

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE AZEVÉM (*Lolium
multiflorum*) NAS CONDIÇÕES DE CANA CRUA EM
LOUISIANA/EUA E DINÂMICA DOS HERBICIDAS NA PALHA**

ROSILAINE ARALDI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para a obtenção do título de Doutora em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Abril - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE AZEVÉM (*Lolium
multiflorum*) NAS CONDIÇÕES DE CANA CRUA EM
LOUISIANA/EUA E DINÂMICA DOS HERBICIDAS NA PALHA**

ROSILAINE ARALDI

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para a obtenção do título de Doutora em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP

Abril – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Araldi, Rosilaine, 1985-
A659a Avaliação do controle de azevém (*Lolium multiflorum*) nas condições de cana crua em Louisiana/EUA e dinâmica dos herbicidas na palha / Rosilaine Araldi. - Botucatu : [s.n.], 2014
v, 87 f. : ils. color., grafs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014
Orientador: Edivaldo Domingues Velini
Inclui bibliografia

1. Herbicidas. 2. Erva daninha - Controle. 3. Cana-de-açúcar. 4. Azevém. I. Velini, Edivaldo Domingues. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: " AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE AZEVÉM (*Lolium multiflorum*) NAS
CONDIÇÕES DE CANA CRUA EM LOUISIANA/EUA E DINÂMICA DE
HERBICIDAS NA PALHA"

ALUNA: ROSILAINE ARALDI

ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI



PROF. DR. FERNANDO TADEU DE CARVALHO



PROF. DR. ANDERSON LUIS CAVENAGHI



PROF. DR. ROBERTO ESTEVÃO BRAGION DE TOLEDO



PROF. DR. MARCELO ROCHA CORREA

Data da Realização: 11 de abril de 2.014.

DEDICO

Aos meus pais, Guerino Araldi e Ercília Sardinha Araldi,

Aos meus irmãos, Rosimeire, Rosiane e Rovair Araldi,

Aos cunhados e sobrinhos,

**pelo apoio incondicional em todos os momentos,
pela compreensão, amor e confiança,
além dos preciosos ensinamentos.**

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por permitir concluir mais uma etapa de minha formação profissional e pessoal e, principalmente, pela sua presença em todos os momentos da minha vida.

Ao Professor Dr. Edivaldo Domingues Velini, pela orientação, dedicação e incentivo dispensado durante o período de pós-graduação. E também à Maria Lúcia Bueno Trindade, pela amizade e ajuda em todos os momentos. E, ao Professor Caio Antônio Carbonari, pelo apoio e dedicação.

A toda equipe de plantas daninhas do Dr. Griffin em Baton Rouge. Em especial ao Dr. James Griffin, Matthew Bauerle, Marshall Hardwick, Matt Foster e Josh Copper, que me receberam muito bem no período do doutorado sandwich, e me ajudando em todas as etapas da condução do experimento.

Aos amigos e companheiros de trabalho no NUPAM: Marcelo Giroto, Natália Corniani, Ilca P.F. Silva, Leandro Tropaldi, Giovanna L.Gomes, Lucas Perim, Ivana Maria, Samir Jasper, Maria Rosecler, Saulo Simões e Diego Belaparte, pelos bons momentos de convívio e valiosas colaborações durante o período do doutorado e desenvolvimento do trabalho. Assim como, aos funcionários do laboratório do NUPAM, José Roberto Marques Silva, José Guilherme Ferreira Cordeiro e Luis Marcelo Siono.

A minha irmã oriental Adriana Tanaka, pelos anos de caminhadas juntas nessa Agronomia e a minha especial afilhada Ilca Puertas de Freitas e Silva.

Aos meus eternos “roommates de Botucatu” Natália Corniani, Adriana Tanaka, Marcelo Giroto, Juliana Campana, Giovanna Larissa, Tâmara Lúcia, Thaíse Karla, Elza Maria, Emi Lorenzetti, Adilson Pacheco, Stephane, Nat e Marcela Bruneli. Aos “roommates dos USA”, Claudiana e Pheonah e, aos “roommates do Japão” Aline san e Natália san pela amizade, companheirismo e afeto durante o período de convívio. Aos amigos: Josué Ferreira, Hélio Moreira, Anthony Garotinho, Ana Vizinha, Francine Vercese, Jackson, Débora Xavier, Hpoo san, Hélio Makoto e Deise Maria pelos momentos de risadas e descontrações provindos da sincera amizade.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Agricultura, e à Faculdade de Ciências Agrônomicas, pela oportunidade e formação. À Capes, pela bolsa de estudos concedida.

A todas as pessoas que direta e indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

A todos meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4.1. Produção de cana-de-açúcar	8
4.2. Interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar	12
4.3. Sistema de cana crua	14
4.4. Aspectos positivos da palha deixada no solo	16
4.5. Controle químico em cana crua	20
4.6. Dinâmica dos herbicidas na palha	24
5. MATERIAL E MÉTODOS	26
5.1. Infestação do azevém em cana crua	26
5.2. Dinâmica de herbicidas em palha de cana-de-açúcar	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1. Infestação do azevém em cana crua	43
6.2. Dinâmica de herbicidas em palha de cana-de-açúcar	54
7. CONCLUSÃO	65
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
9. ANEXOS	79

AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE AZEVÉM (*Lolium multiflorum*) NAS CONDIÇÕES DE CANA CRUA EM LOUISIANA/EUA E DINÂMICA DOS HERBICIDAS NA PALHA. Botucatu/SP, 2014. 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: ROSILAINE ARALDI

Orientador: Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

1. RESUMO

Em Louisiana, historicamente, o resíduo de cana-de-açúcar obtido com a colheita mecânica tem sido removido pela queimada, mas preocupações ambientais e sociais sobre a queima têm conduzido à necessidade de alternativas econômicas para o manejo dessas palhadas. O manejo de plantas daninhas nessas áreas apresenta mudanças significativas, visto que uma espessa camada de palha variando de 10 a 30 t ha⁻¹ pode ser deixada no solo. Os herbicidas aplicados em pré-emergência, que deveriam chegar até a superfície do solo são interceptados pela palhada ficando o produto retido mais exposto às possíveis perdas. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a interação entre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar e herbicidas, no controle de azevém (*Lolium multiflorum*) em Louisiana/USA, bem como verificar a transposição dos herbicidas atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone, diuron e hexazinone em palha. O estudo foi conduzido em dois experimentos. O primeiro foi realizado na estação experimental de cana-de-açúcar da Louisiana State University, localizada em Saint Gabriel/Louisiana, nos Estados Unidos no período de novembro de 2012 a abril de 2013, em que se estudou o efeito dos herbicidas atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone+diuron e hexazinone+diuron em condições de 0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹ de

palha de cana-de-açúcar deixada no solo. O segundo experimento foi desenvolvido nas condições do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia pertencente à UNESP Campus de Botucatu/SP, como um complemento ao experimento anterior, e o foco do estudo foi à transposição dos mesmos herbicidas em 10 t ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar. Verificou-se que a infestação de azevém foi gradativamente reduzida com o aumento na quantidade de palha de cana-de-açúcar deixadas na superfície do solo e os melhores tratamentos herbicidas foram metribuzin, clomazone+diuron e hexazinone+diuron em todos os níveis de palha. Para o pendimethalin a menor infestação do azevém foi verificada para o tratamento sem palha de cana-de-açúcar no solo. Em relação à transposição dos herbicidas no segundo experimento, não foi observado transposição do pendimethalin pela palha, mesmo com uma lâmina de 100 mm de chuva simulada, justificando assim, o baixo controle do azevém encontrado para este herbicida em situação de cana crua em Louisiana. Foram encontrados dois perfis diferentes de transposição dos herbicidas para a palha de cana-de-açúcar: o metribuzin e hexazinone que transpuseram facilmente pela camada de palha, enquanto o diuron, clomazone e atrazine que foram necessárias lâminas de chuva maiores para a transposição pela palha de cana-de-açúcar.

Palavras - chave: atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone + diuron, hexazinone + diuron.

EVALUATION OF THE ITALIAN RYEGRASS (*Lolium multiflorum*) CONTROL IN THE RAW SUGARCANE CONDITIONS IN LOUISIANA/USA AND DYNAMICS OF HERBICIDE IN STRAW. Botucatu/SP, 2014. 87 p. (Ph.D in Agronomy/Agriculture) – Faculty of Agronomic Sciences, São Paulo State University.

Author: ROSILAINE ARALDI

Advisor: Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

2. SUMMARY

In Louisiana, historically, the sugarcane residue obtained with mechanical harvesting has been removed by burning, but environmental and social concerns about burning have led to the need for economic alternatives for the management of these straw. The weed management in these areas presents significant changes, considering that a thick layer of straw from 10 to 30 t ha⁻¹ can be left on the ground. And the herbicides applied in pre-emergence on these mulches, which should reach the soil surface are intercepted by straw getting the product more exposed to possible losses like photo degradation, volatilization and/or hydrolysis, thus not reaching the ground. So, the aim of this study was to evaluate the interaction between different amounts of sugarcane straw and herbicide to control of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Louisiana/USA, as well as verify the transposition of the herbicides atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone, diuron and hexazinone in straw. The study was conducted in two experiments. The first was conducted at the sugarcane experimental station of the Louisiana State University located in Saint Gabriel from November 2012 to April 2013 and the effect of atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone+diuron, hexazinone+diuron were evaluated in conditions of 0, 9, 18 and 27 t ha⁻¹ of sugarcane straw left in the soil. The second experiment was conducted under the conditions of the Advanced Research Center in

Weeds belonging to UNESP Botucatu/ SP campus. The study was conducted as a supplement to the previous experiment and the focus of the study was to evaluate the transposition of the same herbicides at 10 t ha^{-1} of sugarcane straw. And, in summary, through of the experiments were found that the ryegrass infestation was gradually reduced with the increase in the amount of sugarcane straw and the best herbicide treatments were in general for metribuzin, clomazone+diuron and hexazinone+diuron in all straw levels. For pendimethalin, the lowest infestation of ryegrass was observed for the treatment without sugarcane straw in the soil. And, in relation to herbicides transposition in the second experiment, in particular for the pendimethalin did not have quantified transposition of the product by straw even with a rain amount of 100 mm. Thus, justifying the low control of ryegrass found for pendimethalin in sugarcane situation of Louisiana. And two different profiles for transposition of herbicides by sugarcane straw were found. The metribuzin and hexazinone that easily passed by the straw layer while for diuron, clomazone and atrazine were required rain blades larger for the herbicide extraction of straw.

Keywords: atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone + diuron, hexazinone + diuron.

3. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, *Saccharum* spp., grande fonte de energia para os seres humanos, é produzida nos países em que a latitude varia de 36.7° norte até 31.0° sul do equador, abrangendo áreas da zona tropical e subtropical. Em área norte americana, a cultura é produzida comercialmente na Flórida, Louisiana, Texas e Havai. A produção americana de cana-de-açúcar, em 2011, foi de 26,7 milhões de toneladas, sendo 10,8 milhões de toneladas em 173.000 hectares localizados em 23 municípios de Louisiana (NASS, 2011).

No sistema de produção de cana-de-açúcar, há problemas relacionados a presença de plantas daninhas interferentes na cultura. Essas plantas têm a capacidade de interferir no desenvolvimento e na produtividade da cultura, com reduções na quantidade e qualidade do produto colhido, diminuição do número de cortes viáveis e aumento dos custos de produção, além da dificuldade na colheita e transporte da matéria prima até a indústria (KUVA et al., 2003).

As plantas daninhas do período de inverno e primavera são as que mais afetam a cultura da cana-de-açúcar nas regiões do sul dos Estados Unidos, visto ser essa a época de plantio e estabelecimento da cultura. Dentre as principais, pode-se citar as espécies *Lolium multiflorum*, *Cynodon dactylon*, *Ipomoea* spp, *Sorghum halepense*, *Ageratum conyzoides*, *Rottboellia cochinchinensis* e *Amaranthus viridis*, as quais têm sido identificadas, atualmente, como de elevada ocorrência na região produtora, causando problemas na cultura (GRIFFIN, 2013). Considerando o azevém (*Lolium multiflorum*), as sementes pré-existentes em campos de cana-de-açúcar, promovem a germinação em todo o período de inverno estabelecendo plantas de difícil controle.

A adoção de sistemas de produção, em que as culturas são implantadas sobre algum tipo de palhada ou cobertura vegetal morta, tem aumentado em

diversas regiões do Brasil, em função de inúmeros benefícios atribuídos a esse tipo de cobertura. Entre exemplos típicos pode-se mencionar o sistema de produção de cana crua, o cultivo mínimo em áreas de reflorestamento e, o plantio direto de culturas anuais (VELINI e NEGRISOLI, 2000).

Para as condições de Louisiana/EUA, historicamente, o resíduo de cana-de-açúcar obtido com a colheita mecânica tem sido removido pela queimada. Porém, preocupações ambientais e sociais sobre este procedimento têm conduzido à necessidade de se encontrar alternativas econômicas para o manejo dessas palhadas. Assim, com a atual tendência de aumento das áreas de cana-de-açúcar colhidas sem a tradicional queima, seja por imposições legislativas, pode ser observada uma espessa camada de palha, variando de 10 a 30 t ha⁻¹, dependendo da variedade utilizada, condições climáticas, nutrição da cultura e dos tratamentos culturais. A presença desta cobertura morta faz com que ocorram significativas mudanças no atual manejo de plantas daninhas nestas áreas.

A cobertura vegetal da palha de cana-de-açúcar pode atuar como um valioso instrumento no controle de várias espécies de plantas daninhas, uma vez que o terreno coberto por esses resíduos vegetais apresenta infestação inferior àquela que se desenvolveria com o solo descoberto, no sistema convencional. Essa cobertura de palha influencia na dormência, germinação e na taxa de morte das sementes de plantas daninhas, promovendo alterações que dependem do tipo e quantidade de palha e, especialmente, da espécie de planta daninha.

Com os efeitos físicos ocorrem às alterações nos regimes térmico e hídrico do solo e à interceptação de alguns comprimentos da luz que atinge a palhada, afetando a dormência e, conseqüentemente, a germinação das plantas daninhas. Além disso, pode ocorrer também, a liberação de exsudados pela palha, que apresentam efeitos alelopáticos, podendo modificar, direta ou indiretamente, a germinação, o crescimento e o desenvolvimento de propágulos de plantas daninhas. A palhada de cana-de-açúcar propicia também um ambiente favorável ao desenvolvimento de populações de invertebrados que podem interferir diminuindo o banco de sementes de plantas daninhas do solo, atuando assim a palha de forma química e biológica na germinação das infestantes. Mas, apesar da cobertura vegetal reduzir a competição provocada pelas plantas daninhas, medidas como o controle químico ainda são necessárias, visto que a supressão causada pela palha é apenas em médio prazo.

Os herbicidas, aplicados em pré-emergência sobre as coberturas mortas, necessitam atingir a superfície do solo para atuarem como tal. No entanto, uma boa

parte desses herbicidas é interceptada pela palhada, ficando o produto retido mais exposto à perdas pela fotodegradação, volatilização e/ou hidrólises, não atingindo o solo.

Estudos têm sido conduzidos em casa-de-vegetação e em condições de campo para avaliar a interação entre herbicidas e coberturas mortas, na tentativa de compreender melhor os processos de adsorção, dessorção, volatilização e controle de plantas daninhas em cana crua. É preciso dedicar esforços para o melhor entendimento do comportamento de herbicidas pré-emergentes na palha, sobretudo em relação a áreas pouco estudadas ainda.

Assim, diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a interação entre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar e herbicidas no controle de azevém (*Lolium multiflorum*) em Louisiana/USA, bem como verificar a transposição dos herbicidas em palha.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Produção de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, *Saccharum* spp., grande fonte de energia para os seres humanos, é produzida nos países em que a latitude varia de 36,7° norte até 31,0° sul do equador, abrangendo áreas da zona tropical e subtropical, variando do nível do mar até 1000 m de altitude na produção. No mundo inteiro, a cana-de-açúcar ocupa uma área de 26,42 milhões de hectares (FAOSTAT, 2011). Essa área de produção da cultura e a produtividade diferem amplamente de país para país. O Brasil tem a maior área cultivada (10,83 milhões de ha), ao passo que a Austrália tem a maior produtividade média (85,1 t ha⁻¹).

A cana-de-açúcar teve sua origem provavelmente na Nova Guiné, sendo levada para a Índia, de onde se tem o mais antigo registro de sua existência (MACHADO, 2004). Esta cultura foi a primeira fonte de dinheiro no período da América colonial. Isso aconteceu amplamente nos estados do sul dos Estados Unidos e foi o que garantiu fonte de renda por muitas safras (HUNTRODS e KOUNDINYA, 2012).

Atualmente, em áreas americanas, a cultura é produzida comercialmente na Flórida, Louisiana, Texas e Havai (Figura 1). A produção americana de cana-de-açúcar em 2011 foi de 26,7 milhões de toneladas, sendo a Florida, o maior estado produtor, com 13,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. O Estado de Louisiana foi o segundo maior produtor com 10,8 milhões de toneladas, enquanto que o Texas e o Havai produziram mais de um milhão de toneladas (NASS, 2011).

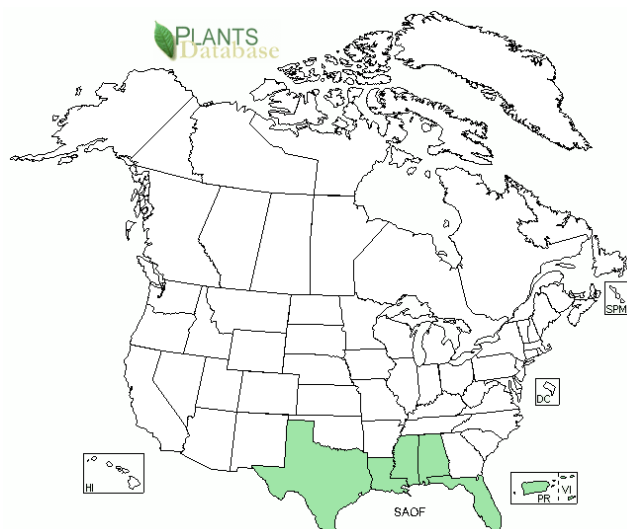


Figura 1. Destaque em verde para os estados americanos (Flórida, Louisiana, Texas e Havai) onde é produzida a cana-de-açúcar. Fonte: Plants Database, 2011.

Do açúcar norte americano produzido de cana-de-açúcar, Louisiana tem a área mais antiga e histórica de produção. A cana-de-açúcar chegou a Louisiana com os padres jesuítas em 1751 que plantaram a cultura em áreas próximas às igrejas em New Orleans/LA e a indústria está atualmente no seu terceiro século de produção de açúcar. Essa indústria canavieira para o estado tem aumentado gradativamente a produtividade, principalmente devido ao uso de variedades melhoradas, boas práticas culturais e de controle de pragas, além do uso de técnicas adequadas de processamento do açúcar. Apenas em alguns momentos pontuais da história foram encontradas dificuldades para este setor, como nos anos da guerra civil, durante a epidemia de doenças na década de 1920 e pelas baixas temperaturas, as quais afetaram a safra em 1990, no entanto, atualmente, o setor apresenta uma boa situação.

No Estado de Louisiana, a cana-de-açúcar tem sido produzida em mais de 173 mil hectares de terra, em 23 municípios (Figura 2). A produção obtida em 2011 excedeu 13 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, com um impacto econômico de US\$ 2,2 bilhões para os produtores de cana e para usinas de açúcar do Estado. O Estado apresenta 17 usinas e duas refinarias, produzindo cerca de 20% de todo o açúcar produzido nos EUA (beterraba e cana-de-açúcar), com aproximadamente 27.000 funcionários envolvidos nessa produção e processamento de açúcar (DATABASE, 2011).

Porém, ao longo dos últimos cinco anos, o tradicional sistema de colheita de colmo inteiro tem mudado para o novo sistema de colheita que envolve o corte dos toletes. Assim a cana-de-açúcar é colhida verde (sem queima) e o resíduo da cultura (ponteiros e folhas) é depositado na superfície do solo. Há exaustores na colhedora que separam as folhas e os resíduos de plantas dos toletes (SELIM et al., 2003), sendo posteriormente os toletes transportados para a indústria. Neste novo processo, comumente o material vegetal da cultura, proveniente da colheita que é deixado sobre o solo é queimado.

A remoção da palha das ruas/canteiros de plantio pela queimada, após a colheita são medidas de controle para reduzir o impacto do resíduo vegetal na emergência da cultura na primavera e, em última análise, na produção de açúcar em Louisiana. Richard (1999) relataram redução na produção de açúcar em 14% quando a palha da cana-de-açúcar não foi removida. Viator et al. (2009) e Viator e Wang (2011) relataram com base em vários estudos, que a produção de açúcar em parcelas onde o resíduo foi queimado foi maior quando comparado a áreas em que o resíduo não foi retirado do topo do canteiro.

O Estado de Louisiana tem normas em relação ao controle da queimada. É através do Departamento de Agricultura e Florestas de Louisiana, da Liga Americana de Cana-de-açúcar e da AgCenterLSU que foi desenvolvido as diretrizes (“Louisiana Smoke Management Guidelines for Sugarcane Harvesting”) sobre a condição da queima na cultura.

Historicamente, em Louisiana, o resíduo de cana-de-açúcar tem sido removido pela queimada, mas preocupações ambientais e sociais sobre a queimada têm conduzido à necessidade de se encontrar alternativas econômicas para o manejo dessas palhada.

Já para as condições do Brasil, está sendo eliminada gradativamente a queima da palhada da cana-de-açúcar no processo de colheita. Para o Estado de São Paulo, havia um decreto n° 47.700, de 11/03/2003, que regulamentava a lei n° 11.241 de 19/09/2002, estabelecendo que, em áreas com possibilidade de mecanização de colheita (com declividade igual ou inferior a 12%), a despalha na pré-colheita da cana através da sua queima deveria ser gradativamente diminuída a partir de 2002 até 2021. Nas demais áreas, as queimadas seriam completamente eliminadas até o ano de 2031 (COSTA, 2001). Mas com o acordo firmado entre o governo estadual e a Unica (União da Indústria da Cana-de-açúcar) antecipou a extinção total da prática para 2017. A partir de 2014, na maior parte dos canaviais paulistas a mecanização terá de atingir 100% da colheita, como prevê a lei 11.241/02 e o Protocolo Agroambiental assinado em 2007 (NOVACANA, 2013). A colheita mecanizada de

cana-de-açúcar atingiu 81% de toda área colhida no Estado de São Paulo na safra 2012/2013, buscando assim pela produção da cana verde.

Brevemente sobre o Brasil, a área cultivada com a cultura que será colhida e destinada à atividade sucroenergética na safra 2013/14 está estimada em 10,8 milhões de hectares, distribuídos em todos estados produtores conforme suas características. O Estado de São Paulo é o maior produtor com 51,66%, seguido por Minas Gerais com 8,97%, Goiás com 8,54%, Paraná com 7,17%, Mato Grosso do Sul com 6,31%, Alagoas com 5,35% e Pernambuco com 3,48%. Nos demais estados produtores, as áreas são menores, com representações abaixo de 3% (CONAB, 2013).

Segundo Carvalho (2008), o Brasil conta com 370 unidades produtoras, sendo 240 mistas, 15 unidades produtoras de açúcar e 115 de álcool com potencial energético de produção (UNICADATA, 2013). Diferentemente, a produção norte americana de cana-de-açúcar é destinada apenas para o produto açucareiro e com poucas unidades instaladas.

No entanto, para todo esse sistema de produção da cana-de-açúcar, seja nas condições brasileiras ou norte americanas, há necessidade de grande quantidade de mão de obra e insumos no seu ciclo de produção. Dentre esses insumos, os herbicidas representam a maior fatia do mercado de defensivos agrícolas.

4.2. Interferência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

Dentre os diversos problemas existentes no cultivo da cana-de-açúcar destacam-se a presença das plantas daninhas, responsável por até 80% das perdas de produção (AZANIA et al., 2008). A infestação com plantas daninhas é um dos principais fatores bióticos presentes no agroecossistema da cana-de-açúcar que têm a capacidade de interferir no desenvolvimento e na produtividade da cultura, com reduções na quantidade e qualidade do produto colhido, diminuição do número de cortes viáveis e aumento dos custos de produção, além da dificuldade na colheita e transporte da cana-de-açúcar (PROCÓPIO et al., 2003; KUVA et al., 2003).

Em casos com alta infestação de plantas daninhas nas áreas com cultivo da cana-de-açúcar, as perdas de produtividade podem chegar a 86% na produção de colmos industrializáveis (CHRISTOFFOLETI, 1997b). Apesar de a cultura ser altamente eficiente na utilização dos recursos disponíveis para o seu crescimento e de apresentar fisiologia do tipo C₄, ela é muito afetada pela competição com as plantas daninhas, por

apresentar, na maioria das situações, brotação e crescimento inicial lento (FERREIRA et al., 2005; PROCÓPIO et al., 2003).

Na cultura da cana-de-açúcar, as plantas daninhas interferem tanto na fase do plantio como na rebrota da soqueira. E, durante todo o ciclo da cultura no Estado da Louisiana, o topo das linhas de plantio é mantido relativamente sem movimentação, contribuindo para a proliferação destas espécies indesejáveis (JONES et al., 2008).

Pelo fato do plantio da cana-de-açúcar ocorrer em períodos bem distintos, dependendo da região, as condições climáticas ocorrentes neste período é que determinam as espécies de plantas daninhas predominantes e o período de interferência com a cultura (VICTORIA FILHO e CHRISTOFFOLETI, 2004).

Nas condições de Louisiana, as plantas daninhas do período de inverno e primavera são as que mais afetam a cana-de-açúcar, visto ser essa a época de plantio e estabelecimento da cultura. Dentre elas, podemos citar as espécies daninhas *Lolium multiflorum*, *Cynodon dactylon*, *Ipomoea* spp, *Sorghum halepense*, *Ageratum conyzoides*, *Rottboellia cochinchinensis* e *Amaranthus viridis*, as quais têm sido identificadas, atualmente, como de elevada ocorrência na região produtora, causando problemas na cultura (GRIFFIN, 2013). Por causa do inverno ameno, infestações de plantas daninhas nesse período são comuns (GRIFFIN e JUDICE, 2009). E sobre o azevém (*Lolium multiflorum*), as sementes pré-existentes em campos de cana-de-açúcar, promovem a germinação em todo o período de inverno e estabelece plantas de difícil controle (MILLER et al., 2002).

Quando o banco de sementes está grande no solo, o azevém se estabelece na área precocemente e provoca problema devido o rápido perfilhamento da espécie. Esta espécie é distribuída em praticamente todos os Estados Unidos, sendo adaptável em muitos tipos de solos, mas condições preferenciais são solos escuros, ricos e climas amenos. As plantas não resistem ao tempo quente, seco e invernos rigorosos, mas desenvolvem em solos úmidos e de boa drenagem (LIEBI e WORSHAM, 1987; USDA, 2002). Tendo assim, no período de inverno de Baton Rouge e Saint Gabriel, em Louisiana, condições ideais para o ótimo desenvolvimento do azevém.

No Brasil entre as várias espécies que infestam as culturas tem-se o azevém. É bastante importante para os cereais de inverno no sul do país e tem apresentado resistência aos herbicidas inibidores da EPSPs, ALS e ACCase (HEAP, 2012).

Mas de maneira geral, estima-se que existam cerca de 1.000 espécies de plantas daninhas que habitam o agroecossistema de cana-de-açúcar, distribuídas nas distintas regiões produtoras do mundo (CARVALHO et al., 2005). Essa flora infestante da

cultura da cana-de-açúcar é altamente específica (MASCARENHAS et al., 1995), e a implementação da colheita mecanizada mudou a composição da comunidade infestante na cultura (AZANIA et al., 2002). Assim, em decorrência da grande competição exercida pelas mesmas, vários estudos têm sido desenvolvidos objetivando entender melhor o comportamento destas plantas e, conseqüentemente, manejá-las de forma satisfatória com as práticas de controle que alcance os produtores, como o uso dos métodos mecânicos, culturais e químicos.

Como medidas culturais, as características de velocidade de brotação, desenvolvimento inicial, velocidade e intensidade de perfilhamento, desenvolvimento de área foliar e arquitetura das plantas de cana-de-açúcar são fatores importantes na capacidade competitiva das diferentes variedades da cana-de-açúcar frente às plantas daninhas. O uso dessas variedades com capacidade rápida de sombreamento do solo é uma maneira cultural de reduzir a interferência das plantas daninhas, assim como o uso da palhada no sistema cana crua e, o mais importante, a complementação com o controle químico.

Em trabalho realizado em Louisiana, para verificar o controle químico de azevém com os herbicidas padrões, metribuzin, terbacil e diuron, aplicados em meados de março (inverno/primavera), foram encontrados valores para controle da espécie inferiores a 38% (GRIFFIN et al., 2004). Em situações de resíduo de cana-de-açúcar no sistema cana crua não se tem ainda resultados sobre o controle desta espécie invasora. Mas mesmo assim, o rápido sombreamento das entrelinhas é essencial para o controle de plantas daninhas tardias e, principalmente, quando os herbicidas se tornam ineficientes (JONES et al., 2008).

4.3. Sistema de cana crua

A dinâmica de banco de sementes no solo e o desenvolvimento das plantas daninhas podem ser alterados com o sistema de preparo do solo. Segundo Gazziero et al. (2001), o conhecimento das espécies e seu comportamento no ambiente, sob diferentes condições de cultivo, são fundamentais para o estabelecimento de um programa de manejo.

A adoção de sistemas de produção, em que as culturas são implantadas sobre algum tipo de palhada ou cobertura vegetal morta, tem aumentado em diversas regiões do Brasil, em função de inúmeros benefícios atribuídos a esse tipo de cobertura (VELINI e NEGRISOLI, 2000; TOFOLI et al. 2009). Entre exemplos típicos, pode-se mencionar o sistema de produção de cana crua, o cultivo mínimo em áreas de reflorestamento e, o plantio direto de culturas anuais (VELINI e NEGRISOLI, 2000).

No sistema de cana crua (sem queima) as folhas, bainhas, ponteiros, além de quantidade variável de pedaços de colmo, são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal (*mulch*) denominada palha ou palhada (TRIVELIN et al., 1996).

Segundo Paranhos (1974), a colheita mecanizada de cana-de-açúcar, que muda o sistema de produção para cana crua deve-se, basicamente, a dois fatores: o primeiro, a crescente dificuldade e os altos custos da mão de obra para o corte manual, e o segundo, o interesse no melhor desempenho das operações de colheita, barateando o processo. Além disso, esse novo sistema de produção em que a colheita da cana é realizada mecanicamente sem a queimada, provoca menor impacto ambiental, com redução da emissão de CO₂, fumaça e fuligem para a atmosfera, menor movimentação do solo, por redução do uso de máquinas, aumento e manutenção da sua umidade e da quantidade de matéria orgânica, melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, melhor controle de erosão, maior atividade microbiana e controle natural de comunidades das plantas infestantes pela palha (MACIEL, 2001; MAGALHÃES e BRAUNBECK, 2004).

O exemplo mais marcante da colheita mecanizada de cana-de-açúcar é a situação encontrada na Austrália, onde a colheita é processada mecanicamente em 100% das áreas de cana e cuja região não possui limitação de relevo (LEFFINGWELL, 1973). Segundo Ripoli e Ripoli (2004), houve uma redução na partição dos custos dessa operação, em relação ao custo da produção de cana, de 50% para 35%. No Brasil, o percentual de colheita de cana-de-açúcar mecanizada aumentou de forma rápida, tendo em vista que em algumas regiões 80% da área plantada hoje seja mecanizável (NOVACANA, 2013).

Nesse sistema de colheita mecanizada são utilizadas máquinas colhedoras de cana picada, que fracionam os colmos em toletes de 15 a 40 cm de comprimento em média, descarregando-os sobre uma unidade de transporte ou transbordo (RIPOLI e RIPOLI, 2004). Segundo Velini e Negrisoni (2000) a adoção deste sistema de colheita na cultura da cana-de-açúcar resultou em importantes modificações nas técnicas de cultivo, como o aumento do espaçamento nas entrelinhas e deposição da palhada sobre o solo, influenciando diretamente a ocorrência e o manejo de plantas daninhas.

Toledo et al. (2005), em estudo realizado no México, comparando áreas conduzidas nos sistemas de cana crua com cana queimada, relataram que o primeiro sistema enfrentou menor agressividade das plantas daninhas em relação à cultura, maior produção de biomassa (colmos maiores, mais grossos e em maior quantidade), maior pureza do caldo e maior produção de açúcar. No solo, foram observadas diferenças nos teores de

matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e potássio e no pH. A análise econômica mostrou renda muito maior no sistema de cana-crua quando comparado ao modelo tradicional. Núñez e Spaans (2008), em estudo similar, comparando os dois sistemas no Equador observaram que o custo de controle das plantas daninhas foi 35% menor após a colheita pelo sistema de cana-crua.

Barbosa (1997) descreveu uma experiência na usina Santa Elisa (SP) no manejo de plantas daninhas sob sistema de cana crua. Segundo o autor, a palhada contribuiu com eficácia para o controle das plantas daninhas, permitindo redução no custo dessa operação em torno de 30%, em comparação ao custo do controle em que a cana-de-açúcar continua sendo queimada. O autor registra ainda que, entre as diversas situações encontradas no manejo de plantas daninhas nesse novo sistema de colheita, as mais relevantes foram: em relação às gramíneas anuais e perenes provenientes de sementes, o controle da palhada foi altamente eficaz e as infestações dessas espécies ocorreram quase que somente onde houve "clareiras"; gramíneas perenes já instaladas conseguiam atravessar a palhada e se desenvolvem normalmente. Mas, atualmente, tem ocorrido seleção de algumas espécies e essas gramíneas têm sofrido também adaptação ao sistema de cana crua.

Com a atual tendência de aumento das áreas de cana-de-açúcar colhidas sem a tradicional queima, seja por imposições por parte da legislação, seja por conscientização ambiental, o atual manejo de plantas daninhas nessas áreas apresenta significativas mudanças, sendo que a cultura deixa sobre o solo uma espessa camada de palha, variando de 10 a 30 t ha⁻¹, dependendo do cultivar utilizado, das condições climáticas, da nutrição da cultura e dos tratamentos culturais (TRIVELIN et al., 1996). A presença deste resíduo pode ser positivo no controle de plantas daninhas, porém é necessário maior estudo a respeito desta nova tecnologia.

4.4. Aspectos positivos da palha deixada no solo

A cobertura vegetal da cana-de-açúcar pode atuar como um valioso instrumento no controle de plantas daninhas, uma vez que o terreno coberto por esses resíduos vegetais apresenta infestação bastante inferior àquela que se desenvolveria com o solo descoberto (ALMEIDA, 1992). O resíduo vegetal que permanece na superfície, por ser uma barreira física, reduz a incidência de luz. Neste caso, o banco de sementes é alterado e a dinâmica das plantas invasoras pode ser completamente diferente quando comparada à do sistema convencional (GAZZIERO, 1990).

Vários trabalhos destacam a importância da manutenção das coberturas mortas sobre a superfície do solo, e alguns estudos têm comprovado a eficácia da cobertura na redução da população de plantas daninhas (AZANIA et al., 2002; CORREIA e DURIGAN, 2004; NEGRISOLI et al., 2007a; SILVA et al., 2011).

Monquero et al. (2008), avaliando a infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita de cana-de-açúcar, observaram que os talhões com cana crua possuíam menor potencial de infestação em relação aos talhões de cana queimada. Mas para esse bom controle cultural houve três fatores que são primordiais: quantidade ($t\ ha^{-1}$), densidade e uniformidade de distribuição de palha da cana-de-açúcar no solo. De acordo com Velini e Negrisoni (2000), a irregularidade da distribuição da cobertura da palha permite que a germinação de sementes de plantas daninhas ocorra em determinados pontos da lavoura. Desse modo, para que o controle de espécies sensíveis à cobertura com palha seja maximizado, é necessário que o resíduo esteja presente na quantidade necessária e regularmente distribuído sobre o solo. Tais autores ressaltaram ainda que a germinação das plantas daninhas ocorre em função das características de ambientes de dimensões bastante reduzidas (cm^2), e é nessa escala que a irregularidade ou regularidade da camada de palha deve ser avaliada.

Judice et al. (2007) estudando, em Louisiana, diferentes manejos de plantas daninhas em cana-de-açúcar, observaram que a média de plantas daninhas de inverno cobrindo o solo no topo do canteiro, em março, foi de 14% para áreas em que ocorreu a queima do resíduo vegetal e, 17% para o áreas onde se removeu mecanicamente a palhada, comparado com apenas 7% aonde o resíduo da cultura não foi removido.

Reduções drásticas na incidência de gramíneas têm sido observado em áreas de cana-de-açúcar com palha no Brasil. Rodrigues et al. (2000) observaram que, em áreas com resíduo de cana-de-açúcar sobre o solo, houve uma redução até 22% na germinação de *Panicum maximum*, 26% em *Brachiaria plantaginea*, 49% em *Digitaria horizontalis*, 83% em *Amaranthus hybridus* e 90% em *B. decumbens*.

Em outro estudo, Medeiros e Christoffoleti (2001) constataram que *B. decumbens*, *B. plantaginea*, *D. horizontalis* e *P. maximum* apresentaram desenvolvimento reduzido nos tratamentos em que houve a presença de palha de cana, contrariamente ao das parcelas sem palha.

Martins et al. (1999) estudando a emergência de plantas daninhas em solos cobertos com palha de cana-de-açúcar, observaram também que sobre a cobertura de

palha, a espécie daninha *Sida rhombifolia* pode diminuir sua agressividade, especialmente quando a quantidade de palha superior a 6 t ha^{-1} é deixada no solo.

A cobertura de palha influencia na dormência, germinação e na taxa de morte das sementes de plantas daninhas, promovendo alterações da comunidade infestante (CORREIA e DURIGAN, 2004). Tais alterações, entretanto, são bastante específicas e dinâmicas, uma vez que dependem do tipo e quantidade de palha e, especialmente, da espécie de planta daninha (GRAVENA et al., 2004).

Nagabhushana et al. (2001) reportaram que a manutenção de palhas de centeio (*Secale cereal*) na superfície do solo controlou cerca de 75 a 80% das espécies de plantas daninhas *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Ambrosia artemisifolia*, *Ipomoea* spp., *Sida spinosa* e *Senna obtusifolia*, em sucessão de culturas.

Em condições brasileiras, plantas daninhas consideradas importantes na cultura da cana-de-açúcar, como *Bachiaria decumbens*, *B. plantaginea*, *Panicum maximum* e *Digitaria horizontalis*, são eficientemente controladas com 15 t ha^{-1} de resíduo de cana-de-açúcar (VELINI et al., 2000). Complementando a informação, o nível de controle aumenta proporcionalmente a quantidade de resíduo deixado na superfície do solo (FERREIRA et al., 2010).

O efeito inibitório da palha de cana-de-açúcar na emergência das plantas daninhas foi também reportado por Correia e Durigan (2004). De acordo os autores, o solo coberto com palha da cana-de-açúcar reduziu a viabilidade das sementes de *Brachiaria decumbens*, que mesmo após a remoção da palha, as sementes não germinadas não foram capazes de germinarem ainda em condições ambientais favoráveis. Os autores atribuíram essa perda da viabilidade das sementes devido a fatores físicos, químicos ou biológicos inerentes à palha.

Como efeitos físicos da palhada, ocorrem às alterações nas amplitudes térmica e hídrica do solo (EGLEY e DUKE, 1985; BEYAERT et al. 2002) e à interceptação de alguns comprimentos da luz que atinge a palhada (TAYLORSON e BORTHWICH, 1969), afetando a dormência e, conseqüentemente, a germinação das plantas daninhas.

A cobertura morta comporta-se como uma camada isolante que se interpõe entre a atmosfera e o solo, interceptando os raios solares e promovendo uma menor variação da temperatura, ou seja, reduzindo a amplitude térmica do solo. Segundo Egley e Duke (1985), a amplitude térmica é um dos componentes do regime térmico que interferem de maneira decisiva na germinação de um grande número de espécies de plantas daninhas.

Através deste mecanismo, algumas espécies de plantas daninhas conseguem suprimir a germinação quando as reservas são insuficientes para alcançar a superfície (TAYLORSON e BORTHWICH, 1969; EGGLEY e DUKE, 1985). Velini e Negrisoli (2000) também relataram que a exigência de maior ou menor amplitude térmica do solo constitui-se no estímulo mais eficiente para germinação das plantas. Uma vez que a redução da variação de temperatura no solo em 1 e 5 cm de profundidade, proporcionada pelo acúmulo de palha de cana-de-açúcar, contribuiu satisfatoriamente para a redução da incidência de algumas espécies dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*.

O efeito no processo de germinação ainda pode ser explicado também com a redução da germinação de sementes fotoblásticas positivas, devido ao fato destas requererem determinados comprimentos de onda para inibir o processo germinativo. Maciel et al. (2008) reportaram que a presença de resíduo de cana-de-açúcar promoveu excelente controle das espécies *Digitaria horizontalis* e *Brachiaria decumbens*, mesmo sem aplicação de herbicidas.

O efeito físico da cobertura morta também reduz as chances de sobrevivência das plântulas das plantas daninhas com pequena quantidade de reservas nos diásporos, uma vez que essas reservas não são suficientes para garantir a sobrevivência da plântula no espaço percorrido dentro da cobertura morta, até que tenha acesso à luz e inicie o processo fotossintético (PITELLI, 1985). Porém, há algumas espécies de plantas daninhas que apresentam grande quantidade de reservas nas sementes, como as merremias, mucunas e várias espécies do gênero *Ipomoea*, que passaram a apresentar altas infestações em áreas de colheita mecanizada devido ao tamanho grande de suas sementes (VELINI e NEGRISOLI, 2000; MARTINS et al., 1999).

Além disso, pode ocorrer também a liberação de exsudados pela palha, que apresentam efeitos alelopáticos, podendo modificar, direta ou indiretamente, a germinação, o crescimento e o desenvolvimento de propágulos de plantas daninhas (RICE, 1984; SILVA et al., 2003). A palhada pode propiciar também um ambiente favorável ao desenvolvimento de populações de invertebrados que podem interferir diminuindo o banco de sementes de plantas daninhas do solo (VIDAL e THEISEN, 1999), atuando assim a palha de forma química e biológica na germinação das infestantes.

Segundo Correia e Durigan (2004), o sistema de cana crua deve promover uma redução na densidade populacional de *Brachiaria decumbens*, *Sida spinosa* e *Digitaria horizontalis*, em quantidades de palha igual ou superiores a 10 t ha⁻¹. Rossi et al. (2006), avaliando também a germinação de plantas daninhas em áreas de cana crua, com duas

densidades de palha, em época seca, observaram que a presença de palha de cana-de-açúcar inibiu completamente a germinação de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria* spp., na quantidade de 7,5 t ha⁻¹, e *Brachiaria decumbens*, *Bidens pilosa*, *Panicum maximum* e *Commelina benghalensis*, na quantidade de 15 t ha⁻¹.

Avaliando os efeitos da palhada de cana sobre a germinação das plantas daninhas, Lorenzi (1993) avaliou os efeitos da remoção de 25, 50, 75 e 100% de uma camada de palha de 12 t ha⁻¹. Como resultados, sobre a germinação das espécies *Portulaca oleracea*, *Amaranthus deflexus*, *Panicum maximum* e *Digitaria horizontalis*, foi observado que o nível de controle aumentou proporcionalmente à quantidade de palha deixada sobre o solo.

Silva et al. (2003) avaliaram a emergência de plantas de *Cyperus rotundus* sob diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar e observaram que o tratamento testemunha, sem a presença de palha, apresentou um maior número de plantas emergidas, seguido pelos tratamentos com quantidade de palha de 2, 4 e 8 t ha⁻¹. A palha de cana-de-açúcar nas quantidades de 16 e 20 t ha⁻¹ proporcionou o menor número de plantas de tiririca emergidas.

O nível de supressão das plantas daninhas relaciona diretamente com a quantidade de resíduo deixado na superfície do solo (CRUTCHFIELD et al., 1986). Mas atualmente, alguns biótipos de gramíneas já estão apresentando seleção/adaptação à barreira física da palhada, diminuindo a supressão antes apresentada.

Richard (1999) observou que o resíduo de cana-de-açúcar remanescente na superfície do solo reduziu a emergência de plantas daninhas da estação quente e fria, no mínimo em 62%. E, apesar da cobertura vegetal reduzir a competição das plantas daninhas, medidas complementares como o controle químico ainda são necessárias (CURRAN et al., 1994; YENISH et al., 1996).

4.5. Controle químico em cana crua

De acordo com Freitas et al. (2004), em áreas de cana-de-açúcar o controle de plantas daninhas é feito, principalmente, com o uso de herbicidas. O método químico é o mais utilizado em razão das extensas áreas cultivadas, escassez de mão de obra, facilidade de aplicação, custo e eficácia do tratamento, além de ser um método econômico e de alto rendimento em comparação com os outros (ROSSI et al., 2004a).

O objetivo do controle químico de plantas daninhas é a obtenção de máxima eficácia de controle associada à alta seletividade para a cultura, de forma econômica

e com a minimização dos efeitos ambientais. Os herbicidas atualmente em uso na cultura da cana-de-açúcar apresentam variações específicas de eficácia de controle das plantas daninhas em função do grau de seletividade para a cultura, da dose, época de aplicação, estágio fenológico e condições fisiológicas e bioquímicas da cultura e das espécies envolvidas. Os produtos disponíveis no mercado variam em suas características físico-químicas, que interagem com os aspectos climáticos, edáficos e culturais dos sistemas de produção (CHRISTOFFOLETI et al., 2005).

Segundo Azania et al. (2008), o uso de herbicidas em pré-emergência, quando corretamente aplicados, já é eficaz no controle das plantas daninhas ainda mais em sistema de cana crua onde a palhada age como um controle cultural também.

Para controlar as plantas daninhas e evitar os possíveis prejuízos à cultura da cana-de-açúcar, muitos herbicidas com diferentes ingredientes ativos e formulações estão registrados para o uso nos Estados Unidos. Entre os herbicidas atualmente mais utilizados para o controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar estão atrazine (Aatrex), clomazone (Command), diuron (Direx), flumioxazin (Valor SX), metribuzin (Sencor), pendimethalin (Prowl), sulfentrazone (Spartan), hexazinone+diuron (Velpar), sulfentrazone+metribuzin (Authority MTZ), dentre outros (RICHARDSON et al., 2012).

A manutenção da palha na superfície do solo pode também dificultar a eficácia dos herbicidas aplicados em pré-emergência, pois neste sistema, o transporte do herbicida até a superfície do solo é realizado pela água da chuva ou irrigação (MACIEL e VELINI, 2005; SIMONI et al., 2006). Esse movimento descendente dos herbicidas do perfil da palha para o solo, com o movimento da água, é chamado de lixiviação e estão relacionadas principalmente com a solubilidade, o tipo de formulação do herbicida e a quantidade de palha essa movimentação para o solo do produto (RODRIGUES, 1993).

Shelton et al. (1995) relataram que medições da capacidade de sorção na palhada de milho foi de 860 mg kg⁻¹ de atrazine, enquanto a quantidade de atrazine extraída da palha de cana-de-açúcar não excedeu 80 mg kg⁻¹. Para ilustrar essa forte sorção do atrazine pelo resíduo, Abdelhafid et al. (2000) verificaram que o coeficiente de adsorção de palha de trigo é maior do que para o solo (15,01 versus 0,77 mL g⁻¹, respectivamente).

Considerando isso, a cobertura vegetal pode ser um problema para aplicação de herbicidas que precisam alcançar a superfície do solo. Banks e Robinson (1982) relataram que a presença de palha de trigo afetou a recepção do metribuzin aplicado no solo. O resíduo intercepta o herbicida da pulverização química que poderia ser absorvido e

disperso no solo quando aplicado. Tem assim, o resíduo vegetal, uma grande capacidade de sorção, às vezes superior que a do solo, ficando o produto retido mais exposto a perdas pela fotodegradação, volatilização e/ou hidrólises (DAO, 1995; REDDY et al., 1995).

Mills et al. (1989), estudando a dinâmica do herbicida clomazone sobre a cobertura morta de trigo, observaram que mais de 40% do produto não atingiu a superfície do solo, sendo interceptado pela palhada e/ou volatilizado. Observaram também que a dissipação de clomazone foi mais rápida em sistema de plantio direto do que em plantio convencional.

Velini et al. (2004) reportaram que a associação diuron+hexazinone, ambos inibidores do fotossistema II, mostraram alta interceptação pela palha da cana-de-açúcar no momento de aplicação, alcançando valores acima de 95% para ambos ingredientes ativos na palha acima de $7,5 \text{ t ha}^{-1}$. Os resultados de Selim et al. (2003) para o trabalho com metribuzin e atrazine mostram claramente que a presença de palha de cana-de-açúcar na superfície do solo resultou em substancial redução na quantidade desses herbicidas recebidos pela camada superficial do solo. De acordo com Wauchope et al. (1992), a presença do resíduo também resultou em cerca de 50% de redução da concentração do pendimethalin na superfície do solo.

Cavenaghi et al. (2002) estudaram a interceptação do sulfentrazone em palhada de cana-de-açúcar e de aveia e, observaram que, praticamente todo o produto aplicado foi retido por quantidades acima de 4 t ha^{-1} , independentemente da palha utilizada.

Para melhor avaliar a interceptação dos herbicidas aplicados em pré-emergência na palhada de cana-crua, Velini e Negrisoli (2000) realizaram estudo com aplicação do corante FDC-1 (simulando um herbicida), procurando determinar a porcentagem de interceptação deste por camadas de palha de 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 t ha^{-1} . Os resultados indicaram que, na camada de palha de 1 t ha^{-1} ocorreu a deposição de apenas 35,5% da calda pulverizada sobre o solo. Com 10 e 15 t ha^{-1} , as porcentagens de interceptação da calda pela palha foram de 99,4 e 99,5%, respectivamente.

Tofoli et al. (2002) avaliando a deposição e lixiviação de atrazine, também em palhada de cana-de-açúcar e aveia, observaram interceptação de 85% do produto quando aplicado sobre quantidades de palha superiores a 6 t ha^{-1} , para ambas as palhada. Costa (2001), estudando a deposição e lixiviação de ametryn, reportou que mais de 99% do herbicida foi retido pela palha, quando em quantidades superiores a 4 t ha^{-1} .

Entre os vários fatores que podem influenciar na eficácia dos herbicidas residuais, destacam-se, a quantidade de palha e a capacidade do herbicida em

atingir o solo, que pode estar diretamente relacionada à ocorrência de precipitações após a aplicação do produto. A lixiviação de herbicidas para o solo sofre forte influência da quantidade e da época de ocorrência de chuvas após a aplicação do produto, como já constatado para metribuzin, oryzalin e alachlor e metolachlor (BANKS e ROBINSON, 1982, 1984, 1986).

Negrisola et al. (2007a) também observaram que o herbicida tebuthiuron, quando atingiu o solo por meio de uma simulação de precipitação após a aplicação, apresentou índices elevados de controle de *Ipomoea grandifolia*, *B. plantaginea* e *B. decumbens*, quando comparado à aplicação do tebuthiuron diretamente sobre a palha da cana-de-açúcar sem simulação de precipitação.

Após o herbicida estar aplicado, a quantidade e o tempo de chuva ou irrigação são fatores importantes que determinam a retenção dos herbicidas na palha (CORREIA et al., 2007). Fornariolli (1998) encontrou que 85% do atrazine foi retido pela palha de cana-de-açúcar e após uma chuva de 20 mm foi suficiente para mover praticamente todo herbicida da palha para o solo. Alguns herbicidas mostraram grande facilidade para serem lixiviados para o solo quando ocorre chuva em 24 horas após a aplicação.

De forma semelhante, alguns autores também estudaram esse efeito da palha da cana-de-açúcar na interceptação do herbicida. Cavenaghi et al. (2007) reportaram que a quantidade de palha igual ou maior que 5 t ha^{-1} , o herbicida amicarbazone (solubilidade = 4.600 mg L^{-1}) foi quase completamente interceptado. Entretanto, a quantidade de produtos capaz de alcançar o solo quando o amicarbazone foi aplicado foi perto de zero. Porém, a quantidade de 20mm de chuva que caiu na área removeu grande parte do herbicida. Aplicando a associação de clomazone e hexazinone (solubilidade = 1.100 e 33.000 mg L^{-1}), 2,5 mm de chuva foi suficiente para lavar a associação da palha de cana-de-açúcar na quantidade de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ (NEGRISOLI et al., 2011). Esses resultados indicam que os herbicidas com alta solubilidade pode ser retido pela camada de palha e que, dependendo da solubilidade da molécula, só pequenas quantidades de chuva ou irrigação é preciso para o herbicida ser lixiviado da palha para o solo.

Pesquisas sobre ação dos herbicidas através da palha de cana-de-açúcar deixada sobre a superfície do solo têm sido realizadas de diferentes maneiras. Ozeki et al. (1992) e Toledo et al. (2009) relataram a possibilidade de aplicar herbicidas em pré-emergência no momento da colheita, utilizando-se um equipamento de pulverização acoplado à colhedora de cana-de-açúcar. Para ele, esse sistema apresentaria algumas vantagens, como: redução do custo operacional da aplicação de herbicidas, aproveitamento da umidade do solo

devido à palhada e proteção pela palha contra a fotodecomposição do herbicida. Contudo, o sistema de cana crua ocasiona aumento no teor de matéria orgânica do solo, em razão do grande acúmulo de palha. Esse acréscimo pode causar aumento da sorção de herbicidas no solo, limitando a eficiência e exigindo maiores doses, elevando o custo do tratamento e possibilitando a maior ocorrência de problemas ambientais.

4.6. Dinâmica dos herbicidas na palha

Diversos estudos foram e continuam sendo conduzidos em casa-de-vegetação e em campo para avaliar a interação entre herbicidas e coberturas mortas, na tentativa de compreender melhor os processos de adsorção, dessorção, escorrimento, volatilização e controle de plantas daninhas (MARIN et al., 1978).

Assim, a capacidade de sorção dos herbicidas depende das características físicas e químicas dos herbicidas tais como solubilidade, pressão de vapor e polaridade (RODRIGUES, 1993). A quantidade, composição química e a origem da cobertura vegetal, assim como a quantidade e o período da primeira chuva ou irrigação ocorrida após a aplicação interfere na lixiviação do herbicida na palha, além da interferência das condições climáticas que predominam durante e após a aplicação (RODRIGUES, 1993; LAMOREAUX et al., 1993).

Alguns herbicidas podem ser facilmente lixiviados da palhada para o solo, em função da ocorrência de chuvas após a aplicação, como é o caso do atrazine, conforme observado por Fornarolli et al. (1998) e Sigua et al. (1993), mas há outras moléculas que não apresentam tal mobilidade.

Negrisoni et al. (2007a), avaliando a dinâmica de diuron em palhada de cana-de-açúcar, observaram uma redução significativa da transposição do herbicida com quantidades de palha superiores a 2 t ha^{-1} , e com transposição nula em quantidades superiores a 15 t ha^{-1} . Porém verificaram a lixiviação do herbicida da palha de cana-de-açúcar com a ocorrência de uma chuva simulada de 50 mm após a aplicação, alcançando cerca de 65% de transposição.

Lowder e Weber (1979) verificaram que 87% do atrazine foram removidos da cobertura vegetal quando submetida à chuva de 100 mm logo após a aplicação e, quando a mesma quantidade de chuva ocorreu sete dias após a aplicação a remoção observada foi de 77%. Apesar de o herbicida atrazine ser facilmente lixiviado, Rodrigues et al. (2002) relataram que ele foi fortemente retido pela folhagem verde, mesmo para precipitação de 20 mm às 24 horas após a aplicação do produto, ocorrendo o contrário do

observado com metolachlor e acetochlor. Neste caso, o coeficiente de solubilidade deve ser o responsável por tal comportamento.

Marin et al. (1978), em estudo de laboratório, reportaram que os herbicidas atrazine, propachlor, alachlor e cyanazine, quando aplicados em palhadas de milho, não foram fortemente adsorvidos, e mais de 50% da quantidade inicial aplicada foi lixiviada após precipitação de 20 mm. Cavenaghi et al. (2002), observaram para sulfentrazone uma lixiviação de 94% em palha de aveia (6 t ha^{-1}) e 67% em palha de cana-de-açúcar (10 t ha^{-1}) quando uma chuva de 65 mm foi simulada as 24 horas após a aplicação.

Rossi et al. (2004a), avaliando também a deposição e lixiviação do metribuzin sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar, verificaram que, na quantidade de 20 t ha^{-1} , 99% do herbicida foi lixiviado, quando simulada uma chuva correspondente a 30 mm.

Avaliando a eficácia do metribuzin aplicado na palha de cana-de-açúcar para controle de quatro espécies de plantas daninhas, Rossi et al. (2004b), verificaram que, ainda sem a ocorrência de chuva após a aplicação, o metribuzin apresentou um bom controle das espécies *B. plantaginea*, *I. grandifolia*, *E. heterophylla* e *S. rhombifolia*. Isso permite concluir que o metribuzin foi absorvido diretamente da palha pelas plantas daninhas, sem a necessidade de ocorrência de chuvas após a aplicação.

Costa et al. (2004) estudaram a absorção dos herbicidas imazapic, metribuzin e trifloxysulfuron sodium+ametrin diretamente na palha de cana-de-açúcar, sem a ocorrência de chuvas após a aplicação, no controle de algumas espécies de plantas daninhas, e verificaram que metribuzin e trifloxysulfuron+ametrin apresentaram, também, excelente controle das espécies testadas.

Apesar dos avanços nas pesquisas com a cultura da cana-de-açúcar, ainda é preciso dedicar esforços para o melhor entendimento do comportamento de herbicidas pré-emergentes na palha, sobretudo em relação à dinâmica desses produtos no sistema de cana crua. Esses fatos evidenciam a necessidade de informações que possam melhor elucidar as relações entre as coberturas, plantas daninhas e os herbicidas no sistema de cana crua principalmente em áreas pouco estudadas.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a interação entre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar e herbicidas no controle de azevém (*Lolium multiflorum*) em Louisiana/EUA, bem como a transposição de diferentes herbicidas em palha.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Infestação do azevém em cana crua

O local do experimento foi na Louisiana Agriculture Experiment Station's Sugar Research da AgCenter, localizada em Saint Gabriel a 19 km ao sul de Baton Rouge/Louisiana, nos EUA (Figura 3). O experimento foi conduzido na estação experimental entre os meses de novembro de 2012 até abril de 2013, com a finalidade de se avaliar o controle químico da planta daninha de inverno, azevém, em diferentes níveis de palha de cana-de-açúcar.

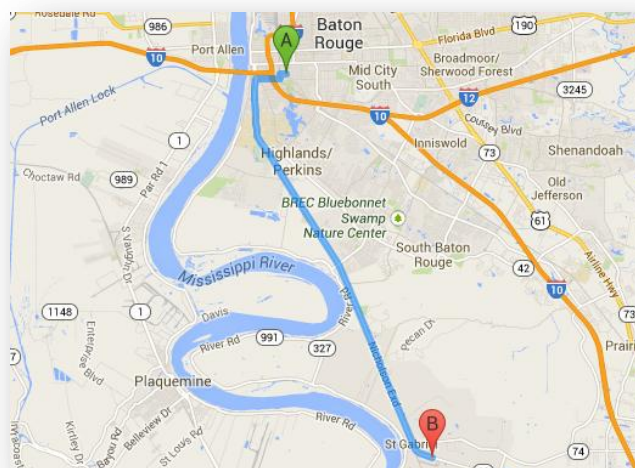


Figura 3. Localização geográfica de Baton Rouge e Saint Gabriel. A primeira cidade representada por "A" é a capital do estado de Louisiana - Baton Rouge e a representada por "B" é Saint Gabriel, onde está localizada a estação experimental de cana-de-açúcar da Universidade/LSU.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial de dois fatores e quatro repetições. O primeiro fator foi a quantidade de palha de cana-de-açúcar de 0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹ deixado sobre a superfície do solo, e o segundo fator foram herbicidas aplicados (testemunha, atrazine, metribuzin, pendimethalin, clomazone+diuron e hexazinone+diuron).

As informações locais de solo na área experimental de St. Gabriel foram: um solo aluvial “Commerce silt loam” (54% de silte) com 1,01% de matéria orgânica e pH de 5,9. O tamanho das parcelas foi de 91,4 cm de largura e 304,8 cm de comprimento na linha (Figura 4).



Figura 4. Ilustração geral da área do experimento na fase inicial de marcação das parcelas que foram 91,4 x 304,8 cm. St. Gabriel/LA, 2012.

A variedade de cana-de-açúcar presente e utilizada na área experimental foi a HoCP 96-540, por ser bastante cultivada na região. Esta variedade HoCP 96-540, lançada em 2003, por pesquisadores da ARS em Houma/LA (U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service Sugarcane Research) provêm de uma progênie cruzada de ‘LCP 86-454’ como parental feminina e LCP 85-384 como parentais masculina (TEW et al., 2005).

HoCP 96-540 tem consistentemente produzido de 10 a 15% mais açúcar do que LCP 85-384 em cana-planta e cana-soca. É uma variedade de maturação média que mostra boa resposta para a aplicação do herbicida glyphosate como maturador, alta

produção de açúcar por acre, boa capacidade para brotação, boa adaptação para todos os tipos de solo, e tem mostrado resistência de campo em Louisiana para doenças, como carvão (*Ustilago scitaminea* Syd. & P. Syd), escaldadura (*Xanthomonas albilineans*) e doença do mosaico (sugarcane mosaic virus - SCMV). Apresenta também, susceptibilidade moderada a ferrugem.

Em um estudo anterior, conduzido em 2007, em St. Gabriel, LA, a cultivar de cana-de-açúcar HoCP 96-540 apresentou menor população de brotos em comparação as cultivares LCP 85-384, L 97-128 e L 99-226 em meados de abril (GRIFFIN e BOUDREAUX, 2007). Porém, em meados de maio não foi observada diferença significativa na brotação entre as variedades estudadas.

Assim, essa variedade de cana-de-açúcar foi colhida mecanicamente em outubro de 2012 e posteriormente foi instalado o experimento. O resíduo vegetal foi removido, pesado e acondicionado de volta nas parcelas de acordo com cada nível de tratamento (Figura 5). Nas parcelas de testemunha o resíduo foi somente retirado mecanicamente de cima do canteiro para as entrelinhas.



Figura 5. Primeira imagem representa o recolhimento da palha de cana-de-açúcar para posterior pesagem e, na segunda imagem o espalhamento da palha de volta nas parcelas, nas quantidades corretas (9, 18 e 27 t ha⁻¹). St. Gabriel/LA, 2012.

Sementes de azevém (16,8 Kg ha⁻¹) foram semeadas homogeneamente em cada parcela anteriormente a adição do resíduo na superfície do solo. Para os tratamentos com palha, uma camada uniforme de palha de cana-de-açúcar foi colocada em cada parcela após esta semeadura, em quantidades correspondendo aos três

níveis de tratamento. Na área não havia infestação natural de azevém, apenas *Cynodon dactylon* em pequenas quantidades distribuídos irregularmente nas parcelas.

Os tratamentos herbicidas foram aplicados após a colheita e em pré-emergência da cana soca. No experimento, os herbicidas foram aplicados de acordo com as recomendações de Louisiana Cooperative Extension Service (LCES) para o controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. Os herbicidas de pré-emergência foram atrazine 2,25 kg i.a ha⁻¹, pendimethalin 2,31 kg i.a ha⁻¹, metribuzin 1,27 kg i.a ha⁻¹, clomazone+diuron 1,05+2,82 kg i.a ha⁻¹, e hexazinone+diuron 0,56+2,0 kg i.a ha⁻¹, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos herbicidas e dosagens utilizadas no experimento com cana crua. A primeira coluna representa o padrão americano e na segunda o padrão métrico de unidades. St. Gabriel/LA, 2012.

Herbicidas		Dosagens dos herbicidas utilizados no experimento	
I.ativo	P. comercial	USA	BRASIL
		-----lb A ⁻¹ -----	----Kg i.a ha ⁻¹ ----
Atrazine	Atrazine	4,0	2,25
Pendimethalin	Prowl	5,0	2,31
Metribuzin	Sencor	3,0	1,27
Clomazone+Diuron	Command+Direx	2,5 + 5,0	1,05 + 2,82
Hexazinone+Diuron	Velpar+Direx	2,0 + 3,6	0,56 + 2,00

As aplicações dos herbicidas ocorreram no início de novembro, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂ e calibrado para pulverizar 140L ha⁻¹ (Figura 6). O pulverizador costal era equipado de barra com quatro pontas de jato planos (XR 11002) e espaçados em 0,45 m entre pontas, e utilizando pressão constante de 2,0 kgf cm⁻² (mantido pelo CO₂). A aplicação foi realizada utilizando a altura da barra de 0,45 m da superfície da unidade experimental e a velocidade de deslocamento de 4,8 km h⁻¹.

No momento da aplicação, o solo estava seco, e as condições climáticas foram: 82% de umidade relativa, 6 Km h⁻¹ de vento na direção sudoeste, 22 °C da temperatura do ar e 21 °C da temperatura do solo (na profundidade de 5 cm).

Durante sete dias após a aplicação dos herbicidas, ocorreram 15 mm de chuva. E, na segunda e quarta semanas após aplicação ocorreu 23 mm e 21 mm de chuva,

respectivamente (Figura 6). O balanço hídrico da região demonstra que o mês de novembro, foi, de maneira excepcional, bastante úmido, com chuvas abundantes e temperaturas amenas.

O efeito de controle proporcionado pelo resíduo da cana-de-açúcar sobre a planta daninha de inverno foi monitorado através de avaliações visuais da superfície do solo, que é simplesmente um reflexo da superfície de área verde coberta pelo azevém numa área de 60 cm no topo da rua de cultivo. Essa avaliação da cobertura do solo foi determinada visualmente, como porcentagem de cobertura do solo usando uma escala de 0 a 100%, na qual 0 representou solo sem cobertura com azevém e 100% onde toda a superfície do solo estava coberta pela planta daninha. O controle visual foi determinado aos 45, 56, 84, 101, 111, 126, 140 e 168 dias após a aplicação (DAA).

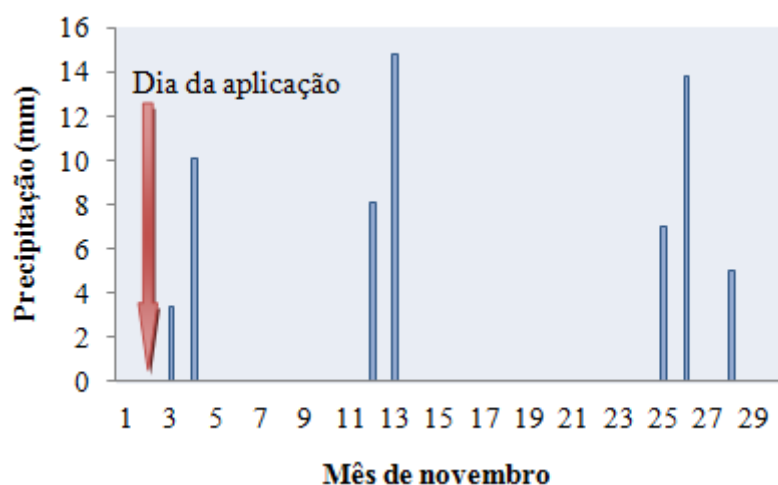


Figura 6. Condições de precipitação para o mês da aplicação dos herbicidas, novembro/2012, na área da “Louisiana Agriculture Experiment Station’s Sugar Research” em Saint Gabriel/LA, 2012.

A aplicação de herbicida na primavera, em pós-emergência, como trato cultural, foi realizada em 15 de março de 2013, com o herbicida metribuzin, aplicado na dose de 2,8 Kg ha⁻¹ e, o cultivo realizado entre e nas beiradas dos canteiros, conhecido “off-barring” realizado na sequência, deixando-se uma faixa de 60 cm sem cultivar no topo da linha (canteiro de plantio), sem interferir nas plantas de cana-de-açúcar. Em 19 de abril de 2013, a população de perfilhos da cana-de-açúcar foi determinada pela contagem do número de brotos por linha nas parcelas experimentais.

Os dados do estudo foram verificados pela homogeneidade da variância usando o teste de Levene e as análises de variância foram subsequentemente

realizadas. A separação das médias foi feita usando teste Tukey e diferenças para $p \leq 0,05$ foram consideradas para avaliar a significância.

5.2. Dinâmica de herbicidas em palha de cana-de-açúcar

O segundo experimento deste estudo foi desenvolvido no NUPAM (Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia) pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP campus em Botucatu/SP. O mesmo foi realizado como um complemento ao experimento anterior e, o foco do presente estudo foi avaliar a dinâmica dos herbicidas em palha de cana-de-açúcar. O trabalho foi realizado utilizando-se nova metodologia com auxílio de pequenos recipientes plásticos (cápsulas de café), ante, o uso de grandes arcos de PVC utilizados para condução em experimentos anteriores e com outros herbicidas (ROSSI et al., 2004a; CORRÊA et al., 2006; TOFOLI et al., 2009; NEGRISOLI et al., 2011).

A palha da cana-de-açúcar foi coletada em campo, cortada em pequenos pedaços e colocadas em quantidades conhecidas nas cápsulas utilizadas como unidades experimentais (Figura 7). Foi colocada a quantidade de 1,75 g em cada unidade, correspondendo à quantidade de 10 t ha^{-1} , a qual normalmente é deixada no solo após a colheita da cultura e observada em condições de campo. A quantidade foi definida com base no cálculo da área do recipiente ($0,00159 \text{ m}^2$) para preenchimento com a quantidade exata de palha.



Figura 7. Unidades experimentais utilizados no experimento com dinâmica de herbicidas em 10 t ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar. Botucatu/SP, 2013.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando seis tratamentos herbicidas e quatro repetições. Os herbicidas e dosagens estudados foram os mesmos avaliados no experimento em Louisiana/EUA, com o detalhe de serem aplicados isoladamente, sem associações nos tratamentos, a saber: atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone, diuron e hexazinone (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos herbicidas e dosagens utilizadas no experimento de dinâmica em palha. A primeira coluna representa o padrão americano e na segunda o padrão métrico de unidades. Botucatu/SP, 2013.

Herbicidas		Dosagens dos herbicidas utilizados no experimento	
Lativo	P. comercial	USA	BRASIL
		-----lb A ⁻¹ -----	----Kg i.a ha ⁻¹ ----
Atrazine	Gesaprim®500	4,0	2,25
Pendimethalin	Herbadox®400 EC	5,0	2,31
Metribuzin	Sencor®480	3,0	1,27
Clomazone	Gamit	2,5	1,05
Diuron	Karmex®	5,0	2,80
Hexazinone	Hexazinona	2,0	0,56

A aplicação dos herbicidas foi realizada por um pulverizador estacionário (Figura 8) equipado com uma barra de pulverização constituída por quatro pontas XR 110,02, espaçadas de 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação às plantas. Para a aplicação dos produtos, o sistema foi operado com velocidade de deslocamento de 1 m s⁻¹, o que corresponde a 45,0 Hertz no modulador de frequência, com consumo de calda correspondente a 200 L ha⁻¹. O equipamento foi operado com pressão constante de 1,5 bar, por meio de ar comprimido. O mesmo equipamento foi utilizado também para a simulação das chuvas (Figura 12) e as condições no momento da aplicação eram de 18,1°C para temperatura e de 59% para umidade relativa do ar.



Figura 8. Equipamento de pulverização e simulação de chuva utilizados no experimento com dinâmica de herbicidas em palha de cana-de-açúcar. As pontas amarelas são de pulverização dos produtos e as vermelhas de simulação de chuva. Botucatu/SP, 2013.

Como alvo para detectar quanto dos herbicidas realmente alcançou a palha de cana-de-açúcar nos recipientes foi utilizado placas com quantidades conhecidas de solo (14,5 g). Posteriormente foi feita a extração dos herbicidas da solução do solo exposto à aplicação dos seis herbicidas estudados. O método de extração foi desenvolvido e validado pelo Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia. No total foram 24 amostras de solo, visto se tratar de seis herbicidas e quatro repetições (Figura 9).



Figura 9. Placas com solo utilizado como alvo para os herbicidas na primeira imagem; preparo e extração dos herbicidas do solo na segunda e terceira imagens. Botucatu/SP, 2013.

Nas cápsulas com palha e pulverizadas, foi realizado no período de 24 horas após a aplicação a simulação de diferentes lâminas de chuva (5, 10, 20, 50 e 100 mm) com o mesmo equipamento utilizado para a aplicação (Figura 10). A chuva simulada foi realizada de maneira acumulativa. E, a cada simulação de lâminas de chuva eram coletados os recipientes com a água lixiviada, quantificados e congelado para posterior quantificação cromatográfica.



Figura 10. Simulação de diferentes lâminas de chuva no experimento com detalhe para os frascos utilizados na coleta da solução lixiviada da palha após a chuva simulada. Botucatu/SP, 2013.

Para quantificação dos herbicidas estudados foi utilizado o sistema LC-MS/MS (Figura 11) que é composto por um Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (HPLC), marca Shimadzu, modelo Proeminence UFLC, que combina 37 análises ultrarrápidas e excelente performance de separação, com alta confiabilidade de resultados. O equipamento é equipado com duas bombas LC-20AD, autoinjeter SIL-20AC, degazeificador DGU-20A5, sistema controlador CBM-20A (permite a operação totalmente automatizada) e forno CTO-20AC (para controle da temperatura da coluna). Acoplado ao HPLC está o espectrômetro de massas 3200 Q TRAP (Applied Biosystems), híbrido do tipo triplo quadrupolo (Figura 11).



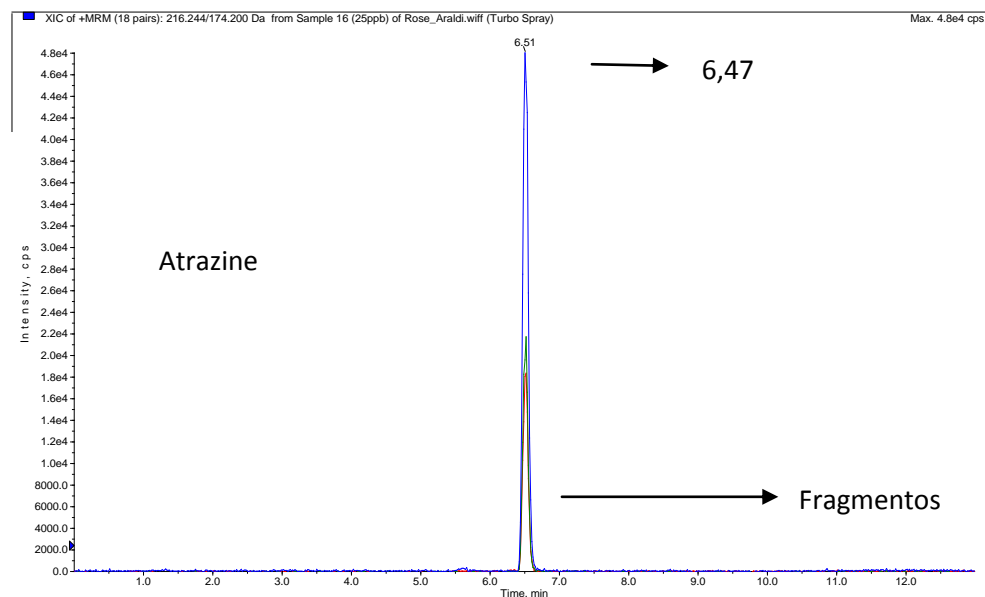
Figura 11. Cromatógrafo Líquido (Proeminence UFLC) acoplado ao espectrômetro de massas (3200 Q TRAP) LC-MS/MS. Botucatu/SP, 2013.

A utilização do LC-MS/MS possibilita o controle do íon molecular e de transições iônicas provenientes da fragmentação do mesmo, garantindo a sensibilidade e a especificidade necessárias para a quantificação dos analíticos, em concentrações, por vezes vestigiais, presentes em matrizes de elevada complexidade. A massa molecular e os fragmentos gerados a partir de cada molécula estão apresentados na Tabela 3.

O fragmento utilizado para quantificação de cada um dos compostos foi sempre o primeiro apresentado na referida tabela, para cada composto. A detecção e separação dos compostos foram realizadas em uma corrida e os tempos de retenção dos compostos retidos pela coluna cromatográfica foram: atrazine (6,47 min), pendimethalin (8,65 min), metribuzin (6,31 min), clomazone (6,55 min), diuron (6,5 min) e hexazinone (6,35 min). As Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17 representam os cromatogramas do padrão analítico dos compostos atrazine, pendimethalin, metribuzin, clomazone, diuron e hexazinone, respectivamente, nas condições descritas anteriormente. A Tabela 4 representa as curvas analíticas e as faixas de concentração para cada composto analisado.

Tabela 3. Massa molecular e íons secundários dos compostos analisados. Botucatu/SP, 2013.

Compostos	Massa molecular	Íons secundários (fragmentos)
Atrazine	216,244	174,2
		68,1
		104,1
Pendimethalin	282,206	212,2
		194,2
		118,1
Metribuzin	215,101	187,1
		59,9
		57,0
Clomazone	240,2	125,1
		89,1
		99,1
Diuron	234,034	72,0
		73,1
		174
Hexazinone	253,299	171,2
		71,2
		85,2

**Figura 12.** Cromatograma do atrazine com os respectivos fragmentos na concentração de $25 \mu\text{g L}^{-1}$. Botucatu/SP, 2013.

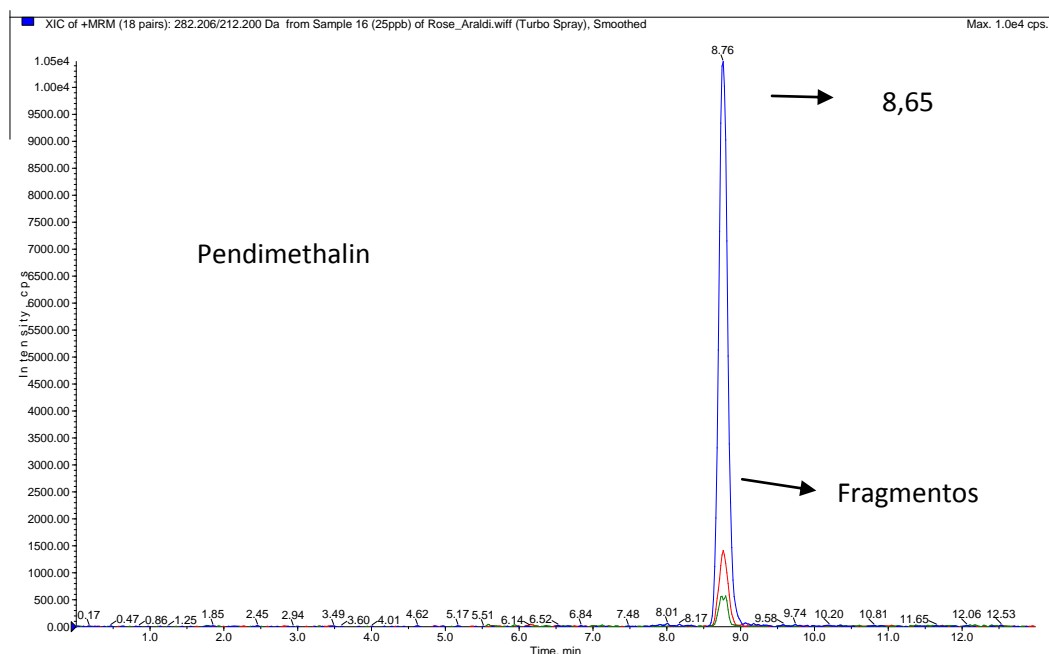


Figura 13. Cromatograma do pendimethalin com os respectivos fragmentos na concentração de $25 \mu\text{g L}^{-1}$. Botucatu/SP, 2013.

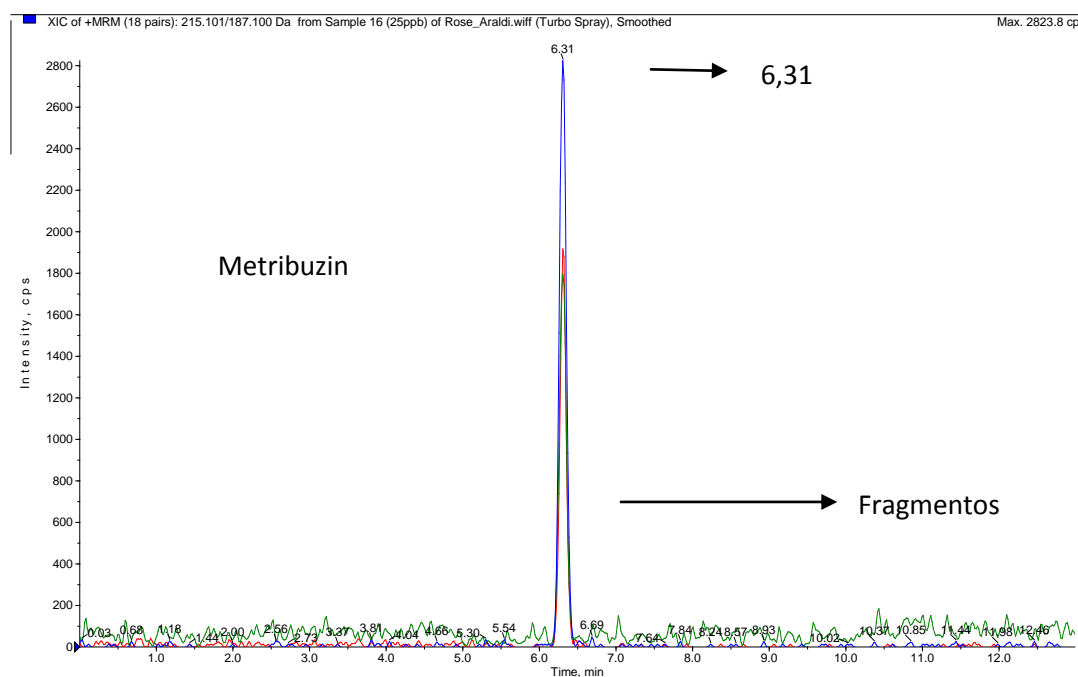


Figura 14. Cromatograma do metribuzin com os respectivos fragmentos na concentração de $25 \mu\text{g L}^{-1}$. Botucatu/SP, 2013.

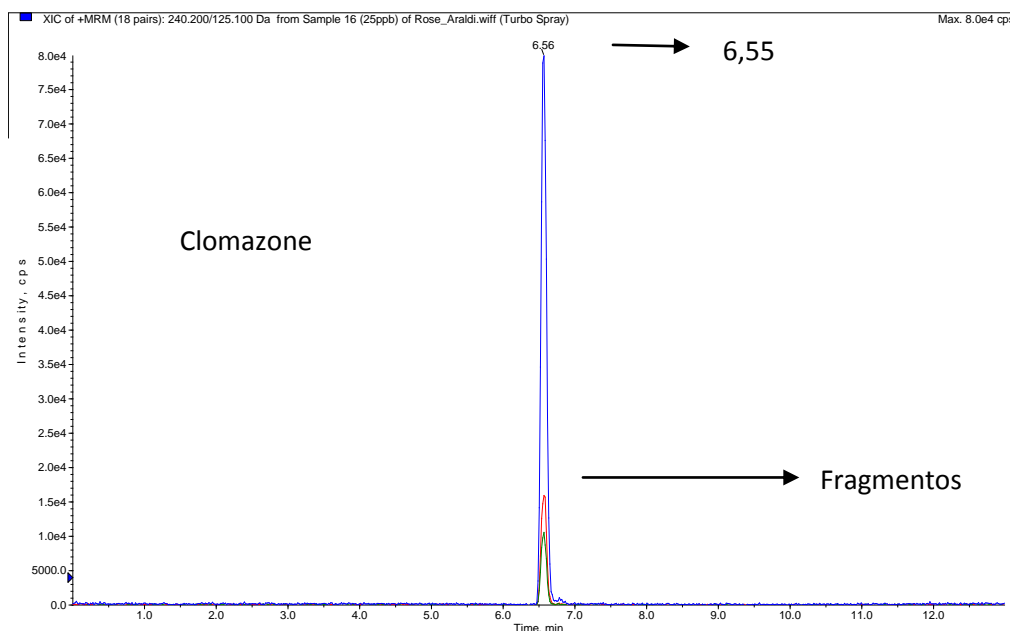


Figura 15. Cromatograma do clomazone com os respectivos fragmentos na concentração de $25 \mu\text{g L}^{-1}$. Botucatu/SP, 2013.

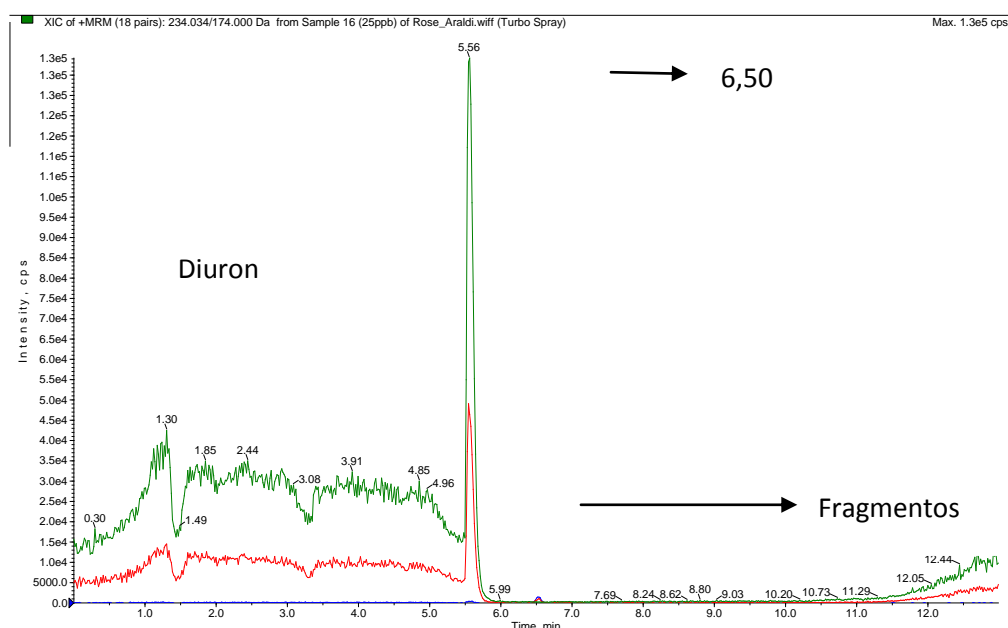


Figura 16. Cromatograma do diuron com os respectivos fragmentos na concentração de $25 \mu\text{g L}^{-1}$. Botucatu/SP, 2013.

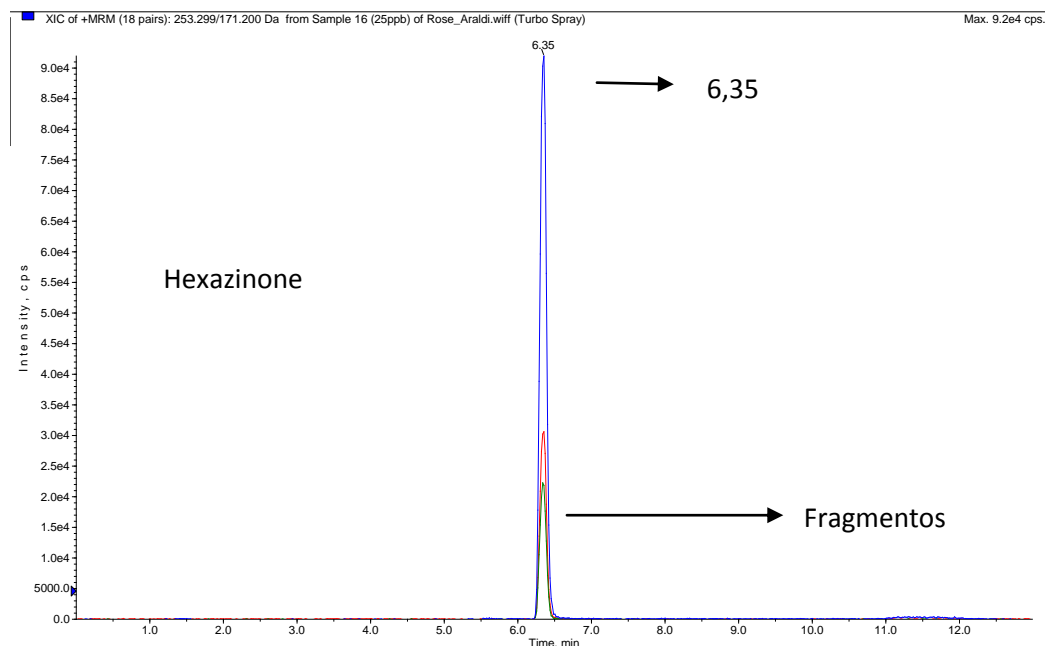


Figura 17. Cromatograma do hexazinone com os respectivos fragmentos na concentração de $25 \mu\text{g L}^{-1}$. Botucatu/SP, 2013.

Tabela 4. Curvas analíticas e faixas de concentração para cada composto analisado. Botucatu/SP, 2013.

Compostos	Equação da reta	R^2	Intervalo linear (ng.ml^{-1})
Atrazine	$y = 1,07e + 004x + -678$	0,9956	1,56 - 400
Pendimethalin	$y = 2,23e + 003x + 004$	0,9955	3,12 - 100
Metribuzin	$y = 818x + -66,5$	0,9992	1,56 - 400
Clomazone	$y = 1,4e + 004x + 2,41e + 004$	0,9947	1,56 - 400
Diuron	$y = 277x + 243$	0,9918	1,56 - 400
Hexazinone	$y = 2,13e + 004x + 7,38e + 003$	0,9989	1,56 - 400

Como análise estatística, os dados de herbicidas que atravessaram a camada de palha foram correlacionados com a quantidade de chuva. E as regressões geradas das correlações foram analisadas com o Programa Sigma Plot, versão 11, usando o modelo de Mitscherlich com dois parâmetros:

$$y = a * (1 - 10^{(-c*x)}),$$

Onde:

y = quantidade de herbicidas que atravessa a camada de palha para o solo (g ha^{-1}),

a = quantidade máxima de transposição do herbicida na palha,

c = é a concavidade da curva,

x = lâmina de água necessária para mover o herbicida para o solo (mm).

O procedimento permite avaliar a quantidade do produto que passa pela palha e pode efetivamente atingir o solo na ocorrência de diferentes quantidades de chuva.

Para questão de comparação no gráfico com todos os herbicidas, foi correlacionada a quantidade máxima de herbicida extraída da palha pela lâmina de chuva, usando o mesmo modelo acima para ajuste dos dados, com apenas o coeficiente “a” sendo fixado para 100 na equação.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Infestação do azevém em cana crua

Houve uma interação significativa entre a quantidade de palha e os herbicidas aplicados para a característica avaliada de porcentagem de infestação. Nas Tabelas 5 e 7 estão demonstradas as médias da porcentagem de infestação do azevém nas diferentes quantidades de palha e para cada herbicida, sendo respectivamente para os períodos de 45 e 168 DAA. Os demais períodos avaliados apresentaram o mesmo padrão dos dados, sendo os mesmos correlacionados com 45 DAA na Figura 18 e, na Tabela 6 tem-se a equação, R^2 e porcentagem de crescimento do azevém para cada época respectiva. Os dados originais para todos os períodos encontram em tabelas (anexos 7, 8, 9, 10, 11 e 12).

Analisando a Tabela 5 e 7, verifica-se primeiramente que para o tratamento controle “sem herbicida”, a cobertura de azevém foi gradativamente reduzida com o aumento na quantidade de palha de cana-de-açúcar. Oliveira et al. (2001) em comportamento similar, observaram que a população de diferentes espécies de plantas daninhas foram significativamente afetadas pelas diferentes quantidades de palha de milho (0, 3, 6, 9 e 12 t ha⁻¹).

Para esse tratamento sem herbicida, no presente estudo, a redução na emergência de plantas de azevém foi de 22, 38 e 78% respectivamente para as quantidades de palha de cana-de-açúcar de 9, 18 e 27 t ha⁻¹ quando comparado com as parcelas sem cobertura aos 45 dias após aplicação DAA (Tabela 5).

A Figura no anexo 1, detalha o efeito do tratamento sem herbicida aos 84 DAA e representa bem esse comportamento descrito de aumentar a quantidade de palha e diminuir a porcentagem de infestação do azevém.

Tabela 5. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 45 DAA em (17 de dezembro de 2012). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
	-----Infestação de azevém (%)-----					
Testemunha	36,25	27,50	22,00	8,75	23,63	19,42
Atrazine	38,75	27,50	15,50	13,75	23,88	18,92
Pendimentalin	4,25	17,50	10,75	10,10	10,65	12,78
Metribuzin	2,00	5,25	5,25	6,25	4,69	5,58
Clomazone+Diuron	0,00	7,00	5,25	5,50	4,44	5,92
Hexazinone+Diuron	0,50	3,75	4,75	1,25	2,56	3,25
F palha (P)			12,24**			
F herbicida (H)			86,07**			
F PxH			9,8**			
C.V. (%)			23,01			
Média experimental			11,64			
Desvio padrão			2,68			
dms 4 rep			2,28			
dms 12 rep			1,32			
dms 16 rep			1,14			
t tabelado			1,70			

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância,

C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$\text{dms} = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

O controle foi relevante, na condição sem herbicida, apenas com 18 e 27 t ha⁻¹. Oliveira & Freitas, (2009) reportaram que a quantidade de 16 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar deixadas no solo após a colheita controlou eficientemente a espécie *Rottboelia exaltata*, independente da utilização de herbicidas. Em outros estudos, pesquisadores concluíram que a cobertura de solo com 15 e 20 t ha⁻¹ de palha, tanto nas parcelas com e sem aplicação de herbicidas, promoveu redução na emergência de *Euphorbia heterophylla* (FERREIRA et al., 2010).

A mesma tendência foi observada por Fisk et al. (2001), em que reportaram que o resíduo de colheita de milho na superfície do solo diminui a densidade e o peso seco das plantas daninhas perenes em 35 e 75%, respectivamente e, das plantas daninhas anuais em torno de 80% quando comparado com à condição sem resíduo de palha. O resíduo do trigo de inverno (*Triticum aestivum* L.) reduziu a biomassa das plantas daninhas em 60% na produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (WICKS et al., 1994).

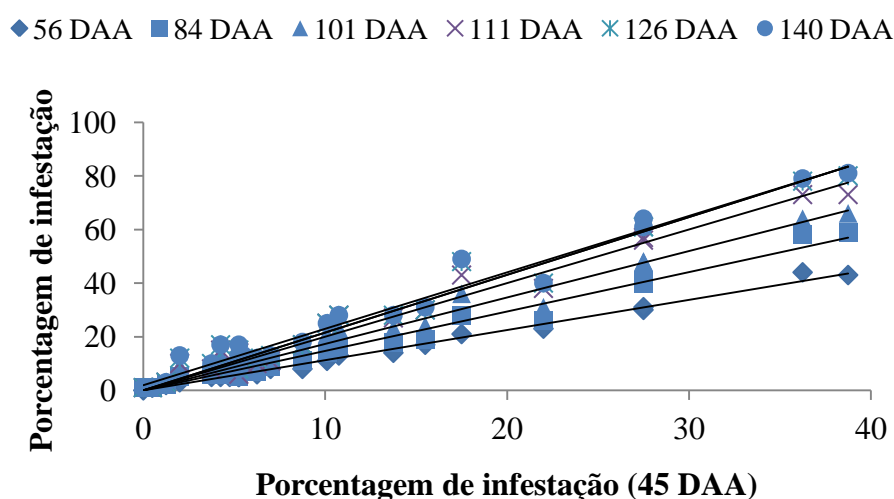


Figura 18. Correlação entre a porcentagem de infestação de azevém aos 56, 84, 101, 111, 126, 140 com 45 DAA nos diferentes tratamentos. Baton Rouge, 2013.

Tabela 6. Equações das retas ($y=a+bx$), coeficientes de determinação (R^2) e crescimento (%) do gráfico 18 que correlaciona a porcentagem de infestação de azevém aos 56, 84, 101, 111, 126, 140 com 45 DAA nos diferentes tratamentos. Baton Rouge, 2013.

DAA	Coeficientes		
	Equação	R^2	Crescimento (%)
56	$y = 1,1251x$	0,9923	12
84	$y = 1,4717x$	0,9809	47
101	$y = 1,7314x$	0,9727	73
111	$y = 2,0018x$	0,9707	100
126	$y = 2,1531x$	0,9692	100
140	$y = 2,1904x$	0,9654	100

De acordo com os dados contidos na Tabela 7, relativos à porcentagem de infestação do azevém aos 168 DAA, observou-se no caso da testemunha sem herbicida o correspondente 77, 60, 34 e 16% de infestação do azevém para as quantidades respectivas de 0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹, diminuindo, no entanto, a infestação com o aumento da palhada deixada no solo. Destaque para a maior quantidade de palha 27 t ha⁻¹ para a qual houve 80% de redução da infestação quando comparado a testemunha 0 t ha⁻¹.

A emergência de plantas daninhas, em sistemas de produção com coberturas, depende do tipo e da quantidade de palha deixada no solo, assim como da espécie de planta daninha avaliada. *Bidens pilosa* mostrou baixa taxa de emergência na maior quantidade de palha de sorgo forrageiro (CORREIA et al., 2005), assim como também ocorreu no presente estudo para azevém sobre palha de cana-de-açúcar. Assim, ao aumentar proporcionalmente a quantidade de resíduo deixado na superfície do solo, diminuiu a infestação de azevém. Entretanto, existem outras espécies de sementes grandes, como as do gênero *Ipomoea*, que não apresentam essa redução na germinação e emergência mesmo com uma camada espessa de palha deixada na superfície do solo.

O herbicida atrazine não foi eficaz. Para este tratamento aos 45 DAA observou-se o mesmo comportamento da testemunha. A palha tem efeito que aumenta com a quantidade. Para 0 e 9 t ha⁻¹ a porcentagem de infestação do azevém foi de 39 e 27% diminuindo para 15 e 14% de infestação nas quantidades de 18 e 27 t ha⁻¹ de palha respectivamente (Tabela 5). Dessa forma, o controle foi considerado relevante apenas com as maiores quantidades de palha 18-27 t ha⁻¹. O controle que ocorreu nesses últimos tratamentos

foi mais devido ao efeito físico da palhada do que ao efeito herbicida, haja vista que o herbicida atrazine não apresentou controle para *L. multiflorum*.

Assim, esse comportamento de infestação do azevém nas diferentes quantidades de palha, referente ao herbicida atrazine pode ser verificado na figura do anexo 2, ainda mantido o mesmo padrão aos 84 DAA.

Em relação à segunda época apresentada na Tabela 7 de 168 DAA houve a mesma tendência para o tratamento com o herbicida atrazine. A porcentagem de infestação quando submetido a uma camada de 27 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar reduziu em 64% a infestação do azevém comparando-se com a área descoberta, comportamento este parecido com a área testemunha sem herbicida (Tabela 7).

Para o pendimethalin, a melhor eficácia foi para a situação sem palha, sendo reduzida a eficácia com a presença da palha. Mas avaliando o efeito deste herbicida em diferentes níveis de resíduo de cana-de-açúcar foi encontrado a pior situação de controle para a quantidade de 9 t ha⁻¹ de palhada, que apresentou reduzida a eficácia e a cobertura morta ainda foi insuficiente para realizar o controle (Tabela 5 e 7). Isso pode ser verificado de forma clara também no anexo 3 aos 84 DAA.

Aos 45 DAA a infestação da planta daninha foi três vezes maior em 9 t ha⁻¹ de palha quando comparado a 0 t ha⁻¹, enquanto que, para as quantidades de 18 e 27 t ha⁻¹ o aumento da infestação foi na proporção de duas vezes comparado ao solo desprovido de palhada (Tabela 5).

Já na segunda época representada aos 168 DAA, manteve-se essa diferença entre a infestação na palhada de 9 t ha⁻¹ em comparação as demais quantidades de 0, 18 e 27 t ha⁻¹. E essa porcentagem respectiva de infestação foi de 17, 49, 26 e 25% para 0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹ (Tabela 7). Nesse caso, a menor camada de resíduo de cana-de-açúcar deixado no solo, não funcionou muito bem. Há duas razões que podem ser responsáveis por esse comportamento: a camada de cana-de-açúcar foi muito pequena para o controle físico da planta daninha, mas foi suficiente para bloquear o alvo do herbicida, o solo. Esse bloqueio acontece devido à baixa solubilidade do herbicida e alta retenção e/ou afinidade de compostos com o resíduo vegetal. Diferentemente do pendimethalin, Erbach & Lovely (1975), em experimentos de campo e casa-de-vegetação, utilizando os herbicidas atrazine e alachlor, aplicados sobre 2 e 4 t ha⁻¹ de resíduos culturais de milho, concluíram que a presença das referidas coberturas não interferiu no controle de diferentes espécies de plantas daninhas.

Tabela 7. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 168 DAA (19 de abril de 2013). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Infestação de azevém (%)-----						
Testemunha	77,50	60,00	33,75	16,25	46,88	36,67
Atrazine	80,00	61,25	30,00	28,75	50,00	40,00
Pendimentalin	16,75	48,75	26,25	25,50	29,31	33,50
Metribuzin	13,25	17,50	11,00	10,00	12,94	12,83
Clomazone+Diuron	1,25	12,50	7,25	12,75	8,44	10,83
Hexazinone+Diuron	2,00	10,75	5,50	2,50	5,19	6,25
F palha (P)				20,07 **		
F herbicida (H)				85,77 **		
F PxH				9,81 **		
C.V. (%)				22,95		
Média experimental				25,46		
Desvio padrão				5,84		
dms 4 rep				4,98		
dms 12 rep				2,88		
dms 16 rep				2,49		
t tabelado				1,70		

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância, C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$\text{dms} = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

O pendimethalin é um herbicida efetivo para a maioria das gramíneas anuais e plantas daninhas de folha larga. De acordo com Wauchope et al. (1992), pendimethalin, que é comumente conhecido como Herbadox ou Prowl, tem uma baixa solubilidade em água (0.275 mg L⁻¹), sendo que a solubilidade dos demais herbicidas estudados como atrazine, metribuzin, clomazone, hexazinone e diuron em água são de 33,

1.200, 1.100, 33.000 e 42 mg L⁻¹, respectivamente. Wauchope et al. (1992) observaram que a presença do resíduo vegetal resultou em 50% de redução da concentração do pendimethalin na superfície do solo. Tais resultados são consistentes com o presente estudo e ilustra claramente a alta afinidade do pendimethalin no resíduo de cana-de-açúcar devido à sua baixa solubilidade.

O melhor tratamento observado para o pendimethalin foi aquele no qual se aplicou o herbicida diretamente no solo. Tais resultados corroboram com os reportados por Negrisoli et al. (2007a,b), porém, testando os herbicidas tebuthiuron e amicarbazone, nos quais os melhores resultados de controle foram encontrados quando os herbicidas foram aplicados diretamente no solo e/ou recebendo uma chuva após a aplicação. Os tratamentos em que o herbicida foi aplicado sobre a palha seca e com ausência de precipitação posterior apresentaram controle insatisfatório para a espécie estudada. No presente experimento até ocorreu precipitação posterior à aplicação (Figura 10), porém, mesmo assim, o pendimethalin não se moveu da palha para o solo.

Importantes diferenças entre o comportamento dos herbicidas aplicados sobre a cobertura de palha no solo foi detectado por Banks e Robinson (1982; 1984; 1986), para metribuzin, oryzalin e acetanilidas. E tais diferenças podem ser associadas, principalmente, pela diferente solubilidade e pressão de vapor de tais herbicidas, quantidade e origem do resíduo vegetal e a intensidade e tempo de ocorrência de chuva após a aplicação dos produtos.

Os demais herbicidas metribuzin, clomazone+diuron e hexazinone+diuron funcionaram muito bem em praticamente todos os níveis de resíduo de cana-de-açúcar, mas a melhor performance no controle do azevém foi para o tratamento sem palha em cobertura. A ação combinada dos herbicidas com a palha permitiu alcançar altos níveis de controle. O valor de infestação para a média das quantidades de palha foi de 4,5, 4,5 e 2,6%, respectivamente, para o metribuzin, clomazone+diuron e hexazinone+diuron aos 45 DAA (Tabela 5). O metribuzin apresentou um bom desempenho para todas as quantidades de palha estudadas (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹) (Anexo 4). A média da porcentagem de infestação para todas as quantidades de palha aos 168 DAA foi de 13% (Tabela 7).

A associação de clomazone+diuron foi a de maior eficácia na ausência de palha. Enquanto para as parcelas sem cobertura vegetal houve ausência de azevém, com 0% de infestação, os demais tratamentos apresentaram 7, 5 e 5% de infestação respectivamente para 9, 18 e 27 t ha⁻¹ (Tabela 5). Mas, no geral, essa diferença não tem tanto

impacto visto que uma porcentagem de controle acima de 90% é considerada satisfatório no sistema (> 80% de controle).

No anexo 5, é possível visualizar aos 84 DAA a boa porcentagem de controle para o *L. multiflorum* nas diferentes situações da cobertura vegetal de cana-de-açúcar avaliadas pelo presente experimento (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹).

Carbonari et al. (2010) observaram que geralmente, o herbicida clomazone+hexazinone promoveram também excelentes resultados para o controle de muitas espécies estudadas quando aplicado sobre, sob e sem a palhada da cana-de-açúcar na superfície do solo.

Já a associação do hexazinone+diuron foi a de maior eficácia na presença de palha, apresentou melhor dinâmica. O efeito do hexazinone+diuron nas diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar foi positivo em relação ao controle da planta daninha na área, com médias de infestação com palha de 3,25% aos 45 DAA (Tabela 5 e Anexo 6).

Desta forma, o destaque do presente experimento foi para o tratamento hexazinone+diuron como o melhor controle de azevém em todos os níveis de resíduo de cana-de-açúcar e em todos momentos de avaliação. Com a aplicação do diuron+hexazinone em condição de 10 t ha⁻¹ de resíduo de cana-de-açúcar, Correa et al. (2006) observaram também um bom controle de 85% para *Ipomoea grandifolia*, tanto em pré quanto em pós emergência.

Considerando que nesta aplicação de diuron + hexazinone foi encontrado melhores valores de controle de azevém, sugere-se que o ingrediente ativo hexazinone atravessou eficientemente a camada de palha, visto que o diuron apresenta baixa solubilidade (42 ppm a 25°C), e necessitaria de maior teor água no solo para se movimentar e atuar, quando comparados ao hexazinone de alta solubilidade (33.000 ppm a 25 °C) (BOUCHARD et al., 1985), resultando assim, em uma ótima opção de controle para o sistema de cana crua. Considerando os efeitos destes herbicidas isoladamente, esta eficácia de controle não foi observada em outros estudos. Griffin e Judice, (2009) encontraram baixos valores de controle de *L. multiflorum* com números próximos a 20% de controle quando os herbicidas atrazine, diuron e hexazinone foram aplicados de forma isolada.

Tabela 8. População de brotos de cana-de-açúcar aos 168 DAA (19 de abril de 2013), influenciada pelos herbicidas aplicados em pré-emergência. Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t.ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Número de brotos de cana-de-açúcar-----						
Testemunha	17,50	8,50	14,75	28,50	17,31	17,25
Atrazine	19,75	26,75	17,25	18,75	20,63	20,92
Pendimetalin	25,75	15,50	18,25	28,00	21,88	20,58
Metribuzin	26,75	26,00	17,25	25,25	23,81	22,83
Clomazone+Diuron	38,00	33,25	50,00	33,25	38,63	38,83
Hexazinone+Diuron	30,00	32,50	38,00	40,50	35,25	37,00
F palha (P)				0,586 ^{ns}		
F herbicida (H)				4,555 [*]		
F P x H				0,613 ^{ns}		
C.V. (%)				40,43		
Média experimental				26,25		
Desvio padrão				10,61		
dms 4 rep				9,06		
dms 12 rep				5,23		
dms 16 rep				4,53		
t tabelado				1,70		

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância, C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$\text{dms} = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

Jones e Griffin (2008) verificaram, também nas condições de Louisiana nos Estados Unidos, que a aplicação de diuron + hexazinone, nas doses de 1.050 + 300 g ha⁻¹, 1.570 + 440 g ha⁻¹ e 2.100 + 590 g ha⁻¹, controlou 85, 95 e 97% das plantas adultas de *Ipomoea coccinea*, respectivamente. Em pré-emergência, a associação herbicida resultou em controle inicial (aos 35 DAA) acima de 90%. No controle de azevém, utilizando a dose de 2.000 + 560 g ha⁻¹ para diuron + hexazinone respectivamente em parcelas sem palha

houve um controle de 100% aos 45 DAA, comprovando esse ótimo controle para a associação de herbicidas.

Como suporte para esses dados, bom controle para alguns tratamentos proporcionaram também alta brotação de cana-de-açúcar aos 168 DAA (Tabela 8 e Figure 19). Isso demonstra que a população de perfilhos de cana-de-açúcar foi maior para clomazone+diuron e hexazinone+diuron. A média da população para esses tratamentos foram cerca de 2,2 vezes superiores à testemunha, 1,7 vezes em relação a atrazine e pendimethalin e 1,5 vezes em comparação ao metribuzin. Aparentemente o azevém, presente na cana-de-açúcar na primavera, afetou secando e aquecendo os canteiros e, afetando assim, a emergência e o crescimento da cana-de-açúcar.

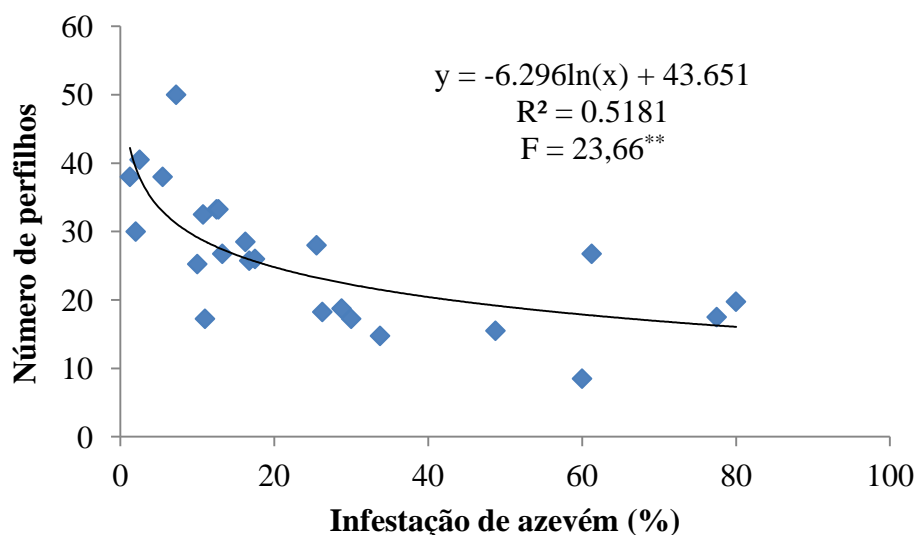


Figure 19. População de perfilhos de cana-de-açúcar em relação à porcentagem de infestação do azevém aos 168 DAA, Baton Rouge/LA, 2013.

O gráfico da Figura 19 ilustra muito bem essa tendência de que com o aumento da infestação do azevém na área ocorre a diminuição do número de perfilhos de cana-de-açúcar. Isto demonstra que a infestação por esta espécie de planta daninha é a principal responsável pela redução no número de perfilhos. Isso é também apoiado através da Figura 18 e Tabela 6 em que deixa claro que o pico de crescimento das plantas de azevém foram até os 100 DAA e, é nesse período crítico de crescimento que a planta daninha mais competiu com a cana-de-açúcar e interferiu negativamente no número de perfilhos.

E voltando à questão da eficácia dos herbicidas em palha de cana-de-açúcar tem-se que a quantidade de chuva após a aplicação dos mesmos pode ter um

importante efeito na retenção do herbicida na cobertura morta. Oliveira et al. (2001) mostraram que a baixa precipitação durante os primeiros dias após a aplicação da mistura dos herbicidas atrazine e metolachlor pode explicar a remoção limitante do metolachlor dos resíduos vegetais para o solo. No entanto, no presente caso, a chuva que ocorreu em pouco tempo após a aplicação dos herbicidas (38 mm em 13 dias) foram possivelmente suficientes para mover os produtos para o solo (Figura 6). Isso foi demonstrado através do excelente controle de azevém no tratamento hexazinone+diuron.

Fornariolli (1997) verificou que 85% do atrazine ficaram ligados ao resíduo de cana-de-açúcar e que uma chuva de 20 mm foi suficiente para lixiviar praticamente todo o produto da palha para a superfície do solo. Esses dados corroboram com o presente experimento, em que a quantidade de chuva de 25 mm foi importante para lixiviar os herbicidas da palha para o solo.

Considerando tais fatos, ao analisar a Tabela 5, aos 45 DAA, tem-se os seguintes indicativos de eficácia principalmente sem palha para: a) Atrazine é ineficaz; b) Pendimethalin é intermediário; c) Metribuzin, clomazone+diuron e hexazinone+diuron são bons. Comparando-se com os valores médios com palha, tem-se que apenas o hexazinone+diuron manteve a melhor dinâmica em palha.

Ao analisar a Tabela 7, aos 168 DAA, tem-se os seguintes indicativos de eficácia para: a) Clomazone+diuron e hexazinone+diuron foram eficazes com persistência adequada; b) Apenas o tratamento hexazinone+diuron apresentou melhor dinâmica e desempenho na palha. O herbicida metribuzin possivelmente tenha sido lixiviado ou se perdido de outra forma no solo por não apresentar a persistência de controle aos 168 DAA. E em relação às associações, o hexazinone foi possivelmente o responsável pela melhor dinâmica do tratamento hexazinone+diuron na palha.

Assim como o hexazinone+diuron funcionou bem em palha, tem-se o trabalho de Toledo et al. (2009), que verificaram a eficácia do amicarbazone no controle de plantas daninhas em diferentes situações de aplicação sobre o solo, com e sem palha, observando uma excelente eficácia do herbicida no controle das espécies *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens*, *Merremia cissoides* e *Euphorbia heterophylla*, destacando o mesmo também, como uma excelente alternativa para o controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.

Dessa forma, o sistema de cultivo de cana-crua representa uma importante mudança no manejo de plantas daninhas. A colheita com a deposição de palha sobre o solo proporciona mudanças nas populações de plantas daninhas e, principalmente na

dinâmica dos herbicidas na palhada deixada na superfície do solo. Dependendo da precipitação após a aplicação, quantidade de palha e das características dos herbicidas aplicados pode ocorrer um controle positivo destas espécies, atuando de forma integrada no controle de plantas daninhas.

6.2. Dinâmica de herbicidas em palha de cana-de-açúcar

Para dar suporte ao experimento anterior, realizado na Louisiana State University, com o controle químico de azevém em cana crua foi conduzido esse trabalho de dinâmica dos herbicidas em palha no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia localizado na UNESP/Botucatu. Com 24 horas após a aplicação dos herbicidas em palha de cana-de-açúcar (10 t ha^{-1}) foi realizada a simulação de diferentes lâminas de chuva para verificar a quantidade de herbicida lixiviado pela cobertura vegetal.

Nas Figuras 20, 21, 22, 23 e 24 estão apresentados os dados ajustados para a transposição do atrazine, metribuzin, clomazone, diuron e hexazinone em palha de cana-de-açúcar, respectivamente quando submetidos à simulação de chuva 24 horas após a aplicação. Destaque em relação ao experimento anterior em que os herbicidas foram aplicados e avaliados de forma isolada e não em associações como o clomazone+diuron e hexazinone+diuron. E, em relação ao tratamento pendimethalin, foi realizada as análises cromatográficas de quantificação, mas não foram detectados traços do mesmo nas amostras, mesmo com as maiores lâminas de chuva de 100 mm. Essa ausência do produto na solução lixiviada da palha justifica pela característica deste herbicida o qual apresenta principalmente um baixo coeficiente de solubilidade.

Quanto a dificuldade dos produtos para transpor a palha, Wauchope et al. (1992) relataram que a média de adsorção do pendimethalin foi de 5000 mL g^{-1} , enquanto o valor para atrazine foi em torno de 100 mL g^{-1} , ou seja, com uma capacidade 50 vezes maior de adsorção para o pendimethalin. Sendo essa maior capacidade de retenção muito bem manifestada pela baixa concentração do pendimethalin extraído da palhada.

Outro herbicida que se observa dificuldade para transpor a palha de cana-de-açúcar para o solo é a trifluralina. Este produto não foi detectado no solo, sob cobertura morta, mesmo após uma chuva de 20 mm aplicada 24 horas após a aplicação do produto no campo, diferentemente do observado para o atrazine em estudo desenvolvido por Rodrigues et al. 1997.

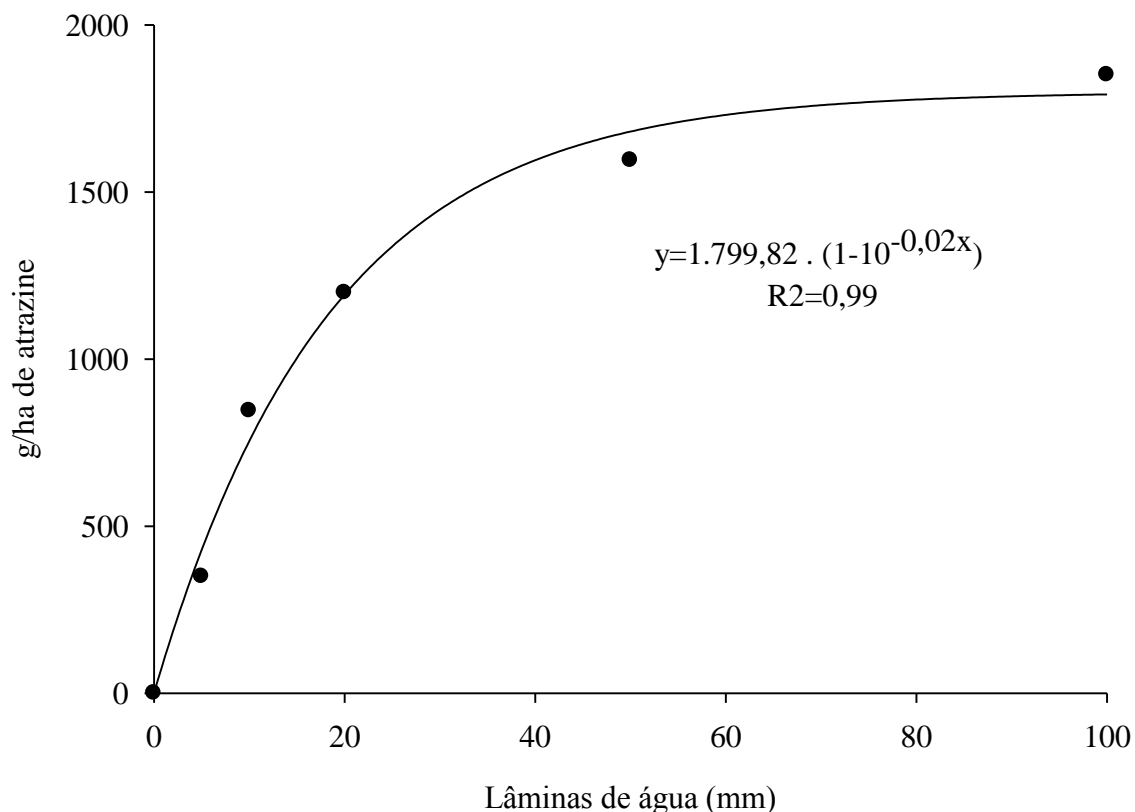


Figura 20. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para o tratamento atrazine, lixiviado da palha de cana-de-açúcar após diferentes lâminas de chuva (mm). Botucatu/SP, 2013.

Em relação ao atrazine, observa-se ao avaliar o comportamento de transposição do mesmo na palha (Figura 20) que com uma lâmina de 20 mm houve uma passagem de 53% do herbicida pela palha da cana-de-açúcar. Fornariolli (1997) verificou que 85% do atrazine ficaram retidos na palha e que uma chuva de 20 mm foi suficiente para o arraste de praticamente todo o produto da palha para o solo. De forma semelhante, cerca de 90% do imazaquin aplicado ficaram retidos na palha de *Avena strigosa* antes da irrigação e, após 20 mm de chuva foi suficiente para a lixiviação do produto da palha para o solo (RODRIGUES et al., 2000).

Marin et al. (1978) trabalhando com palhada de milho, em estudo de laboratório, reportaram que os herbicidas atrazine, propachlor, alachlor e cyanazine, não foram fortemente adsorvidos, e mais de 50% da quantidade inicial aplicada foi lixiviada após precipitação de 20 mm.

Avaliando ainda o atrazine (Figura 20), verifica-se que para as lâminas de 50 e 100 mm de chuva ocorreram 70 e 82%, respectivamente, de transposição do atrazine pela palha de cana-de-açúcar no tempo de 24 horas após a aplicação.

Lowder e Weber (1979) verificaram que 87% do atrazine foram removidos da cobertura vegetal quando submetida à chuva de 100 mm logo após a aplicação. Apesar de o herbicida atrazine ser facilmente lixiviado, Rodrigues et al. (2002) relataram que ele foi fortemente retido pela folhagem verde, mesmo para precipitação de 20 mm às 24 horas após a aplicação do produto, ocorrendo o contrário do observado com metolachlor, acetochlor. O coeficiente de solubilidade deve ser o responsável por tal comportamento.

E em estudo realizado por Tofoli et al. (2002), utilizando o ingrediente ativo atrazine sobre camada de palha de cana-de-açúcar de 10 t ha⁻¹ e simulação de diferentes quantidades de precipitação, observaram que 92% de atrazine transpôs a palha com chuva simulada de 65 mm. Com essa mesma lâmina de chuva foi encontrada para o presente experimento uma transposição de 76% do atrazine.

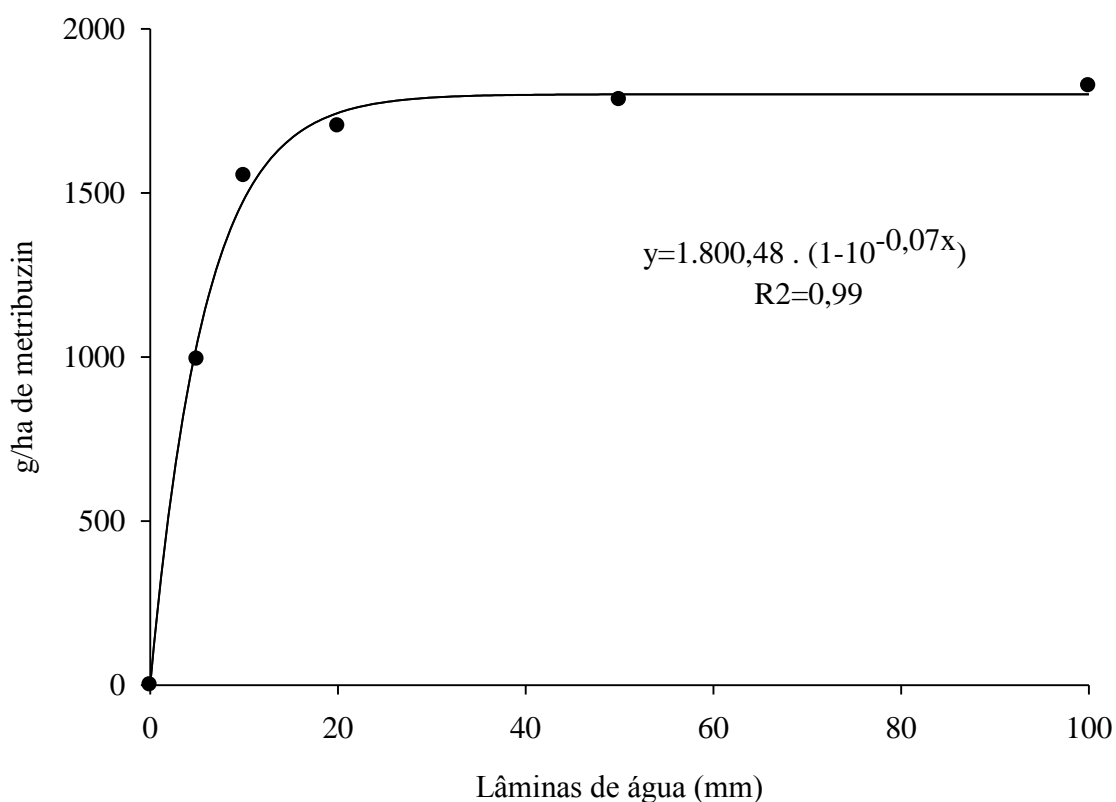


Figura 21. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para o tratamento metribuzin, lixiviado da palha de cana-de-açúcar após diferentes lâminas de chuva (mm). Botucatu/SP, 2013.

Para o metribuzin, segundo herbicida estudado na dinâmica de palha de cana-de-açúcar, tem-se a curva de ajuste dos dados na Figura 21. O mesmo apresentou boa

capacidade para ser extraído da palha (10 t ha^{-1}) com simulações de diferentes lâminas de chuva 24 horas após a aplicação na área.

Negrisoni et al. (2007a), trabalhando com tebuthiuron, observaram que a aplicação sobre a palha de cana-de-açúcar resultou em um excelente controle de *Ipomoea grandifolia*, com médias de 100%, quando ocorreu precipitação de 20 mm 24 horas após a pulverização. Esse bom resultado também foi observado por Negrisoni et al. (2009), trabalhando com o herbicida oxyfluorfen, demonstrando, portanto, a importância da chuva no processo de passagem do herbicida pela camada de palha.

Mas no caso do metribuzin possivelmente tenha havido anteriormente a instalação do experimento contaminação do material vegetal utilizado, pois foi detectada alta concentração do herbicida no lixiviado da palha após a simulação da chuva (Tabela 9).

A análise da Tabela 9 evidencia uma importante inconsistência da base de dados. As quantidades totais de metribuzin e hexazinone foram superiores às quantidades aplicadas. A única explicação possível para o fato é a contaminação da palha por alguma aplicação não registrada pelo fornecedor do material. As análises das amostras de água de lavagem da palha foram feitas alguns meses após a realização do ensaio e não houve a preservação das amostras de palha que permitisse a quantificação da contaminação com estes herbicidas.

Na Tabela 9 também são apresentados os resultados referentes às quantidades totais extraídas dos alvos de solo. Para herbicidas com baixa sorção no solo (como é o caso do hexazinone e metribuzin com K_{oc} de 54 e 60 ml g^{-1} , respectivamente, segundo (Rodrigues e Almeida, 2011)) as quantidades extraídas desses alvos são próximas da quantidade aplicada, sendo que a diferença corresponde às perdas por deriva. Tanto para o hexazinone quanto para o metribuzin, as quantidades totais extraídas dos alvos de solo foram próximas, mas inferiores às quantidades aplicadas, indicando que não houve erro no processo de aplicação que justificasse as maiores quantidades destes ativos extraídos da palha, reforçando o apresentado no parágrafo anterior.

Tabela 9. Dados relacionados com o experimento de dinâmica dos herbicidas em 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar. Botucatu/SP, 2013.

Parâmetros	Herbicidas					
	Atrazine	Pendimethalin	Metribuzin	Clomazone	Diuron	Hexazinone
	----- Concentração (g ha ⁻¹) -----					
¹ Aplicado	2250,00	2310	1270,00	1050,00	2800,00	560,00
² Alvo solo	1505,84	0	1167,60	925,70	1659,67	439,14
³ Máximo	1849,99	0	1825,34	586,23	2170,56	689,23
⁴ Assíntota	1799,82	0	1800,48	555,34	2029,08	667,27

1. Quantidade de herbicida aplicado na palha de cana-de-açúcar; 2. Quantidade em que atingiu o solo inferindo a quantia que chega a superfície da palha; 3. A quantidade máxima lixiviada com 100 mm de chuva; 4. O valor máximo lixiviado com 100 mm de chuva através do modelo de Mitscherlich.

Já para o clomazone, terceiro herbicida avaliado, houve uma transposição em 10 t ha⁻¹ de palha de 37, 47 e 56% respectivamente do herbicida para as lâminas de chuva simuladas de 20, 50 e 100 mm em 24 horas seguidas da aplicação. Ou melhor, dos 1050 g ha⁻¹ aplicados na superfície da palha de cana-de-açúcar foi lixiviado uma concentração de 500 g ha⁻¹ após uma lâmina de 50 mm (Figura 22).

Aplicando a associação de clomazone e hexazinone (solubilidade = 1.100 e 33.000 mg L⁻¹ respectivamente), Negrisoli et al. (2011) observaram que 2,5 mm de chuva foi suficiente para lavar a mistura da palha de cana-de-açúcar na quantidade de 5,0 t ha⁻¹. Esses resultados indicam que os herbicidas com alta solubilidade podem ser retidos pela camada de palha e que, dependendo da solubilidade da molécula, só pequenas quantidades de chuva ou irrigação é preciso para o herbicida ser lixiviado da palha para o solo.

Para o clomazone aplicado de forma isolada em 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar (Figura 22) foi extraído um máximo de 47% do herbicida em 50 mm de chuva. Já Cavenaghi et al. (2006a), avaliando o efeito do imazapic em palha, observaram que 84% do herbicida foi transposto para o solo numa lamina de chuva de 50 mm também às 24 horas após a aplicação.

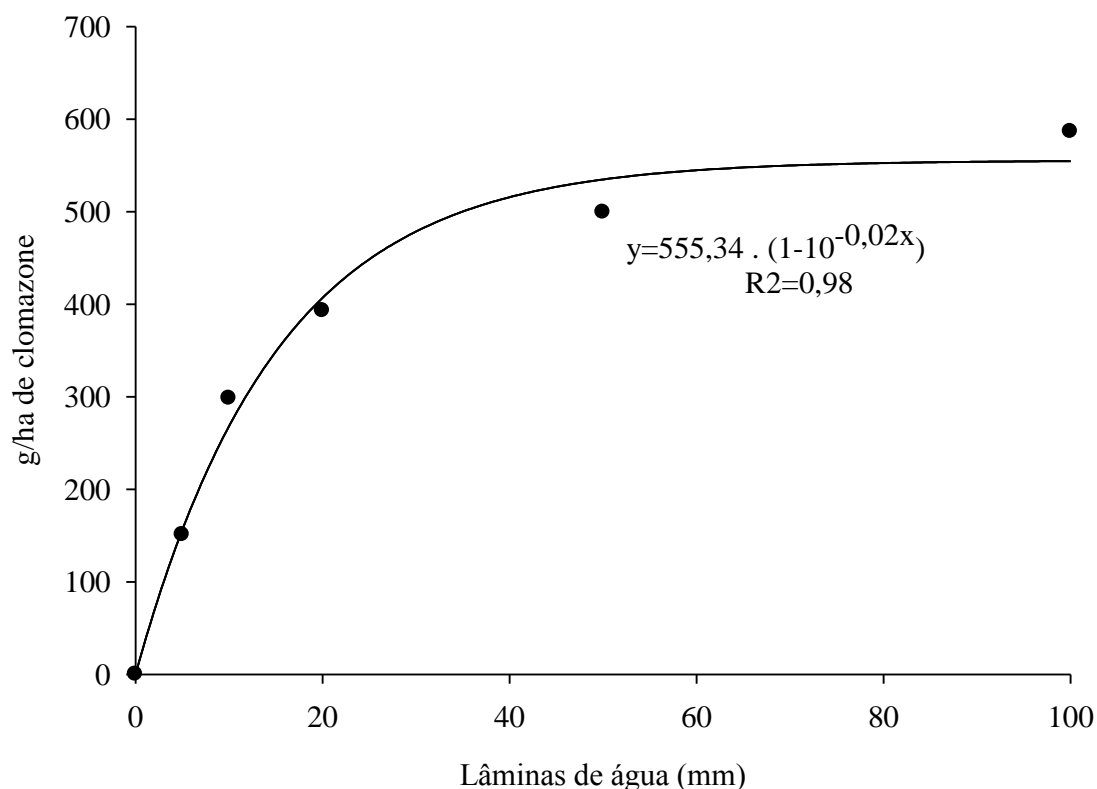


Figura 22. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para o tratamento clomazone, lixiviado da palha de cana-de-açúcar após diferentes lâminas de chuva (mm). Botucatu/SP, 2013.

Na Figura 23 estão apresentados os dados ajustados para a transposição do diuron através da camada de palha de cana-de-açúcar, quando submetido à simulação de chuva 24 horas após a aplicação. A concentração do herbicida que transpôs a palha quando submetido às lâminas de chuva de 20 e 50 mm foram de 1600 g ha⁻¹ e 1935 g ha⁻¹, ou seja, de 57% e 69% de diuron transposto em relação à concentração aplicada (2800 g ha⁻¹). Já a porcentagem lixiviada quando submetido a lâmina de 100 mm de chuva foi de 77%.

Negrisoni et. al. (2002) verificaram também valores muito próximos, quando avaliaram a deposição e o transporte do herbicida diuron em palha de cana-de-açúcar com precipitação após 24 horas da aplicação. Com a simulação da chuva após a aplicação a transposição do herbicida na palha alcançou 65% do aplicado para uma chuva de 50 mm.

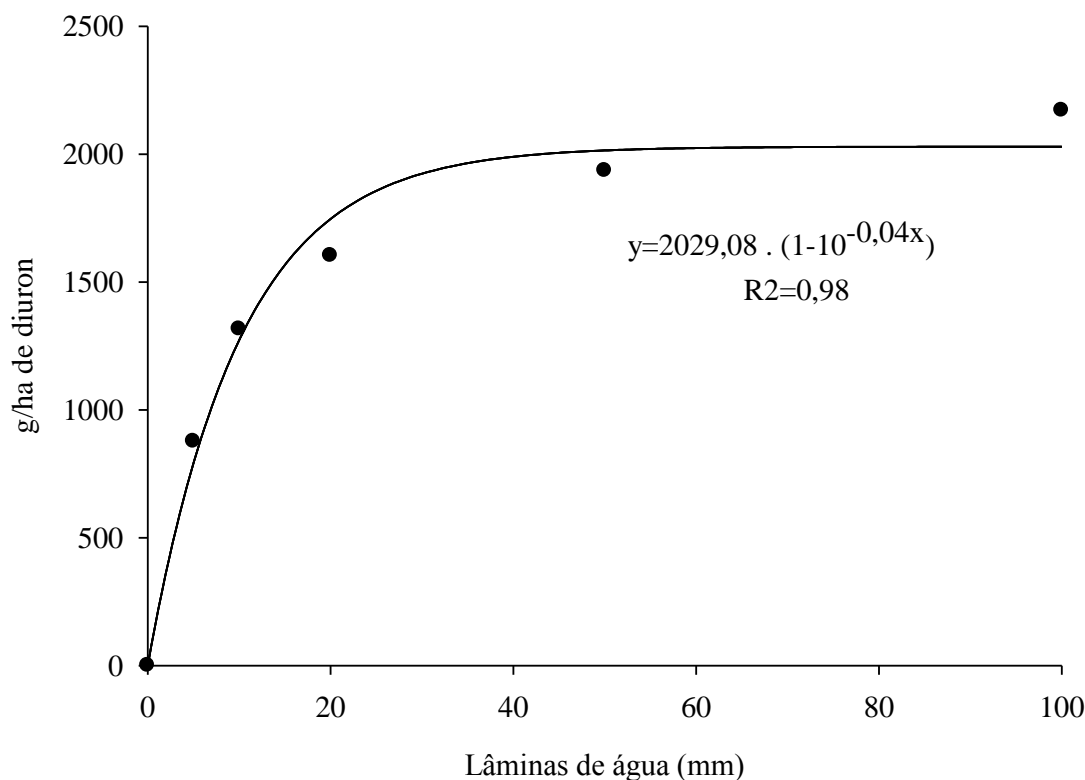


Figura 23. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para o tratamento diuron, lixiviado da palha de cana-de-açúcar após diferentes lâminas de chuva (mm). Botucatu/SP, 2013.

Também para a mistura formulada dos herbicidas hexazinone e diuron, Corrêa et al. (2006) observaram uma lixiviação de 68% para o hexazinone e de 57% para diuron quando avaliado 24 horas após aplicação a mesma lamina de chuva. Dessa forma, após o herbicida ser aplicado, a quantidade e o tempo de chuva ou irrigação são fatores importantes que determinam a lixiviação dos herbicidas na palha de cana-de-açúcar (CORRÊA et al., 2006).

Na análise para o último herbicida avaliado, o hexazinone aplicado isoladamente, verifica-se na Figura 24 a representação dos dados obtidos. O modelo de Mitscherlich ajustou muito bem os dados do herbicida transposto pela camada de palha da cana-de-açúcar. Porém, como aconteceu para o herbicida metribuzin, também ocorreu uma possível contaminação do material vegetal utilizado no experimento, visto a verificação de maior concentração do produto lixiviado em comparação com o aplicado sobre a palha (Tabela 9). Possivelmente alguma pulverização comercial tenha sido feita de metribuzin e hexazinone na área em que a palha foi coletada.

A contaminação prévia da palha inviabiliza qualquer inferência sobre quantidade total extraída, mas não inviabiliza o uso dos dados para comparar a facilidade de remoção pela chuva, desde que os resultados sejam corrigidos pelo total extraído (determinado experimentalmente ou correspondendo à assíntota horizontal do modelo).

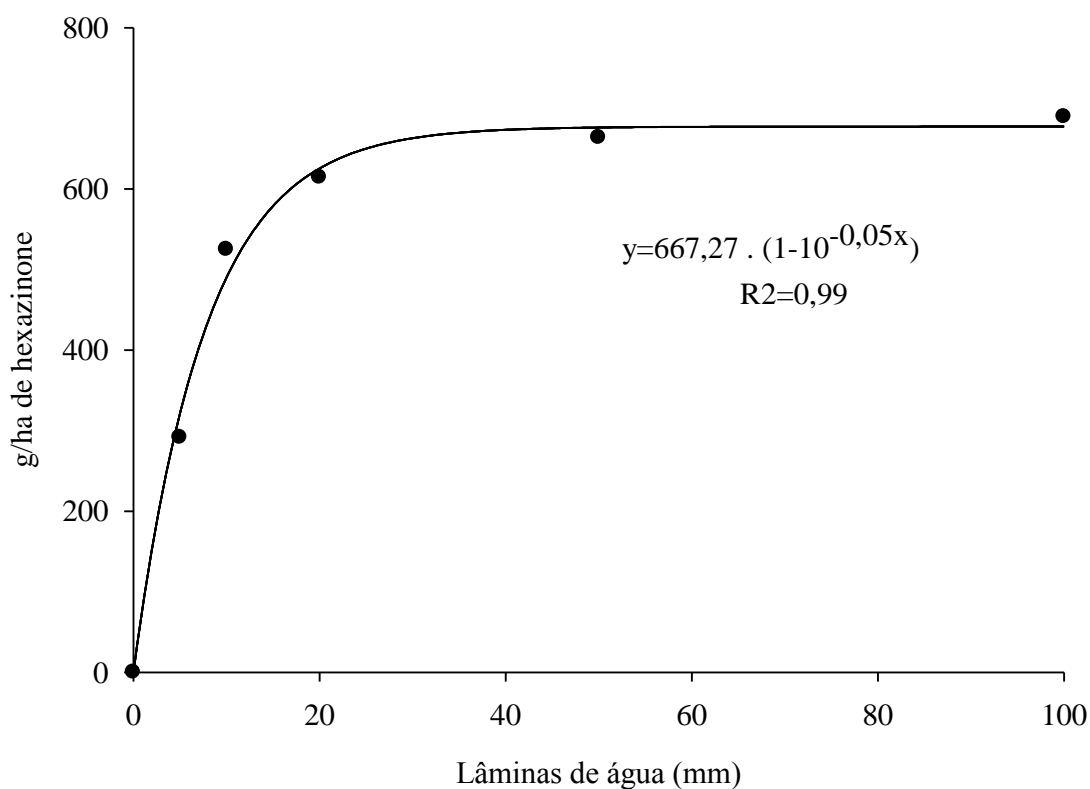


Figura 24. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para o tratamento hexazinone, lixiviado da palha de cana-de-açúcar após diferentes lâminas de chuva (mm). Botucatu/SP, 2013.

Na Figura 25 tem-se a representação geral para todos os herbicidas avaliados no experimento. Os mesmos estão apresentados em porcentagem da quantidade máxima extraída de cada herbicida em relação às lâminas de chuva. Os coeficientes das regressões ajustadas para cada herbicida encontram-se na Tabela 10.

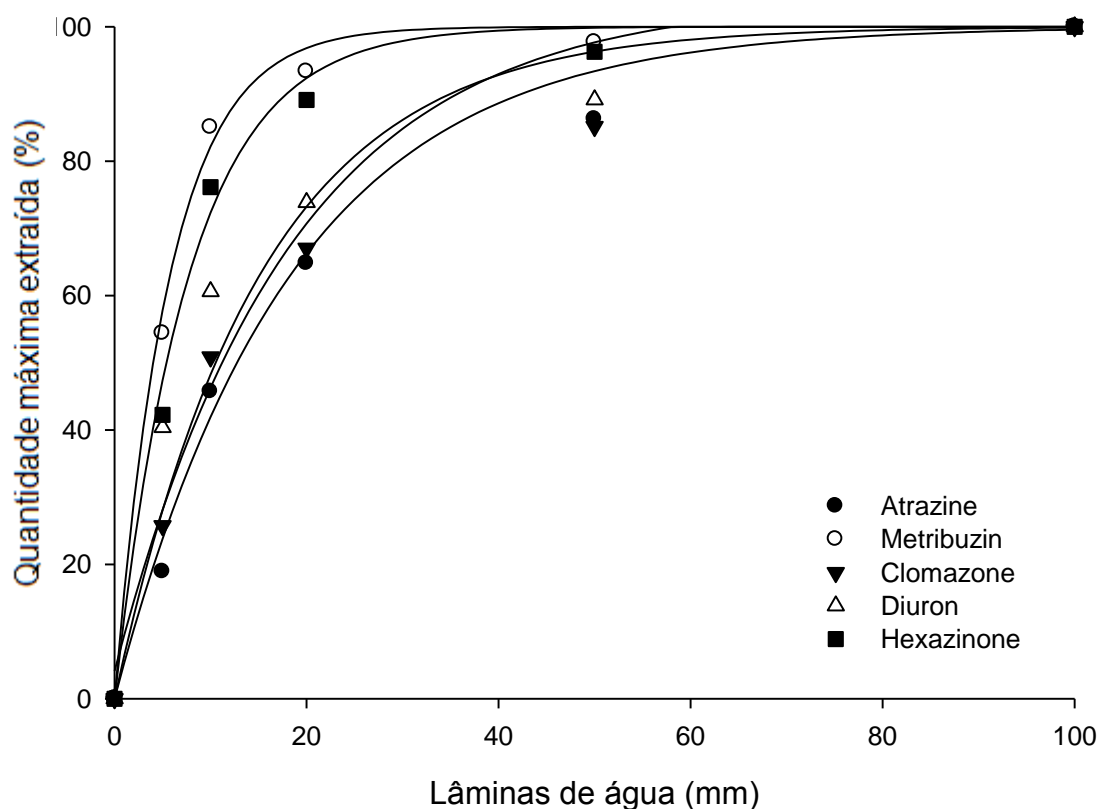


Figura 25. Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para a porcentagem máxima extraída dos herbicidas atrazine, metribuzin, clomazone, diuron e hexazinone em palha de cana-de-açúcar após diferentes lâminas de chuva (mm). Botucatu/SP, 2013.

Com base no modelo original a quantidade máxima extraída pode ser em função da lâmina ou também pode ser usado o modelo para calcular a lâmina que promove a porcentagem de transposição (em relação ao máximo extraído) pré-fixados. Neste caso a equação utilizada para verificar qual a lâmina de chuva necessária (x) para a transposição (%T) de 50 e 90% (Tabela 10) da quantidade máxima extraível foi:

$$x = \frac{2 - \log(100 - \%T)}{c}$$

O melhor perfil de transposição dos herbicidas pelas 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar foi encontrado para o metribuzin e o hexazinone, os mesmos apresentaram maior facilidade para transposição da palha. Foram necessários 4 e 5 mm de

chuva apenas para transposição de 50% do metribuzin e hexazinone respectivamente em relação ao máximo extraível. Já lâminas de chuva de 13 e 18 mm foram necessárias para mobilizar 90% dos produtos respectivos metribuzin e hexazinone para o solo (Tabela 10).

Para o metribuzin, Rossi et al. (2004a), verificaram que no tratamento de 10 t ha⁻¹ houve aumento na taxa de extração do herbicida da palha de cana-de-açúcar pelo incremento de cada milímetro de chuva simulada, de tal forma que, de acordo com o modelo aplicado, mais de 99% do metribuzin foi extraído quando a lâmina de chuva alcançou os 22 mm, tendo assim, este herbicida uma boa capacidade de transpor a palha de cana-de-açúcar.

Em trabalho realizado por Corrêa et al. (2006), estudando a dinâmica do produto comercial Velpar K, em grânulos dispersíveis, contendo 468 + 132 g Kg⁻¹, para diuron e hexazinone, respectivamente, e aplicado na dose de 2,5 kg p.c ha⁻¹, verificou-se que houve também uma maior transposição do hexazinone quando comparado ao diuron.

Tabela 10. Descrição da estimativa das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo de Mitscherlich (Figura 25) para a relação entre quantidade máxima extraída dos herbicidas de 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar em função de diferentes lâminas de chuva e, a lâmina necessária para transpor 50 e 90% dos produtos herbicidas. Botucatu/SP, 2013.

Coeficientes	Herbicidas					
	Atrazine	Pendimethalin	Metribuzin	Clomazone	Diuron	Hexazinone
	-----Parâmetros do Modelo de Mitscherlich-----					
a	100	-	100	100	100	100
c	0,0236	-	0,0749	0,0286	0,0428	0,0558
R ²	0,99	-	0,99	0,98	0,98	0,99
Transposição	-----Lâminas de chuva (mm)-----					
50 %	12,75	-	4,02	10,52	7,03	5,39
90 %	42,37	-	13,35	34,96	23,36	17,92

Para um segundo perfil/grupo de facilidade de lixiviação dos herbicidas pelas mesmas 10 t ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar foi encontrado para o diuron, clomazone e atrazine. Os mesmos precisaram de uma quantidade superior de chuva para extrair quase todo o herbicida da cobertura vegetal em função da quantidade máxima

removível (Figura 25 e Tabela 10). Para uma transposição de 90% do atrazine, clomazone e diuron foram necessárias 42, 35 e 23 mm de chuva respectivamente.

Há o coeficiente de adsorção dos herbicidas que pode justificar essa afinidade do composto pela palha. Por exemplo, para o atrazine esse valor foi de $15,9 \text{ mL g}^{-1}$ às 24 horas após a aplicação em resíduos de cana-de-açúcar. Já para o metribuzin, o coeficiente foi de $11,2 \text{ mL g}^{-1}$ (SELIM et al., 2004), facilitando assim a extração do último da palha como detectado no presente experimento.

Esses dados de transposição de herbicidas em palha são extremamente importantes e informações desse tipo podem ser geralmente úteis para o entendimento do comportamento de alguns herbicidas no novo sistema de produção de cana crua, auxiliando na tomada de algumas decisões importantes no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.

7. CONCLUSÃO

Nas condições em que foram conduzidos os experimentos pode-se concluir que:

Para o primeiro experimento,

- a infestação de azevém foi progressivamente reduzida com o aumento na quantidade de palha de cana-de-açúcar e para a quantidade de 18 - 27 t ha⁻¹ de palha houve um controle relevante do azevém.
- O atrazine não foi eficaz no controle do azevém.
- O pendimethalin foi eficaz na ausência de palha e teve a eficácia reduzida com a palha. E com a quantidade de 9 t.ha⁻¹ da palha houve o pior cenário de controle da qual diminuiu a eficácia do herbicida em pré-emergência e a palha ainda foi insuficiente para o controle.
- Os herbicidas metribuzin, clomazone+diuron e hexazinone+diuron apresentaram melhor desempenho na ausência de palha na superfície do solo. A ação combinada desses herbicidas com a palha permitiu alcançar altos níveis de controle do azevém.
- A associação clomazone+diuron proporcionou maior eficácia na ausência de palha e, a associação hexazinone+diuron foi à de maior eficácia e persistência de efeitos na presença de palha na superfície do solo.

Para o segundo experimento,

- Em específico o pendimethalin não se observou transposição quantificada do produto pela palha (10 t ha^{-1}) de cana-de-açúcar mesmo com uma lâmina de 100 mm de chuva. Justificando assim, o baixo controle do azevém em situação de cana crua em Louisiana.
- E ainda para o estudo de dinâmica de herbicida em palha, foram encontrados dois perfis diferentes de facilidade de transposição dos herbicidas em palha (10 t ha^{-1}) de cana-de-açúcar. Metribuzin e hexazinone que passaram rapidamente pela camada de palha e, diuron, clomazone e atrazine que precisaram de uma quantidade superior de chuva para serem lixiviados da cobertura vegetal em função da quantidade máxima removível.
- A facilidade de transposição do hexazinone da palha encontrado no segundo experimento justifica o melhor controle do azevém pela associação hexazinone+diuron na presença de palha nas condições do primeiro experimento em Louisiana.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABDELHAFID, R.; HOUOT, S.; BARRIUSO, E. Dependence of atrazine degradation on C and N availability in adapted and non-adapted soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, p.389-401, 2000.

AZANIA, A. A. P. M. et al. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família *Convolvulaceae*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.207-212, 2002.

AZANIA, C. A. M.; ROLIM, J. C.; AZANIA, A. A. P. M. **Plantas daninhas**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VANCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p.465-490.

BANKS, P. A.; ROBINSON, E. L. The influence of straw mulch on the soil reception and persistence of metribuzin. **Weed Science**, v.30, n.2, p.164-168, 1982.

BANKS, P. A.; ROBINSON, E. L. The fate of oryzalin applied to straw-mulched and non-mulched soils. **Weed Science**, v.32, p.269-272, 1984.

BANKS, P. A.; ROBINSON, E. L. Soil reception and activity of acetochlor, alachlor and metolachlor as affected by wheat (*Triticum aestivum*), straw irrigation. **Leed Science**, v 34, p.607-611, 1986.

BARBOSA, V. Cultivo de soqueira, adubação e reforma de canaviais sob o sistema de cana crua. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA - SECAPI, 2, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: 1997. p. 52-54.

BEYAERT, R. P.; SCHOTT, J. W.; WHITE, P. H. Tillage effect on corn (*Zea mays* L.) production in a coarse-textured soil in southern Ontario. **Agronomy Journal**, v.94, p.767-774, 2002.

BOUCHARD, D. C.; LAVY, T. L.; LAWSON, E. R. Mobility and persistence of hexazinone in a forest watershed. **Journal Environmental Quality**, v.14, n.2, p.229-233, 1985.

CARBONARI, C. A. et al. Efeitos de Período de permanência de clomazone + hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.28, p.197-205, 2010.

CARVALHO, S. J. P. et al. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v.23, p.535-542, 2005.

CARVALHO, L.C.C. Cenário-sucroalcooleiro – após a transição. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.17, n.3, p.12-13, 2008.

CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica do sulfentrazone em palha de aveia e cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, Gramados, 2002. **Anais...** Gramado: SBCPD; 2002. p.162.

CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica do herbicida imazapic aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., Brasília, 2006. **Anais...** Brasília:SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006a. p.360.

CAVENAGHI, A. L. et al. Performance do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., Brasília, 2006. **Anais...** Brasília:SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006b. p.330.

CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), **Planta Daninha**, v.25, p.831-837, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: Simpósio Sobre Herbicidas e Plantas Daninhas, 1, 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa, 1997a. p.75-94

CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Sinal Verde**, v.10, p12-14, 1997b.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: novas moléculas herbicidas. In: II Simpósio de Tecnologia de Produção de Cana-de-Açúcar, 2005, Piracicaba. **Anais...ESALQ/POTAFOS**, 2005.

CONAB, 2013. Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar – safra 2012/2013.

CORREA, M. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.22, p.11-17, 2004.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; MELO, W. J. Envelhecimento de resíduos vegetais sobre o solo e os reflexos na eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Bragantia**, v.66, p.101-110, 2007.

CORREIA, N. M.; CENTURION, M. A. P. C.; ALVES, P. L. C. A. Influência de extratos aquosos de sorgo sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de soja. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.498-503, 2005.

CORREIA, M. R. et al. Eficiência do herbicida diuron + hexazinone no controle de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar em aplicações em pré e pós-emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, Brasília, 2006. **Anais...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006. p. 364.

COSTA, E. A. D. **Efeito de adjuvantes na dinâmica de ametryn em palha de cana-de-açúcar**. 2001, 81p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

COSTA, A. G. F. et al. Eficácia de herbicidas no controle de plantas daninhas absorvidos diretamente da palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004, p.150-151.

CRUTCHFIELD, D. A.; WICKS, G. A.; BURNSIDE, O. C. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) straw mulch level on weed control. **Weed Science**, v.34, p.110–114, 1986.

CURRAN, W. S.; HOFFMAN, L. D.; WERNER, E. L. The influence of a hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) cover crop on weed control and corn (*Zea may* L.) growth and yield. **Weed Technology**, v.8, p.777-784, 1994.

DAO, T. H. Subsurface mobility of metribuzin as affected by crop residue placement and tillage method. **Journal Environmental Quality**, v.24, p.1193-1198, 1995.

EGLEY, G. H.; DUKE, S. O. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: DUKE, S. O. **Weed physiology. I. Reproduction and Ecophysiology**. Florida: CRC Press, 1985. p.27-64.

ERBACH, D. C.; LOVELY, W. G. Effect of plant residue on herbicide performance in no tillage corn. **Weed Science**, v.23, p.512-515, 1975.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
Acesso em: 10 março de 2014.

FERREIRA, E. A. et al. Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar à mistura trifloxysulfuron-sodium+Ametryn. **Planta Daninha**, v.23, p.93-99, 2005.

FERREIRA, E. A. et al. Weed management in raw sugarcane. **Planta Daninha**, v.28, p.915-925, 2010.

FISK, J. W. et al. Weed suppression by annual legume cover crops in no-tillage corn. **Agronomy Journal**, v.93, p.319-325, 2001.

FORNAROLLI, D. A.; RODRIGUES, J. L.; VALÉRIO, M. A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazina. **Planta Daninha**, v.16, n.2, p.97-107, 1998.

FREITAS, S. P. et al. Controle químico de *Rottboelia exaltata* em cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.22, p.461-466, 2004.

FORNARIOLLI, D. A. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine. 1997. 124p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

GAZZIERO, D. L. P. Controle de plantas daninhas: aspectos ecológicos e tecnológicos. In: PRIMEIRAS JORNADAS BINACIONALES DE CERO LABRANZA, 1990, Chequén. **Anais...** Concepción: Sociedad de Conservación de Suelos de Chile, 1990. P.132-150.

GRAVENA, R. et al. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodim+ametrina. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.419-427, 2004.

GRIFFIN, J. L. et al. Sugarcane tolerance and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) control with paraquat. **Weed Technology**, v.18, p.555-559, 2004.

GRIFFIN, J. L.; BOUDREAUX, J. M. Comparisons of sugarcane varieties for growth and shading potential. **Sugarcane Research Annual Progress Report**, p.151, 2007.

GRIFFIN, J. L.; JUDICE, W. A. Winter weed control in sugarcane. **Journal American Society of Sugar Cane Technologists**, v.29, p.128-136, 2009.

GRIFFIN, J. L. Sugarcane weed management. **Louisiana suggested chemical weed management guide**, p.67-92, 2013.

HEAP, I. Internacional survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <www.weedscience.org>. Acesso em: 25 jan. 2012.

HUNTRODS, D.; KOUNDINYA, Sugarcane profile. AgMRC, 2012.

JONES, C. A.; GRIFFIN, J. L. Residual red morningglory (*Ipomoea coccinea*) control with foliar and soil applied herbicides. **Weed Technology**, v.22, n.3, p.402-407, 2008.

JUDICE, W. E. et al. Effects of crop residue management and tillage on weed control and sugarcane production. **Weed Technology**, v.21, p.606-611, 2007.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III - Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.37-44, 2003.

LAMOREAUX, R. J.; JAIN, R.; HESS, F. D. Efficacy of dimethenamid, metolachlor and encapsulated alachlor in soil covered with crop residue. **Brighton Crop Protection Conference Weeds**, v.3, p.1015-1020, 1993.

LEFFINGWELL, R. J. Experimental station committee: update report on mechanical harvester now in production. Local: Editora, p.447, 1973.

LIEBI, R.; WORSHAM, A. Interference of Italian ryegrass in wheat. **Weed Science**, v.35, p.819-823, 1987.

LORENZI, H. Efeito da palha da cana no controle das plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1993. p.28-29.

LOWDER, S. W.; WEBER, J. B. Atrazine retention by crop residues in reduced-tillage systems. **Proceedings South Weed Science Society**, v.32, p.303-307, 1979.

MACHADO, F. B. P. Brasil, a doce terra. Disponível em:
<www.canaweb.com.br/conteudo/historiadosetor.htm>. Acesso em 15 nov. 2004.

MACIEL, C. D. G. Simulação do caminhamento de herbicidas em diferentes tipos e quantidades de palhadas utilizadas no sistema de plantio direto. 2001, 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

MACIEL, C. D. G. et al. Eficiência e seletividade dos herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryn e hexazinone + diuron em função da tecnologia de aplicação e do manejo mecânico da palha de cana-de-açúcar na linha de plantio. **Planta Daninha**, v.26, p.665-676, 2008.

MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.471-481, 2005.

MAGALHÃES, S. G.; BRAUNBECK, O. A. Colheita de cana-de-açúcar verde: energia renovável para a agricultura sustentável. Disponível em:
[HTTP://www.agrobrasil.za.org/agroartigos/artigo9/index.html](http://www.agrobrasil.za.org/agroartigos/artigo9/index.html) Acesso em 15 nov. 2004.

MAPA. **Cana-de-açúcar**. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: 24 jul. 2013.

MARIN, C. D. et al. Wash off of herbicide applied on corn residue. **Transactions of the ASAE**, v.21, p.1164-1168, 1978.

MARTINS, D. et al. Emergência em campo de dicotiledôneas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.17, p.151-161, 1999.

MASCARENHAS, M. H. T. et al. Eficácia do halosulfuron no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.13, n.2, p.69-80, 1995.

MEDEIROS, D.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeito da palha de cana-de-açúcar em áreas de colheita mecanizada sem queima sobre a infestação de plantas daninhas e eficácia de herbicidas. In: PRADO, R.; JORRÍN, J. V. Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2001. p. 599-605.

MILLER, D. K. et al. Guidelines for managing winter vegetation in northeast Louisiana. **LSU AgCenter Res. Info. Sheet**, v.105. p.17, 2002.

MILLS, J. A.; WITT, W. W.; BARRETT, J. Effects of tillage on the efficacy and persistence of clomazone in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v.37, n.2, p.217-222, 1989.

MONQUERO, P. A. et al. Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.47-55, 2008.

MONQUERO, P. A. et al. Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas e espécies daninhas em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.309-317, 2009.

NAGABHUSHANA, G. G.; WORSHAM, A. D.; YENISH, J. P. Allelopathic cover crops to reduce herbicide use in sustainable agricultural systems. **Allelopathy Journal**, v.8, n.2, p.133-146, 2001.

NASS, Crop Production Annual Summary, National Agricultural Statistics Service (NASS), USDA, 2011.

NEGRISOLI, E. et al. Dinâmica de diuron em palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. Resumos... p. 157.

NEGRISOLI, E. et al. Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.621-628, 2007a.

NEGRISOLI, E. et al. Controle de plantas daninhas pelo amicarbazone aplicado na presença de palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.603-611, 2007b.

NEGRISOLI, E. et al. Eficácia do herbicida oxyfluorfen com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.197-203, 2009.

NEGRISOLI, E. et al. Influência da palha e da simulação de chuva sobre a eficácia da mistura formulada clomazone+hexazinone no controle de plantas daninhas em área de cana-crua. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.169-177, 2011.

NOVACANA, 2013. Mecanização atinge 81% da safra de cana no Estado de SP. 2013.

NÚÑEZ, O.; SPAANS, E. Evaluation of green cane harvesting and crop management with a trash-blanket. **Sugar Technology**, v.10, n.1, p.29-35, 2008.

OLIVEIRA, M. F. et al. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.34-41, 2001.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Palha de cana-de-açúcar associada ao herbicida trifloxysulfuron sodium + ametryn no controle de *Rottboellia exaltata*. **Bragantia**, v.68, n.1, p.187-194, 2009.

OZEKI, Y.; KUNZ, R.; RESENDE, P. Avaliação e sugestões para aumento de rendimento operacional dos pulverizadores. **STAB**, v.10, n.6, p.31-35, 1992.

PARANHOS, S.B. Colheita mecânica de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO AGRONÔMICO DE PINHAL, 4., 1974, Espírito Santo do Pinhal. **Anais...Espírito Santo do Pinhal: fundação Pinhalense de Ensino**, 1974. p.10.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informativo Agropecuário**, v.11, p.16-27, 1985.

PROCÓPIO, S. O. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150 p.

RODRIGUES, B. N. et al. Influência da cobertura morta na retenção do imazaquin em plantio direto de soja. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p.231-239, 2000.

RODRIGUES, B. N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta Daninha**, v.11, p.21-28, 1993.

REDDY, K. N. et al. Chlorimuron-ethyl sorption and desorption kinetics in soils and herbicide-desiccated cover crop. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, n.10, p.2752-2757, 1995.

RICE, E. L. Allelopathy. New York: Academic Press, 1984. 422 p.

RICHARD, E. P. Jr. Management of chopper harvester-generated green cane trash blankets: a new concern for Louisiana. **Proceeding - International Society of Sugarcane Technology**, v.23, n.2, p.52-62, 1999.

RICHARDSON, W. B.; RUSSIN, J. S.; COREIL, P. D. Louisiana Suggested Chemical Weed Management Guide. Baton Rouge: LSU AgCenter, 2012.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques, 2004. 302p.

RODRIGUES, B. N., ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. 4. ed. Londrina: Ed. Autor, 2011. 648p.

RODRIGUES, B. N. et al. Comportamento de herbicidas pré-emergentes aplicados sobre cobertura morta em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2002, p.380.

RODRIGUES, B. N., LIMA, J., FORNAROLLI, D. A. Aplicação de trifluralin em pré-emergência sobre diferentes quantidades de cobertura morta no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. **Resumos...** Viçosa: SBCPD, 1997. p 365.

ROSSI, C. V. S. et al. Dinâmica do metribuzin em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004a, p.50-51.

ROSSI, C. V. S. et al. Associação do metribuzin à palha de cana-de-açúcar na eficácia de controle de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004b, p.51.

ROSSI, C. V. S. et al. Efeito da presença de palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) (cana crua) sobre a germinação de plantas daninhas em época seca. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: SBCPD, 2006, p. 326.

SELIM, H. M.; ZHOU, L.; ZHU, H. Herbicide retention in soil as affected by sugarcane mulch residue. **Journal Environmental Quality**, v.32, p.1445-1454, 2003.

SELIM, H. M. et al. Herbicide retention and runoff losses as affected by sugarcane mulch residue. **Bulletin LSU AgCenter**, n.883, p.1-47, 2004.

SELIM, H. M. Atrazine Retention by Sugarcane Residue and Soils. **Soil Science**, v.117, p.315-328, 2012.

SHELTON, D. R. et al. Effect of wetting and drying of soil on sorption and biodegradation of atrazine. **Weed Science**, v.43, p.298-305, 1995.

SIGUA, G. C.; ISENSEE, A. R.; SADEGUI, A. M. Influence of rainfall intensity and crop residue on leaching of atrazine through intact no till soil cores. **Soil Science**, v.145, p.225-232, 1993.

SILVA, J. R. V.; COSTA, N. V.; MARTINS, D. Efeitos da palhada de cultivares de cana-de-açúcar na emergência da *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.375-380, 2003.

SILVA, S. O. et al. Diversidade e frequência de plantas daninhas em associações entre cafeeiros e grevileas. **Coffee Science**, v.1, n.2, p.126-134, 2006.

SILVA, F. M. L. et al. Controle de *Urochloa decumbens* e *Ipomoea triloba* pela associação de herbicidas com palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.3, p.200-209, 2011

SIMONI, F. et al. Eficácia de imazapic e sulfentrazone sobre *Cyperus rotundus* em diferentes condições de chuva e palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.769-778, 2006.

TAYLORSON, R. B.; BORTHWICH, H. A. Light filtration by foliar canopies: significance for light-controlled weed seed germination. **Weed Science**, v.17, p.48-51, 1969.

TEW, T. L. et al. Registration of 'HoCP 96-540' Sugarcane. **Crop Science**, v.45, p.785-786, 2005.

TOFOLI, G. R. et al. Dinâmica do tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.815-821, 2009.

TOFOLI, G. R. et al. Dinâmica de atrazine em palha de aveia e cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCPD, 2002, p.158.

TOLEDO, R. E. B. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.319-326, 2009.

TOLEDO, E. T. et al. Green sugarcane versus burned sugarcane - results of six years in the Soconusco region of Chiapas, Mexico. **Sugar Cane International**, v.23, n.1, p.20-23, 2005.

TRIVELIN, P. C. O. et al. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.89-99, 1996.

UNICADATA, Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol - safra2012/2013. <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem>

USDA-NRCS, Italian ryegrass. 2002. Plant Fact sheet. Acesso <http://www.plants.usda.gov>.

VELINI, E. D. et al. 2004. Efeitos da palhada de cana colhida crua sobre a eficiência do Velpar K (hexazinona+diuron). In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 24., 2004, Londrina - PR. **Anais...** Londrina: SBCPD, 1: 14.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p.148-164.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryn, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha**, v.18, n.1, p.123-134, 2000.

VIATOR, R.P.; JOHNSON, R.M.; BOYKIN, D.L.; RICHARD JR., E.P. Sugarcane postharvest residue management in a temperate climate. **Crop Science**, v.49, p.1-6, 2009.

VIATOR, H. P.; WANG, J. J. Effects of residue management on yield after three production cycles of a long-term sugarcane field trial in Louisiana. **Journal America Society of Sugar Cane Technology**, v.31, p.15-25, 2011.

VICTORIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, n.1, p.32-37, 2004.

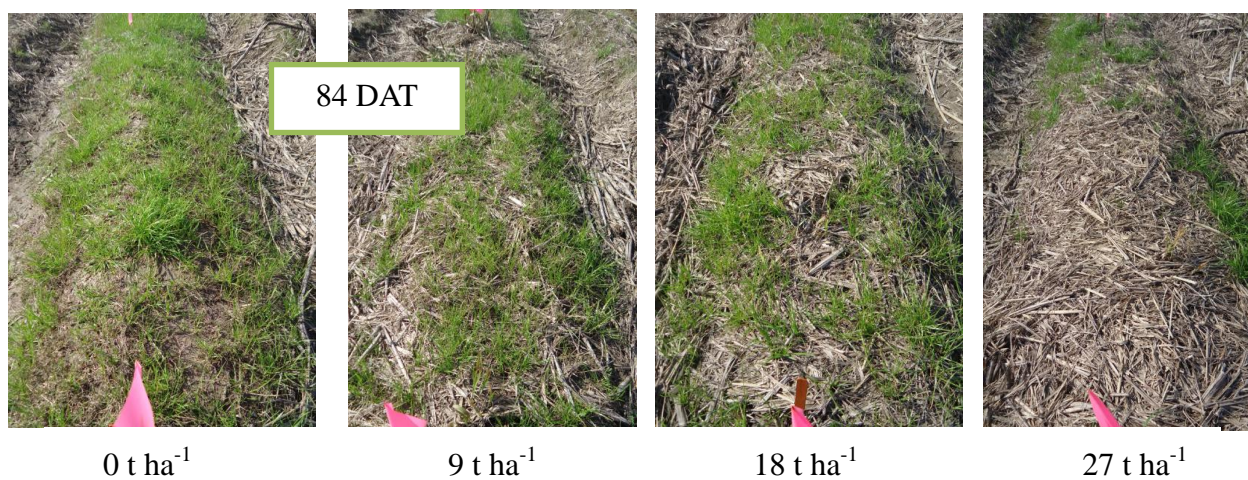
VIDAL, R. A.; THEISEN, G. Efeito da cobertura do solo sobre a mortalidade de sementes de capim-marmelada em duas profundidades de solo. **Planta Daninha**, v.17, p.339-344, 1999.

YENISH, J. P.; WORSHAM, A. D.; YORK, A. C. Cover crops for herbicide replacement in no-tillage corn (*Zea mays* L.). **Weed Technology**, v.10, p.815–821, 1996.

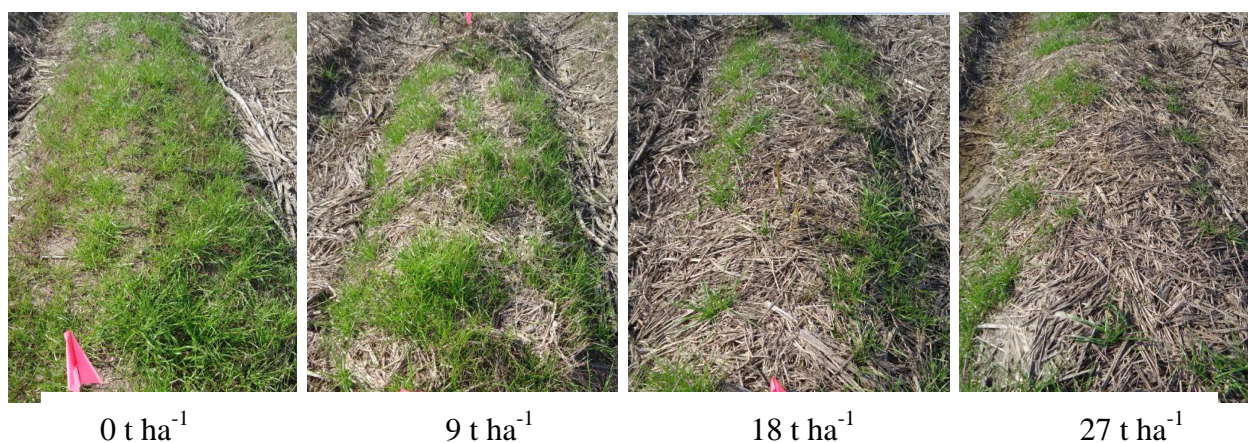
WAUCHOPE, R. D. et al. The SCS/ARA/CES pesticide properties database for environmental decision-making. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v.123, n.1, p.164, 1992.

WICKS, G. A. et al. Control of triazine-resistant kochia (*Kochia scoparia*) in sorghum (*Sorghum bicolor*). **Weed Technology**, v.8, p.748-753, 1994.

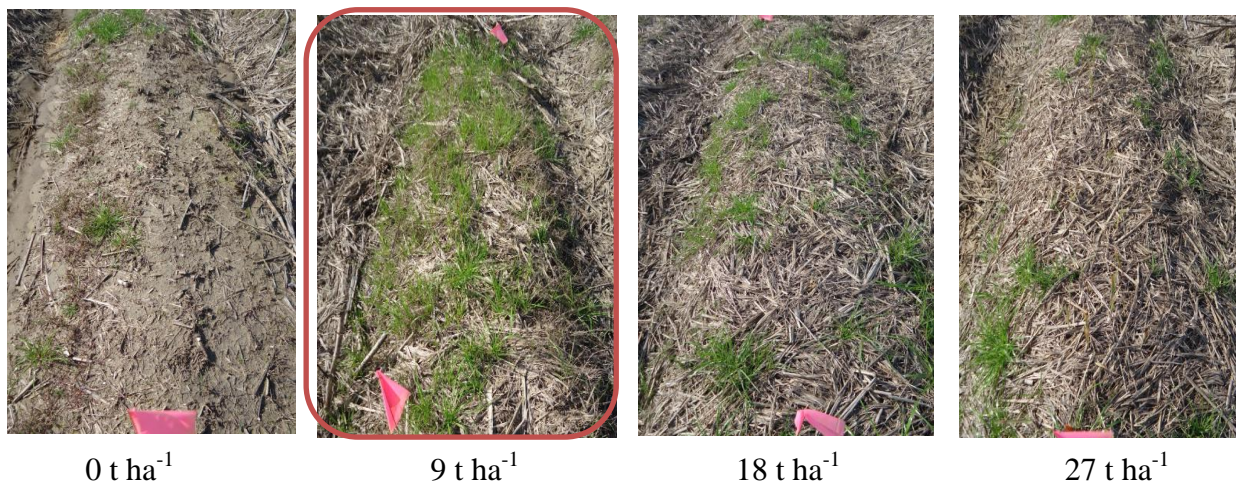
9. ANEXOS



Anexo 1. Porcentagem de infestação de azevém nas parcelas sem aplicação de herbicidas com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹) aos 84 DAA. Baton Rouge/LA, 2013.



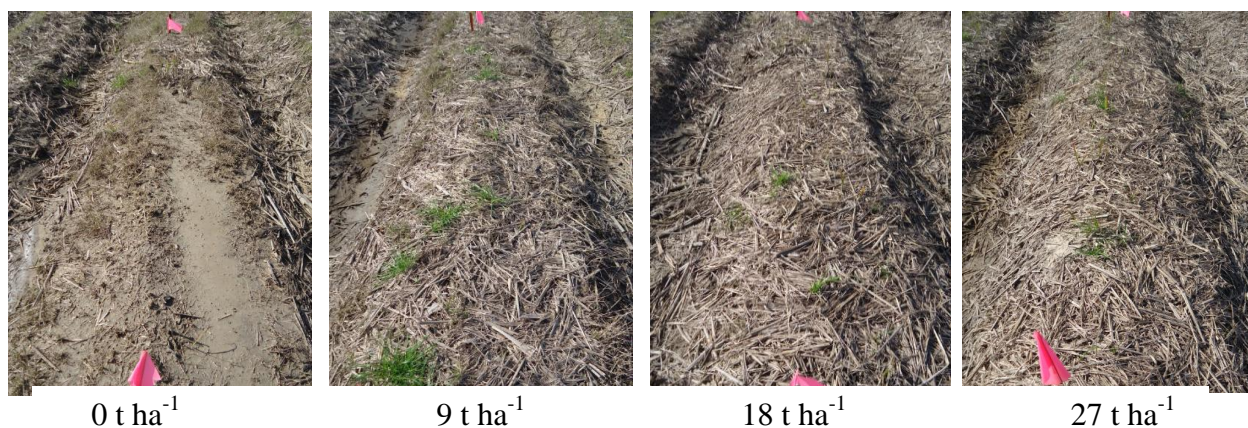
Anexo 2. Porcentagem de infestação de azevém nas parcelas com aplicação de atrazine com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹) aos 84 DAA. Baton Rouge/LA, 2013.

0 t ha⁻¹9 t ha⁻¹18 t ha⁻¹27 t ha⁻¹

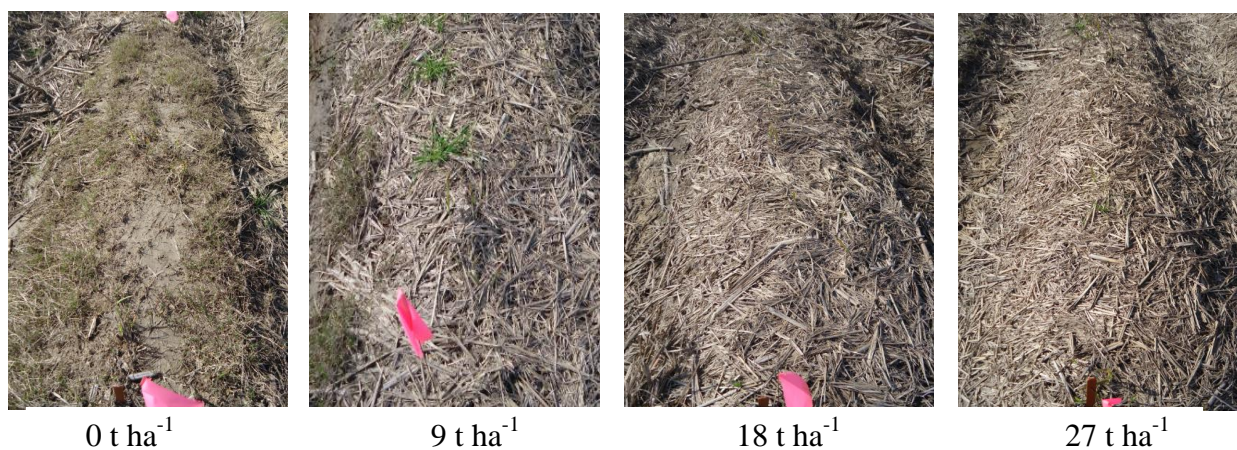
Anexo 3. Porcentagem de infestação de zizânia nas parcelas com aplicação de pendimethalin com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹) aos 84 DAA. Baton Rouge/LA, 2013.

0 t ha⁻¹9 t ha⁻¹18 t ha⁻¹27 t ha⁻¹

Anexo 4. Porcentagem de infestação de zizânia nas parcelas com aplicação de metribuzin com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹) aos 84 DAA. Baton Rouge/LA, 2013.



Anexo 5. Porcentagem de infestação de azevém nas parcelas com aplicação de clomazone+diuron com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹) aos 84 DAA. Baton Rouge/LA, 2013.



Anexo 6. Porcentagem de infestação de azevém nas parcelas com aplicação de hexazinone+diuron com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (0, 9, 18 e 27 t ha⁻¹) aos 84 DAA. Baton Rouge/LA, 2013.

Anexo 7. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 56 DAA em (28 de dezembro de 2012). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Infestação de azevém (%)-----						
Testemunha	43,75	30,00	23,25	8,00	26,25	20,42
Atrazine	42,50	31,25	16,75	14,25	26,19	20,75
Pendimentalin	5,25	20,50	12,50	11,00	12,31	14,67
Metribuzin	2,50	5,25	5,25	6,25	4,81	5,58
Clomazone+Diuron	0,00	7,50	5,25	5,75	4,63	6,17
Hexazinone+Diuron	0,50	4,75	5,25	2,00	3,13	4,00
F palha (P)				13,02**		
F herbicida (H)				88,59**		
F PxH				11,25**		
C.V. (%)				22,55		
Média experimental				12,89		
Desvio padrão				2,90		
dms 4 rep				2,47		
dms 12 rep				1,43		
dms 16 rep				1,23		
t tabelado				1,70		

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância, C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$dms = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

Anexo 8. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 84 DAA em (25 de janeiro de 2013). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Infestação de azevém (%)-----						
Testemunha	57,50	40,25	26,25	11,00	33,75	25,83
Atrazine	58,75	40,75	18,75	17,50	33,94	25,67
Pendimentalin	8,75	27,50	15,50	14,25	16,50	19,08
Metribuzin	4,75	8,25	7,25	7,00	6,81	7,50
Clomazone+Diuron	0,75	8,50	5,25	7,00	5,38	6,92
Hexazinone+Diuron	0,75	5,50	5,75	2,00	3,50	4,42
F palha (P)				17,23**		
F herbicida (H)				108,37**		
F PxH				13,74**		
C.V. (%)				20,63		
Média experimental				16,65		
Desvio padrão				3,43		
dms 4 rep				2,93		
dms 12 rep				1,69		
dms 16 rep				1,46		
t tabelado				1,70		

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância, C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$\text{dms} = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

Anexo 9. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 101 DAA em (11 de fevereiro de 2013). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Infestação de azevém (%)-----						
Testemunha	63,75	47,50	30,75	15,00	39,25	31,08
Atrazine	65,75	47,50	23,75	22,75	39,94	31,33
Pendimentalin	13,25	35,50	22,50	21,00	23,06	26,33
Metribuzin	8,75	12,50	8,75	9,25	9,81	10,17
Clomazone+Diuron	0,75	10,00	6,25	8,25	6,31	8,17
Hexazinone+Diuron	0,75	7,00	7,50	2,50	4,44	5,67
F palha (P)				17,58**		
F herbicida (H)				116,08**		
F PxH				12,85**		
C.V. (%)				19,39		
Média experimental				20,47		
Desvio padrão				3,96		
dms 4 rep				3,38		
dms 12 rep				1,95		
dms 16 rep				1,69		
t tabelado				1,70		

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância, C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$dms = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

Anexo 10. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 111 DAA em (21 de fevereiro de 2013). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Infestação de azevém (%)-----						
Testemunha	72,5	56,75	37,5	16,75	45,88	37,00
Atrazine	73	55,5	29,5	26,75	46,19	37,25
Pendimentalin	14,5	43,25	27,5	24,5	27,44	31,75
Metribuzin	10	13,75	9,75	10,25	10,94	11,25
Clomazone+Diuron	0,75	10,75	6,25	9,5	6,81	8,83
Hexazinone+Diuron	0,75	7,75	7,5	2,5	4,63	5,92
F palha (P)					17,70**	
F herbicida (H)					115,47**	
F P x H					11,95**	
C.V. (%)					20,43	
Média experimental					23,65	
Desvio padrão					4,83	
dms 4 rep					4,12	
dms 12 rep					2,38	
dms 16 rep					2,06	
t tabelado					1,70	

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância, C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$dms = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

Anexo 11. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 126 DAA em (8 de março de 2013). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Infestação de azevém (%)-----						
Testemunha	78,00	60,50	40,00	16,75	48,81	39,08
Atrazine	80,00	60,50	30,00	28,00	49,63	39,50
Pendimentalin	16,50	47,50	27,50	25,00	29,13	33,33
Metribuzin	11,75	14,25	11,25	11,75	12,25	12,42
Clomazone+Diuron	0,75	12,50	8,00	12,00	8,31	10,83
Hexazinone+Diuron	1,25	9,50	7,50	2,50	5,19	6,50
F palha (P)					20,46**	
F herbicida (H)					111,62**	
F PxH					13,03**	
C.V. (%)					20,32	
Média experimental					25,55	
Desvio padrão					5,19	
dms 4 rep					4,43	
dms 12 rep					2,55	
dms 16 rep					2,21	
t tabelado					1,70	

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância, C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$dms = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.

Anexo 12. Influência dos tratamentos herbicidas e diferentes quantidade de palha na infestação de azevém avaliadas aos 140 DAA em (22 de março de 2013). Baton Rouge/LA.

Herbicidas	Quantidade de palha de cana-de-açúcar (t ha ⁻¹) ¹				Média geral	Média com palha
	0	9	18	27		
-----Infestação de azevém (%)-----						
Testemunha	78,75	61,25	40,00	17,50	49,38	39,58
Atrazine	81,25	63,75	30,75	28,00	50,94	40,83
Pendimentalin	17,00	48,75	28,00	25,00	29,69	33,92
Metribuzin	13,25	16,75	13,00	12,25	13,81	14,00
Clomazone+Diuron	0,75	12,50	8,00	13,25	8,63	11,25
Hexazinone+Diuron	1,25	10,00	7,50	2,50	5,31	6,67
F palha (P)					19,26**	
F herbicida (H)					96,40**	
F PxH					11,28**	
C.V. (%)					21,65	
Média experimental					26,29	
Desvio padrão					5,69	
dms 4 rep					4,85	
dms 12 rep					2,80	
dms 16 rep					2,42	
t tabelado					1,70	

¹ Os dados foram transformados em $\text{arc sen } \frac{\sqrt{x}}{100}$.

** significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste Tukey de análise de variância,

C.V. = coeficiente de variação.

$$\text{Desvio padrão} = cv * \frac{\text{média experimental}}{100}$$

$$dms = t * \frac{s}{\sqrt{4 \text{ ou } 12 \text{ ou } 16}}$$

dms = diferença mínima significativa para 4, 12 e 16 repetições.