a semeadura do pinhão-manso, enquanto no ensaio com pós emergência os tratamentos foram aplicados aos 29 DAT.

Para realização da aplicação dos tratamentos foi moldado um túnel com lona plástica e auxílio de estacas com 2,0 m de altura, onde os vasos foram distribuídos em linhas espaçadas de um metro, e com distância de 0,5 m entre vasos, simulando uma distribuição espacial real de campo. A confecção do túnel de lona visou evitar possíveis influências de rajadas de ventos, bem como reduzir riscos de ocorrência de deriva do produto.

Para aplicação do Clomazone, utilizou-se um pulverizador costal, pressurizado com CO_2 e equipado com barra de quatro bicos espaçados 0,5 metros entre eles, utilizando-se de pontas do tipo Jacto[®] F110/0-8/3 (110/LD/02), com pressão de 45 Lb pol^{-2} com um volume de calda de 200 L ha^{-1} .

Anteriormente a aplicação todo o equipamento foi calibrado, assim como a velocidade de deslocamento do aplicador, a qual foi aferida para a velocidade de 1 ms^{-1} . Na aplicação, a barra foi posicionada a uma altura de 0,5 metros das plantas no ensaio de pós emergência e 0,5 metros da extremidade superior do vaso para o ensaio de pré emergência, visando proporcionar uma maior uniformidade da aplicação.

As condições ambientais no momento das aplicações encontravam-se adequadas, com velocidade aproximada do vento de $4,5 \text{ km/h}^{-1}$; umidade relativa do ar de entre 70 % e 80% e temperatura de $28,4^\circ\text{C}$, sendo realizadas as medições no início e final das aplicações.

3.4 Determinação das variáveis estudadas

Em ambos os ensaios estudou-se a altura de plantas, diâmetro do caule, sintomas de fitointoxicação, área foliar total, número de folhas, massa seca de folhas, de caule, de raiz e massa seca total, o conteúdo de proteínas totais, carotenóides, antocianina e clorofilas a e b; a atividade da enzima peroxidase e polifenoloxidase; além da fotossíntese líquida, condutância estomática, concentração interna de CO_2 e eficiência do uso da água.

3.4.1 Variáveis Biométricas

A altura de plantas (cm) foi mensurada da superfície do solo até o ápice das plantas com auxílio de régua graduada em cm, enquanto o diâmetro de caule (mm) foi mensurado com auxílio de paquímetro digital de precisão 0,01 mm, tendo sido considerado como base a altura de 5 cm a partir do solo, e o número de folhas foi obtido por meio de contagem manual de folhas completamente expandidas. No ensaio de pré emergência, as mensurações foram realizadas aos 22, 29, 37, 42, 50 e 56 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, enquanto no ensaio de pós emergência as mensurações foram realizadas aos 7, 13, 22, 29, 37 e 42 DAA.

Para o tratamento em pré emergência, as plantas foram avaliadas de forma destrutiva aos 56 DAA, e para as plantas utilizadas em pós emergência aos 42 DAA, onde se avaliou a massa seca de folhas, caule, raiz e total da planta, sendo o material coletado acondicionado em sacos de papel e levado à estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, e posteriormente pesadas em balança de precisão para determinação das massas em gramas.

A área foliar (cm²) foi mensurada através do corte de 10 discos foliares de área conhecida, que foram secos por 72 horas e calculado considerando-se a massa seca de folhas (MSF) e massa seca da amostra de área conhecida (MS amostra), sendo utilizadas apenas as folhas completas e fotossinteticamente ativas.

$$AF = [(AF \text{ amostra} \times MSF) / MS \text{ amostra}]$$

3.4.2 Avaliação de Fitotoxicidade

Os sintomas de fitointoxicação foram mensurados aos 13, 22, 29, 37, 42, 50 e 56 DAA no ensaio de pré emergência, e aos 7, 13, 22, 29, 37 e 42 DAA no ensaio de pós emergência. A fitointoxicação foi avaliada visualmente, de acordo com escala percentual de notas, na qual 0 correspondeu à ausência de intoxicação; 20 sintomas de toxicidade leves; 40 sintomas de toxicidade moderados; 60 sintomas que aparentam toxicidade forte; 80 toxicidade muito forte e 100 à morte das plantas (SBCPD, 1995), levando em consideração a inibição do crescimento, quantidade e uniformidade das injúrias, abscisão foliar e capacidade de rebrota das plantas.

3.4.3 Teor de pigmentos e enzimáticas

Para o estudo do conteúdo de carotenóides, antocianina e clorofilas *a* e *b*, de proteínas totais, atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, foram coletadas durante a madrugada, uma folha fotossinteticamente ativa e sem sinais de lesões, posicionada no terço médio da planta, a qual foi embalada em papel alumínio e mantida a baixa temperatura para posteriores análises, sendo a coleta no mesmo dia das avaliações destrutivas para ambos os tratamentos.

Visando determinar o conteúdo de proteínas totais e a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, as folhas coletadas foram homogeneizadas em 4 mL de tampão fosfato de sódio 0,01 M (pH 6,0) (tampão de extração) em almofariz de porcelana previamente resfriado e acrescentado 0,04 g de polivinilpirrolidona durante a maceração. O homogeneizado foi centrifugado a 30000 g durante 20 min. O sobrenadante obtido, considerado como a fração contendo as proteínas solúveis, foi armazenado a 4 °C para posteriores análises bioquímicas (LUSSO; PASCHOLATI, 1999).

O teor de proteínas totais foi determinado pelo método de Bradford (1976), consistindo de 600 µL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0), 200 µL de preparação enzimática e 200 µL de reagente de Bradford (250 mg de corante Coomassie Brilliant Blue G-250, 125 mL de ácido fosfórico (H₃PO₄) e 125 mL de água destilada).

Após adicionar o reagente sob agitação e incubar as amostras por 5 min, foi efetuada leitura em espectrofotômetro a 595 nm. Cada amostra foi formada por três réplicas. A cubeta de referência consistiu de 800 µL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0) e 200 µL de reagente. A absorbância foi plotada em curva padrão para proteína ($y = 0,0299x + 0,0596$, onde y é a absorbância a 595 nm e x a concentração de proteína (µg)). As atividades enzimáticas foram relacionadas aos teores de proteínas totais.

A atividade de peroxidases foi determinada a 30°C, através do método espectrofotométrico direto (HAMMERSCHMIDT et al., 1982). A mistura da solução consistiu 1,475 mL do substrato para enzima (306 µL de peróxido de hidrogênio p.a., 12,5 mL de guaiacol 2% alcoólico e 87,5 mL de tampão fosfato 0,01M (pH 6,0)) e 25 µl de preparação enzimática. A cubeta de referência continha 1,5 mL do substrato para enzima.

A reação foi seguida em espectrofotômetro a 470 nm, pelo período de 2 min, com as medidas de densidade óptica tomadas a cada 15 segundos, iniciando-se logo após a adição da preparação enzimática ao substrato. A atividade foi determinada pela variação ocorrida entre

os valores extremos situados na faixa de incremento linear, e expressa em variação (Δ = delta) de unidade de absorvância (abs) $\text{min}^{-1} \text{mg prote\u00edna}^{-1}$.

A atividade das polifenoloxidasas (PFO) foi determinada usando-se metodologia de Duangmal e Apeten (1999), adaptada por Kuhn (2007). O ensaio constituiu em mensurar a oxidação do catecol convertido em quinona, reação está mediada pela enzima polifenoloxidase. O substrato foi composto por catecol, na concentração de 20 mM com 0,1101 g dissolvido em 50 mL de tampão fosfato de s\u00f3dio 100 mM (pH 6,8), formando uma solu\u00e7\u00e3o de catecol 0,02 M. A rea\u00e7\u00e3o se desenvolveu misturando-se 1 mL de substrato e 100 μL da prepara\u00e7\u00e3o enzim\u00e1tica.

A temperatura da rea\u00e7\u00e3o foi de 30 $^{\circ}\text{C}$ e as leituras em espectrofot\u00f4metro, a 420 nm, foram realizadas de forma direta por um per\u00edodo de 2 min. O diferencial entre o aumento constante da leitura da absorv\u00e2ncia foi utilizado para a determina\u00e7\u00e3o da atividade. A atividade foi determinada pela varia\u00e7\u00e3o ocorrida entre os valores extremos situados na faixa de incremento linear, e expressa em Δ de abs $\text{min}^{-1} \text{mg prote\u00edna}^{-1}$.

A determina\u00e7\u00e3o do conte\u00fado de clorofila *a*, clorofila *b*, caroten\u00f3ides e antocianina foi feita atrav\u00e9s de metodologia descrita por Sims e Gamon (2002). Amostras em torno de 0,5 a 0,6 g foram maceradas em nitrog\u00eanio l\u00edquido, sendo ap\u00f3s, acrescidos 3 mL de uma solu\u00e7\u00e3o contendo 80% de acetona p.a. e 20% de Tris HCl 0,02M (pH 7,8). A suspens\u00e3o foi homogeneizada e centrifugada por 5 minutos a 4000 *g* (4 $^{\circ}\text{C}$).

Realizou-se leitura direta do sobrenadante obtido em espectrofot\u00f4metro a 663 nm (clorofila *a*), 647 nm (clorofila *b*), 470 nm (caroten\u00f3ides) e 537 nm (antocianinas). O controle consistiu da solu\u00e7\u00e3o extratora. A absorv\u00e2ncia obtida foi aplicada as seguintes f\u00f3rmulas:

$$\text{Cl}_a = 0,01373 A_{663} - 0,000897 A_{537} - 0,003046 A_{647}$$

$$\text{Cl}_b = 0,02405 A_{647} - 0,004305 A_{537} - 0,005507 A_{663}$$

$$\text{Carot.} = \frac{((A_{470} - (17,1 * (\text{Cl}_a + \text{Cl}_b) - 9,479 * \text{Antoc.}))$$

$$119,26$$

$$\text{Antocianinas} = 0,08173 * A_{537} - 0,00697 * A_{647} - 0,002228 * A_{663}$$

Os resultados obtidos (em $\mu\text{mol mL}^{-1}$) foram corrigidos de acordo com os pesos moleculares propostos por Lichtenthaler (1987): $\text{Cl}_a = 893.5 \text{ g mol}^{-1}$, $\text{Cl}_b = 907.5 \text{ g mol}^{-1}$ e caroten\u00f3ides totais = 550 g mol^{-1} , e posteriormente expressos em mg gpf^{-1} .

3.4.4 Trocas Gasosas

Essa foi realizada através da leitura com o equipamento IRGA LI-6400XT (Licor Inc. Lincoln, NE), sendo realizada pela manhã entre 9 e 11 horas, em dias ensolarados, em folhas completamente desenvolvidas, fotossinteticamente ativas e sem lesões localizadas no terço médio das plantas, realizando a leitura em duas folhas diferentes em cada planta do vaso. As avaliações foram realizadas no tratamento em pré emergência aos 24, 29, 42, 51 DAA e para plantas utilizadas em pós emergência aos 14, 24, 29 e 42 DAA

Nas avaliações de trocas gasosas foram determinadas a taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i) e eficiência no uso da água ($EUA = A/E$).

3.5 Análise estatística dos dados

Os sintomas de fitointoxicação, características biométricas, atividade enzimática, teor de pigmentos e trocas gasosas foram submetidos à análise de variância pelo teste F de Fischer (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009) e constatada diferença significativa, foram submetidos à análise de regressão sendo testados sob os modelos linear e quadrático. Para a escolha do modelo foi considerada a sua significância e o maior coeficiente de determinação (R^2).

As significâncias dos modelos de regressão selecionados para cada variável estudada foram testadas pelo teste F de Fischer, enquanto a significância dos coeficientes das equações foi testada pelo teste t de Student (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009).

Para a análise dos dados utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008), e para todos os testes realizados o nível mínimo de significância considerado foi de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as plantas do ensaio de pré emergência, os sintomas observados nas avaliações de fitointoxicação foram desde o início da emergência sintomas de clorose, nas primeiras avaliações, quando a planta já estava com duas folhas totalmente desenvolvidas, esses sintomas cloróticos persistiram, com coloração branca e em algumas folhas coloração rosado.

Nas avaliações seguintes pode ser observado nas folhas do terço superior das plantas sintomas de clorose apenas entre as nervuras e em algumas plantas uma superbrotção de folhas, na última avaliação os sintomas observados anteriormente praticamente desapareceram, persistindo apenas em algumas plantas do ensaio, porém visualmente não estavam interferindo no desenvolvimento das plantas de pinhão-manso.

Durante a realização das avaliações visuais de fitointoxicação, os sintomas observados nas plantas de pinhão-manso após a aplicação em pós emergência foram manchas cloróticas brancas e em algumas folhas apresentaram coloração rosado, este efeito deve-se a ocorrência de um desequilíbrio dos pigmentos presentes nas folhas causado pelo modo de ação do herbicida clomazone em inibir a síntese de carotenóides, provocando esse tipo de coloração após a aplicação na primeira e segunda avaliação, nas avaliações seguintes essas manchas evoluíram, em algumas folhas das plantas, para uma necrose apenas nas bordas das folhas.

No terço inferior das plantas e em folhas do terço médio e superior foram verificadas clorose entre as nervuras, também foi observado uma superbrotção de folhas no terço superior de algumas plantas, no entanto, na última avaliação de fitointoxicação os sintomas tinham desaparecidos completamente, apresentando folhas novas sem sintomas.

4.1 Aplicação de clomazone no pinhão-manso em pré emergência

A fitointoxicação ao longo dos dias de avaliação tanto para a formulação CS, quanto para a formulação CE, foi observado comportamento quadrático dos sintomas de fitointoxicação quando se utilizou as dosagens de 1000 e 2000 g ha⁻¹. Na formulação CS, as máximas fitointoxicações foram observadas aos 25 e 32 DAA para as doses de 1000 e 2000 g ha⁻¹, respectivamente. Quando se utilizou a formulação CE, as máximas fitointoxicações foram observadas aos 32 e 33 DAA para as doses de 1000 e 2000 g ha⁻¹, respectivamente (Figura 4).

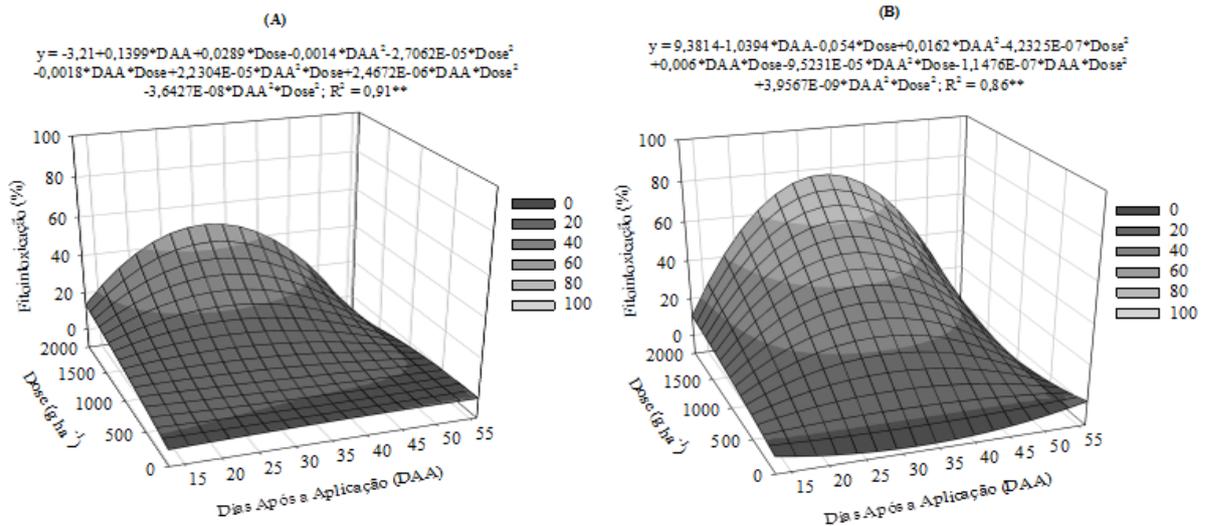


Figura 4. Fitointoxicação de plantas de pinhão-mansão até os 50 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Uniãoeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

A demora na ocorrência dos máximos sintomas de fitointoxicação é coerente com a forma de ação do clomazone. Pois após ser absorvido pelo meristema apical, o clomazone não atua nos carotenóides já sintetizados (SILVA; SILVA, 2009), mas impede a síntese de novos carotenóides por meio da enzima 5-ceto-clomazone (FERHATOGLU; BARRETT, 2006), que é capaz de inibir a enzima 1-deoxi-xilulose-5-fosfatase síntese, a qual é uma enzima chave da via de síntese dos carotenóides (DAYAN; ZACCARO, 2012).

Assim, para que os sintomas de fitointoxicação se tornem visíveis, é necessário um intervalo de tempo para que os carotenóides das plantas afetadas sejam renovados, e após esse período surgem os tecidos esbranquiçados e posteriormente as lesões necróticas (SILVA; SILVA, 2009).

É conhecido que no arroz e no algodão, a seletividade ao clomazone é possível por meio da inibição da enzima citocromo P-450 monoxigenase. Essa inibição é conferida pelo uso de inseticidas organofosforados, que impedem que o clomazone seja transformado em 5-ceto-clomazone (FERHATOGLU; BARRETT, 2006). Em se tratando da soja, a seletividade ao clomazone também foi detectada, porém, foram atribuídos fatores secundários já conhecidos para outros herbicidas (OLIVEIRA JR, 2011).

As mensurações da altura das plantas dos 22 aos 55 DAA revelaram um aumento linear da altura de plantas no decorrer dos DAA, mesmo nas maiores dosagens de clomazone utilizadas (Figura 5).

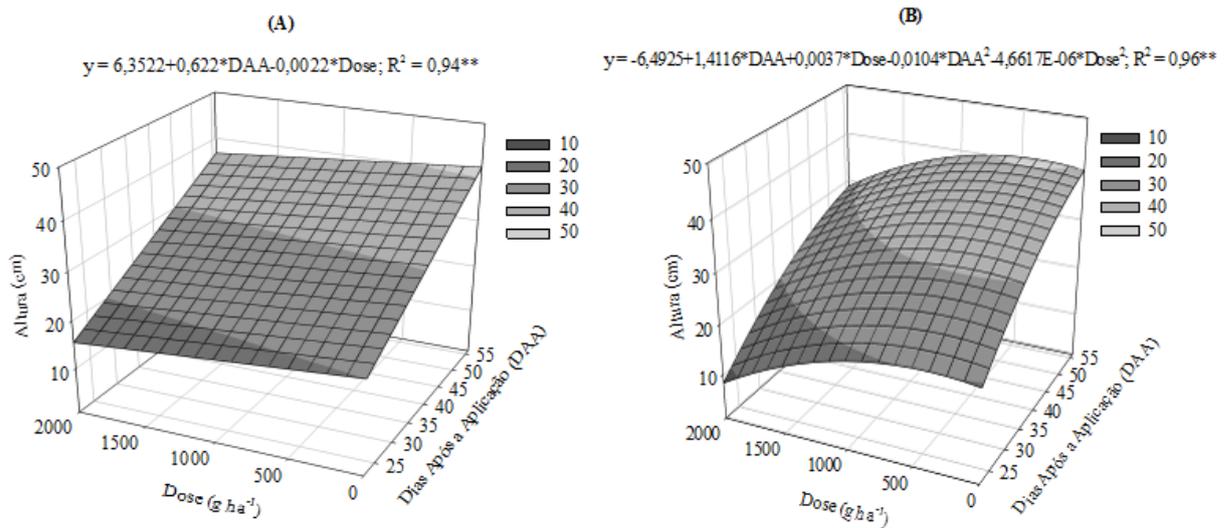


Figura 5. Altura de plantas de pinhão-mansão até os 56 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Os comportamentos observados em ambas as formulações e doses de clomazone utilizadas confirmam que o herbicida não interferiu nos ganhos em altura das plantas apesar dos sintomas de fitointoxicação observados (Figura 4), sugerindo novamente que o pinhão-mansão possui capacidade de detoxificar a molécula de clomazone. Entretanto, deve-se considerar que a meia vida do clomazone no solo pode ser reduzida em até 28 dias dependendo dos níveis de matéria orgânica e tipo de solo (MIRON, 2009), e que esse fator pode ter limitado os efeitos do herbicida.

O diâmetro do caule das plantas de pinhão-mansão apresentou um aumento linear ao longo dos DAA para todas as doses utilizadas nas duas formulações (Figura 6), porém, com o avanço dos DAA, na formulação CE foi observado um aumento linear menos expressivo em relação às demais doses (0,160 mm dia⁻¹). Esse resultado sugere que a dose de 2000 g ha⁻¹ da formulação CE poderia em longo prazo limitar o desenvolvimento das plantas, uma vez que o diâmetro das estruturas de suporte, ou seja, dos caules, altera-se em proporção direta à força requerida para suportar seus órgãos que compõem a parte aérea das plantas (MCMAHOM, 1973).

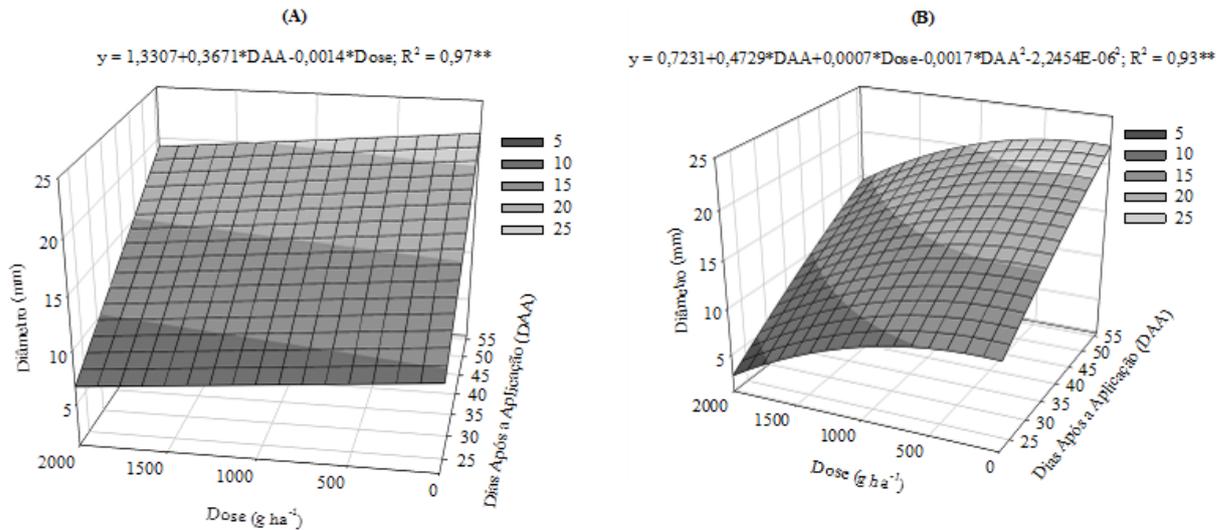


Figura 6. Diâmetro do caule de plantas de pinhão-manso até os 56 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

A área foliar, o número de folhas, e as produções de massa seca de folhas, de caule, de raízes e total do pinhão-manso aos 56 dias após aplicação de Clomazone em pré-emergência foram alteradas pela interação dos fatores estudados (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) de plantas de pinhão-manso aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013.

FV	GL	NF	MSF	MSC	MSR
Bloco	4	103,15 ^{ns}	9,967 ^{ns}	6,638 ^{ns}	1,177 ^{ns}
Formulação (F)	1	462,080	156,291**	131,868*	38,176 ^{ns}
Dose (D)	4	252,300	71,171**	289,707**	59,829**
F x D	4	279,780	54,074**	152,480**	37,405*
Erro	36	126,138	11,002	27,626	9,640
CV (%)		28,08	12,52	32,29	36,40
Média Geral		40,000	26,49	16,280	8,529

^{ns}, *, **: não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F de Fischer, respectivamente. FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

A análise de regressão para as doses de Clomazone revelou efeito quadrático na formulação CS de forma que a máxima AFT foi obtida com a dose de 1430 g ha⁻¹ (Figura 7). Já para a formulação CE houve redução linear na AFT com o aumento das doses de clomazone aplicadas. Para cada 1g ha⁻¹ de clomazone aplicado houve redução de 0,083 cm² na AFT (Figura 7).

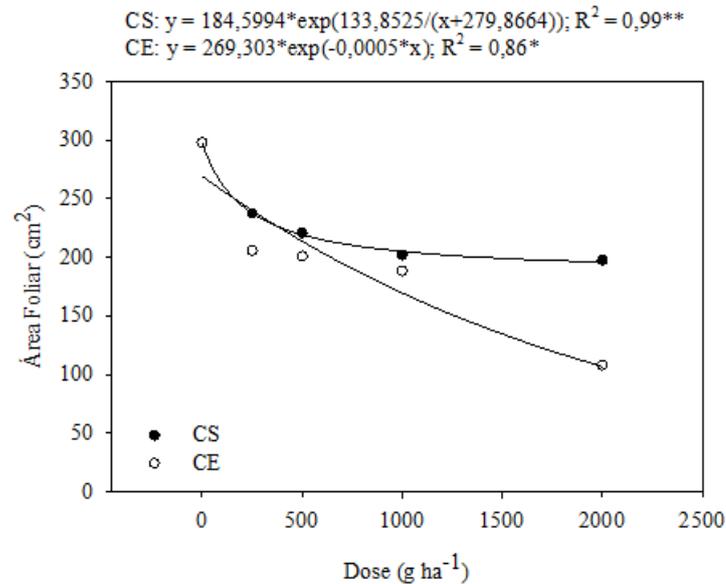


Figura 7. Área foliar total (AFT) de plantas de pinhão-mansão aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

O acúmulo de massa seca decresceu linearmente em ambas as formulações, com redução no acúmulo MST em resposta às doses aplicadas (Figura 8).

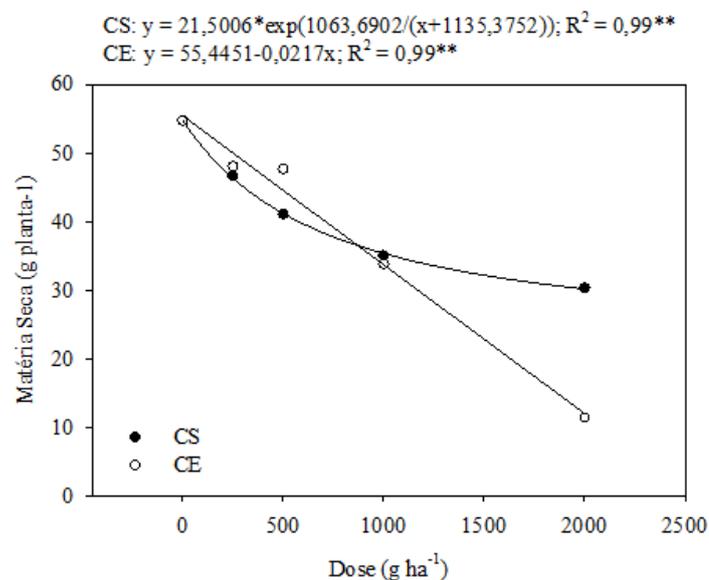


Figura 8. Matéria seca total (MST) de plantas de pinhão-mansão aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

No desdobramento das formulações em cada dose de Clomazone utilizada, as variáveis NF, MSF, MSC e MSR foram superiores nas doses de 0 e 2000 g ha⁻¹ quando a formulação utilizada foi a que continha 360 g L⁻¹ (Figura 9). Esse resultado indica que quando é utilizada essa formulação, mesmo em doses elevadas (2000 g ha⁻¹), e sob a ocorrência de fitotoxicidade (Figura 4A), esta não prejudica o desenvolvimento (Figura 5A e 6A) e acúmulo de massa seca pelas plantas de pinhão-manso.

O NF ajustou-se ao modelo linear negativo de regressão em resposta às doses de Clomazone quando foi utilizada a formulação de 500 g L⁻¹, apresentando redução de 0,011 folhas para cada 1g ha⁻¹ de clomazone aplicado, enquanto na formulação CS os valores obtidos não se ajustaram aos modelos de regressão testados (Figura 9).

Os resultados descritos acima confirmam que a seletividade não pode ser determinada apenas pela verificação de sintomas visuais nas plantas, pois apesar dos sintomas de fitointoxicação terem praticamente desaparecido aos 53 dias (Figura 4), e não terem sido expressivos na altura (Figura 5) e diâmetro do caule das plantas (Figura 6) se tornaram evidentes na NF, MSF, MSC e MSR (Figura 9). Os resultados concordam com Negrisoni et al. (2004) e Galon et al., (2009), que afirmam que os sintomas da intoxicação por herbicidas podem se tornar mais evidentes sobre o crescimento e produtividade das plantas, do que simplesmente sob os sintomas de fitointoxicação.

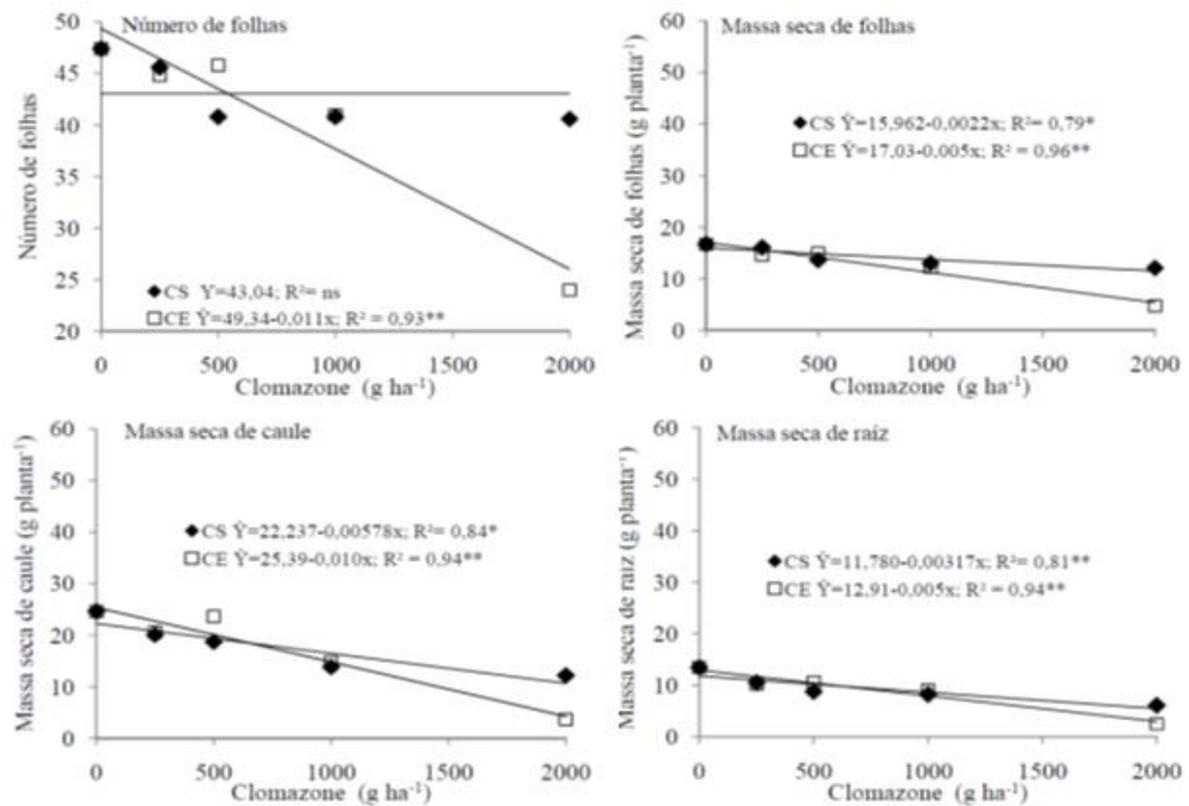


Figura 9. Número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) de plantas de pinhão-mansó aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013.

(A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

O estudo da atividade enzimática revelou significância das formulações utilizadas no pinhão-mansó em pré emergência nas proteínas totais, polifenoloxidase e antocianina, enquanto a peroxidase e as clorofilas *a* e *b* foram afetadas pela interação dos fatores e os carotenóides não foram alterados (Tabela 3).

As proteínas totais e o conteúdo de antocianina do pinhão-mansó sob aplicação de Clomazone em pré emergência foram superiores quando foi utilizada a formulação CS. Resultado inverso foi observado para polifenoloxidase, onde a maior atividade foi obtida com a formulação CE. Em resposta às doses de clomazone, os valores obtidos para as variáveis citadas e para o conteúdo de carotenóides não se ajustaram aos modelos de regressão testados.

No desdobramento da interação dos fatores, a atividade da enzima peroxidase foi superior na dosagem CE de clomazone, porém os valores obtidos para ambas as formulações não se ajustaram aos modelos de regressão testados em resposta às doses aplicadas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (*Ca*), clorofila *b* (*Cb*), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-manso aos 56 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013.

FV	GL	PT	PO	PE	<i>Ca</i>	<i>Cb</i>	CT	AT
Bloco	4	0,000012	0,0041	0,0823**	16,000	94,600*	170,020**	4458,520**
Formulação (F)	1	0,000084*	0,0441*	0,2517**	714,420**	212,180**	118,580	6520,820**
Dose (D)	4	0,000017	0,0086	0,0209	114,500**	154,950**	57,870	2150,570
F x D	4	0,000017	0,0113	0,0645*	99,020**	489,730**	64,830	859,970
Erro	36	0,000012	0,0076	0,0180	20,500	28,588	31,620	835,397
CV (%)		28,37	30,32	14,19	13,60	16,45	13,93	22,44
Média Geral		0,011	0,289	0,946	33,300	32,500	40,380	128,820

^{ns}, *, **: não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F de Fischer, respectivamente. FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Na clorofila *a* ao serem comparadas as formulações em cada dosagem estudada, a formulação CE proporcionou conteúdo de clorofila *a* inferior nas dosagens de 0 e 250 g ha⁻¹ de Clomazone, sem diferenças significativas nas demais (Tabela 4). Em resposta às doses, apenas para a formulação CE foi observado ajuste aos modelos de regressão testados, com ajuste ao modelo quadrático de regressão, o qual revelou aumento no conteúdo de clorofila *a* até a dose de 1130 g ha⁻¹, com posterior redução.

Quando utilizada a formulação de 500 g L⁻¹, o conteúdo de clorofila *b* foi superior na ausência da aplicação de Clomazone e inferior quando a dose aplicada foi de 250 g ha⁻¹. Quando as doses aplicadas foram comparadas dentro de cada formulação, constatou-se que os valores obtidos para ambas as formulações não se ajustaram aos modelos de regressão testados (Tabela 4).

Zera et al. (2011) trabalhando com tolerância de diferentes cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas, verificaram que o teor de clorofila total foi mais prejudicado que a eficiência fotoquímica, possivelmente porque a molécula de herbicida prejudicou a formação do pigmento clorofila e não ao transporte de elétrons, devido aos mecanismos de ação dos herbicidas. Também observou que aos 15 DAA o teor de clorofila total de todas as cultivares foi reduzido pelo clomazone, o que causou manchas brancas nas folhas.

Os teores de antocianina foram superiores quando utilizada a formulação CS enquanto os carotenóides não foram alterados pelos tratamentos estudados e os valores médios observados foram de 40,38 µg g⁻¹ (Tabela 4).

Tabela 4. Proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (Ca), clorofila *b* (Cb), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-mansão aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Uniãoeste, Campus Marechal Cândido Rondon, PR. 2013.

Formulação (g L ⁻¹ de i.a.)	Doses de Clomazone (g ha ⁻¹)					Análise Estatística																																																																																																																																																																								
	0	250	500	1000	2000	Média	Equação	R ²	CV (%)																																																																																																																																																																					
Proteínas totais (µg g ⁻¹)																																																																																																																																																																														
CS	0,015	0,011	0,013	0,016	0,011	0,013a	ŷ=0,011	ns	28,37																																																																																																																																																																					
CE	0,009	0,012	0,010	0,012	0,010	0,011b				Polifenoloxidase (µg g ⁻¹)										CS	0,249	0,318	0,211	0,230	0,288	0,259b	ŷ=0,289	ns	30,32	CE	0,392	0,281	0,308	0,283	0,330	0,319a	Peroxidase (µg g ⁻¹)										CS	0,864	1,056	0,753	0,906	0,797	0,875	ŷ=0,875	ns	14,19	CE	1,023	0,990	1,111	0,957	1,005	1,017	ŷ=1,017	ns	Clorofila <i>a</i> (µg g ⁻¹)										CS	32,97	41,78	40,11	34,17	35,81	36,97	ŷ =36,97	ns	13,60	CE	24,05 b	25,17 b	35,43 a	34,66 a	28,36 b	29,54	ŷ=23,265+0,0226x- 0,00001x ²	0,79* *	Clorofila <i>b</i> (µg g ⁻¹)										CS	32,15	50,68	28,09	31,49	30,15	34,51	ŷ =34,51	ns	16,45	CE	39,87	22,56	27,55	33,76	27,98	30,34	ŷ =30,34	ns	Antocianina (µg g ⁻¹)										CS	131,7	143,6	138,3	140,0	147,2	140,19	ŷ=128,820	ns	13,93	CE	78,34	137,6	121,5	114,4	135,1	117,41	Carotenóides (µg g ⁻¹)										CS	37,84	43,69	40,34	42,94	44,75	41,91	ŷ=40,380	ns	22,44	CE	36,78	41,57	44,25
Polifenoloxidase (µg g ⁻¹)																																																																																																																																																																														
CS	0,249	0,318	0,211	0,230	0,288	0,259b	ŷ=0,289	ns	30,32																																																																																																																																																																					
CE	0,392	0,281	0,308	0,283	0,330	0,319a				Peroxidase (µg g ⁻¹)										CS	0,864	1,056	0,753	0,906	0,797	0,875	ŷ=0,875	ns	14,19	CE	1,023	0,990	1,111	0,957	1,005	1,017	ŷ=1,017	ns	Clorofila <i>a</i> (µg g ⁻¹)										CS	32,97	41,78	40,11	34,17	35,81	36,97	ŷ =36,97	ns	13,60	CE	24,05 b	25,17 b	35,43 a	34,66 a	28,36 b	29,54	ŷ=23,265+0,0226x- 0,00001x ²	0,79* *	Clorofila <i>b</i> (µg g ⁻¹)										CS	32,15	50,68	28,09	31,49	30,15	34,51	ŷ =34,51	ns	16,45	CE	39,87	22,56	27,55	33,76	27,98	30,34	ŷ =30,34	ns	Antocianina (µg g ⁻¹)										CS	131,7	143,6	138,3	140,0	147,2	140,19	ŷ=128,820	ns	13,93	CE	78,34	137,6	121,5	114,4	135,1	117,41	Carotenóides (µg g ⁻¹)										CS	37,84	43,69	40,34	42,94	44,75	41,91	ŷ=40,380	ns	22,44	CE	36,78	41,57	44,25	33,80	37,83	38,85																								
Peroxidase (µg g ⁻¹)																																																																																																																																																																														
CS	0,864	1,056	0,753	0,906	0,797	0,875	ŷ=0,875	ns	14,19																																																																																																																																																																					
CE	1,023	0,990	1,111	0,957	1,005	1,017	ŷ=1,017	ns		Clorofila <i>a</i> (µg g ⁻¹)										CS	32,97	41,78	40,11	34,17	35,81	36,97	ŷ =36,97	ns	13,60	CE	24,05 b	25,17 b	35,43 a	34,66 a	28,36 b	29,54	ŷ=23,265+0,0226x- 0,00001x ²	0,79* *	Clorofila <i>b</i> (µg g ⁻¹)										CS	32,15	50,68	28,09	31,49	30,15	34,51	ŷ =34,51	ns	16,45	CE	39,87	22,56	27,55	33,76	27,98	30,34	ŷ =30,34	ns	Antocianina (µg g ⁻¹)										CS	131,7	143,6	138,3	140,0	147,2	140,19	ŷ=128,820	ns	13,93	CE	78,34	137,6	121,5	114,4	135,1	117,41	Carotenóides (µg g ⁻¹)										CS	37,84	43,69	40,34	42,94	44,75	41,91	ŷ=40,380	ns	22,44	CE	36,78	41,57	44,25	33,80	37,83	38,85																																																					
Clorofila <i>a</i> (µg g ⁻¹)																																																																																																																																																																														
CS	32,97	41,78	40,11	34,17	35,81	36,97	ŷ =36,97	ns	13,60																																																																																																																																																																					
CE	24,05 b	25,17 b	35,43 a	34,66 a	28,36 b	29,54	ŷ=23,265+0,0226x- 0,00001x ²	0,79* *		Clorofila <i>b</i> (µg g ⁻¹)										CS	32,15	50,68	28,09	31,49	30,15	34,51	ŷ =34,51	ns	16,45	CE	39,87	22,56	27,55	33,76	27,98	30,34	ŷ =30,34	ns	Antocianina (µg g ⁻¹)										CS	131,7	143,6	138,3	140,0	147,2	140,19	ŷ=128,820	ns	13,93	CE	78,34	137,6	121,5	114,4	135,1	117,41	Carotenóides (µg g ⁻¹)										CS	37,84	43,69	40,34	42,94	44,75	41,91	ŷ=40,380	ns	22,44	CE	36,78	41,57	44,25	33,80	37,83	38,85																																																																																		
Clorofila <i>b</i> (µg g ⁻¹)																																																																																																																																																																														
CS	32,15	50,68	28,09	31,49	30,15	34,51	ŷ =34,51	ns	16,45																																																																																																																																																																					
CE	39,87	22,56	27,55	33,76	27,98	30,34	ŷ =30,34	ns		Antocianina (µg g ⁻¹)										CS	131,7	143,6	138,3	140,0	147,2	140,19	ŷ=128,820	ns	13,93	CE	78,34	137,6	121,5	114,4	135,1	117,41	Carotenóides (µg g ⁻¹)										CS	37,84	43,69	40,34	42,94	44,75	41,91	ŷ=40,380	ns	22,44	CE	36,78	41,57	44,25	33,80	37,83	38,85																																																																																																															
Antocianina (µg g ⁻¹)																																																																																																																																																																														
CS	131,7	143,6	138,3	140,0	147,2	140,19	ŷ=128,820	ns	13,93																																																																																																																																																																					
CE	78,34	137,6	121,5	114,4	135,1	117,41				Carotenóides (µg g ⁻¹)										CS	37,84	43,69	40,34	42,94	44,75	41,91	ŷ=40,380	ns	22,44	CE	36,78	41,57	44,25	33,80	37,83	38,85																																																																																																																																										
Carotenóides (µg g ⁻¹)																																																																																																																																																																														
CS	37,84	43,69	40,34	42,94	44,75	41,91	ŷ=40,380	ns	22,44																																																																																																																																																																					
CE	36,78	41,57	44,25	33,80	37,83	38,85																																																																																																																																																																								

^{ns}, *, **: não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste t de Student, respectivamente. R²: coeficiente de determinação, CV: coeficiente de variação. (CS=suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; CE=concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Na Figura 10 a 14, estão apresentados os resultados da avaliação das trocas gasosas das folhas de plantas de pinhão-mansão até o dia de 51 DAA de clomazone. Pode-se observar que não foi possível encontrar ajuste matemático para o comportamento de nenhuma destas variáveis, independentemente da formulação e concentração de clomazone aplicado durante o período de pré emergência avaliado.

De modo geral, este desempenho já era esperado, pois além do efeito das dosagens do herbicida testado nas trocas gasosas das folhas destas plantas, as condições climáticas tais como: luminosidade; temperatura e umidade no dia da avaliação interferem diretamente na resposta de todos os parâmetros avaliados. Desta forma, optou-se por utilizar a discussão em cada dia avaliado, por meio da resposta do desvio padrão de cada tratamento.

Assim, quando aplicado o clomazone em pré emergência, destacam-se os resultados da aplicação aos 24 DAA. Pois pode ser observado para a formulação CS nas dosagens de 1000 e 2000 g ha⁻¹, as maiores diferenças dos valores de fotossíntese líquida das folhas de plantas de pinhão-manso (Figura 10A). Sendo que, a concentração de 1000 g ha⁻¹ proporcionou os maiores valores líquidos desta variável para este período. Possivelmente, está dosagem estimulou rapidamente as maiores atividades enzimática como reflexo do estresse ocasionado pelo herbicida.

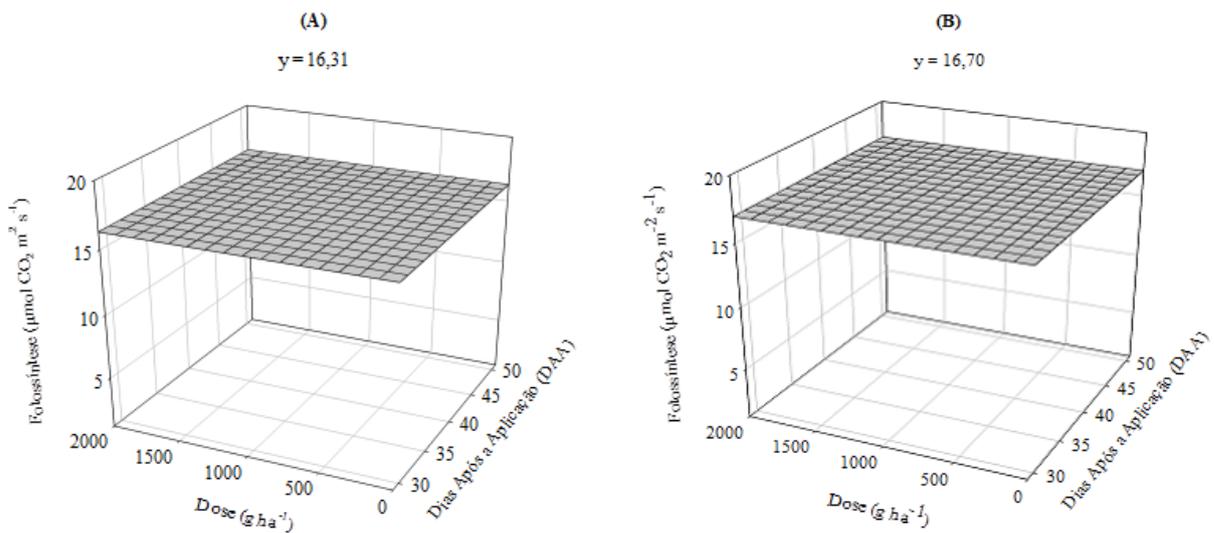


Figura 10. Fotossíntese líquida de plantas de pinhão-manso até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Uniãoeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Visto que estas folhas foram originadas após a aplicação, neste sentido as plantas já apresentavam sintomas de recuperação com bons níveis fotossintéticos. Já na dosagem de 2000 g ha⁻¹, apresentou os maiores prejuízos para as folhas das plantas de pinhão-manso, representados pelos piores valores igualmente observados com o aumento do percentual de fitointoxicação conforme Figura 4A e 4B. Pode-se dizer desta forma, que o melhor período para determinar das taxas de fitointoxicação por meio das trocas gasosas encontra-se até os 30 DAA. Esta dosagem possivelmente não proporcionou condição de recuperação das novas folhas de pinhão-manso após a aplicação de clomazone.

Pois, sabe-se que os herbicidas, por apresentarem diferentes mecanismos de ação, podem influenciar de forma direta ou indireta a atividade fotossintética, deste modo, os danos devido à fitointoxicação das plantas podem ser mais eficientemente mensurados a partir da taxa fotossintética e de variáveis associadas a essa (GALON et al., 2009).

Igualmente aos resultados anteriormente apresentados, a aplicação aos 24 DAA em pré emergência da formulação CE nas mesmas dosagens de 1000 e 2000 g ha⁻¹, apresentaram as maiores diferenças dos valores de fotossíntese líquida das folhas de plantas de pinhão-manso (Figura 10B). Porém, durante este período o aumento para a formulação CE provocou a inversão do comportamento, onde os maiores valores de fotossíntese líquida foram obtidos na dosagem de 2000 g ha⁻¹, e os piores 1000 g ha⁻¹.

A pesar da inversão dos valores, o comportamento é o mesmo. Ou seja, a concentração acima de 1000g ha⁻¹ tanto para a formulação CS ou CE de clomazone prejudica as atividades de assimilação de dióxido de carbono das novas folhas de pinhão-manso ocasionando colapso nas plantas, seja este efeito do produto rápido ou lento.

Nota-se também que após o período de 30 DAA as plantas de pinhão-manso que receberam a formulação CE na dosagem de 2000 g ha⁻¹ não recuperam a máxima capacidade fotossintética comparada aquelas plantas que não receberam a aplicação do clomazone (Figura 10B). Este comportamento é justificável, visto que a formulação do concentrado emulsionável possui maior capacidade de penetração via foliar conforme descrito por Zambolim e Vale (1997). Capacidade esta, que provavelmente acelerou o processo de degradação dos carotenóides foliares das folhas novas também. Tal mecanismo é característica pertencente ao grupo químico das isoxazolidinonas, a qual encontra-se o herbicida clomazone (Senseman, 2007).

Para a abertura dos estômatos representada neste trabalho pela condutância estomática (Figura 11A e 11B) em relação à aplicação de clomazone em pré emergência mostrou ser menos influenciada tanto para a formulação de 360 quanto 500 g L⁻¹ até o período de 42 DAA. Pode ser observado valores altos de condutância estomática para todos os tratamentos com exceção para a dose de 2000 g ha⁻¹ na formulação CE durante o mesmo período.

Ou seja, os valores obtidos para condutância estomática demonstram que apenas a abertura ou fechamento dos estômatos não foram os únicos mecanismos que proporcionaram redução da assimilação do dióxido de carbono (Figura 10A e 10B). Visto que a transpiração também se manteve alta durante o mesmo período de 42 DAA, exceto 2000 g ha⁻¹ na formulação CE (Figura 12A e 12B)

. Estes resultados são diferentes dos obtidos por Torres et al. (2012), onde observaram redução da condutância estomática em folhas de plantas de cana-de-açúcar a partir de 3000 g ha⁻¹ de clomazone.

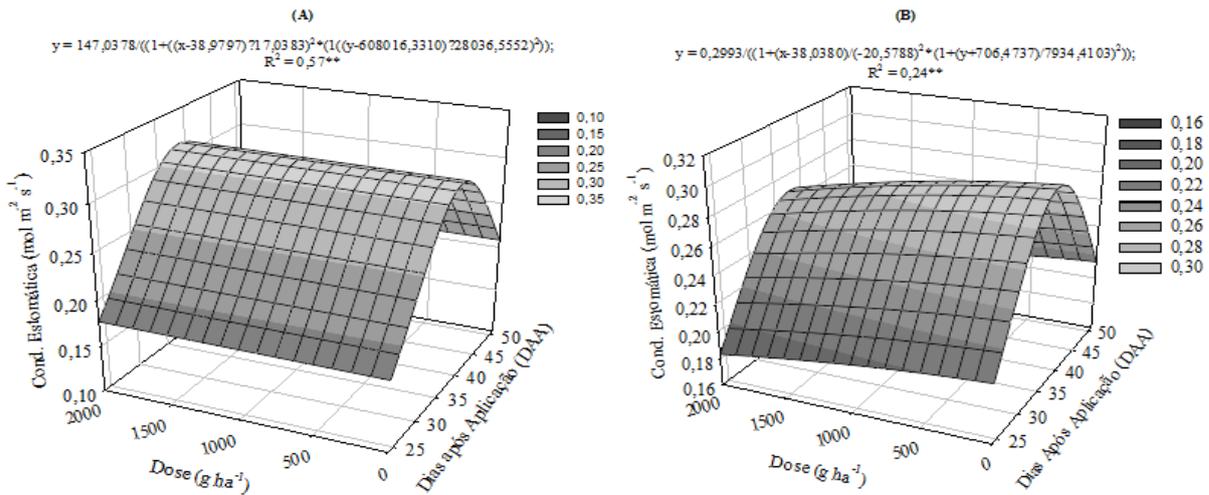


Figura 11. Condutância estomática de plantas de pinhão-mansão até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Uniãoeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Nota-se que a transpiração avaliada nas folhas de pinhão-mansão (Figura 12A e 12B), responderam de forma diferente quanto à atividade fotossintética das folhas das plantas avaliadas ao longo do tempo. Provavelmente este fator seja justificado pela hidratação constante das plantas mostrando que a mesma durante o período não apresentou deficiência hídrica. Desta forma, o ambiente apresentou mais influência no comportamento destas plantas do que a ação do próprio herbicida exceto as dosagens de 500 g ha⁻¹ para a formulação CS aos 29 DAA e 2000 g ha⁻¹ para a formulação CE a partir dos 29 DAA.

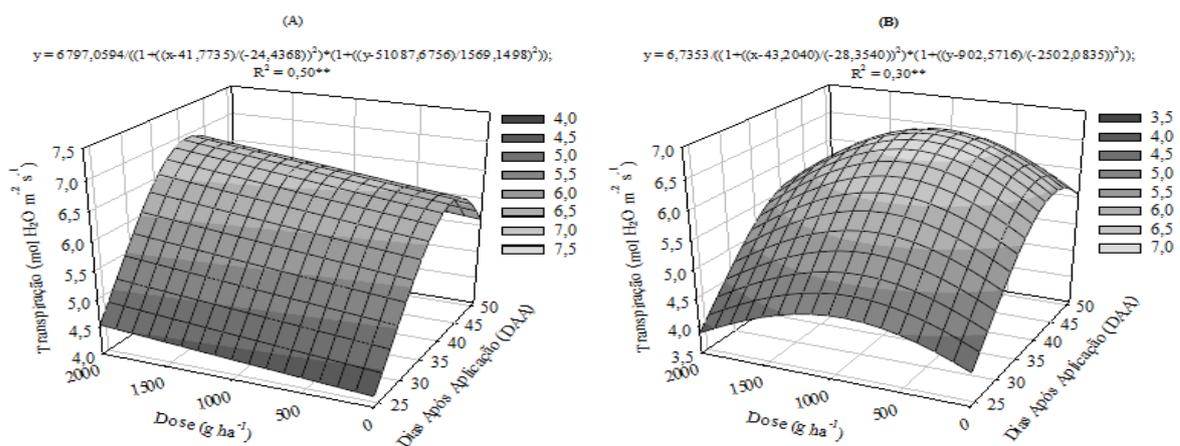


Figura 12. Transpiração de plantas de pinhão-mansão até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Uniãoeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Outra evidência observada, é o percentual de fitointoxicação do herbicida clomazone nas folhas de pinhão-mansão por meio da resposta da concentração de dióxido de carbono dentro da câmara subestomática na dosagem de 2000 g ha⁻¹ aos 24 DAA, para a formulação CS (Figura 12A).

Pois, o aumento desta concentração dentro deste ambiente foliar, associado ao fechamento estomático com baixa taxa de assimilação líquida do dióxido de carbono durante este período, é reflexo do colapso que provavelmente esteja ocorrendo com o maquinário fotossintético.

Ou seja, resistência metabólica, o que faz com que o CO₂ esteja sobrando no mesófilo da folha. Este resultado se repete nos dias 42 e 51 DAA (Figura 13A e 13B), em ambas as formulações, revelando que esta dose pode ser prejudicial para o desenvolvimento da planta ao longo do tempo.

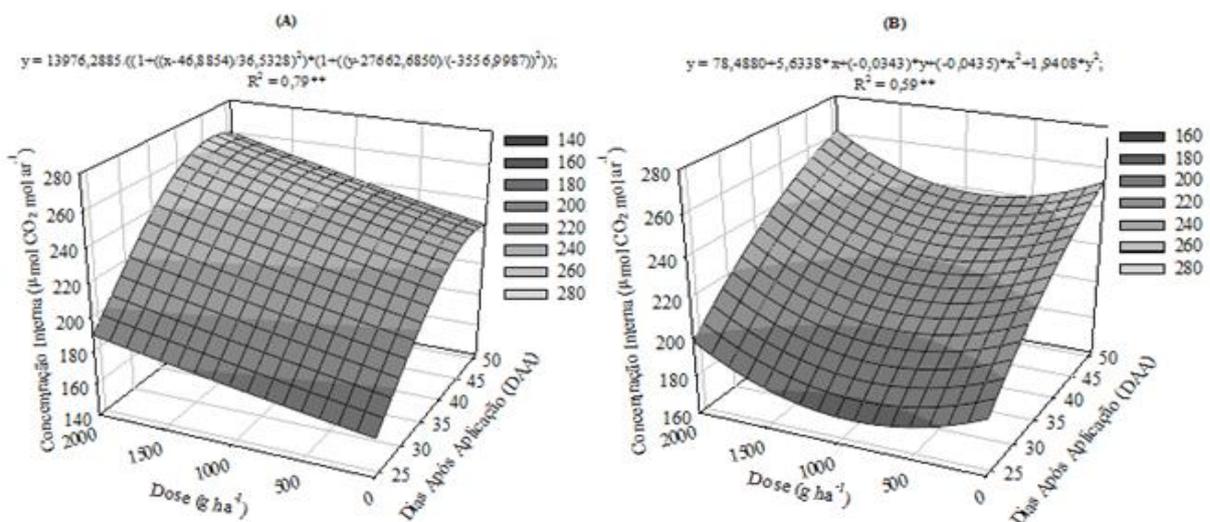


Figura 13. Concentração interna de CO₂ na câmara estomática de plantas de pinhão-mansão até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Uniãoeste, Campus Marechal Cândido Rondon, PR. 2013.

(A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Os valores do índice de *EUA* (eficiência do uso de água), das folhas de pinhão-mansão após o 24 DAA, demonstrando queda gradativa desta variável em ambas as formulações e independentemente da dosagem utilizada. Parte deste comportamento é justificada devido às condições climáticas, no entanto é observado de modo geral, redução deste índice na dosagem 2000 g ha⁻¹ desde os 24 DAA para ambas as formulações (Figura 14A e 14B). Os valores reduzidos ao longo do tempo para esta variável são referentes ao comprometimento direto da

assimilação líquida que foi reduzindo ao longo do tempo, porém mantendo altos níveis de transpiração.

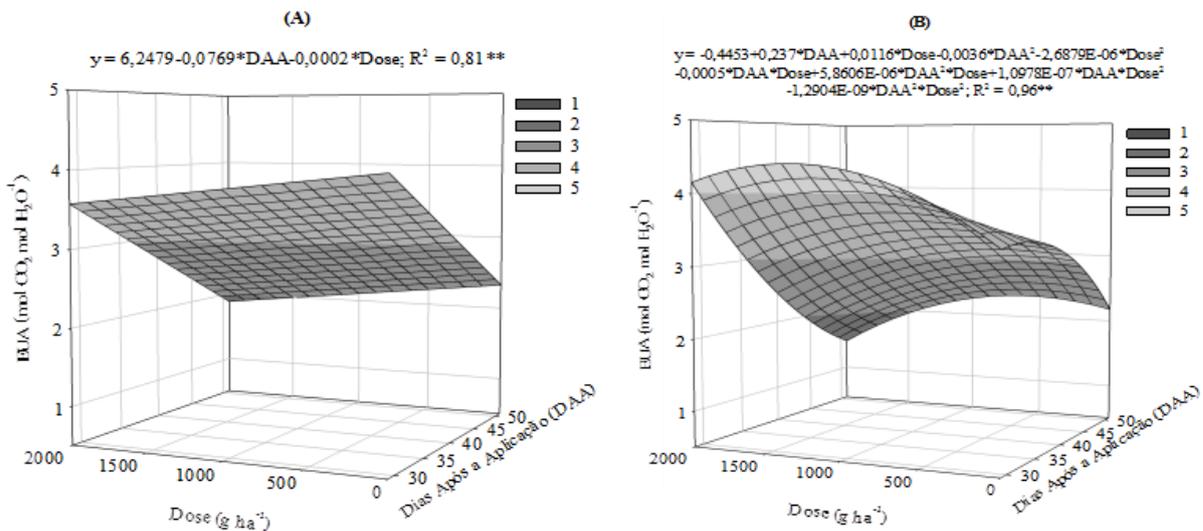


Figura 14. Eficiência do uso da água de plantas de pinhão-mansão até os 51 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pré emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR, 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Segundo Galon et al. (2010), os parâmetros de trocas gasosas são eficientes para identificar danos da ação de herbicidas a plantas cultivadas, principalmente aqueles com efeito sobre a taxa fotossintética, que indiretamente influencia os parâmetros associados ao uso da água.

Desta maneira, pode-se inferir que o clomazone proporcionou efeitos negativos principalmente a partir da dosagem 1000 g ha⁻¹ independentemente da formulação utilizada (Figura 14A e 14B).

4.2 Aplicação de clomazone no pinhão-mansão em pós emergência

Quando o clomazone foi aplicado em pós emergência, observou-se comportamento quadrático quando utilizou-se a formulação CS nas dosagens de 1000 e 2000 g ha⁻¹, de forma que a máxima fitointoxicação foi observada aos 19 e 15 DAA para as dosagens citadas, respectivamente. Ao se utilizar a formulação CE, o comportamento quadrático foi obtido com as dosagens de 500; 1000 e 2000 g ha⁻¹, as quais causaram fitointoxicação máxima aos 18; 14 e 18 DAA, respectivamente (Figura 15).

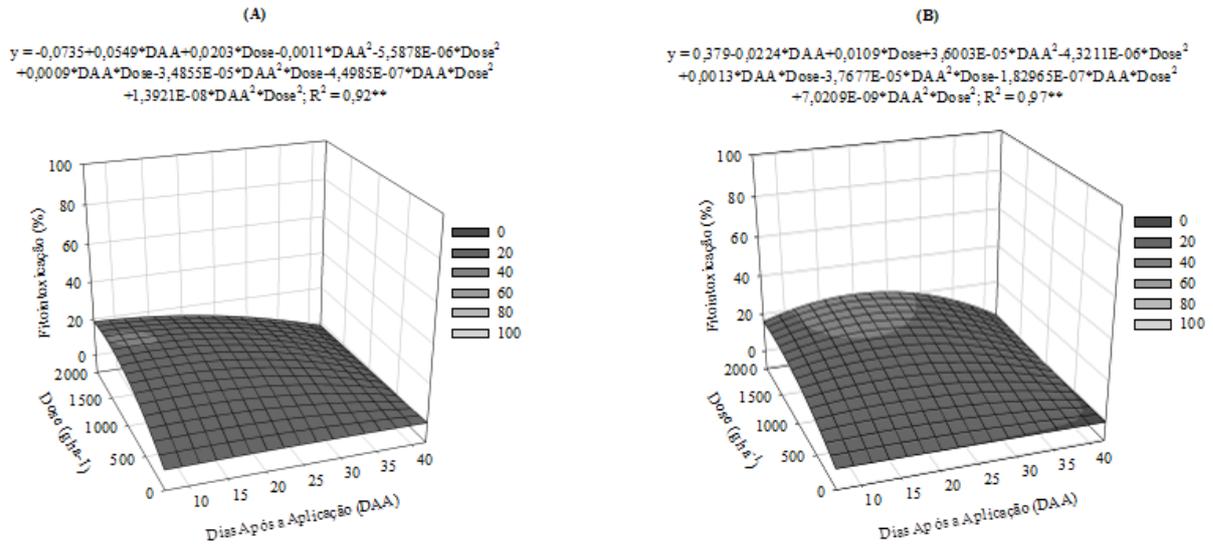


Figura 15. Fitointoxicação de plantas de pinhão-mansó até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013.
(A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

A presença de fitointoxicação apenas nas maiores doses (1000 e 2000 g ha⁻¹) sugere uma possível seletividade do clomazone até a dose de 500 g ha⁻¹ (Figura 15). Para se tornar tóxico nas plantas, o clomazone precisa ser metabolizado para a forma 5-ceto-clomazone pelas hemoproteínas do sistema citocromo P-450 monoxigenase (YUN et al., 2005).

Assim a seletividade seria conferida por uma possível capacidade do pinhão-mansó em alterar esse metabolismo, ou impedindo que o clomazone seja metabolizado para a forma 5-ceto-clomazone ou reduzindo a sensibilidade da enzima 1-deoxi-xilulose-5-fosfatase sintase, que é a enzima inibida pela forma 5-ceto-clomazone (DAYAN; ZACCARO, 2012). Porém, para confirmação dessa hipótese, estudos específicos são necessários.

Ao se estudar os incrementos em altura nas plantas de pinhão-mansó em função dos DAA, foi observado aumento linear (Figura 16). Os comportamentos notados nas formulações e nas doses de clomazone empregadas corroboram que o herbicida não interferiu nos ganhos em altura das plantas, apesar dos sintomas de fitointoxicação observados (Figura 15), sugerindo novamente que o pinhão-mansó possui capacidade de detoxificar a molécula de clomazone.

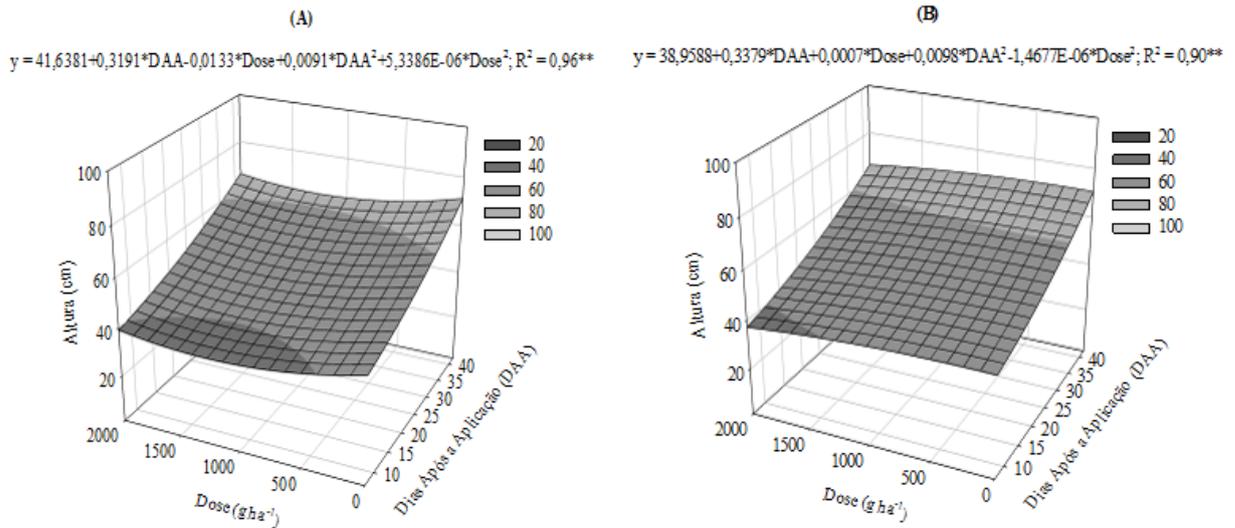


Figura 16. Altura de plantas de pinhão-mansão até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

No decorrer do estudo, as plantas de pinhão-mansão apresentaram aumento linear no diâmetro do caule em todas as doses e formulações estudadas (Figura 17). O diâmetro do caule das plantas de pinhão-mansão apresentou um aumento linear ao longo dos DAA para todas as doses utilizadas nas duas formulações, porém, com o avanço dos DAA, nas doses mais elevadas do concentrado emulsionável foi observado um aumento linear pouco expressivo em relação ao observado quando aplicado em pré emergência, onde esse apresentou um decréscimo maior.

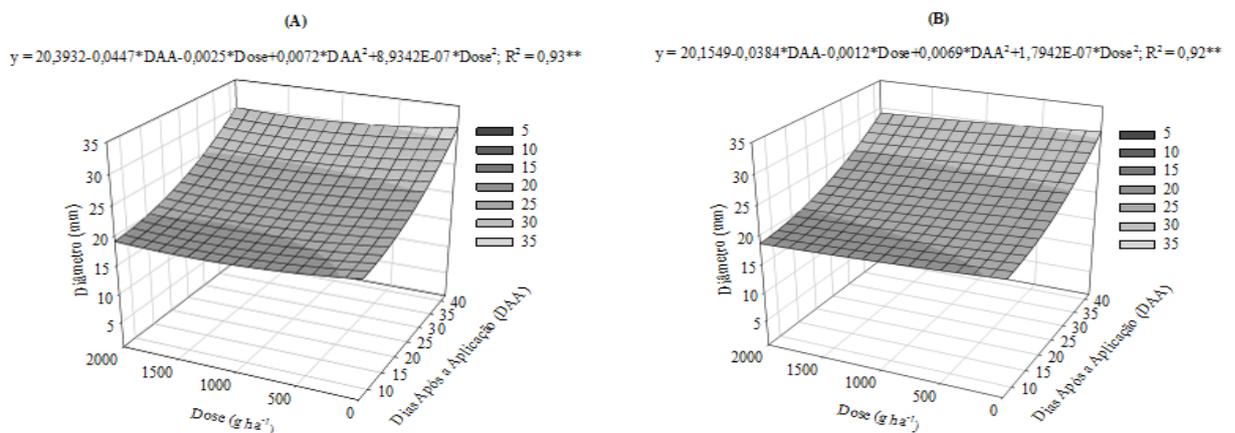


Figura 17. Diâmetro do caule de plantas de pinhão-mansão até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Esse resultado sugere que a dose de 2000 g ha⁻¹ do concentrado emulsionável quando aplicado em pós emergência não limitaria o desenvolvimento das plantas, porém esse desenvolvimento poderá ser mais lento (Figura 17).

A aplicação do Clomazone para controle das plantas daninhas na cultura do pinhão-manso em pós emergência promoveu efeitos poucos expressivos na área foliar e massa seca das plantas de pinhão-manso. A MSF e MSR foram alteradas somente pelas formulações, e o NF e MSC apresentaram significância da interação dos fatores (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) de plantas de pinhão-manso aos 42 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013.

FV	GL	NF	MSF	MSC	MSR
Bloco	4	884,620 ^{ns}	106,747 ^{ns}	221,072*	16,353 ^{ns}
Formulação (F)	1	2767,680*	746,524*	166,914 ^{ns}	170,681*
Dose (D)	4	114,070 ^{ns}	67,136 ^{ns}	131,868 ^{ns}	30,805 ^{ns}
F x D	4	2248,730*	215,952 ^{ns}	270,020*	45,216 ^{ns}
Erro	36	630,831	116,663	80,459	17,521
CV (%)		33,89	31,13	23,09	24,22
Média Geral		74,120	34,700	38,840	17,281

^{ns}, *, **: não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F de Fischer, respectivamente. FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

A AFT média observada nas plantas de pinhão-manso sob aplicação de clomazone em pós emergência foi de 486,29 cm² (Figura 18).

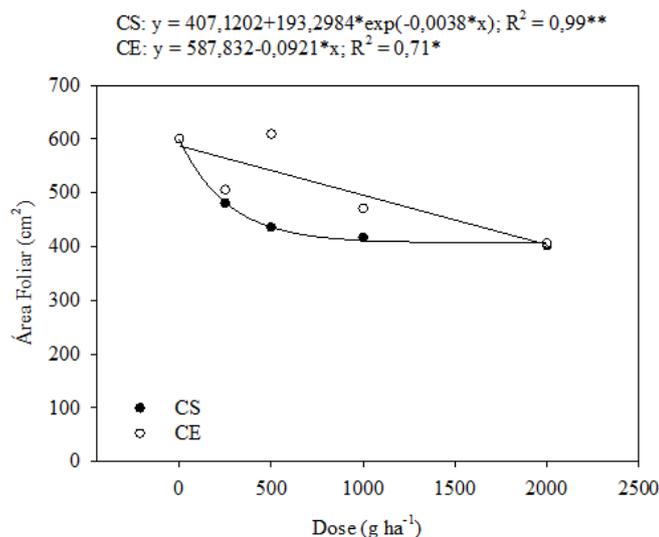


Figura 18. Área foliar total (AFT) de plantas de pinhão-manso aos 42 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

O acúmulo de MSF e MSR nas plantas de pinhão-mansó foi superior quando utilizada a formulação CE, sem ajuste aos modelos de regressão testados. A MSC e MST foram superiores na dose de 500 g ha⁻¹ quando utilizada a formulação CE (Figura 19).

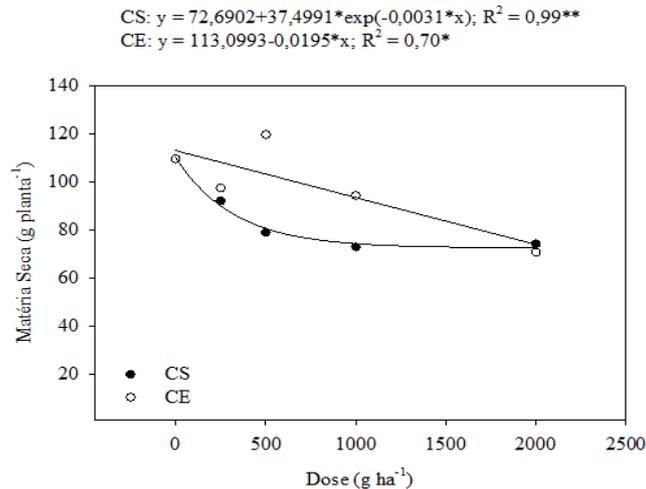


Figura 19. Matéria seca total (MST) de plantas de pinhão-mansó aos 42 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Uniãoeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Em resposta às doses de clomazone, apenas a MSC na formulação CE apresentou ajuste aos modelos testados, com resposta quadrática. A MSC elevou-se até a dose de 722 g ha⁻¹ com posterior redução quando foi utilizada a formulação CE (Tabela 6).

Tabela 6. Número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) de plantas de pinhão mansó aos 56 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Uniãoeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013.

Formulação (g L ⁻¹ de i.a.)	Doses de Clomazone (g ha ⁻¹)					Média	Análise Estatística		
	0	250	500	1000	2000		Equação	R ²	CV (%)
NF									
360	67,60a	80,40a	47,80b	61,80a	75,80a	66,68	$\hat{y}=64,47$	ns	33,89
500	81,80a	69,60a	110,20a	81,20a	65,00a	81,56	$\hat{y}=88,20$	ns	
MS Folha									
360	31,68	33,92	26,74	31,12	30,72	30,84b	$\hat{y}=34,70$	ns	31,13
500	42,1	31,2	48,44	38,44	32,64	38,56a			
MS Caule									
360	37,6a	41,32a	36,06b	34,02a	37,08a	37,22	$\hat{y}=38,12$	ns	23,09
500	42,18a	35,18a	53,04a	42,72a	29,21a	40,46	$\hat{y}=39,874+0,0159x-0,000011x^2$	0,57*	
MS Raiz									
360	16,01	16,94	14,34	15,76	14,12	15,43b	$\hat{y}=17,281$	ns	24,22
500	19,39	16,99	25,32	18,17	15,77	19,13a			

ns, *, **: não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste t de Student, respectivamente. R²: coeficiente de determinação, CV: coeficiente de variação.

No desdobramento da interação dos fatores, o NF foi superior na formulação CE quando a dose aplicada foi de 500 g ha⁻¹ sem diferenças nas demais doses. Em resposta às doses, os valores obtidos não se ajustaram aos modelos de regressão testados.

Aplicação de clomazone em pós-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura do pinhão-mansão ocasionou alterações significativas nas proteínas totais, polifenoloxidase, peroxidase, clorofilas *a* e *b* e carotenóides, sem significância para a antocianina (Tabela 7). As proteínas totais foram alteradas somente pelas formulações utilizadas, enquanto a atividade da enzima polifenoloxidase e os conteúdos de clorofila *b* e carotenóides foram afetados pela interação dos fatores. A atividade da enzima peroxidase e os conteúdos de clorofila *a* foram alterados somente pelos fatores isolados (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (CA), clorofila *b* (CB), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-mansão aos 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013.

FV	GL	PT (µg g ⁻¹)	PO (µg g ⁻¹)	PE (µg g ⁻¹)	Ca (µg g ⁻¹)	Cb (µg g ⁻¹)	CT (µg g ⁻¹)	AT (µg g ⁻¹)
Bloco	4	0,000018	0,0133**	0,069	154,870**	120,080**	98,350**	209,520**
Formulação (F)	1	0,000351*	0,0199**	0,345*	38,720**	0,020	21,780*	9,680
Dose (D)	4	0,000128	0,0228**	0,164**	10,720**	83,930**	23,750**	45,220
F x D	4	0,000065	0,0146**	0,080	1,320	59,870*	11,830*	26,680
Erro	36	0,000069	0,0025	0,044	1,147	17,313	3,694	18,242
CV (%)		35,56	33,46	32,71	10,63	34,50	16,71	26,24
Média Geral		0,023	0,149	0,645	10,080	12,060	11,500	16,280

^{ns}, *, **: não significativo e significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F de Fischer, respectivamente. FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

O maior conteúdo de proteínas totais foi obtido com a formulação CE, ao passo que a maior atividade da enzima polifenoloxidase também foi observada na formulação CE, porém, na ausência de aplicação de clomazone. Em resposta às doses aplicadas, os valores obtidos para a enzima polifenoloxidase com a formulação CE se ajustaram ao modelo quadrático de regressão, com aumento da atividade enzimática até a dose de 1000 g ha⁻¹ com posterior redução, enquanto os valores obtidos com a formulação CS não se ajustaram aos modelos de regressão testados.

A atividade da enzima peroxidase foi superior quando utilizada a formulação CS, e em resposta às doses de clomazone, foi observado ajuste ao modelo quadrático de regressão, com aumento da atividade enzimática até a dose de 1700 g ha⁻¹.

O herbicida clomazone possui a capacidade de gerar estresse oxidativo, podendo levar à supressão do desenvolvimento ou morte das plantas. O estresse oxidativo em plantas é causado nas células através da produção de EROs (espécies de oxigênio reativo), ou seja, uma molécula de oxigênio em seu estado diatômico (O_2), que aceita um elétron, formando o superóxido O_2^- , que é a primeira espécie de oxigênio reativo (EROs) formado. Como processo mitigador desta ação, as plantas produzem as enzimas catalase, superóxido-dismutase e peroxidase, que convertem as EROs em moléculas não tóxicas como a água (MORI; SCHROEDER, 2004).

O conteúdo de clorofila *a* foi superior quando se utilizou a formulação CS, e os dados obtidos se ajustaram ao modelo quadrático de regressão em resposta às doses de clomazone, de forma que o maior conteúdo de clorofila foi obtido com a dose de 1650 g ha^{-1} (Figura 20).

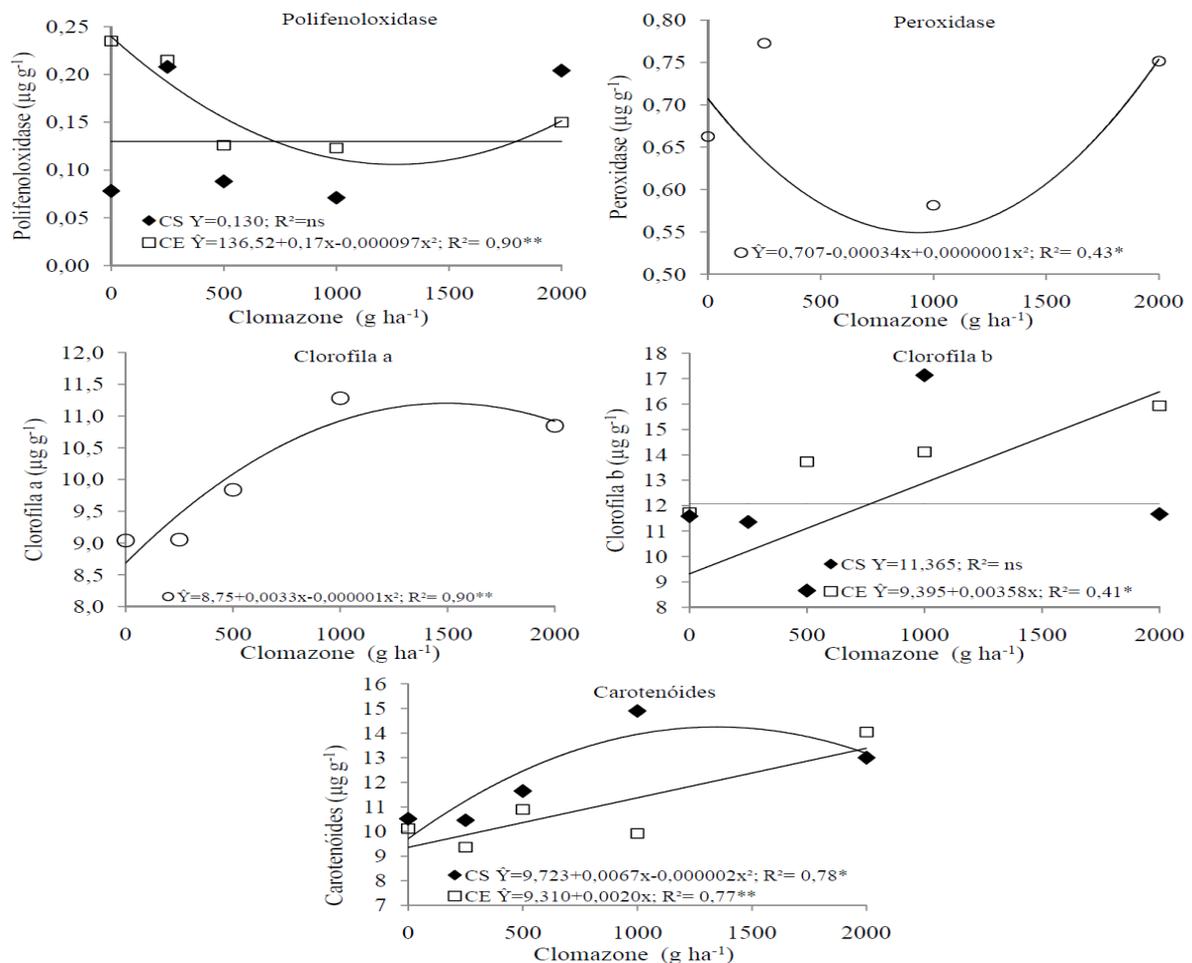


Figura 20. Proteínas totais (PT), polifenoloxidase (PO), peroxidase (PE), clorofila *a* (CA), clorofila *b* (CB), carotenóides (CT) e antocianina (AT) de plantas de pinhão-mansão aos 42 dias após aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Uniãoeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L^{-1} ; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L^{-1}).

A clorofila *b* foi superior quando a formulação CS foi utilizada na dosagem de 250 g ha⁻¹ de clomazone, porém, os valores obtidos para essa formulação não se ajustaram aos modelos de regressão testados. Quando foi utilizada a formulação CE, os valores obtidos apresentaram resposta linear positiva em resposta às doses aplicadas (Figura 20).

Os carotenóides presentes nas folhas do pinhão-mansão submetido à aplicação de clomazone para controle de plantas daninhas em pós emergência foram superiores nas doses de 1000 e 2000 g ha⁻¹ quando se utilizou a formulação CS, sem diferenças nas demais doses. Quando as doses foram aplicadas utilizando-se a formulação CS, o conteúdo de carotenóides ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, aumentando até a dose de 1675 g ha⁻¹ com posterior redução. Já a utilização da formulação CE proporcionou aumento linear no conteúdo de carotenóides em resposta às doses de clomazone aplicadas (Figura 20).

Como a aplicação do herbicida foi realizada em pós emergência, as avaliações das trocas gasosas foram efetuadas em um menor tempo após a aplicação. Visto que as mesmas já apresentavam folhas adequadas para a determinação destas variáveis. Desta forma, observa-se na Figura 21 a 25 os resultados da avaliação das trocas gasosas das folhas de plantas de pinhão-mansão no ensaio de pós emergência até o período de 42 DAA de clomazone.

Como já observado no ensaio de pré emergência, não foi possível encontrar ajuste matemático para o comportamento de nenhuma destas variáveis, independentemente da formulação e concentração de clomazone aplicado durante o período de pós emergência avaliado. Pois, o efeito das condições climáticas pode ter apresentado grande influência do desempenho destas variáveis juntamente com a própria ação dos herbicidas. Assim, da mesma forma, optou-se por utilizar a discussão em cada dia avaliado, por meio da resposta do desvio padrão de cada tratamento.

Quando aplicado o clomazone em pós emergência, destacam-se os resultados da aplicação aos 14 DAA para ambas as formulações estudadas, onde pode ser observado que para a formulação CS a dosagem de 1000 g ha⁻¹, apresentou o menor valor de fotossíntese líquida das folhas de plantas de pinhão-mansão (Figura 21 A).

Sendo que, a concentração de 2000 g ha⁻¹ proporcionou o maior valor líquido desta variável para este período. No período de 24 DAA as taxas de fotossíntese líquida apresentam um aumento nos valores para todas as dosagens, voltando a sofrer uma queda na avaliação aos 42 DAA. Esta variação no comportamento das taxas de fotossíntese líquida, podem ser em resposta a alguma variação climática durante este curto espaço de tempo entre as avaliações, visto que as avaliações foram realizadas muito próximas.

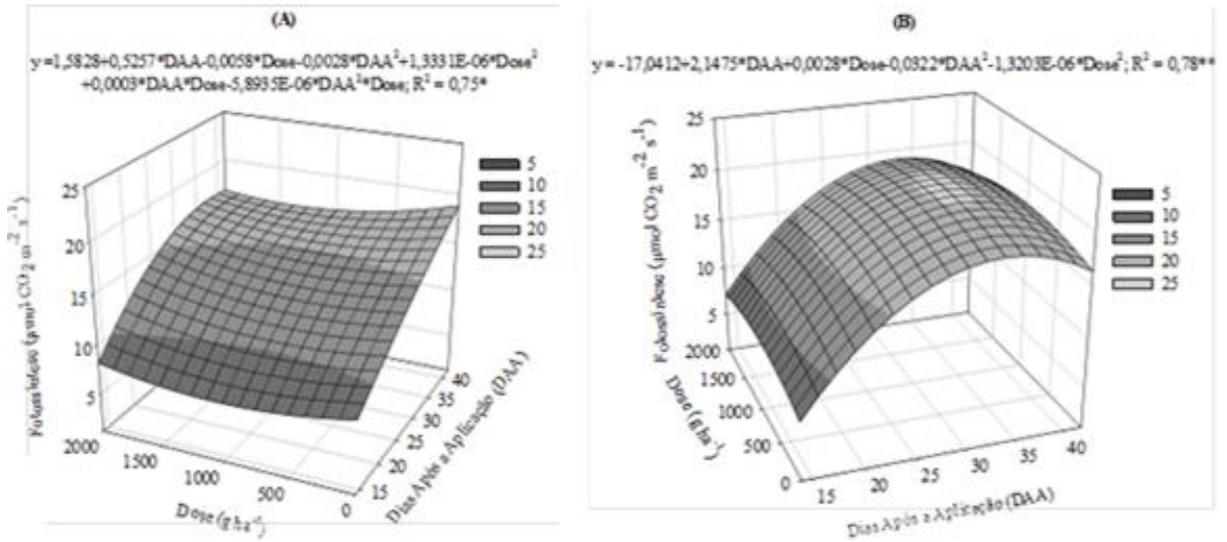


Figura 21. Fotossíntese líquida de plantas de pinhão-mansó até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Pode-se afirmar também, que ao observar este comportamento na aplicação em pós emergência, o melhor período para determinar as taxas de fitointoxicação por meio das trocas gasosas encontra-se até aproximadamente os 20 DAA (Figura 21 A e 21B).

Para avaliação da abertura dos estômatos, representada neste trabalho pela condutância estomática (Figura 22A e 22B) em relação à aplicação de clomazone em pós emergência.

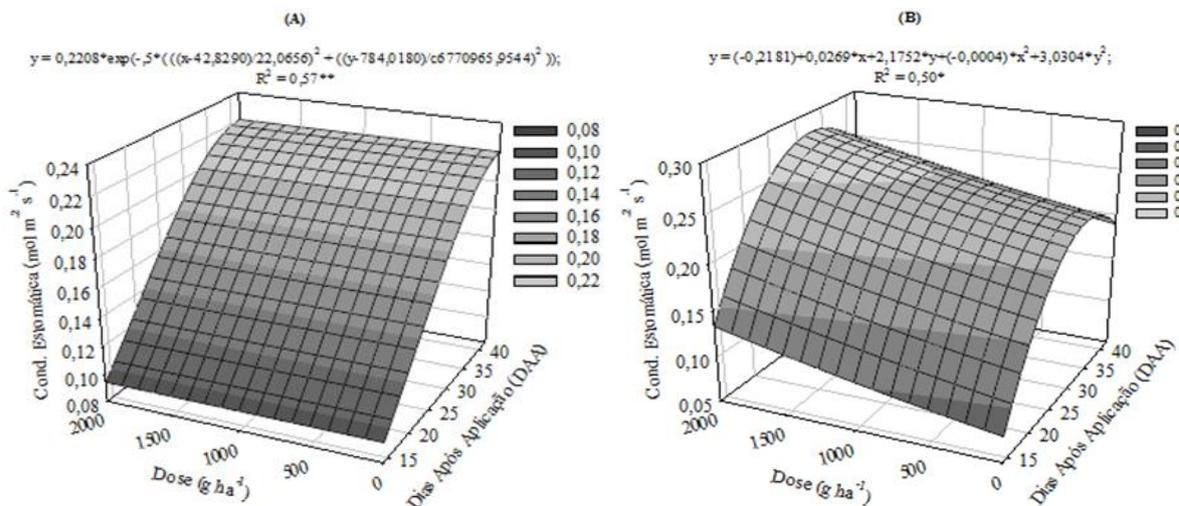


Figura 22. Condutância estomática de plantas de pinhão-mansó até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós-emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Nota-se influência nas formulações CS e CE, em que, os menores valores da condutância estomática foram a partir dos 250g ha⁻¹ para a formulação CS e para a formulação CE houve aumento desses valores, aos 14 DAA. Nas avaliações seguintes para as formulações e doses testadas observou-se aumento nos valores de condutância estomática obtidos.

Os valores de transpiração foliar de pinhão-mansão avaliada ao longo do tempo demonstraram maiores instabilidades até 29 DAA, para 1000 g ha⁻¹ na formulação CS e entre 14 e 42 DAA para a formulação CE em todas as dosagens. Para a formulação CS, durante o período de 14 DAA foi observado os menores valores da transpiração para as plantas que receberam 1000 g ha⁻¹ e os maiores valores foram obtidos para a dosagem de 250g ha⁻¹ (Figura 23A e 23B).

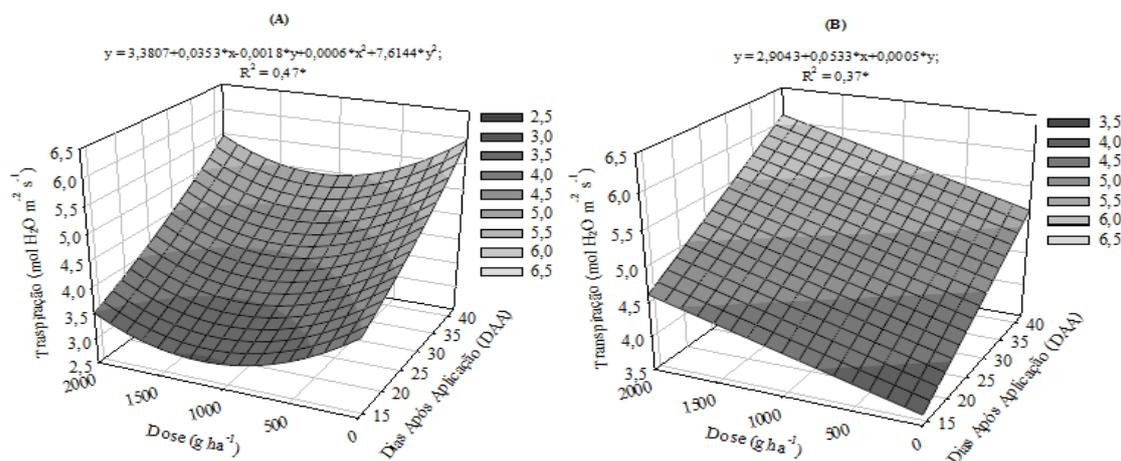


Figura 23. Transpiração de plantas de pinhão-mansão até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Uniãoeste, Campus Marechal Cândido Rondon, PR. 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

A queda dos valores de transpiração para a dosagem de 1000 g ha⁻¹ na formulação CS, é reflexo do maior fechamento estomático ocorrido durante o mesmo período. Visto que durante o mesmo foram observadas necroses em bordas foliares a partir da dosagem de 500 g ha⁻¹ em ambas as formulações (Figura 23A e 23B).

Para os valores de concentração interna de CO₂ na câmara estomática, pode-se observar que o menor valor obtido foi com a dosagem de 2000 g ha⁻¹ na formulação CS, aos 24 DAA (Figura 24A). Já aos 42 DAA para a mesma dosagem e formulação foi obtido um aumento no valor, mostrando que possivelmente a planta já apresentava uma recuperação

parcial ou total dos sintomas de clomazone e seu maquinário fotossintético voltava ao seu funcionamento normal.

Para a formulação CE (Figura 24B), o menor valor obtido foi com a dosagem de 250 g ha⁻¹ aos 29 DAA, nesta mesma data, as dosagens de 500 e 1000 g ha⁻¹ também apresentaram diminuição nos valores observados, porém, na avaliação aos 42 DAA, todos os valores das dosagens estudadas apresentaram aumento.

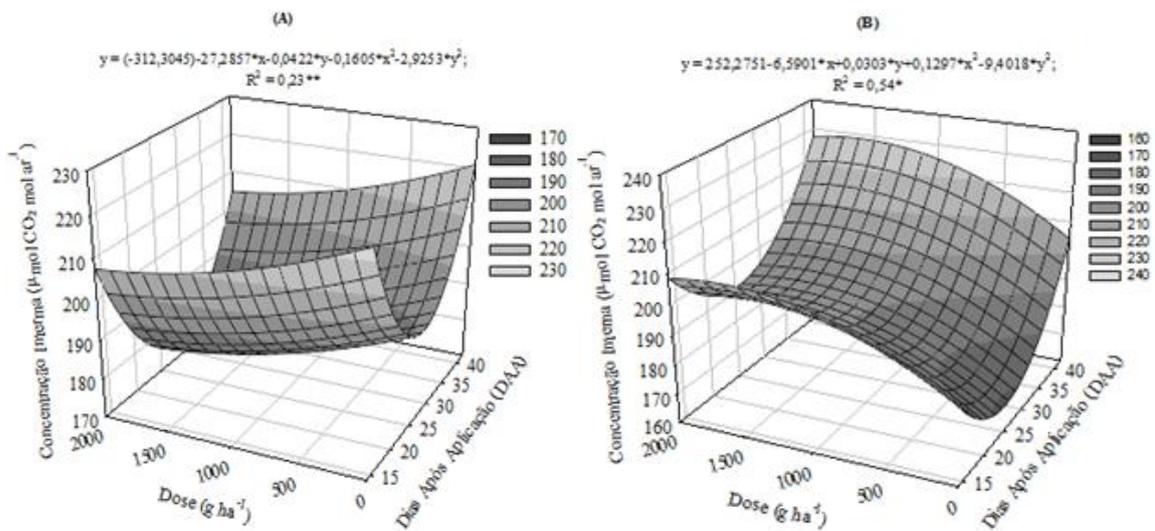


Figura 24. Concentração interna de CO₂ na câmara estomática de plantas de pinhão-mansão até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR. 2013.

(A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Nos valores do índice de *EUA* (eficiência do uso de água), das folhas de pinhão-mansão, podem-se observar os menores valores obtidos nas duas formulações e em todas as dosagens estudadas aos 14 DAA (Figura 25A e 25B).

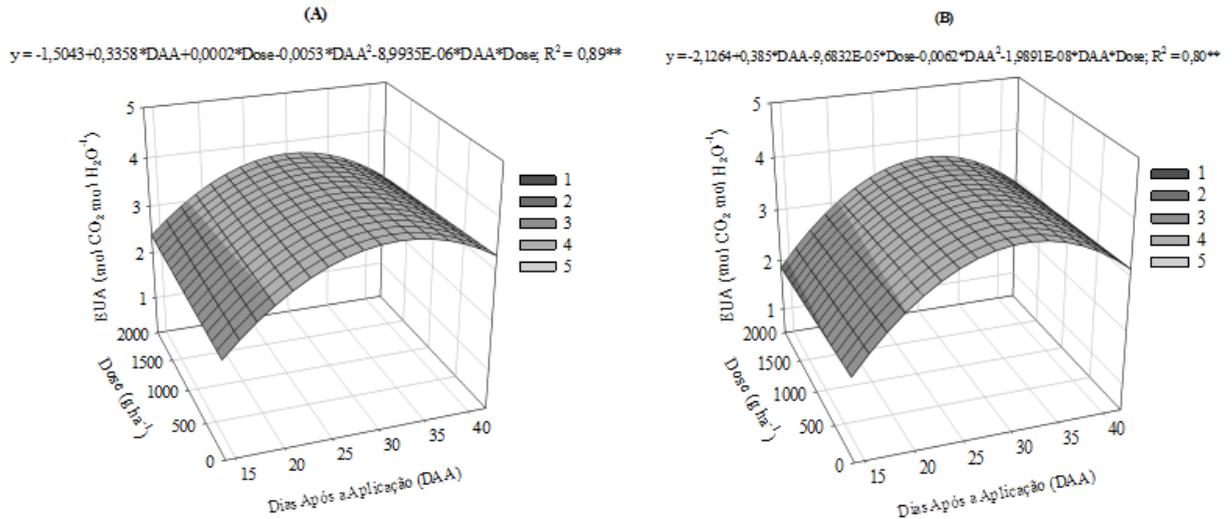


Figura 25. Eficiência do uso da água de plantas de pinhão-mansão até os 42 dias após a aplicação (DAA) de duas formulações e cinco doses de clomazone em pós emergência. Unioeste, *Campus Marechal Cândido Rondon*, PR, 2013. (A=CS-suspensão de encapsulado 360 g L⁻¹; B=CE-concentrado emulsionável 500 g L⁻¹).

Seguindo o mesmo padrão observado nas Figuras 21A e 21B e 22A e 22B que mostram as taxas de fotossíntese líquida e condutância estomática, respectivamente, onde também foram observados os menores valores nesta data, possivelmente devido ao estress causado pelo clomazone ao maquinário fotossintético, visto também que neste mesmo período, na Figura 15A e 15B, são apresentados o maior percentual de fitointoxicação nas plantas de pinhão-mansão.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de clomazone em pré e pós emergência da cultura do pinhão-mansão, nas formulações de suspensão de encapsulado (GAMIT 360 CS[®]) e concentrado emulsionável (GAMIT 500 CE[®]) até a dosagem de 2000 g ha⁻¹ promoveu sintomas intermediários de fitointoxicação e interferiu negativamente no desenvolvimento inicial e no acúmulo de massa seca pelas plantas.

A recuperação das mesmas após 51 dias quando da aplicação em pré emergência, e 42 dias na aplicação em pós emergência sugerem a existência de seletividade do clomazone para essa cultura em ambas formulações até a dose de 500 g ha⁻¹.

No entanto, são necessários novos estudos de maior duração e que contemplem a produtividade da cultura para verificar os efeitos negativos do herbicida clomazone nos aspectos produtivos do pinhão-mansão.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H.A. et al. Crescimento aéreo e radicular de pinhão-manso sob diferentes níveis de compactação do solo. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ ABIPTI, 2006, v. 1, p. 144-149.

ACHTEN, W. M. J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y. J.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**, v.32, p.1063-1084, 2008.

ACKOM, E. K., ERTEL, J. An alternative energy approach to combating desertification and promotion of sustainable development in drought regions. In: FORUM DER FORSCHUNG, 18, 2005, Eigenverlag. **Anais...** Eigenverlag: BTU Cottbus, 2005, p. 74-78.

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2013. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2013.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. **Produção de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Tropicais** rodução de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Tropicais. Sistemas de Produção nº 4. Embrapa Arroz e Feijão. 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/ind ex.htm>>. Acesso em 15/05/2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; BRANT, R. S.; ROCHA, G. R.; JARDIM, R. R. Seletividade de herbicidas para o pinhão-manso. In: III Congresso Brasileiro de Mamona, Energia e Ricinoquímica. Salvador, 2008. **Anais...** Salvador: SEAGRI/EMBRAPA, 2008.

ALMEIDA, F. S. Herbicidas residuais em diferentes sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 596-601, 1992.

ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, p. 789-799, 2004.

AUGUSTUS, G. D. P. S. et al. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, n. 23, p. 161-164, 2002.

BECKER, K.; MAKKAR, H.P.S. *Jatropha curcas*: a potential source tomorrow's oil and biodiesel. **Lipid Technology**, v.20, p.104-107, 2008.

BIFFE, D. F. et al. Avaliação de herbicidas para dois cultivares de mandioca. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 807-816, 2010.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p. 248-254, 1976.

BRANDENBURG. W. A; BINDRABAN, P. S; CORRÉ, W.J. Claims na facts on *Jatropha curcas* L. **Plant Research International**, October, 2007, 66p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins. Disponível

em:<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 mar. 2013.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, STI/CIT, 1985, 364p. (Documentos, 16).

CAETANO, R. S. X.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R. “Banco” de sementes de plantas daninhas em pomar de laranjeira ‘Pera’. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.509-517, 2001.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.de R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JR., E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.449-454, 1994.

CHAGAS, S. J. de R.; CARVALHO, V. D.; COSTA, L.; ROMANIELLO, M. M. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. II. Valores de acidez titulável e teores de açúcares (reduzidos, não reduzidos e totais). **Ciência e Agrotecnologia**, v.20, p.224-231, 1996.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CORTEZ, M. G.; MONQUEIRO, P. A. Bases da Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas. In: III Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto, 2001, Passo Fundo, RS. **Resumo de Palestras**. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.39-53, 2001.

CINI, J. R. M.; BORSATO, D. GUEDES, C. L. B.; SILVA, H. C.; COPPO, R. L. Comparação dos métodos de determinação da estabilidade oxidativa de biodiesel B100, em mistura com antioxidantes sintéticos: aplicação do delineamento simplex-centroide com variável de processo. **Química nova**, v.36, n.1, p. 79-84, 2013.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Balanço Social 2011. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_10_22_11_44_27_balanco_social_conab_2011.pdf> Acesso em: 22 mar. 2013.

COSTA, N. V.; ERASMO, E. A. L.; QUEIROZ, P. A.; DORNELAS, D. F.; DORNELAS, B. F. Efeito da deriva simulada de glyphosate no crescimento inicial de plantas de pinhão-mansão. **Planta Daninha**, v. 27, edição especial, p. 105-110, 2009.

COSTA, N. V.; NEUNFELD, T. H.; OHLAND, T.; PIANO, J. T.; GUIMARÃES, V. F. Seletividade do glyphosate e diuron em plantas de pinhão-mansão aplicados com jato dirigido. *Journal of Agronomy*, 2013. (nobrelo).

CUMMING, J. P.; DOYLE, R. B.; BROWN, P. H. Clomazone dissipation in four Tasmanian topsoils. **Weed Science**. Lawrence, v. 50, n. 3, p. 405-409, May/June. 2002.

DAS, A. C., DEBNATH, A.; MUKHERJEE, D. Effect of the herbicides oxadiazon and oxyfluorfen on phosphates solubilizing microorganisms and their persistence in rice fields. **Chemosphere**, v. 53, n. 5, p. 217-221, 2003.

DAYAN, F. E.; ZACCARO, M. L. M. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology, Maryland Heights**, v. 102, p. 189-197, Mar. 2012.

- DENG, F.; HATZIOS, K. K. Characterization of cytochrome P450- mediated bensulfuron-methyl O-demethylation in rice. **Pesticide Biochemistry Physiology**, San Diego, v. 74, n. 2, p. 102– 104, Oct. 2002.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S. & DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa, MG, v.1. 40p. 2007.
- DIONISIO-SESE, M. L.; TOBITA, S.; Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. **Plant Science**, Strasbourg, v.135, p. 1-9, 1998.
- DRANSKI, J. A. L.; PINTO JÚNIOR, A. S.; STEINER, F.; ZOZ, T.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M.; GUIMARÃES, V. F. Physiological maturity of seeds and colorimetry of fruits of *Jatropha curcas* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 158 - 165, 2010.
- DUANGMAL, K.; APENTEN, R. K. O. A comparative study of polyphenoloxidases from taro (*Colocasia esculenta*) and potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). **Food Chemistry**, London, v.64, p.351-359, 1999.
- DUKE, J. A. 1983. **Handbook of energy crops**. Disponível em <http://C:\WINDOWS\TEMP\purdue_university.htm>. Acesso em: 11 JAN. 2013.
- ERASMO, E. A. L.; COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; FIDELIS, R. R. Tolerância inicial de plantas de pinhão-manso a herbicidas aplicados em pré e pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 571-580, 2009.
- ERBACH, D. C.; LOVELY, W. G. Effect of plant residue on herbicide performance in no-tillage corn. **Weed Science**, v. 23, p. 512-517, 1975.
- ESTÉVEZ, M. A.; PERIAGO, E. L.; CARBALLO, E. M.; GÁNDARA, J. S.; MEJUTO, J. C.; RÍO, L. G.; **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 123, 247. 2008.
- FANG, Z.; BOUWKAMP, J.; SOLOMOS, T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. **J. Experimental Botany**, v. 49, p. 503-510, 1998.
- FERHATOGLU, Y.; AVDIUSHKO, S.; BARRET, M. The basic for safening of clomazone by phorate insecticide in cotton and inhibitors of cytochrome P450s. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 81, n. 1, p. 59-70, Jan. 2005.
- FERHATOGLU, Y.; BARRET, M. Studies of clomazone mode of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 85, n. 1, p. 7-14, May 2006.
- FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; SILVA, J. R. P. Fenologia e produção do pinhão-manso cultivado com diferentes fontes de adubação. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.2, p. 339-346, 2013.
- FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. De M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A. Deficiência de enxofre e micronutrientes na mamoneira (*Ricinus communis*): descrição do efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE**

MAMONA, I., 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004 a. CD.

FOIDL, N.; FOIDL, G.; SANCHEZ, M.; MITTELBAACH, M.; HACKEL, S. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. **Bioresource Technology**, Fayetteville, n. 58, p. 77-82, 1996.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. **Natural Resources Forum**, v.29, p.12-24, 2005.

FREITAS, J.M.N. **Efeitos De Três Diferentes Formulações De Npk Sobre A Fisiologia E A Produção De Plantas De Cordiline Baby (*Cordylineterminalis* (L.) Kunth, cv. Baby Doll)**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

GALON, L.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; CONCENÇO, G.; FIALHO, C. M. T.; Santos, E. A.; Tironi, S. P.; Barbosa, M. H. P. Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1083-1093, 2009. (Edição Especial).

GONÇALVES, K. S. et al. Seletividade do oxyfluorfen para a cultura do pinhão-mansão. **Planta Daninha**, v. 27, p. 1111-1116, 2009.

GONÇALVES, K. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; CAVALIERI, S. D.; MARTINS, S. B.; VELINI, E. D. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.2, p.110-120, 2011.

GRAVENA, R.; FILHO, R. V.; ALVES, P. L. C. A.; MAZZAFERA, P.; GRAVENA, A. R. Lowglyphosate rates do not affect Citruslimonia (L.) Osbeck seedlings. **Pest Management Science**, v. 65, n. 4, p. 420–425, 2009.

GÜBITZ, G. M.; MITTELBAACH, M.; TRABI, M. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. **Bioresource Technology**, Fayetteville, n. 67, p. 73-82, 1999.

GUIMARÃES, A. S. **Crescimento inicial do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes**. Tese (Doutorado em Agronomia - Ecologia Vegetal e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba Areia, 92p. 2008.

HAMMERSCHIMIDT, T. R.; NUCLES, E. M.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiological Plant Pathology**, v.20, p.73-82, 1982.

HELLER, J. Physic nut. *Jatropha curcas* L.: promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1 ed. Roma: IPGRI, 66 p. 1996.

HENNING, R. Use of *Jatropha curcas* oil raw material and fuel: an integrated approach to create income and supply energy for rural development – Experiences of the *Jatropha* Project in Mali, West Africa. In: INTERNACIONAL FOLKCENTER FOR “RENEWABLE ENERGY – A VEHICLE FOR LOCAL DEVELOPMENT”, 2, 2000, Denmark. **Anais...** Denmark: 1-4. 2000.

HORSCHUTZ, A. C. O.; TEIXEIRA, M. B.; ALVES, J. M.; SILVA, F. G.; SILVA, N. F. Crescimento e produtividade do pinhão-mansão em função do espaçamento e irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.16, n.10, p. 1093-1099, 2012.

KRUSE, N.D. Inibidores da síntese de carotenóides. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR, A. (Eds.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Editora dos autores. p.113-122. 2001.

KUHN, O.J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção**. Piracicaba, 2007. Tese (Doutorado em Agronomia). ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2007.

KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. **Industrial Crops and Products**, v.28, p.1-10, 2008.

KUMAR, N.; SUDHEER, D.V.N.; PAMIDIMARRI, M.K.; BORICHA, G.; MUPPALA, P.R. Effects of NaCl on growth, ion accumulation, protein, proline contents and antioxidant enzymes activity in callus cultures of *Jatropha curcas*. **Biologia**, v.63, p.378-382, 2008.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1969-1975, 2008.

LEE, D. J. et al. Soil characteristics and water potential effect on plant-available clomazone in rice. **Weed Science**, Champaign, v. 52, n. 2, p. 310-318, Mar./Apr. 2004.

LOPES, L. S.; GALLAO, M. I.; BERTINI, C. H. C. Mobilisation of reserves during germination of *Jatropha* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n.2, p. 371-378, 2013.

LUSSO, M. F. G.; PASCHOLATI, S. F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathological**, v. 25. p. 244-249, 1999.

MARTINS, E. R. F., CRUZ, N. D. Pesquisas em desenvolvimento com pinhão-paraguaio no Instituto Agronômico. **O Agrônomo**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 109-113, 1985.

McMAHOM, C. Size and shape in biology. **Science**, Washington, n. 1, v.179, p.1201-1204, 1973.

MIRON, D. D. S.; **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, 2009.

MOREIRA, M. S.; MELO, M. S. C.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; CRHISTOFFOLETI, P. J. Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 167-175, 2010.

MORI, I. C.; SCHROEDER, I. J. Reactive oxygen species activation of plant Ca²⁺ channels. a signaling mechanism in polar growth, hormone transduction, stress signaling, and hypothetically mechanotransduction. **Plant Physiology**, v.135, p.702–708, 2004.

NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D.; TOFOLI, G. R.; CAVENAGHI, A. L.; MARTINS, D.; MORELLI, J. L.; COSTA, A. G. F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 567-575, 2004.

- NELSON, K. A. et al. Effect of lactofen application timing on yield and isoflavone concentration in soybean seed. **Agronomic Journal**, v. 99, n.1, p.645-649, 2007.
- OLIVEIRA JR., R. S. et al. Aplicações sequenciais de flumiclorac-pentil para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.1, p.115-122, 2006.
- OLIVEIRA JR., R. S. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: **Omnipax**, Cap.7, p.141-192. 2011.
- OLIVEIRA JR., R. S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J. (Orgs.). *Plantas daninhas e seu manejo*. **Guaíba: Agropecuária**, p. 291-314. 2001.
- OLIVERIA, R. B. de; GIMENEZ, V. M. M.; GODOY, S. A. P. de. Intoxicações com espécies da família Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 50, p. 69-71, Suplemento 01. 2007.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass & Bioenergy**, Silver Spring, n. 19, p. 1-15, 2000.
- PINHO, A. P.; MATOS, A. T.; MORRIS, L. A.; COSTA, L. M. Adsorção de Atrazina e Picloram em Amostras Florestais de Horizonte Orgânico. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 125-131, 2007.
- 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, 1., 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: p.110-23. 1991.
- RETZINGER JR, E.J.; MALLORY-SMITH, C. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. **Weed Technology**, v.11, p.384-393, 1997.
- RIZZARDI, M. A.; FLECK; N. G.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT Jr, A. A. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.
- ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. F.; FARIA, A. T.; GALON, L.; FERREIRA, E. A.; FELIPE, R. S.; SILVA, A. A.; DIAS, L. A. Seletividade de herbicidas pré-emergentes ao pinhão-manso (*Jatropha curcas*). **Planta Daninha**, V. 28, n.4, p. 801-806, 2010.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 5.ed. Londrina: IAPAR, 2005, 591p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. (Eds): Londrina, 2005. 331p.
- ROSSI, C. V. S. Controle de plantas daninhas pelos herbicidas metribuzin e isoxaflutole em soqueiras de cana-de-açúcar, na ausência e presença de palha. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.
- SANTOS, C. V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p. 93-99, 2004.

SANTOS, F. M. et al. Persistência dos herbicidas imazethapyr e clomazone em lâmina de água do arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 875-881, 2008.

SANTOS, S.; FERRIRA JUNIOR, E. J.; PIRES, B.; NETTO, A.P. da C. Efeito de diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: **5 Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. Varginha – MG, 2007.

SATO, M.; BUENO, O.C.; ESPERANCINI, M.S.T.; FRIGO, E.P. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. *Revista Varia Scientia*, v. 7, n. 13, p. 47-62, 2008.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.26, p.44-78, 2005.

SILVA, A. A. & SILVA, J. F. **Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas**, Ed. UFV.,

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA, Jr. R. S. Herbicidas: Comportamento no solo. In:

SILVA, A.A. et al. Controle de plantas daninhas. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO SUPERIOR (ABEAS). Curso de proteção de plantas. Brasília: 2003. 260 p.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; CHAGAS, S. J. de R.; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.335-345, 1999.

SILVA, F. M. L. et al. Moléculas de herbicidas seletivos à cultura da mandioca. **R. Trópica**, v. 3, n. 2, p. 61-72, 2009.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v.81, p. 337-354, 2002.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Mathematical modelling of the drying of jatropha fruit: an empirical comparison. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.2, p. 278-285, 2013.

SOUZA, P. T.; SILVA, E. B.; GRAZZIOTTI, P. H.; FERNANDES, L. A. NPK fertilization on initial growth of physic nut seedlings in QuartzarenicNeossol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 559–566, 2011.

STEINER, F.; ZOZ, T.; PINTO JUNIOR, A. S.; CASTAGNARA, D. D.; DRANSKI, J. A. L. Effects of aluminum on plant growth and nutrient uptake in young physic nut plants. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1779–1788, 2012.

SUJATHA, M.; REDDY, T. P.; MAHASI, M. J. Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. **Biotechnology Advances**, v.26, p.424-435, 2008.

SWOT. Summary of current knowledge: an industry and market study of plant products from five trees in Southern Africa – *Jatropha* or physic nut. Washington, 2002. 15 p. Relatório de Projeto, Internacional Programs Washington State University, Washington, 2002.

- TEIXEIRA, J. P. F. Teor e composição do óleo de sementes de *Jatropha* spp. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 151-157, 1987.
- TENBROOK, P. L.; TJEERDEMA, R. S. Biotransformation of clomazone in Rice (*Oryza sativa*) and early watergrass (*Echinochloa oryzoides*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 85, n. 1, p. 38-45, May 2006.
- TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L. R.; DUARTE, W. M.; TIBURCIO, R. A. S.; SANTOS, M. V. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 359-364, 2006.
- VELINI, E. et al. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406). **STAB Açúcar, Álcool Subpr.**, v. 10, p. 13-16, 1992.
- VERAS, R. P.; LAIME, E. M. O.; FERNANDES, P. D.; SOARES, F. A. L.; FREIRE, E. A. Altura de planta, diâmetro caulinar e produção do pinhão-mansão irrigado sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.15, n.6, p. 582-587, 2011.
- VIDAL, R. A.; MEROTTO JUNIOR, A. *Herbicidologia*. Porto Alegre: Ed. dos autores, 2001. 152 p.
- WILLADINO, L; CÂMARA, T. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA. M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. **La Ecofisiologia Vegetal**, Una ciencia de síntesis. Madri, Espanha. Editora Thomsom, p. 303-329, 2004.
- YAMASHITA, O. M.; BETONI, J. R.; GUIMARÃES, S. C.; ESPINOSA, M. M. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 359-366, 2009.
- YUN, M.S.; YOGO, Y.; MIURA, R.; YAMASUE, Y.; FISCHER, AJ. Cytochrome P-450 monooxygenase activity in herbicide-resistant and susceptible late watergrass (*Echinochloa phylllopogon*). **PesticBiochemPhysiol**, 83: 107–114, 2005.
- ZANELLA, R; PRIMEL, E.G.; GONÇALVES, F. F.; MARTINS, M. L.; ADAIME, M. B.; MARCHESANC, E.; MACHADOC, S. L. O. **J.Braz. Chem. Soc.** 2008,19,5.
- ZERA, F.S et al. Tolerância de diferentes cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) A herbicidas. **Planta Daninha** [online]. 2011, vol.29, n.3, pp. 591-599.
- ZHANG, J.; HE, Z.; TIAN, H.; ZHU, G.; PENG, X. Identification of aluminium-responsive genes in rice cultivars with different aluminium sensitivities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 8, p. 2269–2278, 2007.
- ZHANG, W. et al. Differential tolerance of rice (*Oryza sativa*) varieties to clomazone. **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, n. 1, p. 73-76, 2004.