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

EFEITO DA PALHA NA DISPONIBILIDADE DO HERBICIDA AMICARBAZONE NA SOLUÇÃO DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR

CAIO ANTONIO CARBONARI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Proteção de Plantas)

BOTUCATU – SP

Outubro – 2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

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

EFEITO DA PALHA NA DISPONIBILIDADE DO HERBICIDA AMICARBAZONE NA SOLUÇÃO DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR

CAIO ANTONIO CARBONARI
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU – SP

Outubro – 2009

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

Carbonari, Caio Antonio, 1982-
C264e Efeito da palha na disponibilidade do herbicida amicarbazone na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar / Caio Antonio Carbonari.- Botucatu : [s.n.], 2009.
vii, 101 f. il., color., gráfs., tabs.

Tese(Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Edivaldo Domingues Velini
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Amicarbazone. 3. Planta daninha. 4. Lixiviação. I. Velini, Edivaldo Domingues. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"EFEITO DA PALHA NA DISPONIBILIDADE DO HERBICIDA AMICARBAZONE NA SOLUÇÃO DO SOLO EM ÃREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR"**

ALUNO: CAIO ANTONIO CARBONARI

ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

PROF. DR. ROBINSON ANTONIO PITELLI

PROF. DR. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

PROF. DR. FLAVIO MARTINS GARCIA BLANCO

PROF. DR. EDUARDO ANTONIO DROLHE DA COSTA

Data da Realização: 01 de outubro 2009.

Ao meu pai Alvair Antonio Carbonari,
À minha mãe Elisabete Ângela Cavalli Carbonari,
e ao meu irmão Cleber Antonio Carbonari,

pela compreensão, amor, apoio
e confiança, além dos preciosos ensinamentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e mais esta importante vitória.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini, pela orientação, amizade e dedicação dispensada durante todo o período de pós-graduação e à Maria Lúcia Bueno Trindade, por toda a ajuda em muitos momentos.

Aos amigos Marcelo R. Corrêa, Dana Kátia Meschede, Luis Fernando N. Bravin, Caio V. S. Rossi, Angélica Pitelli, Eduardo Negrisoli e Rosilaine Araldi pelos bons momentos de convívio e valiosas colaborações durante o período do curso de pós-graduação e desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e funcionários do laboratório de Matologia José Guilherme Cordeiro, José Roberto M. Silva e Marcelo Siono pelas preciosas colaborações durante a realização dos experimentos.

À minha namorada Giovanna L. G. Cotrick Gomes pelo carinho, companheirismo e paciência.

A todos os amigos da FEPAF, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, em especial à Silvia, Edilaine, Fenanda e Patricia.

Às secretárias Ilanir R. Bocetto e Vera Lúcia Rossi, do Departamento de Produção Vegetal/Agricultura.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia / Proteção de Plantas, e à Faculdade de Ciências Agronômicas, pela oportunidade e formação.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

À Arysta LifeScience, pelo suporte, oportunidade e contribuições para a realização deste trabalho e em especial ao Roberto E. B. Toledo pelo suporte técnico durante a condução dos experimentos e amizade.

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

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

Página

1 RESUMO 1
2 SUMMARY 3
3 INTRODUÇÃO 5
4 REVISÃO DE LITERATURA 8
5 MATERIAL E MÉTODOS 31
5.1 Locais de coleta dos solos 31
5.1.1. Aplicação em época seca (27 de junho) 34
5.1.2 Aplicação em época semi-úmida (31 de agosto) 35
5.1.3 Aplicação em época úmida (04 de outubro) 37
5.1.4 Aplicação em época úmida (20 de outubro). 38
5.1.5 Aplicação em época úmida (23 de novembro) 40
5.2 Metodologia de coleta dos solo. 41
5.3 Desenvolvimento do método de extração da solução do solo e quantificação do amicarbazone 43
5.4 Quantificação do amicarbazone nas amostras de solo 49
5.5 Correlação entre as concentrações de amicarbazone no solo e os níveis de controle das plantas daninhas 50
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 51
6.1 Resultados do teste de extração do amicarbazone 51
6.2 Quantificação do amicarbazone nos solos com diferentes sistemas de aplicação do herbicida 52
6.2.1. Aplicação em época seca (27 de junho) 52
6.2.2 Aplicação em época semi-úmida (31 de agosto) 59
6.2.3 Aplicação em época úmida (04 de outubro) 64
6.2.4 Aplicação em época úmida (20 de outubro) 68
6.2.5 Aplicação em época úmida (23 de novembro) 72
6.3 Correlação entre as concentrações de amicarbazone no solo e o controle das plantas daninhas. 75

6.4 Considerações finais 83
7 CONCLUSÕES 85
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87

1 RESUMO

Na cultura da cana-de-açúcar a dinâmica dos herbicidas no ambiente e no solo pode ser afetada pelo sistema de produção agrícola adotado em relação à presença ou ausência de palha sobre o solo. A interceptação dos herbicidas pela palha pode promover a retenção e a exposição dos herbicidas a condições favoráveis à fotodegradação e volatilização até que seja levado ao solo, onde pode sofrer processos de sorção, lixiviação e/ou degradação por efeitos físicos, químicos e biológicos, além de ser absorvido pelas plantas daninhas e/ou plantas cultivadas. Estes processos desempenham um papel importante, pois determinam a quantidade do produto que estará disponível na solução do solo, em quantidades suficientes para promover o controle das plantas daninhas e garantir a seletividade à cultura e a segurança ambiental. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a lixiviação e disponibilidade do herbicida amicarbazone no solo quando aplicado em diferentes sistemas de produção da cultura da cana-de-açúcar em relação à presença de palhada sobre o solo e estabelecer uma correlação entre os níveis de amicarbazone nos diferentes sistemas produtivos e o controle de plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de solo de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, em cinco experimentos conduzidos em áreas de cana crua em diferentes épocas, com aplicações do herbicida amicarbazone realizadas nos dias 27 de junho, 31 de agosto, 03 de outubro, 20 de outubro e 23 de novembro. Em cada um dos experimentos foram testadas as aplicações do herbicida amicarbazone na

dose de 1050 g ha^{-1}, sob a palha de cana (aplicação na colhedora), sobre a palha e em área sem palha. Foram avaliados os níveis de controle de *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donell, *Ipomoea quamoclit* L., *Ipomoea nil* (L.) Roth., *Merremia cissoides* (Lam.) Hall.f., *Euphorbia heterophylla* L., *Bidens pilosa* L., *Brachiaria decumbens* Stapf, e *Panicum maximum* Jacq. Para quantificação do amicarbazone foram coletadas 80 amostras de solo em cada uma das camadas em cada tratamento, em diferentes períodos após a aplicação. Foi desenvolvido em laboratório um método de extração da solução do solo, através de centrifugação de cartuchos contendo 7 g de solo e um método em cromatografia liquida e espectrometria de massas para quantificação do amicarbazone nas amostras de solo coletadas. Após a determinação das concentrações de amicarbazone no solo, foi realizado um estudo confrontando-se os resultados da quantidade de amicarbazone no solo na camada superficial (até 10 cm) e as porcentagens de controle das plantas daninhas. Em todas as áreas e épocas de aplicação avaliadas o amicarbazone foi detectado em todas as camadas do solo, o que demonstra uma grande mobilidade no solo. Nos períodos de maior restrição hídrica foram observados, em todas as camadas, maiores concentrações de amicarbazone nos tratamentos sem palha e com aplicação na colhedora (sob a palha). No solo de textura argilosa e com altos níveis de matéria orgânica foram observadas baixas concentrações do amicarbazone nas diferentes profundidades e períodos avaliados. Nos períodos de alta disponibilidade hídrica e em solos de textura arenosa e média, foram observadas maiores concentrações do herbicida para a aplicação com a colhedora ou sobre a palha. As espécies mais sensíveis ao amicarbazone em ordem decrescente são *B. pilosa*, *I. quamoclit*, *M. cissoides*, *E. heterophylla*, *I. nil*, *I. grandifolia*, *B. decumbens* e *P. maximum* e as respectivas concentrações críticas, a partir das quais houve controle superior a 95%, foram 2; 3; 7; 10; 13; 27; 30 e 30 µg kg de $solo^{-1}$.

2 SUMMARY

EFFECTS OF THE STRAW IN THE AMICARBAZONE AVAILABILITY IN SOIL SOLUTION IN CULTIVATED AREAS WITH SUGARCANE

Botucatu, 2009, 102 p. Tese (Doutorado em Agronomia / Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CAIO ANTONIO CARBONARI

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

The herbicides dynamics in the environment and soil cultivated with sugarcane, can be very affected by the crop production system adopted in relation to the presence or absence of straw on the ground. The herbicide interception by straw may promote the herbicide retention and exposition to favorable conditions for the photodegradation and volatilization until it is taken to the soil, where it can suffer processes of sorption, leaching and/or degradation by physical, chemical and biological effects, and be absorbed by weeds and crops. In the sugarcane culture these processes are very important, because they determine the product amount that will be available in the soil solution, in enough quantities to promote the weed control, the herbicide selectivity and environment safety. The objectives of this study were to evaluate the amicarbazone leaching and availability in the soil, when applied in the different sugarcane

production systems in relation to the presence of the straw on the ground and to establish a correlation between the amicarbazone levels in different systems and the control of the most important weeds of the sugarcane. Soil samples were collected in the depths from 0 to 10, 10 to 20 and 20 to 40 cm, in five experiments and application timings in the locations of São Paulo State – Brazil, with the applications on June 27th, August 31st, October 3rd and 20th and November 23rd. Two treatments without the application of the herbicide (with and without the mulch) were also set up to referee the efficacy evaluations. An evaluation was done for the control to the *Ipomoea grandifolia, Ipomoea nil, Ipomoea quamoclit, Merremia cissoides, Euphorbia heterophylla, Bidens pilosa, Brachiaria decumbens, Panicum maximum and Digitaria spp* and 80 soil samples were collected at each depth in each treatment at different periods. A method for extraction of soil solution by cartridges centrifuging containing 7 g of soil and a method in liquid chromatography and mass spectrometry to quantify the amicarbazone in the samples were developed. After determining the amicarbazone concentrations in soil, a study was conducted comparing the results of the amicarbazone amount in the soil in a surface layer (up to 10 cm) and the percentages of weed control. In all areas and times of the application the amicarbazone was found in all depths evaluated, demonstrating a high mobility in soil. In periods of higher water restriction were observed at all depths, higher amicarbazone levels in the treatments without straw and with the harvester application (under the straw). In the clay soil with high organic material levels, low amicarbazone concentrations at different depths and periods were observed. In the periods of high water availability in sandy soils of medium texture, high concentrations were observed for the application with the harvester or on the straw. The most sensitive species in descending order to amicarbazone are *B. pilosa, I. quamoclit, M. cissoides, E. heterophylla, I. nil, I. grandisolia, B. decumbens* and *P. maximum* and their critical concentrations (from which there was control over 95%) were 2, 3, 7, 10, 13, 27, 30 and 30 µg kg de solo^{-1}.

Keywords: sugarcane, amicarbazone, weeds, leaching.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Esta cultura destaca-se no país como uma das principais geradoras de renda e empregos. A tendência da indústria sucroalcooleira é de grande crescimento nos próximos anos em função da necessidade mundial do uso de fontes renováveis de energia e matérias primas industriais.

A cultura da cana-de-açúcar tem se mostrado uma boa alternativa para a produção sustentável de grandes quantidades de biomassa que pode ser convertida em grande quantidade de produtos, com destaque para o álcool combustível, com demanda mundial crescente em função dos altos preços dos combustíveis fósseis e das preocupações com as mudanças climáticas globais. Até o momento, o etanol é a única alternativa disponível em larga escala para a substituição de combustíveis obtidos a partir do petróleo. Além disso, a agroindústria canavieira tem demonstrado nas últimas décadas, grande capacidade de agregar valor aos co-produtos do álcool e do açúcar, como a vinhaça, a torta de filtro e o bagaço. A tendência para os próximos anos é que cada unidade industrial destinada à transformação da cana produza, além do açúcar e do álcool, energia, créditos de carbono e um grande número de matérias primas industriais.

A colheita mecanizada da cana sem queima da palha deu origem a um novo sistema de produção denominado de cana crua. O atual sistema de colheita mecanizada utiliza máquinas colhedoras de cana picada, também denominadas combinadas, que realizam o corte basal, eliminando parcialmente a matéria vegetal e mineral indesejável pela ação de

ventiladores e/ou exaustores. Assim, a colheita sem queima deixa sobre o solo uma espessa camada de palha que pode superar 20 t ha^{-1}, dependendo da variedade utilizada (Velini e Negrisoli, 2000).

A palhada depositada sobre o solo interfere diretamente sobre a comunidade de plantas daninhas. No entanto, o controle químico das plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar, é ainda assim o método de controle mais utilizado, principalmente através do uso de herbicidas residuais, devido à necessidade de controle por longos períodos.

Dentre os herbicidas registrados para a cultura da cana-de-açúcar, com potencial de uso em cana crua, o amicarbazone é registrado no Brasil com o nome comercial de Dinamic, para o controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas. Comercializado na formulação de grânulos dispersíveis em água, na concentração de 700 g de ingrediente ativo por Kg de produto. Pertence ao grupo químico das triazolinonas, seu mecanismo de ação é a inibição do fotossistema II, apresentando como principais sintomas nas plantas sensíveis, clorose, redução no crescimento e necrose foliar (Rodrigues e Almeida, 2005).

Um método de controle que vem sendo testado é a aplicação dos herbicidas residuais em operação conjunta com a colheita, onde a deposição da palha é feita na parte posterior da colhedora, sendo possível aplicar o herbicida sobre o solo e cobri-lo com palha após esta operação. Este tipo de aplicação apresenta grandes vantagens como a proteção do herbicida contra evaporação e fotodecomposição, a manutenção de níveis estáveis e mais elevados de umidade do solo e a redução da quantidade do herbicida retido pela palha, aumentando a sua disponibilidade no solo. Foram observados ganhos significativos na eficácia do herbicida amicarbazone para esta modalidade de aplicação em relação às aplicações convencionais, sobre o solo descoberto ou sobre a palha (Carbonari, 2007).

Atualmente na cultura da cana-de-açúcar são utilizados diferentes sistemas de aplicação de herbicidas, sendo estes: sobre o solo, sobre a palha, ou ainda sob a palha resultante da colheita mecanizada. Desta forma, a dinâmica do herbicida no ambiente e no solo pode ser bastante afetada pelo sistema de produção agrícola adotado pelo produtor. A interceptação dos herbicidas pela palha pode promover a retenção e a exposição do herbicida a condições favoráveis à fotodegradação e volatilização, até que seja levado ao solo pela chuva. Independente do tipo de aplicação utilizada, o destino final, na maioria dos casos será o solo,

onde poderá sofrer processos de sorção, lixiviação e/ou degradação por efeitos físicos, químicos e biológicos, além de ser absorvido pelas plantas daninhas e/ou plantas cultivadas (Velini, 1992). Na cultura da cana-de-açúcar estes processos desempenham um papel muito importante, pois determinam a quantidade do produto que estará disponível na solução do solo (na camada superficial) em concentração suficiente para promover o controle das plantas daninhas durante o longo período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura, além de permitir segurança quanto a seletividade dos produtos à cultura e segurança ambiental.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a lixiviação e disponibilidade do herbicida amicarbazone no solo quando aplicado em diferentes sistemas de produção da cultura da cana-de-açúcar em relação a presença de palhada sobre o solo e estabelecer uma correlação entre as concentrações de amicarbazone na solução do solo nos diferentes sistemas produtivos e o controle de plantas daninhas da cultura da cana-de-açúcar.

4 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma área plantada de aproximadamente 7,1 milhões de ha no Brasil, sendo 3,8 milhões de ha somente no Estado de São Paulo que moeu cerca de 572 milhões de toneladas na safra 2008 (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2009). Este volume representa um aumento de 8,6% do obtido na safra passada, ou seja, uma quantidade de 49,4 milhões de toneladas adicionais do produto.

A cultura da cana-de-açúcar destaca-se entre as mais importantes do Brasil, produzindo matéria-prima para a indústria sucroalcooleira e co-geração de energia elétrica. A partir da década de 1970, esta cultura se tornou importante para o país na medida em que este setor da agroindústria brasileira foi solicitado a contribuir para a solução da emergente crise energética, frente a sua potencialidade de produzir energia a partir de uma fonte renovável (Kuva, 1999; Bayer, 2000; Azania, 2004). O programa do álcool (Proalcool), por intermédio de incentivos que iam desde a instalação de destilarias até o crédito agrícola diferenciado para quem quisesse se tornar produtor de cana-de-açúcar impulsionou o desenvolvimento de algumas regiões no Estado de São Paulo, notadamente as regiões de Ribeirão Preto, Araraquara, Piracicaba, Limeira, Barra Bonita e Oeste Paulista (Lopes, 1996).

Atualmente, a produção de cana-de-açúcar se expande de forma expressiva nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte do Sul do País. Contudo, o Estado de

São Paulo responde por cerca 60% da produção brasileira de cana-de-açúcar (Torquato et al., 2009). Hoje, a cadeia de produção de cana-de-açúcar afirma-se como um dos principais setores do agronegócio paulista, incorporando áreas de outras lavouras e, principalmente, de pastagens (Camargo et al., 2008).

Nos últimos anos, vem ocorrendo uma grande expansão da produção de cana-de-açúcar e álcool e um crescimento significativo na instalação de novas unidades industriais de açúcar e álcool no Estado de São Paulo. Esta expansão decorre das condições favoráveis vividas pelo mercado internacional de açúcar e, principalmente, pelo aumento da procura de etanol (Camargo Jr e Toneto Jr, 2009).

Nesta safra, dentre os principais produtos derivados da cana-de-açúcar, o açúcar e o álcool, observa-se a tendência de expansão mais acentuada para o açúcar. Neste sentido, a produção estimada de açúcar para o País, como um todo, deverá atingir de 36,42 a 37,91 milhões de toneladas, com um crescimento percentual de 15,18% a 19,88%. Para o álcool, o estudo indica um crescimento entre 4,1% e 7,2% devendo atingir uma produção entre 27,78 e 28,60 milhões de litros (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2009).

Dentre os problemas existentes no setor canavieiro, e que oneram a produção, destaca-se o controle das plantas daninhas, responsável por até 80% das perdas na produção (Barros e Leonel, 2001; Azania, 2004). A interferência negativa resultante da presença das plantas daninhas nas áreas agrícolas produtoras de cana-de-açúcar pode causar reduções na quantidade e qualidade do produto colhido, diminuir o número de cortes viáveis, além de aumentar os custos de produção.

A intensidade de interferência da comunidade infestante sobre uma cultura agrícola depende de (i) fatores ligados à própria cultura, como a variedade, espaçamento e densidade de plantio, (ii) fatores ligados à comunidade infestante, como composição específica, densidade e distribuição dos indivíduos na lavoura e (iii) da época e extensão do período em que a cultura e a comunidade infestante estiveram em convivência. Além disso, a interação lavoura e comunidade infestante podem ser influenciadas por condições edafo-climáticas locais e pelas práticas culturais empregadas no preparo e manejo do solo e da cultura em si (Pitelli, 1985). De maneira geral, pode-se dizer que, quanto maior

for o período de convivência múltipla, comunidade infestante e cultura, maior será o grau de interferência (Hernandez et al., 2001).

As plantas daninhas competem com a cultura por água, nutrientes e radiação solar, podendo também liberar substâncias com efeitos alelopáticos (Fay e Duke, 1977), afetando direta ou indiretamente a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, além de atuar como hospedeira de pragas e doenças (Pitelli, 1985; Victoria Filho e Christoffoleti, 2004).

A cana-de-açúcar apesar de ser altamente eficiente na utilização de recursos disponíveis no meio, apresenta crescimento inicial lento, e por isso, é bastante afetada nas fases iniciais de desenvolvimento, pelas plantas daninhas, que em muitos casos utilizam os mesmos recursos, de forma eficiente, por apresentarem mesma rota metabólica de fixação de carbono (C4), interferindo tanto no plantio como na soqueira (Procópio et al., 2003). 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).

Diversos trabalhos de pesquisa indicam períodos do ciclo da cultura em que a competição acarreta perdas na produção da cana-de-açúcar. No entanto, não se pode extrapolar esses resultados para todas as condições, uma vez que esses períodos são influenciados por diversos fatores, como condições climáticas nas época de plantio e de brotação da cana soca, variedade, qualidade da muda, plantas daninhas, adubação, profundidade de plantio, espaçamento, ou seja, fatores que aceleram ou retardam o desenvolvimento da cana-de-açúcar (Procópio et al., 2003).

Estes efeitos negativos proporcionados pela presença das plantas daninhas podem ser minimizados por práticas de controle ao alcance dos produtores, como métodos mecânicos, culturais e químicos. No Brasil, a adoção de sistemas de produção onde as culturas são implantadas sobre algum tipo de palhada ou cobertura vegetal morta, tem aumentado em diversas regiões em função de inúmeros benefícios atribuídos à cobertura morta (Velini e Negrisoli, 2000; Tofoli, 2004). Entre exemplos típicos pode-se mencionar o cultivo mínimo em áreas de reflorestamento com manutenção da serrapilheira sobre o solo, o

sistema de produção de cana crua e, com maior adoção, o plantio direto de culturas anuais (Velini e Negrisoli, 2000).

O desenvolvimento de estudos e projetos de máquinas para colheita de cana-de-açúcar ocorreu basicamente por dois fatores: o primeiro, à crescente dificuldade e altos custos da mão-de-obra para o corte manual e, o segundo, ao interesse na obtenção de aumento nos desempenhos das operações de colheita, com seu esperado barateamento. Segundo Ripoli e Ripoli (2004), houve uma redução na partição dos custos desta operação em relação ao custo total da produção de cana, de 50% para 30 a 40%.

A colheita mecanizada da cana sem queima da palha deu origem a um novo sistema de produção denominado de cana crua. A colheita tradicional com queima da palha deverá estar extinta em futuro próximo, em função de pressões ambientais e trabalhistas. O sistema de cana crua já é utilizado em aproximadamente 35% dos canaviais do Estado de São Paulo e, em menores porcentagens, nas demais regiões produtoras (Carbonari, 2007). No entanto, este percentual aumentou de forma rápida, uma vez que 55% da área plantada seja mecanizável e ainda devido ao alto custo da colheita manual, escassez de mão-de-obra e, principalmente, das exigências da Lei Estadual sobre a queima da cana-de-açúcar (Ripoli et al., 1996; Veiga Filho, 2002). Além disso, a colheita de cana crua tem sido viabilizada com a valorização do bagaço de cana, através da política de compra do excedente de energia elétrica produzida com a queima do bagaço e complementada pela palha nas caldeiras das usinas. Assim, a palhada é o co-produto mais recente da cultura e a sua acumulação no campo foi desencadeada pela alteração no método de colheita.

O atual sistema de colheita mecanizada utiliza máquinas colhedoras de cana picada, também denominadas de combinadas e realizam o corte basal, promovem a eliminação parcial da matéria vegetal e mineral indesejável, por gravidade, decorrente da ação de ventiladores e/ou exaustores. Fracionam os colmos em rebolos de 15 a 40 cm de comprimento em média, descarregando-os sobre uma unidade de transporte ou transbordo (Ripoli e Ripoli, 2004). Este novo sistema de produção provoca menor impacto ambiental, com redução da emissão de CO_2, 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). A cobertura morta reduz o volume e a velocidade da enxurrada aumentando a infiltração e diminuindo as perdas de água (Meyer et al., 1970). Neste sentido, a persistência dos resíduos culturais sobre o solo é fundamental para reduzir a erosão hídrica (Alves et al., 1995).

A cobertura morta pode atuar como um valioso elemento no controle de plantas daninhas, uma vez que o terreno coberto por 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 daninhas pode ser completamente diferente quando comparado ao sistema convencional (Gazziero, 1990).

No entanto, o controle das plantas daninhas se faz necessário na maioria das vezes, e na condição de produção atual da cultura no Brasil, o método químico é o mais utilizado em razão da extensão das 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, 2004). Em conseqüência disso, a cultura da cana-de-açúcar tradicionalmente plantada em grandes áreas assimilou muito rápido esta tecnologia, sendo hoje a segunda cultura em consumo de herbicidas no Brasil (Procópio et al., 2003; Rossi, 2004).

Os objetivos do controle químico de plantas daninhas é a obtenção de máxima eficácia de controle das mesmas, com alta seletividade para a cultura, de forma econômica e com a minimização dos efeitos ambientais. No entanto, os herbicidas atualmente em uso na cultura da cana-de-açúcar apresentam variações específicas de eficácia de controle das espécies que compõem a comunidade de plantas daninhas infestantes das áreas onde são aplicados, como o grau de seletividade para a cultura em função da dose, época de aplicação, condições edáficas e climáticas, estádio fenológico e condições fisiológicas e bioquímicas da cultura e das plantas daninhas. Por outro lado, a gama de produtos disponíveis no mercado varia em suas características físico-químicas, que interagem com os aspectos climáticos, edáficos e culturais dos sistemas de produção. Estas interações permitem variabilidade de aplicação e usos dos herbicidas, posicionando-os em diferentes nichos de aplicação na cultura, sendo que para a correta seleção desta estratégia é necessário o conhecimento das interações mencionadas (Christoffoleti, et al. 2005).

Segundo Azania (2004), o uso de herbicidas em pré ou pós-emergência, quando corretamente aplicados, é eficaz no controle das plantas daninhas. Os herbicidas, na sua maioria, utilizados para a cultura da cana-de-açúcar, são seletivos, devido a aspectos de absorção foliar e à degradação do herbicida absorvido pela planta cultivada, com controle das plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento e produtividade da cultura.

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 uso no Brasil. Dentre os herbicidas registrados para a cultura da cana-de-açúcar, o amicarbazone "[1 H- 1,2,4-trizole-1-carboxamide, 4 amino-N-(1,1-dimethyl-ethyl)-4,5-dihydro-3-(1-methyl)-5-oxo]" (Figura 1), é um dos mais importantes, sendo registrado no Brasil com o nome comercial de Dinamic, sob o nº 0106010419003 (Ministério da Agricultura Abastecimento e Pecuária - MAPA), para o controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas na cultura da cana-de-açúcar. Comercializado na formulação de grânulos dispersíveis em água, na concentração de 700 g de ingrediente ativo. Pertence ao grupo químico das triazolinonas, possui classe toxicológica II e intervalo de segurança de 269 dias (Rodrigues e Almeida, 2005; Toledo et al., 2004).

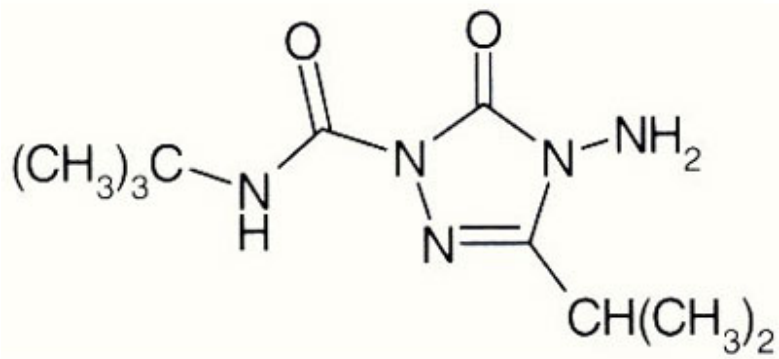

Figura 1. Fórmula estrutural do amicarbazone. (Anvisa, 2009)

O amicarbazone apresenta absorção radicular e foliar, sendo recomendado para aplicações em pré-emergência e pós-emergência precoce, quando as plantas daninhas apresentarem no máximo quatro folhas, em cana planta e em cana soca. O mecanismo de ação do amicarbazone atua no fotossistema II, o que inibe a fotossíntese das

plantas daninhas e o transporte de elétrons, além de paralisar a fixação de CO_2 e a produção de ATP e $NADPH_2$, os quais são elementos essenciais ao crescimento das plantas (Toledo et al., 2004). A morte das plantas, entretanto, pode ocorrer devido a outros processos, como a peroxidação de lipídeos e proteínas, promovendo a destruição das membranas e perda de clorofila. Os principais sintomas nas plantas sensíveis são clorose, redução no crescimento e necrose foliar (Rodrigues e Almeida, 2005). Os sintomas manifestam-se inicialmente nas bordas das folhas e progridem por todo o tecido foliar, com a morte das plantas daninhas. Em aplicação de pós-emergência inicial, ocorre a rápida necrose das folhas devido a destruição das membranas celulares. A ação seletiva é primariamente determinada pela diferença de metabolismo das plantas daninhas e da cana-de-açúcar e também pelo posicionamento no solo (Toledo et al., 2004).

Segundo Toledo et al. (2004), foram mais de 313 ensaios de pesquisa e de 291 áreas demonstrativas conduzidos em várias regiões canavieiras, modalidades e condições de aplicação e safras de cana-de-açúcar, o que comprovou o bom desempenho do produto. Estes trabalhos demonstraram que o amicarbazone nas doses de 1055 a 1400 g ha^{-1} apresentou excelente eficácia agronômica no controle de plantas daninhas monocotiledôneas, como capim-colonião (*P. maximum*), capim-colchão (*Digitaria ciliaris, Digitaria nuda, Digitaria horizontalis*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-braquiária (*B. decumbens*) e de dicotiledôneas, como várias espécies de corda-de-viola (*I. grandifolia, I. nil, I. quamoclit* e outras), melão-de-São-Caetano (*Momordica charantia*), erva-de-rola (*Croton lobatus*), burra-leiteira (*Chamecyce hypsofolia*), dentre outras.

Assim como o amicarbazone, a maioria dos herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar são recomendados para aplicação em condições de pré-emergência e/ou pós-emergência inicial da cultura e das plantas daninhas e desta forma o principal destino da maior parte dos herbicidas é o solo. Portanto, estes herbicidas apresentam a dinâmica afetada por fatores relacionados às suas características físico-químicas (solubilidade, adsortividade, volatilidade e outras). Estas propriedades interagem com as condições climáticas e edáficas e irão determinar a disponibilidade do herbicida na solução do solo (Christoffoleti e Ovejero, 2005).

Como a aplicação de herbicidas residuais em cana-de-açúcar ocorre durante praticamente o ano todo, a pulverização desses produtos pode ocorrer tanto em solos

secos como com boa disponibilidade de água. As características que permitem os herbicidas serem aplicados em períodos secos sem perda de eficácia ou no período chuvoso sem haver lixiviação do produto para fora da região de germinação do banco de sementes, devem ser criteriosamente observadas para a seleção de herbicidas adequados para o sucesso no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (Christoffoleti e Ovejero, 2005). Segundo Christoffoleti e Ovejero (2005), os herbicidas de alta solubilidade em água, baixos Kow e Koc podem ser recomendados para aplicação na cultura da cana-de-açúcar em épocas secas. Dentre os herbicidas que apresentam estas características, pode-se citar o amicarbazone, o imazapic, o imazpyr, o isoxaflutole e o tebuthiuron.

O amicarbazone apresenta solubilidade elevada em água (4600 mg L^{-1} à 25° C e pH = 4 a 9), baixa a moderada capacidade de adsorção no solo (Koc = 23 a 37), sendo classificado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) como herbicida de mobilidade alta no solo. Apresenta pressão de vapor de 0,975 x 10^{-8} mm Hg (1,3 x 10^{-6} Pa) à temperatura de 20°C o que o caracteriza como um herbicida não volátil. A principal fonte de dissipação é atribuída a degradação microbiana (Rodrigues e Almeida, 2005; EPA -United States Environmental Protection Agency, 2009 e Philbrook et al.,1999). A meia-vida é de 3 a 6 meses dependendo das condições de solo e clima, da dose, tipo e textura do solo, teor de matéria orgânica e quantidade de chuvas (Toledo et al., 2004).

Segundo Gimenes (2004), quanto a capacidade de adsorção, o amicarbazone, tem um valor que varia entre 32,4 a 42,6 mg g^{-1} de solo, sendo este um dos fatores que imprimem a este herbicida uma baixa necessidade de umidade no solo para sua ação como herbicida e sua fácil disponibilidade nos momentos em que as plantas daninhas encontram condições para germinar, no entanto, mesmo sendo mínimas as condições de umidade o herbicida permanece disponível.

Como já foi citado, a ampla adoção do sistema de cana crua, acarreta uma grande quantidade de resíduos da colheita da cana-de-açúcar sobre solo, o que pode afetar substancialmente a germinação e emergência das plantas daninhas e também a dinâmica dos herbicidas aplicados nestas áreas e a quantidade dos produtos que chega ao solo, assim como toda a dinâmica ambiental dos produtos.

Embora o solo esteja coberto por uma camada de palha, sabe-se que determinadas espécies de plantas daninhas, ao germinarem, superam essa barreira física e se estabelecem no canavial, exercendo sua interferência. Desta forma o controle se faz necessário e pode ser dificultado em função da presença da palha. Isto ocorre em razão de alguns herbicidas serem mais fortemente retidos pela cobertura morta e outros menos (Rossi, 2004). Devido a esse fato, Fornarolli et al. (1998) afirmam que há a necessidade de aumentar as dosagens dos herbicidas para compensar as perdas, evitando-se com isso a redução da eficiência de controle. Alguns estudos têm sido conduzidos sobre a interação entre herbicidas e coberturas mortas na tentativa de compreender os processos de adsorção, dessorção, escorrimento, volatilização e controle das plantas daninhas (Marin et al., 1978).

A interceptação dos herbicidas de pré-emergência pela palha pode promover a retenção e exposição do herbicida a condições de fotodegradação e volatilização até que seja levado ao solo pela chuva. A solubilidade e o tipo de formulação do herbicida e a quantidade de palha podem estar associados à chegada do produto ao solo (Rodrigues, 1993). Além disso, a palha é apenas uma das barreiras para o uso de herbicidas com ação preferencial ou exclusiva no solo. O acréscimo do teor de matéria orgânica no solo, devido a presença da cobertura morta, tende a exercer forte sorção dos herbicidas, limitando a sua eficiência (Tofoli, 2004).

Em sistemas agrícolas com a presença de palhadas, a massa seca dos diferentes resíduos vegetais permanece na superfície do solo. Os herbicidas são intensamente utilizados nesse sistema e são aplicados diretamente sobre os resíduos vegetais na superfície do solo, mas a ação desses resíduos na eficiência dos herbicidas tem sido pouco avaliada. A alteração no estado de ionização do herbicida com a variação do pH do solo influi na sua adsorção aos colóides orgânicos e minerais do solo, o que afeta a degradação, persistência e, principalmente sua atividade, pois menor quantidade de herbicida poderá estar disponível para absorção pelas raízes das plantas (Bayley e White, 1970; Khan, 1978; Locke e Bryson, 1997).

A cobertura com palha, portanto, afeta a persistência dos herbicidas aplicados ao solo. A adsorção dos herbicidas aos resíduos das plantas pode reduzir sua liberação para o solo e, em função disso, afetar a atividade e a persistência destes compostos no solo (Reddy et al., 1997). Além disso, a retenção dos herbicidas pelos resíduos das plantas pode minimizar as perdas por erosão hídrica e lixiviação (Reddy et al., 1995). Ao estudar o

efeito da palha sobre a atividade dos herbicidas acetochlor, alachlor e metolachlor, Banks e Robinson (1986) obtiveram que a atividade e a persistência destes herbicidas variaram com o incremento do conteúdo de palha sobre a superfície do solo.

Avaliando a aplicação, em pré-emergência, das misturas oryzalin + metribuzin e cyanazine + metolachlor em diferentes sistemas de preparo de solo, Almeida (1992) constatou que a eficácia das mesmas não foram prejudicadas pela presença de cobertura morta. Em estudos semelhantes, Erbach e Lovely (1975) utilizando os herbicidas alachlor e atrazine, aplicados sobre 2 e 4 t ha^{-1} de resíduos culturais de milho, concluíram que a presença das referidas coberturas não interferiram no controle de plantas daninhas.

Dentre os vários fatores que podem influenciar a eficiência dos herbicidas residuais, destaca-se na presença da palha, a capacidade do herbicida em atingir o solo, que pode estar diretamente relacionada à ocorrência de precipitações após a aplicação do produto. Conforme relataram Velini e Negrisoli (2000), a palha pode atuar retendo os herbicidas aplicados, liberando-os lentamente ao solo. Segundo Rodrigues (1993), a capacidade de um herbicida residual em atingir o solo em sistemas com cobertura morta não depende apenas da solubilidade e volatilidade do produto. Fatores como quantidade e tipo de cobertura morta, intensidade e época da primeira chuva após a aplicação, assim como irrigações subsequentes e as condições climáticas prevalecentes durante e após a aplicação influenciam no comportamento desses herbicidas no solo.

Cavenaghi et al. (2007) e Cavenaghi et al. (2006) avaliando respectivamente a transposição dos herbicidas amicarbazone e imazapic, respectivamente, pela palha de cana-de-açúcar, observaram que quantidades superiores a 5 t ha^{-1} de palha de cana foram suficientes para interceptar a quantidade total dos produtos aplicados. Segundo Cavenaghi et al. (2007), o herbicida amicarbazone apresentou lixiviação da palha para o solo a partir de uma precipitação equivalente a 2,5mm de chuva, sendo os 20 mm iniciais os mais importantes no carregamento deste herbicida da palha para o solo. Os autores observaram ainda que maiores quantidades de palha resultaram em menores quantidades de amicarbazone liberadas ao solo.

Avaliando em condições de laboratório o período de permanência do herbicida amicarbazone sobre palha de cana-de-açúcar, antes da ocorrência de chuvas, Cavenaghi et al. (2007), verificaram que quanto maiores os períodos de estiagem, menor a

quantidade de amicarbazone lixiviada da palha para o solo. Para os intervalos sem chuva de 1, 7, 15 e 30 dias após a aplicação, observou-se respectivamente a lixiviação de 85, 81, 66, 65 e 55% para uma precipitação de 65 mm e 81, 74, 61, 57 e 51 % , para uma precipitação de 20 mm de chuva.

Cavenaghi et al. (2006) também avaliando o efeito de diferentes períodos de estiagem após a aplicação do herbicida imazapic, observaram, respectivamente, para os intervalos de 1, 7, 14, 30, 60 e 90 dias sem chuvas após a aplicação, valores de 84, 82, 72, 78, 68 e 55 % para uma lâmina de chuva de 50 mm. Medeiros et al. (2004), estudando a eficácia do herbicida imazapic quando aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar e com a ocorrência de chuvas após a aplicação, concluíram que o imazapic aplicado sobre a palha promoveu ótimo controle de tiririca, mesmo com chuvas equivalentes a 10 e 20 mm ocorrendo somente após 60 dias da aplicação do produto.

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 ou volatilizado. Observaram também que a dissipação de clomazone foi mais rápida em sistema de plantio direto do que em plantio convencional.

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}, no entanto, avaliando o efeito de diferentes quantidades de chuva, um dia após a aplicação de sulfentrazone, sobre quantidades de 6 t ha^{-1} de palha de aveia e 10 t ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar, relataram que a lixiviação do sulfentrazone da palhada de aveia atingiu 94%, enquanto que para cana-de-açúcar foi de apenas 67%, para a quantidade de chuva de 65 mm.

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). Lowder e Weber (1979) verificaram que 87% do atrazine foi removido da cobertura vegetal morta, quando submetida a chuva de 100 mm logo após a aplicação, sendo que quando a chuva ocorreu sete dias após a aplicação, a remoção observada foi de 77%.

Apesar do herbicida atrazine ser facilmente lixiviado, Rodrigues et al. (2002) observaram que o herbicida foi fortemente retido pela folhagem verde, mesmo para precipitação de 20 mm, 24 horas após a aplicação do produto, ocorrendo o contrário do observado para metolachlor e alachlor. Petersen et al. (1988), avaliando os herbicidas metolachlor, acetochlor e alachlor, relataram que maiores quantidades dos herbicidas foram extraídas de 6 t ha^{-1} de palha de trigo seca do que do resíduos frescos, quando sobre elas houve precipitação de 10 mm de chuva simulada.

Tofoli et al. (2002) avaliando a deposição e lixiviação de atrazine em palhada de cana e aveia, observaram interceptação de 85% do produto quando aplicado sobre quantidades de palha superiores a 6 t ha^{-1}, para ambas as palhadas.

Negrisoli et al. (2002) estudando 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}. Além disso, a partir de quantidades de palha superiores a 15 t ha^{-1}, a transposição foi nula. Quanto à deposição e lixiviação do diuron em palha de cana-de-açúcar, Negrisoli et al. (2002) verificaram que com a ocorrência de uma chuva simulada de 50 mm após a aplicação, houve aumento significativo na lixiviação do herbicida na palha, alcançando 65% de transposição.

Velini et al. (2004) reportaram que a mistura hexazinone + diuron apresenta uma elevada interceptação pela palha da cana-de-açúcar, atingindo valores acima de 95% para ambos os ingredientes ativos em quantidades de palha superiores a 7,5 t ha^{-1}. Segundo Corrêa (2006), a mistura formulada dos herbicidas hexazinone e diuron, mostrou-se dependente do período de permanência sobre a palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência das primeiras chuvas. O autor, ao estudar os períodos de 0, 1, 7, 14 e 28 dias sem chuvas, observou respectivamente a lixiviação de 79, 68, 60, 68 e 45 % para hexazinone, e 74, 57, 60, 75 e 52 % para diuron, para uma precipitação de 20 mm.

Rossi et al. (2004), pesquisando a deposição e lixiviação do herbicida metribuzin em palha de cana, relataram uma interceptação de 95% do total aplicado para a quantidade de palha de 7,5 t ha^{-1}. Avaliando os períodos de 0, 1, 7, 14 e 28 dias sem chuvas, os mesmos autores verificaram para este herbicida, quando aplicado sobre 10 t ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar, que a liberação do herbicida da palha para o solo foi de 92, 81, 38, 24 e 16 % respectivamente, para uma precipitação de 20 mm.

Tofoli (2004) observou para o herbicida tebuthiuron aplicado sobre 10 t ha^{-1} de palha de cana-de-açúcar, que a quantidade total do produto lixiviado da palha com simulação de 65 mm de chuva nos diferentes períodos de permanência sem ocorrência das mesmas foram: 77,55; 62,15; 48,08; 31,82 e 26,78% para os períodos de 0, 1, 7, 14 e 28 DAA, respectivamente.

Godoy et al. (2007), avaliando a eficácia do herbicida metribuzim, aplicado sobre a palha de milheto (6 t ha^{-1}) e submetidos a diferentes períodos sem ocorrência de chuvas, verificaram altos níveis de controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia* até aos 14 dias sem ocorrência de chuvas após a aplicação. Quando as chuvas ocorreram aos 21 e 28 dias após a aplicação observou-se uma baixa eficácia do herbicida no controle destas espécies.

Desta forma, para alguns produtos verifica-se que a permanência sobre a palha por longos períodos sem chuvas, implica em reduções significativas nas quantidades do herbicida carregado ao solo pela primeira chuva. Observa-se também que a aplicação de herbicidas residuais em áreas de cana crua é um processo bastante complexo, que envolve diversos fatores. Desta forma, existe a necessidade de se buscar novas tecnologias que permitam obter um melhor desempenho no controle das plantas daninhas, reduzindo ao mínimo as perdas em produtividade de maneira econômica e operacionalmente viáveis.

Uma possível solução para contornar este problema é o desenvolvimento de um equipamento de aplicação de herbicidas acoplado à colhedora de cana, de modo que as operações de colheita e aplicação possam ser realizadas simultaneamente. Como a deposição da palha é feita na parte posterior da colhedora, é possível aplicar o herbicida sobre o solo ou sobre os resíduos do ciclo de produção anterior e cobri-lo com palha após esta operação (Carbonari, 2007).

A aplicação de herbicidas residuais em operação simultânea com a colheita da cana-de-açúcar, posicionando os produtos sob os resíduos da colheita pode promover uma melhor eficácia, além de reduzir o número de operações durante o ciclo da cultura, minimizando problemas de compactação de solo e custos operacionais (Carbonari, 2007). Para os herbicidas tebuthiuron, metribuzim, hexazinone + diuron e imazapic, alguns trabalhos realizados simulando a condição de aplicação na colhedora, aplicando o herbicida sobre o solo e em seguida cobrindo com palha, apresentaram níveis de eficácia, em geral,

iguais ou superiores aos tratamentos convencionais sobre a palha ou em solo nu (Negrisoli, 2005; Rossi et al., 2006; Corrêa, 2006; Corrêa et al., 2006a; Corrêa et al., 2006b). Carbonari (2007) verificou que o amicarbazone aplicado em operação conjunta com a colhedora, apresentou elevados níveis de controle de diversas plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, indicando uma maior disponibilidade do herbicida no solo, principalmente na camada superficial para esta modalidade de aplicação. Ainda segundo o autor, este tipo de aplicação pode apresentar grandes vantagens, destacando-se a proteção do herbicida contra evaporação e fotodecomposição, a manutenção de níveis estáveis e mais elevados de umidade do solo e a redução da quantidade do herbicida retida pela palha, aumentando a disponibilidade no solo.

Quando os herbicidas são aplicadas no ambiente, independente do tipo de aplicação utilizado, o destino final na maioria dos casos, será o solo. No entanto, antes do herbicida atingir o solo, ele está sujeito a interações com o ambiente, que podem interferir nas suas perdas. Em trabalho conduzido por Costa et al. (2005) com o objetivo de desenvolver e comparar métodos para estimar perdas em aplicações de herbicidas em pré-emergência com pulverizadores de barra, foram observadas perdas nas aplicações de 27,4% e 31,2%, para o traçador azul brilhante e o herbicida tebuthiuron, respectivamente.

Depois da aplicação de um herbicida, vários processos físicos, químicos e biológicos determinam seu comportamento. O destino de herbicidas no ambiente é governado por processos de retenção (adsorção, absorção), de transformação (decomposição, degradação) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação, escoamento superficial), e por interações desses processos. Além da variedade de processos envolvidos na determinação do destino ambiental de herbicidas, diferenças nas estruturas e propriedades das substâncias químicas e, nas características e condições ambientais, podem afetar esses processos. Condições meteorológicas, composição das populações de microrganismos no solo, presença ou ausência de plantas, localização do solo na topografia, e práticas de manejo dos solos podem também afetar o destino de herbicidas no ambiente (Spadotto, 2002).

No solo, quando o herbicida é aplicado em pré-emergência, pode sofrer processos de sorção, lixiviação e/ou degradação por efeitos físicos, químicos e biológicos, além de ser absorvido pelas plantas daninhas e/ou plantas cultivadas (Velini, 1992). Os herbicidas apresentam algumas características físico-químicas que, juntamente com as condições ambientais e atributos físicos, químicos e biológicos do solo, regem sua dinâmica

no solo. Estas características são específicas para cada herbicida, mesmo para aqueles pertencentes ao mesmo grupo químico. O conhecimento das mesmas é de fundamental importância para o sucesso na sua utilização (Procópio et al., 2003).

Segundo Christoffoleti e Ovejero (2005), dentre as características, as mais importantes são: constante de equilíbrio de ionização de um ácido ou base fraca (pKa); coeficiente de partição octanol-água (Kow); solubilidade em água; pressão de vapor e meia-vida do herbicida no solo.

As constantes de ionização ácido/base (pKa ou pKb) de moléculas que possuem caráter ácido fraco ou base fraca, respectivamente, representam a sua tendência de ionização numa determinada faixa de valores de pH. Sendo assim, o pKa é o pH onde metade das moléculas estão ionizadas e metade não ionizadas. Este parâmetro mostra o valor de pH em que as formas ionizadas e não-ionizadas do herbicida ocorrem em iguais concentrações, respondendo, cada uma das formas, por 50% da concentração total do composto (Procópio et al., 2003). Conforme a constante de equilíbrio de ionização, os herbicidas iônicos podem ser classificados em herbicidas ácidos ou herbicidas básicos (Oliveira, 2001; Regitano et al., 2002).

O coeficiente de partição (Kow) representa a proporção entre as quantidades de um determinado herbicida que migram para um solvente orgânico apolar (geralmente o octanol) ou para a água (polar), quando adicionado e agitado em frascos onde se encontram quantidades determinadas destas substâncias utilizadas como solventes, ou seja, os valores de Kow referem-se à medida da intensidade da afinidade da molécula pela fase polar e apolar.

A solubilidade em água de uma molécula de herbicida é caracterizada pela quantidade do herbicida dissolvida em água pura, ou seja, indica a proporção de herbicida que poderá estar disponível na solução do solo, podendo ser absorvida por raízes e sementes em germinação, a uma determinada temperatura. Quanto maior a quantidade de grupos hidrofílicos, maior será sua afinidade pela água, logo, maior sua solubilidade (Christoffoleti e Ovejero, 2005).

A pressão de vapor é a pressão exercida por um vapor em equilíbrio com um liquido, a uma determinada temperatura. Esta característica indica o grau de volatilização do herbicida, ou sua tendência em se perder na forma de gás na atmosfera.

Quanto maior a pressão de vapor do herbicida, maior o seu grau de volatilização (Oliveira, 2001, Christoffoleti e Ovejero, 2005).

A persistência de um composto no ambiente é, normalmente medida pela meia-vida, que é definida como o tempo necessário para que ocorra a dissipação de metade da quantidade inicial do herbicida aplicado (Silva et al., 2007).

A dinâmica dos herbicidas no solo é influenciada além das características físico-químicas das moléculas e do solo, pela umidade. A quantidade de herbicida na solução do solo é diretamente proporcional ao conteúdo de água no solo. A quantidade de espaços livres para o herbicida na solução diminui em solos secos, e assim menor quantidade de herbicida fica livre na solução do solo (maior sorção). Em condições de seca, as plantas são expostas a menor quantidade de herbicida e assim menor quantidade é absorvida pelas plantas daninhas. Quando a umidade no solo é restabelecida ocorre a dessorção do herbicida voltando a solução do solo (Hartzler, 2009). Regitano et al. (2002), observaram uma redução na mobilidade do herbicida imazaquin em função do aumento no período em que o solo foi mantido seco após aplicação do herbicida e antes do inicio da simulação de chuvas.

A sorção e a dessorção de herbicidas no solo regulam o fenômeno de retenção, influenciando o transporte, a transformação e a biodisponibilidade dessas moléculas no solo. Estes processos estão diretamente relacionadas à eficácia dos herbicidas no controle das plantas daninhas e ao risco de contaminação ambiental por estes compostos. A sorção dos herbicidas está correlacionada com as propriedades do solo, as quais devem ser consideradas nas recomendações de aplicação desses produtos.

Segundo Andréa e Luchini (2002), a sorção de pesticidas no solo também é importante, principalmente por estar relacionada diretamente com os processos de disponibilidade para a atividade do composto, ataque microbiano e biodegradação e inversamente com a possibilidade de lixiviação e contaminação de águas.

Na solução do solo, as moléculas tendem a atingir equilíbrio entre a fase sorvida e a que permanece em solução. A absorção pelas plantas, a eficácia e o transporte dependem em grande parte desse equilíbrio entre os processos de sorção e dessorção. Geralmente, a eficiência e a mobilidade dos herbicidas decrescem com o aumento da sua sorção pelos colóides do solo (Oliveira et al., 2005). O herbicida ideal sob o ponto de vista

agronômico é aquele que permanece disponível no ambiente o tempo suficiente para o controle das plantas daninhas durante o período crítico de competição entre a cultura e as plantas daninhas, porém, não tão longo que cause injúria às culturas que venham em rotação (Oliveira, 2001).

Segundo Firmino et al. (2008a), a sorção de herbicidas na superfície dos colóides orgânicos e minerais do solo explica parte do comportamento apresentado por essas moléculas, dentro das diversas classes de solo, tornando-se difícil predizer o comportamento desses produtos fitossanitários sem antes conhecer os fatores que agem sobre eles. Em razão da grande variabilidade nas características física, química e biológica entre os solos, é esperado que a natureza e a intensidade dos processos de sorção também sejam distintas. Assim, é de fundamental importância o conhecimento das características físico-químicas do solo para que se possa estimar o comportamento do herbicida no ambiente, o que possibilita seu uso correto, a minimização dos impactos ambientais e a maior eficiência na utilização do produto (Firmino et al., 2008a).

O mecanismo de sorção de herbicidas, por estes se tratarem de moléculas orgânicas nos mais variados arranjos, é muito mais complexo do que a dos íons que servem como nutrientes para as plantas (Prata e Lavorenti, 2000). Forças físicas como pontes de hidrogênio, forças de Van der Walls, forças eletrostáticas, ligações covalentes e interações hidrofóbicas são os principais mecanismos que podem contribuir com a sorção dos herbicidas, sendo que estes mecanismos podem atuar concomitantemente na sorção de uma mesma molécula (Prata e Lavorenti, 2000). Quanto menor o coeficiente de sorção do composto nos colóides do solo (Kd), maior é a sua lixiviação potencial. O valor de Kd pode ser determinado em laboratório, agitando-se uma amostra do solo com uma solução aquosa do pesticida. Em situação de equilíbrio tem-se: Kd = concentração do composto nos sólidos do solo / concentração do composto na água. Briggs (1981) determinou o valor de Kd de dezenas de pesticidas não-iônicos, em vários solos da Inglaterra, tendo observado uma estreita relação entre o valor de Kd do composto, sua polaridade, expressa na forma do seu coeficiente de partição entre n-octanol e água, e o percentual de matéria orgânica do solo ($Kd = 0,045 \times Kow^{0,52} \times \%M.O.$). Essa relação tem sido amplamente usada para a previsão do valor de Kd de pesticidas não-iônicos em solos.

No entanto, a natureza orgânica dos herbicidas e sua alta afinidade pela matéria orgânica, tornam o teor de carbono orgânico do solo o melhor parâmetro isolado para predizer o coeficiente de sorção padronizado para o carbono orgânico (Koc) (Oliveira, 2001; Christoffoleti e Ovejero, 2005). Para o amicarbazone são encontrados valores de Koc entre 23 e 27, o que o classifica, segundo Gelber e Spadotto (2004) como um herbicida com força de adsorção fraca e consequentemente com alta mobilidade no solo. Em solos que apresentam altos teores de argila, de matéria orgânica ou ambos, verifica-se maior adsorção e persistência de herbicidas, seguido por baixos índices de dessorção, lixiviação e degradação destes (Li et al., 2003; Hager e Nordby, 2004; Si et al., 2006). Firmino et al. (2008) avaliando a sorção do imazapyr em solos com diferentes texturas, observou em solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica, uma baixa sorção do herbicida, o que predispõe o produto à lixiviação no perfil do solo, podendo até mesmo contaminar mananciais de águas subterrâneas.

Entretanto, estudos mais amplos têm demonstrado que os mecanismos que governam os processos de retenção de herbicidas ocorrem de forma distinta para cada solo e seu ecossistema e que a heterogeneidade desse meio dificulta a previsão de comportamento desses compostos (Pusino, 1993; Pusino et al., 2004). Assim, enquanto muitos estudos avaliam separadamente frações orgânicas e minerais dos solos, com objetivo de esclarecer os mecanismos envolvidos na retenção de herbicidas, poucos visam prever o seu comportamento em relação ao solo como um todo, principalmente em solos intemperizados como os brasileiros (Racke, 1996; Oliveira et al., 2005; Laabs et al., 2002).

Um termo bastante utilizado na literatura é o chamado resíduo ligado, que segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), é o nome dado à interação entre espécies químicas originadas ou não de interações xenobióticas com as substâncias húmicas do solo, sendo estes resíduos não passíveis de extração por métodos que não alterem significativamente a natureza da molécula (Fuhr, 1987). Segundo Prata e Lavorenti (2000), uma significativa proporção das moléculas dos pesticidas aplicadas na agricultura permanecem no solo como resíduos ligados. A formação de resíduo ligado pode ter como consequências a diminuição da degradação do pesticida (Calderbank, 1989), a perda da sua atividade biológica (Kaufman, 1976) e da sua identidade química (Calderbank, 1989), a alteração da sua absorção por plantas, e a alteração do escoamento superficial e da lixiviação desses pesticidas. A adição de materiais orgânicos oxidados ou estabilizados ao solo, como é o

caso das substâncias húmicas, promove um aumento dos sítios sortivos do solo, o que contribui com a maior sorção e constituição de resíduos ligados de herbicida, conforme Prata e Lavorenti (2000).

O tipo e conteúdo de argila, teor e características da matéria orgânica e umidade do solo afetam as interações do herbicida no solo (Levanon et al., 1993; Czapar et al., 1994). A matéria orgânica apresenta acentuada capacidade de sorver herbicidas (Stevenson, 1972) e isto reduz a atividade biológica e a mobilidade dos compostos químicos aplicados ao solo (Lee e Farmer, 1989; Scheunert et al., 1992). A pronunciada reatividade da matéria orgânica está relacionada principalmente com sua elevada área superficial específica e presença de vários grupos funcionais, como carboxilas, hidroxilas e aminas, e estruturas alifáticas e aromáticas (Stevenson, 1972; Stearman et al., 1989; Kuckuk et al., 1997).

Sistemas de manejo de solo afetam diferentemente o teor e a qualidade da matéria orgânica do solo (Bayer e Bertol, 1999), bem como a proporção de substâncias húmicas (Empinotti, 1999). Considerando que o tipo de manejo do solo pode influir no teor e características da matéria orgânica e das substâncias húmicas, diferenças na sorção de herbicidas são esperadas em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo (Ferri et al., 2005).

O processo de lixiviação refere-se ao movimento descendente dos herbicidas com a água na matriz do solo, sendo sua intensidade dependente das características físico-químicas do produto e das características de solo e clima. Segundo Oliveira (2001), para ser lixiviado, o herbicida deve estar na solução do solo ou adsorvido a pequenas partículas, como argilas, ácidos fúlvicos e húmicos de baixo peso molecular, aminoácidos, peptídeos e açúcares, entre outros.

A movimentação de um herbicida no perfil do solo ocorre em todas as direções e é dependente da direção do fluxo de água (Javaroni et al., 1999). Devido à ocorrência de grandes volumes de água de percolação nos solos após chuvas pesadas ou irrigações, a direção mais comum na qual o herbicida pode ser lixiviado é a descendente. Esse processo interfere no comportamento do herbicida no solo, podendo torná-lo mais ou menos eficiente, e influencia diretamente o seu desempenho no controle de plantas daninhas (Oliveira, 2001). Sabe-se que as características que mais influenciam o movimento dos herbicidas no solo são o conteúdo e o tipo de argila e matéria orgânica, a composição e a

distribuição do tamanho das partículas do solo, o pH, a densidade aparente e o tamanho e distribuição dos poros. O entendimento do efeito dessas características no comportamento de herbicidas pode levar à adequação de doses a características específicas do solo (Inoue et al., 2007). Segundo Prata et al., 2003, o movimento descendente dos herbicidas no solo é influenciado ainda pela densidade do solo e pelo índice pluviométrico da região.

O conteúdo de matéria orgânica é um fator importante principalmente para os herbicidas não-iônicos, que apresentam elevada capacidade de sorção; quanto maior a sorção, menor a lixiviação. Em solos arenosos, a lixiviação será ainda maior do que em siltosos ou argilosos (Rossi et al., 2005). Para os herbicidas de elevada capacidade adsortiva, o conteúdo de matéria orgânica é geralmente um fator importante, pois quanto mais alto, menor a lixiviação (Sprankle et al., 1975; Mandhun et al., 1986; Senesi et al., 1994).

Segundo Prata e Lavorenti (2000), a adição de materiais orgânicos ao solo, como vinhaça, e em menor grau as restevas culturais, como as palhadas, promovem o aumento da atividade microbiana, o que proporciona a aceleração da degradação de herbicidas no solo, diminuindo a sua persistência. A aplicação de vinhaça em soqueiras de cana-de-açúcar como fonte de nutrientes é muito comum no Brasil. Os trabalhos têm mostrado que a adição da vinhaça modifica temporariamente alguns atributos químicos e biológicos do solo, como o pH, o C orgânico, a acidez trocável (Camargo et al., 1987; Reis, 1998), a atividade e a biomassa microbiana (Minhoni e Cerri, 1987), os quais interferem diretamente no comportamento de herbicidas no solo, tanto na sorção como na degradação (Bollag e Liu, 1990). Segundo Prata et al. (2001), embora os efeitos da matéria orgânica no comportamento de pesticidas no solo venham sendo amplamente discutidos, não existem relatos na literatura sobre os efeitos da adição de vinhaça no comportamento de herbicidas. No entanto, pelas alterações de alguns atributos químicos e microbiológicos do solo provocadas pela adição da vinhaça, é possível que sua aplicação ao solo venha contribuir com a maior persistência do herbicida, proporcionada por um aumento na sua sorção. Por outro lado, o fato de a vinhaça promover o aumento da atividade e biomassa microbiana poderia vir a contribuir com a aceleração da degradação desse herbicida no solo.

O pH é uma medida importante que pode interferir nos processos de sorção dos herbicidas, sobretudo naqueles com grande capacidade de ionização (Silva et al., 2007). Os herbicidas podem apresentar natureza iônica ou não-iônica. Os herbicidas iônicos

ocorrem no solo nas formas catiônica, ácida ou básica (Bailley e White, 1970). Herbicidas ácidos tornam-se ânions com a elevação do pH, devido à desprotonação de suas moléculas, enquanto herbicidas básicos podem ser protonados em pH mais baixo, comportando-se como cátions. O estado de ionização das moléculas influencia a adsorção dos herbicidas aos colóides orgânicos e minerais do solo, que por sua vez, afeta a degradação, a persistência e, principalmente, a sua atividade, pois menor quantidade de herbicida poderá estar disponível para absorção pelas raízes das plantas (Bailley e White, 1970; Khan, 1978; Locke e Bryson, 1997). Herbicidas não-iônicos apresentam atividade independente do pH do solo (Weber, 1990). Oliveira et al. (2005), avaliando a sorção do herbicida flazasulfuron em solos com diferentes valores de pH, observaram que a adsorção do herbicida foi menor nas amostras com maiores valores de pH, indicando maior risco de lixiviação nessa condição.

A densidade do solo pode afetar a atividade residual dos herbicidas (Ehlers et al., 1969). Por exemplo, a compactação do solo aumenta a fitotoxicidade do trifluralin. Plantas de milho tiveram raízes 30% menores quando cultivadas em solo com densidade 1,6g cm^{-3}, comparadas àquelas cultivadas em solo com densidade de 1,1g cm^{-3}. Contudo, a redução das raízes foi ainda maior (60%) quando o trifluralin foi aplicado ao solo compactado (Martin et al., 1985). A densidade do solo pode afetar a atividade dos herbicidas por alterar a difusão de suas moléculas no solo (Ferri et al., 2000). A difusão do trifluralin no solo aumenta até a densidade de 1,2g cm^{-3} e diminui em densidades superiores a essa (Bode et al., 1973).

O conhecimento dos fatores como tipo de solo, características dos produtos e condições climáticas é de fundamental importância para prever o comportamento de herbicidas nas classes de solo e para seleção de dosagens adequadas, bem como para evitar efeitos prejudiciais ao ambiente e às culturas subseqüentes (Rossi et al., 2005). Em solos com baixo teor de matéria orgânica e CTC efetiva, verificou-se, por exemplo, aumento na ocorrência de efeitos fitotóxicos do s-metolachlor às culturas e na probabilidade de contaminação de águas subterrâneas (Procópio et al., 2001). A lixiviação está relacionada principalmente com moléculas de alta solubilidade e baixo Kow, assim a sorção é o processo que mais influi na lixiviação.

Segundo Velini (1992), a ocorrência da lixiviação é fundamental para a incorporação superficial da maioria dos herbicidas, atingindo sementes ou plantas em

germinação, mas quando excessiva, pode carreá-los para camadas mais profundas do solo, limitando sua ação e podendo, inclusive, promover contaminação do lençol freático.

Devido ao seu uso intensivo, os herbicidas são apontados como o grupo de pesticida mais frequentemente detectado em estudos de qualidade de águas superficiais e subterrâneas (Carter, 2000; Tanabe et al., 2001), sendo as áreas próximas ao cultivo de cana-de-açúcar de maior ocorrência de resíduos desses compostos, já que esta é uma das culturas que mais utiliza herbicidas no manejo de plantas infestantes (Southwick et al., 2002; Vivian et al., 2007).

Em solo cultivado com cana, na região nordeste do pantanal mato-grossense, foram detectados resíduos de ametryn na maioria das amostras coletadas em águas de superfície, embora em baixa concentração. Entretanto, em amostras de sedimentos, as concentrações foram superiores a 4,5 $\mu g\ kg^{-1}$. A elevada freqüência de detecção de ametryn, juntamente com sua alta concentração em algumas amostras, foi atribuída, conforme os autores, ao intenso cultivo de cana-de-açúcar no nordeste do pantanal, em que se utiliza o ametryn (Laabs et al., 2002).

A lixiviação potencial dos pesticidas no solo pode ser determinada por alguns métodos diferentes, como por exemplo, por meio da percolação em colunas preenchidas com amostras deformadas ou indeformadas do solo. Assim, os estudos de lixiviação potencial no Brasil ficam restritos às colunas, modelos matemáticos (Prata et al., 2003) e bioensaios (Monquero et al., 2008). Segundo Vivian et al. (2007), estudos comumente conduzidos em laboratório, com objetivo de avaliar o potencial de lixiviação e contaminação de solo e água por herbicidas, nem sempre representam o comportamento real verificado em condições naturais *in situ*.

Além da lixiviação, outra forma de transporte de pesticidas é na água que se move sobre a superfície do solo, chamado de escoamento superficial, a qual tem sido considerada como um dos principais meios de contaminação de rios e lagos (Gaynor et al., 1992; Lerch e Blanchard, 2003). O movimento da água carreia substâncias solúveis ou adsorvidas às partículas de solos erodidos. Estudos têm mostrado que essas perdas de herbicidas geralmente variam de 1 a 5 %, dependendo das práticas culturais, solo, dimensão da área, declividade, extensão do declive, cobertura, umidade do solo e das propriedades dos herbicidas (Patty et al., 1997).

Verifica-se, portanto, que a dinâmica ambiental de um herbicida é bastante complexa e envolve diversos processos de perdas e imobilização, desde a aplicação, a interação com a palhada, quando esta se faz presente e finalmente com a chegada ao solo. Na cultura da cana-de-açúcar estes processos desempenham um papel muito importante e é imprescindível o conhecimento dos mesmos, uma vez que estes determinam a quantidade de um determinado produto que estará disponível na solução do solo, na camada superficial do solo, em quantidades suficientes para promover o controle das plantas daninhas por um período bastante longo, até o fechamento da cultura, garantindo a não interferência das plantas daninhas. Também permitem uma maior segurança quanto à seletividade dos produtos para a cultura da cana-de-açúcar, uma vez que, quando se conhece onde o produto estará presente no perfil solo e suas concentrações, podemos prever possíveis efeitos fitotóxicos. E por fim, estes processos desempenham ainda grande importância quanto à contaminação ambiental, devido ao intenso uso de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar e a ampla área cultivada no Brasil.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Locais de coleta dos solos

Foram instalados cinco experimentos em áreas de cana crua, nos municípios de Porto Ferreira/SP, Santa Cruz das Palmeiras/SP e Tambaú/SP, em diferentes épocas, com aplicações nos dias 27 de junho, 31 de agosto, 03 de outubro, 20 de outubro e 23 de novembro, no ano de 2005.

Em todos os experimentos o herbicida amicarbazone (Dinamic) foi aplicado na dose de 1050 g ha^{-1} (1,5 kg p.c. ha^{-1}) em pré-emergência. As aplicações foram realizadas sob a palha com aplicação pela colhedora de cana, sobre a palha de cana-de-açúcar e sobre o solo sem a presença de palha com pulverizador tratorizado convencional. Nos tratamentos sem a presença de palha, esta foi removida utilizando-se um enleirador tratorizado, seguido de limpeza manual com uso de rastelos, conforme Carbonari (2007). Foram mantidas faixas com e sem palha e sem a aplicação de herbicidas.

Em cada um dos experimentos, as parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas em 1,5 m, dispostas em faixas para permitir o preparo das parcelas e aplicação com a colhedora, todos com quatro repetições.

Com auxílio de um enxadão, em quatro áreas de 0,5 m² em cada uma das parcelas, foram incorporadas sementes das principais espécies de plantas daninhas da cultura da cana, na camada de 0-10 cm, permitindo a germinação das plantas em diferentes profundidades. As diferentes espécies de plantas daninhas foram semeadas em pares, combinando espécies de fácil distinção para facilitar a avaliação, da seguinte forma: *B. decumbens* e *I. quamoclit*, *P. maximum* e *M. cissoides, E. heterophylla* e *I. grandifolia* e *I. nil e B. pilosa*. A quantidade de sementes das plantas daninhas foi definida por teste de germinação prévio, a fim de se manter aproximadamente 200 sementes viáveis por espécie e garantir uma alta infestação em todas as parcelas experimentais, nos cinco experimentos. Para os tratamentos aplicados com a colhedora, as parcelas foram preparadas e as plantas daninhas semeadas antes da colheita da cana e para os tratamentos com aplicação sobre a palha a semeadura foi realizada após a colheita, retirando-se a palha e retornando a mesma sobre a área após a semeadura.

Foram realizadas amostragens de palha em todos os experimentos pela coleta da palha presente em um quadro de 1 m^2, com um total de 15 repetições em cada área. O solo das áreas experimentais foram amostrados nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade por meio do uso de trados do tipo sonda e as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório de solos da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), onde foram realizadas análises granulométrica e química.

As aplicações convencionais sobre a palha e sobre o solo (sem cobertura) foram realizadas através de pulverizador tratorizado de barras nas condições operacionais das usinas. As aplicações sob a palha foram realizadas com um sistema de pulverização instalado na colhedora de cana-de-açúcar de forma a realizar a aplicação na parte traseira da máquina antes que os resíduos da colheita fossem depositados no solo, conforme Carbonari (2007).

Os dados pluviométricos (mm) da região da instalação e durante todo o período de condução dos cinco experimentos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados da precipitação (mm) na região da instalação e durante todo o período de condução dos experimentos (*) e datas das aplicações assinaladas com "X**"**.

	2005							2006		
Dias	jun	jul	ago	Set	out	nov	dez	jan	fev	mar
1	-	-	-	20,0	10,0	-	5,0	-	13,0	-
2	-	-	-	-	2,5	-	28,0	-	-	-
3	-	-	-	-	**X**	-	-	-	-	-
4	-	-	-	7,5	-	13,0	-	-	-	90,0
5	-	-	-	-	13,0	-	6,0	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,5
7	-	-	-	-	-	-	3,0	-	-	6,5
8	-	-	-	-	-	-	-	10,0	40,0	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	22,0	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	59,0	11,0
11	-	-	-	-	-	-	-	33,0	33,0	-
12	-	-	-	3,0	-	-	-	-	30,0	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	2,5	14,0	-	-	-	-	35,0	5,0
16	-	-	-	-	-	19,0	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	13,0	-
18	-	15,0	-	4,0	-	-	49,0	7,0	50,0	20,0
19	-	4,0	-	-	-	-	-	-	-	5,0
20	6,5	-	-	-	**X**	23,0	6,0	-	-	43,0
21	-	-	-	-	15,0	-	13,0	-	10,0	-
22	-	-	-	-	22,0	-	3,0	-	5,0	-
23	-	-	-	-	-	-	**X**	-	-	7,0
24	-	-	-	-	-	20,0	43,0	-	-	35,0
25	-	-	-	28,0	-	30,0	-	-	-	-
26	-	5,0	-	14,0	20,0	-	10,0	-	-	-
27	**X**	-	7	-	-	-	11,0	-	58,0	-
28	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	13,0	-	14,0	-	-
30	-	-	-	-	10,0	-	10,0	2,5	-	-
31	-	-	**X**	-	-	-	40,0	-	-	-
Total	8	24	9,5	90	92	118	227	66	370	230

(*) Dados fornecidos pela Usina Ferrari, Porto Ferreira/SP

5.1.1. Aplicação em época seca (27 de junho)

O experimento foi realizado em uma área de cana crua da Usina Ferrari na Fazenda Santo Antonio, município de Porto Ferreira/SP. A variedade utilizada neste experimento foi SP 803280, em seu quarto corte, proporcionando uma quantidade de 13,1 t ha^{-1} de palha.

Nas Tabelas 2 e 3 estão descritos os resultados das análises granulométrica e química do solo da área experimental.

Tabela 2. Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental da Fazenda Santo Antonio, Porto Ferreira/SP.

Profundidade (cm)	Granulometria (g kg^{-1})					Textura do solo
	Argila	Silte	Areia			
			Fina	Grossa	Total	
0-10	225	44	565	166	731	Média
10-20	217	46	558	178	737	Média
20-40	237	44	555	163	719	Média

Tabela 3. Resultados da análise química do solo da área experimental da Fazenda Santo Antonio, Porto Ferreira/SP.

Prof. (cm)	pH	M.O. g dm^{-3}	P resina mg dm^{-3}	S mg dm^{-3}	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
					$Mmol_c$ dm^{-3}							
0-10	5,3	23	16	10	0	24	4,3	25	8	37	61	61
10-20	5,3	20	12	10	0	22	4,5	19	6	30	52	57
20-40	5,1	11	8	22	1	21	4,5	12	5	21	42	50

As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas em 1,5 m, com 8 m de comprimento, correspondendo a uma área útil de 48 m^2 e com 1 m de corredor frontal e 3 m de corredores laterais.

Para aplicação tratorizada sobre a palha e sobre o solo sem palha, foi utilizado um pulverizador de barras equipado com pontas de pulverização teejet TF-VS 3, espaçadas em 0,7 m, com pressão de 2 bar, velocidade de 3,9 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 200 L ha^{-1}. A aplicação foi realizada as 16:20 h em solo levemente úmido e com temperatura do ar de 22°C, umidade relativa do ar de 56% e velocidade do vento entre 3 e 5 km h^{-1}, no sentido da aplicação.

A aplicação sob a palha, foi realizada com o equipamento instalado na colhedora, com pontas de pulverização magno TM-IA 2.5, com pressão de 2 bar, velocidade de 4 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 250 L ha^{-1}. A aplicação com a colhedora foi realizada às 15:25 h, com solo levemente úmido, temperatura do ar de 22,9°C, umidade relativa do ar de 70% e velocidade do vento entre 3 e 7 km h^{-1} no sentido da aplicação.

5.1.2. Aplicação em época semi-úmida (31 de agosto)

O experimento foi realizado em uma área de cana crua da Usina Ferrari na Fazenda Santa Mônica II, município de Porto Ferreira/SP. A variedade utilizada neste experimento foi SP 860042, em seu terceiro corte, proporcionando uma quantidade de 13,9 t ha^{-1} de palha sobre o solo. Nas Tabelas 4 e 5 estão descritos os resultados das análises granulométrica e química do solo da área experimental.

Tabela 4. Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental da Fazenda Santa Monica II, Porto Ferreira/SP.

Profundidade (cm)	Granulometria ($g\ kg^{-1}$)					Textura do solo
	Argila	Silte	Areia			
			Fina	Grossa	Total	
0-10	105	17	420	458	878	Arenosa
10-20	109	18	461	411	873	Arenosa
20-40	148	16	481	355	836	Arenosa

Tabela 5. Resultados da análise química do solo da área experimental da Fazenda Santa Monica II, Porto Ferreira/SP.

Prof. (cm)	pH	M.O. $g\ dm^{-3}$	P resina $mg\ dm^{-3}$	S $mg\ dm^{-3}$	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
					$Mmol_c\ dm^{-3}$							
0-10	5,5	13	15	7	0	15	1,2	18	7	26	41	63
10-20	5,7	11	9	8	0	14	0,7	24	9	33	47	71
20-40	5,6	7	3	2	0	14	0,6	16	7	24	37	64

As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas em 1,5 m, com 11 m de comprimento, correspondendo a uma área útil de 66 m^2 e com 1 m de corredor frontal e 4,5 m de corredores laterais.

Na aplicação tratorizada foi utilizado um pulverizador de barras equipado com pontas de pulverização teejet TF-VS 2.5, espaçadas em 0,7 m, com pressão de 2 bar, velocidade de 7,4 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 200 L ha^{-1}. A aplicação tratorizada foi realizada às 10:00 h com temperatura do ar de 28,2°C, umidade relativa do ar de 51% e velocidade do vento entre 2,6 a 2,9 km h^{-1} no sentido transversal à aplicação.

A aplicação sob a palha, foi realizada com o equipamento instalado na colhedora, com pontas de pulverização magno TM-IA 2.5, pressão de 1,0 bar, velocidade entre 3,5 e 4 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 150 L ha^{-1}. A aplicação com a colhedora foi

realizada às 15:00 h com temperatura do ar de 37,2°C, umidade relativa do ar de 40% e velocidade do vento entre 7,0 a 8,5 km h^{-1} no sentido transversal a aplicação.

5.1.3. Aplicação em época úmida (04 de outubro)

O experimento foi realizado em uma área de cana crua da Usina Ferrari na Fazenda Santa Rosa, município de Porto Ferreira/SP. A variedade utilizada neste experimento foi SP 813250, em seu terceiro corte, proporcionando uma quantidade de 14,5 t ha^{-1} de palha. Nas Tabelas 6 e 7 estão descritos os resultados das análises granulométrica e química do solo da área experimental.

Tabela 6. Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental da Fazenda Santa Rosa, Porto Ferreira/SP.

Profundidade (cm)	Granulometria (g kg^{-1})					Textura do solo
	Argila	Silte	Areia			
			Fina	Grossa	Total	
0-10	202	42	487	270	756	Média
10-20	202	38	484	276	760	Média
20-40	227	34	467	273	739	Média

Tabela 7. Resultados da análise química do solo da área experimental da Fazenda Santa Rosa, Porto Ferreira/SP.

Prof. (cm)	pH	M.O. g dm^{-3}	P resina mg dm^{-3}	S mg dm^{-3}	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
					Mmol$_c$ dm^{-3}							
0-10	5,2	20	7	10	1	25	2,4	17	8	27	52	52
10-20	5,4	18	5	5	0	22	1,6	22	10	34	55	61
20-40	5,1	17	3	9	1	24	0,7	15	8	24	48	49

As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas em 1,5 m, com 11 m de comprimento, correspondendo a uma área útil de 66 m^2 e com 1 m de corredor frontal e 3 m de corredores laterais.

Na aplicação com trator foi utilizado um pulverizador de barras equipado com pontas de pulverização magno TM-IA 4.0, espaçadas em 0,7 m, com pressão de 2 bar, velocidade de 9,7 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 200 L ha^{-1}. A aplicação tratorizada foi realizada às 11:20 h com temperatura do ar de 32,2°C, umidade relativa do ar de 50% e velocidade do vento entre 3,0 a 6,0 km h^{-1} no sentido da aplicação.

A aplicação sob a palha, foi realizada com o equipamento instalado na colhedora, com pontas de pulverização magno TM-IA 1.5, com pressão de 2,5 bar, velocidades entre 3,5 e 4,5 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 200 L ha^{-1}. A aplicação com a colhedora foi realizada às 15:10 h com temperatura do ar de 30,1°C, umidade relativa do ar de 58% e velocidade do vento entre 2,0 a 3,0 km h^{-1} no sentido da aplicação.

5.1.4. Aplicação em época úmida (20 de outubro)

O experimento foi realizado em uma área de cana crua da Usina Ferrari na Fazenda Aurora, município de Santa Cruz das Palmeiras/SP. A variedade utilizada neste experimento foi SP 835073, em seu terceiro corte, proporcionando uma quantidade de 13,9 t ha^{-1} de palha. Nas Tabelas 8 e 9 estão descritos os resultados das análises granulométrica e química do solo da área experimental.

Tabela 8. Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental da Fazenda Aurora, Porto Ferreira/SP.

Profundidade (cm)	Granulometria ($g\ kg^{-1}$)					Textura do solo
	Argila	Silte	Areia			
			Fina	Grossa	Total	
0-10	573	332	86	10	95	Argilosa
10-20	582	321	85	12	97	Argilosa
20-40	629	284	76	12	87	Muito Arg.

Tabela 9. Resultados da análise química do solo da área experimental Fazenda Aurora, Porto Ferreira/SP.

Prof. (cm)	pH	M.O. $g\ dm^{-3}$	P resina $mg\ dm^{-3}$	S $mg\ dm^{-3}$	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
					$Mmol_c\ dm^{-3}$							
0-10	5,7	32	9	5	1	29	1,3	42	25	66	94	70
10-20	5,7	26	6	5	0	28	0,5	31	15	47	75	62
20-40	5,5	21	6	13	1	28	0,4	28	13	41	69	60

As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas em 1,5 m, com 11 m de comprimento, correspondendo a uma área útil de 66 m^2 e com 1 m de corredor frontal e 3 m de corredores laterais.

Para aplicação com trator foi utilizado um pulverizador de barras equipado com pontas de pulverização TF-VS 2.5, espaçadas em 0,7 m, com pressão de 2 bar, velocidade de 4,2 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 300 L ha^{-1}. A aplicação tratorizada foi realizada às 17:00h com temperatura do ar de 32,6°C, umidade relativa do ar de 46% e velocidade do vento entre 1,0 e 2,0 km h^{-1} no sentido da aplicação.

A aplicação sob a palha foi realizada com o equipamento instalado na colhedora, com pontas de pulverização magno TM-IA 2.5, com pressão de 2,5 bar, velocidades entre 3,5 e 4,5 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 300 L ha^{-1}. A aplicação

com a colhedora foi realizada às 17:30 h com temperatura do ar de 29,9°, umidade relativa do ar de 58% e velocidade do vento entre 0,5 a 1,5 km h^{-1} no sentido da aplicação.

5.1.5. Aplicação em época úmida (23 de novembro)

O experimento foi realizado em uma área de cana crua da Usina Dedini na Fazenda São José, município de Tambaú/SP. A variedade utilizada neste experimento foi SP 832847, em seu segundo corte, proporcionando uma quantidade de 10,8 t ha^{-1} de palha. Nas Tabelas 10 e 11 estão descritos os resultados das análises granulométrica e química do solo da área experimental.

Tabela 10. Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental da Fazenda São José, Tambaú/SP.

Profundidade (cm)	Granulometria (g kg^{-1})					Textura do solo
	Argila	Silte	Areia			
			Fina	Grossa	Total	
0-10	120	108	677	95	772	Arenosa
10-20	109	144	680	66	747	Arenosa
20-40	117	146	651	87	737	Arenosa

Tabela 11. Resultados da análise química do solo da área experimental da Fazenda São José, Tambaú/SP.

Prof. (cm)	pH	M.O. g dm^{-3}	P resina mg dm^{-3}	S mg dm^{-3}	Al^{3+}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
					Mmol$_c$ dm^{-3}							
0-10	5,0	18	6	7	4	36	2,4	35	14	51	87	59
10-20	4,7	15	4	5	11	50	1,2	30	12	43	93	46
20-40	4,1	9	5	8	53	161	1,1	8	4	13	174	8

As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas em 1,5 m, com 11 m de comprimento, correspondendo a uma área total de 66 m^2 e com 1 m de corredor frontal e 4,5 m de corredores laterais.

Para aplicação com trator foi utilizado um pulverizador de barras equipado com pontas de pulverização jacto AVI 11003, espaçadas em 0,7 m, com pressão de 3 bar, velocidade de 6,0 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 250 L ha^{-1}. A aplicação tratorizada do amicarbazone sobre a palha foi realizada às 14:30 h com temperatura de 35,0°C, umidade relativa do ar de 42% e velocidade do vento entre 3 a 7 km h^{-1} no sentido transversal a aplicação. A aplicação do amicarbazone em solo sem presença de palha foi realizada às 19:30 h com temperatura do ar de 22,9°C, umidade relativa do ar de 73% e velocidade do vento entre 1,0 a 3,0 km h^{-1} no sentido transversal à aplicação.

A aplicação sob a palha foi realizada com o equipamento instalado na colhedora, com pontas de pulverização magno TM-IA 1.0, com pressão de 1,5 bar, velocidade de 3,5 a 4,0 km h^{-1} e consumo de calda equivalente a 100 L ha^{-1}. A aplicação com a colhedora foi realizada às 18:40 h com temperatura do ar de 24,8°C, umidade relativa do ar de 70% e velocidade do vento entre 1,0 a 1,5 km h^{-1} no sentido da aplicação.

5.2. Metodologia de coleta dos solos

Nas áreas dos cinco experimentos foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade em diferentes períodos após a aplicação para avaliação das concentrações de amicarbazone. Com auxilio de trados tipo sonda, com 3 cm de diâmetro (Figuras 2 e 3), foram realizadas amostragens de solo, em um total de 20 amostras de solo em cada uma das camadas estudadas, para cada parcela dos experimentos (repetições), nos diferentes tratamentos testados, totalizando 720 amostras de solo por período de avaliação em cada um dos experimentos. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos sem que perdessem umidade e levadas ao laboratório, onde permaneceram congeladas até serem processadas.

Figura 2. Trado utilizado no processo de amostragem de solo

Figura 3. Procedimento de amostragem do solo.

Para cada experimento foram realizadas coletas de solo em diferentes períodos após a aplicação dos herbicidas, sendo estes:

- Experimento 1 (27 de junho de 2005): 30, 64, 98, 123, 160 e 194 dias após a aplicação do herbicida (DAA);

- Experimento 2 (31de agosto de 2005): 33, 58, 93, 127 e 190 DAA;
- Experimento 3 (04 de outubro de 2005): 28, 73 e 130 DAA;
- Experimento 4 (20 de outubro de 2005): 38, 72 e 98 DAA;
- Experimento 5 (23 de novembro de 2005): 33, 98 e 158 DAA.

No laboratório de Matologia da FCA/UNESP, para todas as amostras de solo coletadas foram determinados os teores de umidade do solo, por meio da pesagem de uma alíquota de solo antes e posteriormente à secagem em estufa de circulação forçada de ar por 48 horas a 60°C.

5.3. Desenvolvimento do método de extração da solução do solo e quantificação do amicarbazone

Em função do grande número de amostras de solo extraídas da área experimental, verificou-se após diferentes testes de extração utilizando-se diferentes quantidades de solo, que 7 g de solo foi representativo para cada uma das parcelas, apresentando valores constantes da concentração de amicarbazone em cada uma das parcelas, nas diferentes camadas de solo avaliadas. Para o desenvolvimento do método de extração uma amostra composta do solo da área experimental foi seca em estufa de circulação forçada de ar por 72 h a 25°C e em seguida pesou-se 7g de solo por amostra, sendo este acondicionado em cartuchos plásticos, com uma pastilha porosa e compartimento para coleta da solução do solo (Figuras 4 e 5). Em seguida realizou-se a saturação do solo com água destilada e determinou-se a quantidade de água para cada cartucho com solo, por meio de pesagem dos mesmos antes e após a saturação com água. Após a adição de água, os cartuchos foram centrifugados a 4000 rpm, a 25° C por 10 minutos (Figuras 6 e 7), retirando-se e coletando-se toda a solução presente no solo.

Figura 4. Detalhe do cartucho utilizado na extração de solução do solo.

Figura 5. Detalhe do cartucho utilizado na extração de solução do solo, com o compartimento de coleta da solução acoplado.

Figura 6. Detalhe dos cartuchos utilizados na extração de solução do solo.

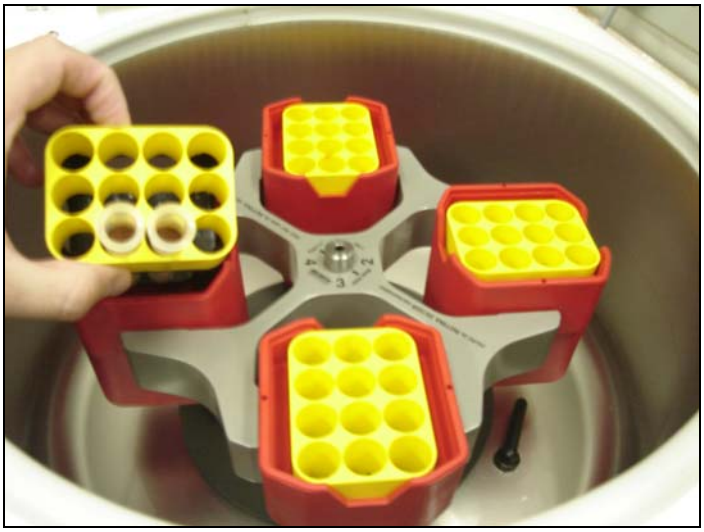

Figura 7. Centrífuga utilizada na extração de solução do solo.

Após o desenvolvimento do sistema de extração da solução do solo, foi realizado um experimento para determinar o período de permanência do solo saturado com água, antes da extração, para que fossem obtidos níveis estáveis do amicarbazone na solução do solo. A partir de uma única amostra composta do solo das áreas experimentais com

aplicação do amicarbazone, foram retiradas alíquotas de solo (7 g) que foram acondicionadas nos cartuchos e saturadas com água, conforme já descrito. Após a saturação com água, os cartuchos com solo permaneceram em descanso reagindo por diferentes períodos: 10 e 30 minutos e 1, 2, 4, 6, 12, 24 e 48 horas. Após cada um dos períodos a solução do solo foi extraída em cada um dos cartuchos por centrifugação e o amicarbazone na solução foi quantificado. Foram realizadas quatro repetições (cartuchos) para cada período.

Para a quantificação do amicarbazone na solução do solo foi desenvolvido um método analítico em um cromatógrafo líquido da marca Shimadzu (Figura 8), equipado com software Class VP 6.0, bomba quaternária LC 20 AD, degazeificador DGU 20AS, injetor automático SIL 10 AF, forno CTO 10ASVP e detector de massas LCMS-2010 EV, que apresenta resultado uniforme a grupos de compostos com características similares, mantendo uma relação constante entre a intensidade de sinal (área do pico cromatográfico) e a concentração dos diferentes compostos expressas em unidades molares.

Para as análises cromatográficas foi empregada uma coluna de C18, marca Synergi 2.5µ Hydro-RP 100Å, dimensões 50 x 4,6 mm e o volume de injeção foi de 30µl. As análises foram efetuadas em modo gradiente, tendo como fases móveis os solventes metanol e água com ácido acético até atingir pH 3,0. A proporção entre os solventes tem início com 60:40 (metanol:água), aos 4 minutos chega a 95:5 e retorna a condição inicial aos 6 minutos. O tempo total de corrida foi de 12,5 minutos e o tempo de retenção do amicarbazone de 2,21 minutos. Foram estabelecidos 6 pontos para a curva de calibração sendo empregada a quantificação em diferentes concentrações dos padrões de amicarbazone.

No desenvolvimento do método analítico para determinação do amicarbazone em água por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-EM) foi utilizado o padrão analítico com grau de pureza certificada de 99,8 %.

Figura 8. Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (CLAE) e espectrômetro de massas utilizado no desenvolvimento do método analítico de determinação do amicarbazone.

Os cromatogramas obtidos para uma injeção de 30µL do padrão analítico de amicarbazone contendo 10 e 20 µg L^{-1}, na faixa de concentração de validação do método e sob condições cromatográficas acima detalhadas, estão apresentados nas Figuras 9 e 10, onde podem ser verificados os picos de amicarbazone. Observa-se que os cromatogramas apresentaram uma boa resposta do detector utilizado para o amicarbazone com integração da base e um tempo de retenção de 2,21 minutos.

A partir das áreas dos picos (resposta do detector) e das concentrações das soluções de padrões de amicarbazone, foram estabelecidos os seguintes parâmetros: a equação linear de regressão; coeficiente de correlação; coeficiente de determinação; linearidade; limite de detecção e limite de quantificação do método, segundo os procedimentos descritos por Meier & Zünd (1993). Estes parâmetros estimam a confiabilidade do método analítico.

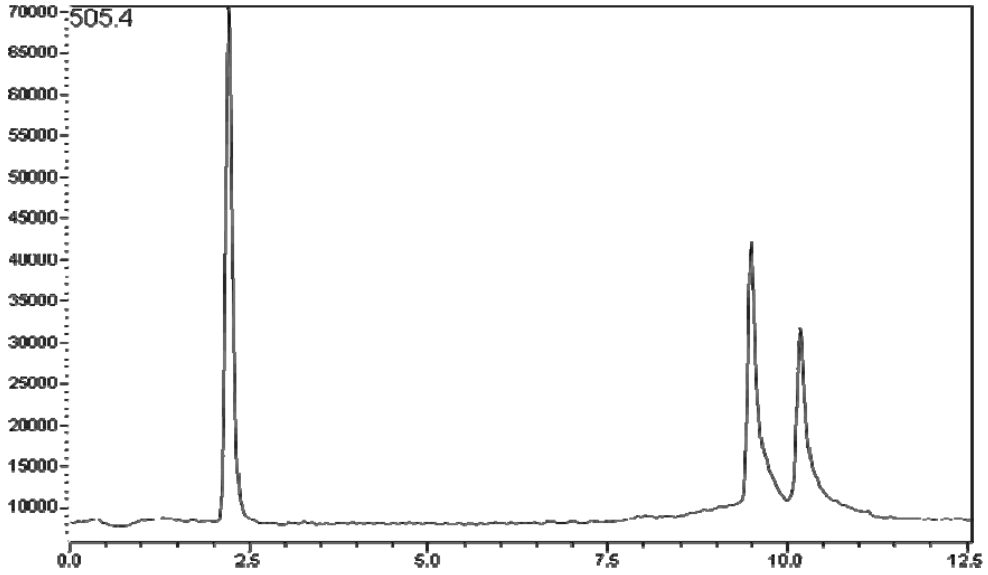

Figura 9. Cromatograma de amicarbazone obtido por CLAE-EM na concentração de 10 μg L^{-1}.

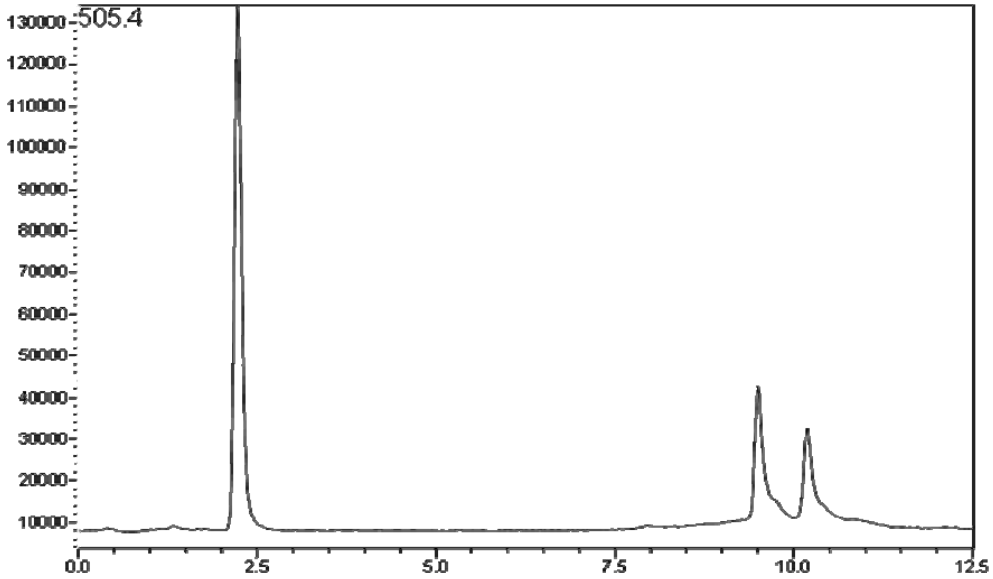

Figura 10. Cromatograma de amicarbazone obtido por CLAE-EM na concentração de 20 μg L^{-1}.

Para os resultados das concentrações do amicarbazone no solo (μg kg^{-1}) nos diferentes períodos foi estabelecido o intervalo e confiança pelo teste t a 10% de probabilidade. Para determinar o intervalo de confiança, foi utilizada a seguinte equação:

IC = (t x desvpad) / raiz nr, onde:

IC = intervalo de confiança;

t = valor de t tabelado, ao nível de 10% de probabilidade;

desvipad = desvio padrão;

raiz nr = raiz quadrada do número de repetições.

5.4. Quantificação do amicarbazone nas amostras de solo

A partir dos testes anteriores, as amostras de solo coletadas das áreas dos experimentos nas diferentes épocas de aplicação, foram processadas no laboratório de cromatografia do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia da Faculdade de Ciências Agronômicas, em Botucatu/SP. Após o descongelamento das amostras de solo, foi retirada uma amostra composta para cada profundidade de cada parcela, as quais foram secas em estufa de circulação forçada de ar por 72h a 25°C. Após serem secas, pesou-se 7 g de solo por amostra, que foram acondicionados em cartuchos plásticos, com volume total de 10 mL, com uma pastilha porosa e compartimento para coleta da solução do solo, conforme metodologia anteriormente descrita.

Em seguida realizou-se a saturação do solo com água e determinou-se por pesagem a quantidade de água para cada cartucho com solo, os quais permaneceram saturados e reagindo por 24 h, período determinado por experimento prévio, até atingirem níveis estáveis do amicarbazone na solução do solo. Após 24h, os cartuchos foram centrifugados a 4000 rpm, a 25°C por 10 minutos, retirando e coletando toda a solução presente no solo. Esta solução foi filtrada em seringas plásticas de 3 ml equipadas com filtro marca Millipore, modelo HV Millex confeccionadas em polietileno com membrana durapore 0,45 μm de poro e 13 mm de diâmetro e posteriormente transferidas para frascos do tipo "vials" de 2 mL, os quais foram lacrados e armazenados em geladeira a (8 ± 3 ^{o}C) até o momento da quantificação do amicarbazone por cromatografia.

A quantificação do amicarbazone na solução do solo coletado nas diferentes modalidades de aplicação e nas diferentes épocas permitiu a determinação das concentrações de amicarbazone nas diferentes camadas do solo avaliadas e elaboração de curvas do total do produto disponível na solução do solo, nas diferentes profundidades e nos diferentes períodos de coleta.

Para os resultados das concentrações do amicarbazone no solo (µg kg^{-1}) nos diferentes períodos foi estabelecido o intervalo e confiança pelo teste t a 10% de probabilidade.

5.5. Correlação entre as concentrações de amicarbazone no solo e os níveis de controle das plantas daninhas

Após a determinação das concentrações de amicarbazone no solo, foi realizado um estudo confrontando-se os resultados dessas concentrações, na camada superficial (até 10 cm) e as porcentagens de controle das plantas daninhas *B. decumbens, I. quamoclit*, *P. maximum, M. cissoides, E. heterophylla, I. grandifolia, I. nil e B. pilosa*, conforme resultados obtidos nas mesmas áreas das coletas de solo e apresentados por Carbonari (2007).

Estes resultados de controle permitiram determinar quais os níveis de concentração do amicarbazone no solo que permitem obter níveis satisfatórios no controle (acima de 95%) de cada uma das espécies de plantas daninhas avaliadas, assim como o nível de sensibilidade das diferentes espécies ao amicarbazone.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Resultados do teste de extração do amicarbazone

Na Figura 11, estão apresentados os resultados do teste de extração do amicarbazone quando o solo foi saturado e exposto a diferentes períodos de permanência em contato com a água. Assim foi possível determinar o período onde o amicarbazone entra em equilíbrio entre as concentrações na solução do solo e a quantidade sorvida. Verifica-se nos períodos até 6 horas uma alta variação nos dados, embora as concentrações na solução do solo apresentem valores semelhantes e dentro do intervalo de confiança estabelecido para cada uma das médias.

A partir de 12 horas de permanência do solo com aplicação do amicarbazone saturado com água, observa-se valores bastante estáveis das médias das concentrações do amicarbazone na solução, demonstrando que a quantidade de amicarbazone sorvida e dessorvida no solo estavam em equilíbrio. Diante desses resultados adotou-se como padrão para os demais estudos, manter o solo saturado por 24 horas, antes da extração para a quantificação do amicarbazone na solução.

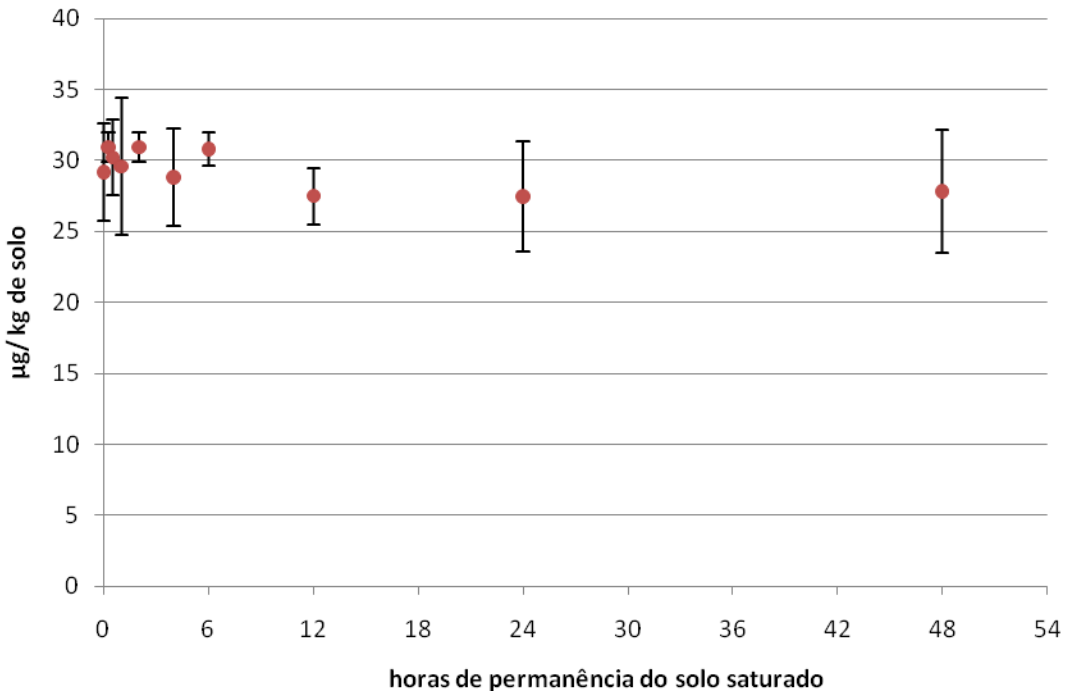

Figura 11. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), em função de diferentes períodos entre a saturação do solo com água e a extração da solução. Botucatu/SP.

6.2. Quantificação do amicarbazone nos solos com diferentes sistemas de aplicação do herbicida

6.2.1. Aplicação em época seca (27 de junho)

Nas Figuras 12 a 15 estão apresentados os resultados das análises de amicarbazone no solo (µg de amicarbazone kg de solo^{-1}) nos diferentes tratamentos e profundidades amostradas.

Verifica-se na camada superficial (Figura 12), que para a aplicação com a colhedora (sob a palha) são observadas elevadas concentrações do amicarbazone, independente da época de avaliação. A aplicação sem palha apresentou concentrações inferiores aos do tratamento com a colhedora, porém, ainda com

concentrações relativamente altas do amicarbazone. Para estas duas modalidades de aplicação verifica-se que até 64 DAA não foram observadas reduções significativas da quantidade de amicarbazone na solução do solo. Aos 98 DAA para a aplicação sob a palha e sem palha foram observados níveis de aproximadamente 50% da concentração observada aos 30 DAA.

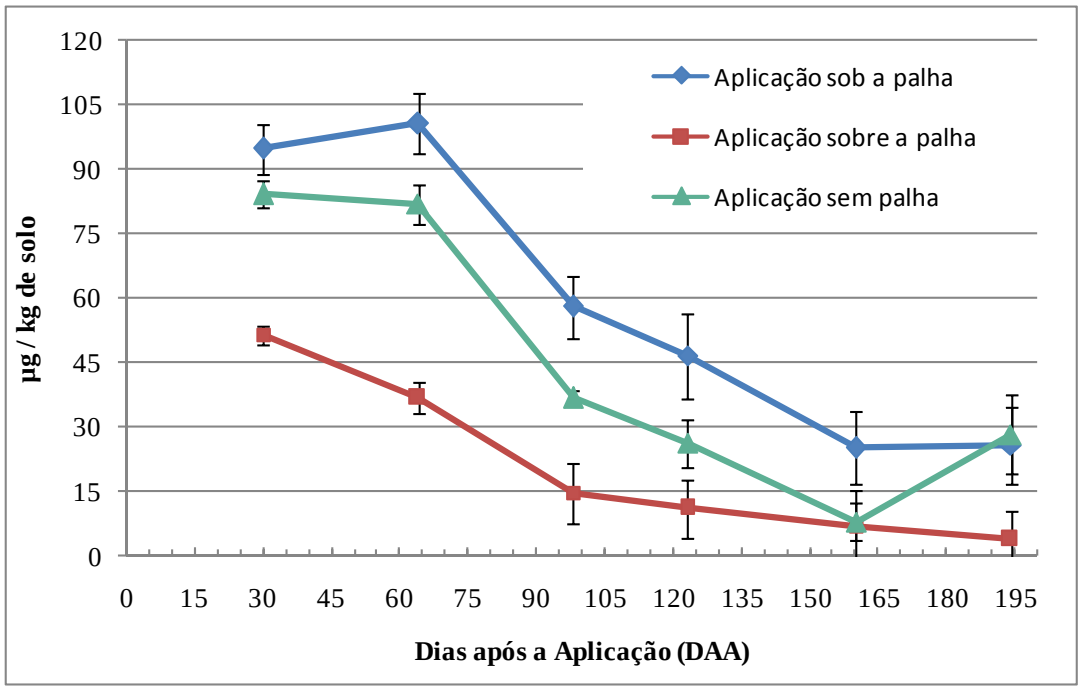

Figura 12. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 10 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

Observa-se para esta aplicação em época seca, que o tratamento com aplicação sobre a palha apresentou níveis de amicarbazone no solo bastante inferiores aos demais tratamentos, demonstrando que o produto ficou retido na palha devido à ausência ou baixa ocorrência de chuvas (Tabela 1), não chegando ao solo, nas mesmas quantidades que nas demais modalidades de aplicação. Quantidades de palha superiores a 5 t ha^{-1} são suficientes para promover a interceptação quase que total dos produtos aplicados (Cavenaghi et al., 2007; Cavenaghi et al., 2002; Velini e Negrisoli, 2000; Corrêa, 2006; Tofoli et al., 2002). Tal fato demonstra a necessidade de ocorrência de chuvas após a aplicação para que o herbicida possa atingir o solo.

Segundo resultados relatados por Cavenaghi et al. (2007), o amicarbazone apresenta alta mobilidade da palha para o solo, uma vez que os autores verificaram que para 5 t de palha de cana-de-açúcar ha^{-1}, precipitação equivalente a 2,5 mm promoveu a lixiviação de 40% da quantidade do produto aplicado, enquanto que para 10, 15 e 20 t de palha ha^{-1} a mesma lâmina lixiviou 33, 25 e 25% da quantidade do produto aplicado, respectivamente. Em estudo realizado em casa de vegetação com aplicação do amicarbazone sobre uma quantidade equivalente a 5 t ha^{-1}, Negrisoli et al. (2007) obtiveram níveis de controle próximos de 100% para as espécies de *B. plantaginea*, *B. decumbens* e *I. grandifolia* com amicarbazone aplicado sobre 5 t de palha ha^{-1}, após simulação de chuva de 2,5 mm.

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que mesmo após a ocorrência de 25 mm de chuva (Tabela 1), antes de 30 DAA, ou seja, da primeira coleta de solo, não foram suficientes para promover a liberação do total do amicarbazone aplicado sobre a palha.

Para a aplicação sem palha, foram observados na camada até 10 cm concentrações intermediárias de amicarbazone quando comparadas com os tratamentos com aplicação sob e sobre a palha até o período de 160 DAA, onde as concentrações foram similares às do tratamento sobre a palha (Figura 12). No último período de avaliação (195 DAA), nota-se que ocorre um aumento nas concentrações do produto, tal fato deve-se provavelmente à ocorrência de um veranico nesta época (Tabela 1), causando um caminhamento ascendente de produto, principalmente neste tratamento com maior perda de água, devido à ausência de cobertura de solo. Segundo Firmino et al. (2008b), a possibilidade de movimento ascendente (lixiviação reversa) do herbicida lixiviado deve também ser considerada. Esse fato se torna mais evidente no caso dos herbicidas fracamente adsorvidos, principalmente sob condições de elevada evapotranspiração (Mangels, 1991).

Firmino et al. (2008b) avaliando a movimentação do herbicida imazapyr em solos tropicais, concluiu que o imazapyr apresenta alta mobilidade, tanto descendente como ascendente, no perfil dos três solos estudados. O movimento capilar da água provoca o movimento ascendente do imazapyr no solo, o que mantém o herbicida na região próxima à superfície nos períodos de escassez de chuva. A maior movimentação do

imazapyr, tanto descendente quanto ascendente, ocorre em ordem decrescente para o solo areia franca, franco argilo arenoso e muito argiloso, o que pode ser associado às suas características físico-químicas distintas.

Na Figura 13 observa-se para a profundidade de 10 a 20 cm que aos 30 DAA, o tratamento com aplicação sem palha apresentou as maiores concentrações de amicarbazone na solução do solo, o que demonstra que mesmo com a ocorrência de pequenas quantidades de chuva o tratamento sem palha apresenta maior potencial de lixiviação do amicarbazone no perfil do solo, com uma grande quantidade de produto posicionado abaixo da camada de ação no controle das plantas daninhas.

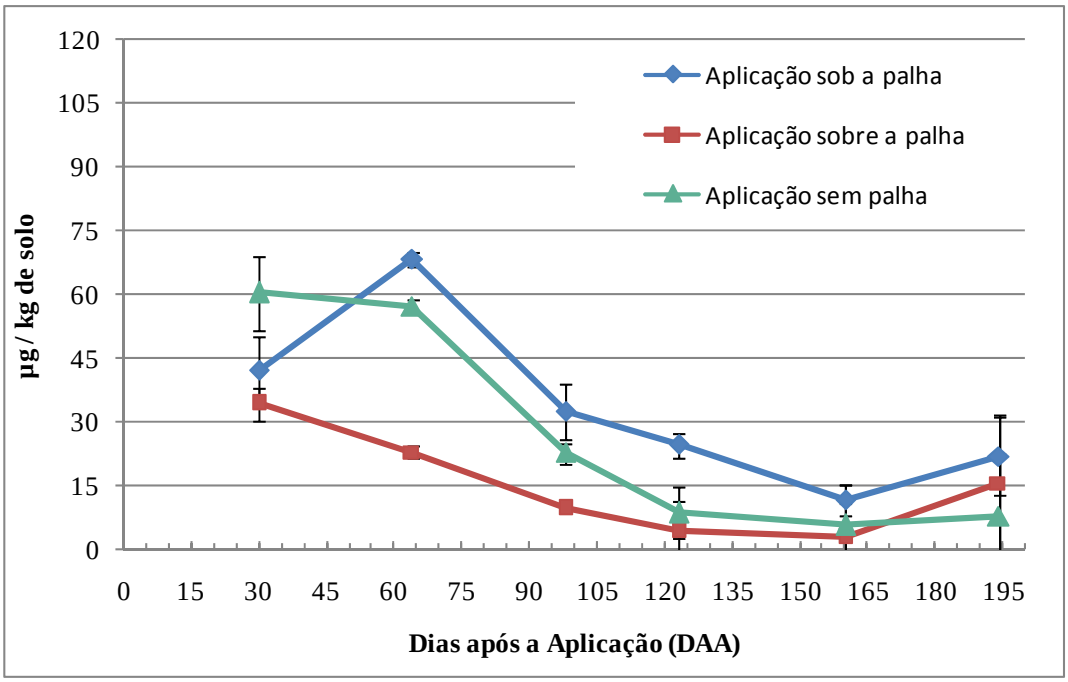

Figura 13. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 10 a 20 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

Outro aspecto importante é que nestas condições a aplicação sem palha apresenta maiores riscos de intoxicação para a cultura da cana-de-açúcar aos 30 DAA devido o posicionamento do produto coincidir com a zona de maior concentração de raízes da cana-de-açúcar. Korndorfer et al. (1989) verificaram que aproximadamente 90% do

sistema radicular da cana-de-açúcar está concentrado entre 0 e 30 cm de profundidade no solo. Nos demais períodos de avaliação houve uma inversão na qual as maiores concentrações de amicarbazone foram observadas para a aplicação sob a palha.

Na Figura 14 estão apresentadas as concentrações de amicarbazone verificadas na camada de 20 a 40 cm do solo. Inicialmente observam-se maiores concentrações de amicarbazone no tratamento sem palha, provocado pela maior percolação de água, em razão de ausência da proteção promovida pela palha, causando neste tratamento uma maior lixiviação do produto para as camadas mais profundas. De acordo com Langenbach et al. (2001), a cobertura vegetal morta depositada sobre os solos submetidos ao plantio direto funciona como barreira de retenção de herbicidas, diminuindo assim o potencial de lixiviação. Correia et al. (2007) ao avaliarem a lixiviação e o potencial de contaminação de lençóis de água com atrazina, em Latossolo sob manejo de plantio direto e convencional, observaram que o sistema de plantio direto apresenta menor perda de atrazina por lixiviação comparado ao preparo convencional do solo.

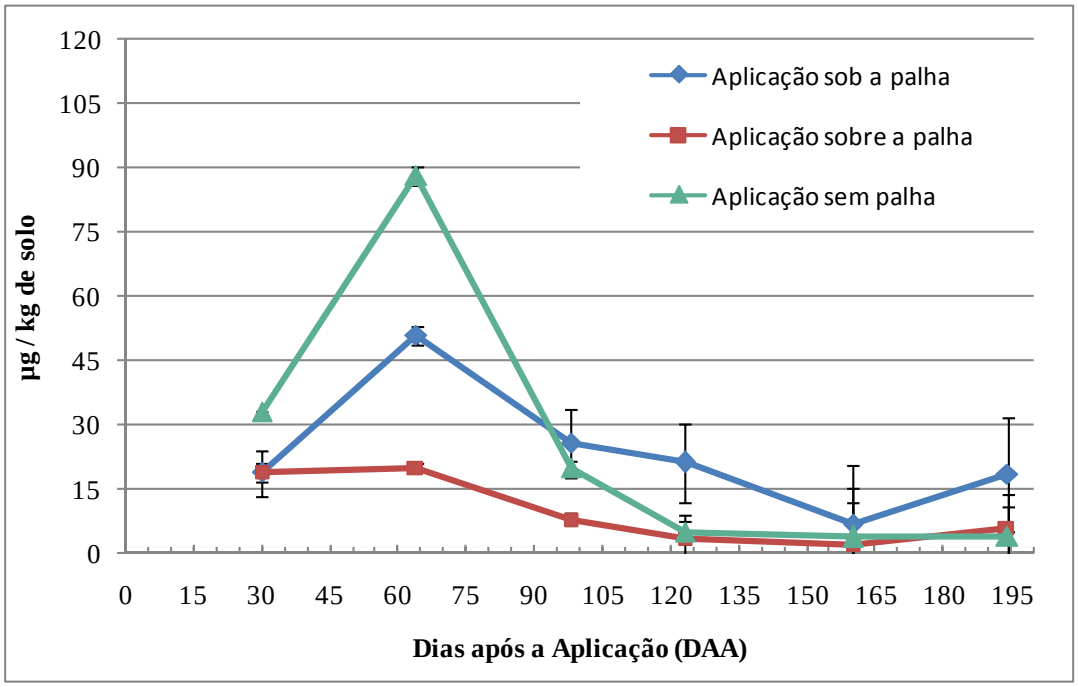

Figura 14. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 20 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

Na Figura 15 são apresentadas as concentrações totais de amicarbazone na camada de solo de 0 a 40 cm (Figura 15) e verificam-se maiores perdas do herbicida no tratamento sem palha, provavelmente pela maior lixiviação com início da ocorrência de chuvas e novamente a aplicação sobre a palha apresentou concentrações inferiores do amicarbazone, comprovando a retenção pela palha em época com menor disponibilidade hídrica.

Para aplicação com a colhedora, observa-se maiores concentrações do produto independente da profundidade, quando se iniciou as chuvas, o que demonstra ser uma grande vantagem desta modalidade de aplicação do herbicida, principalmente pela maior retenção do produto nas camadas superficiais.

Segundo Correia et al. (2007), a maior condutividade hidráulica na superfície do solo no sistema plantio convencional pode representar, a princípio, aumento nas perdas do herbicida por lixiviação. Quando a quantidade de água da chuva excede a capacidade de infiltração do solo, começam as perdas por escoamento superficial. As perdas por escoamento superficial também podem ser intensificadas no sistema plantio convencional, quando a água que penetra no solo encontra uma camada mais adensada e com menor capacidade de infiltração (Correia et al., 2007). Ainda segundo estes autores, a menor condutividade hidráulica na superfície do plantio direto aumenta o tempo de contato do herbicida com o solo, favorecendo o processo de adsorção e redução das perdas por lixiviação.

Na Figura 16, observa-se, quanto aos teores de umidade do solo, que na área com palha a manutenção de altos teores de água no solo é bastante superior mesmo na época seca, o que garante um melhor desempenho do amicarbazone aplicado nesta condição. Segundo Martini e Durigan (2004), o teor de água no solo é fundamental para garantir o sucesso do herbicida no controle das plantas daninhas, principalmente na camada superficial, de zero a dois centímetros, que deve possuir quantidade de água suficiente para ativar e movimentar o herbicida até os dissemínulos, garantindo sua boa ação.

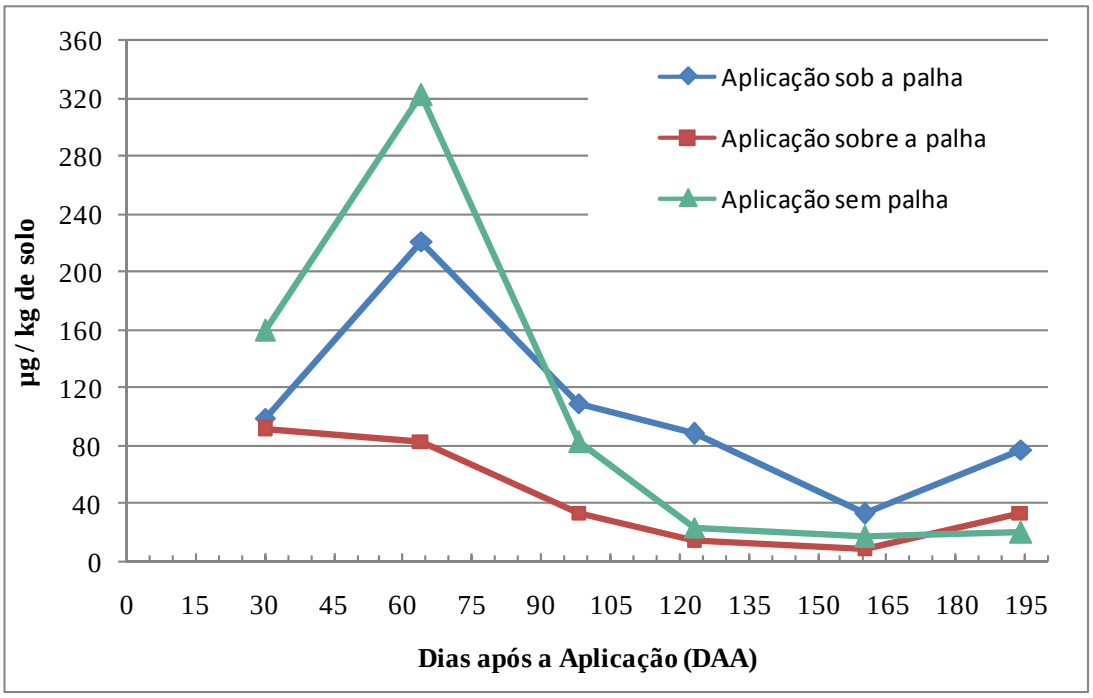

Figura 15. Concentrações totais de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

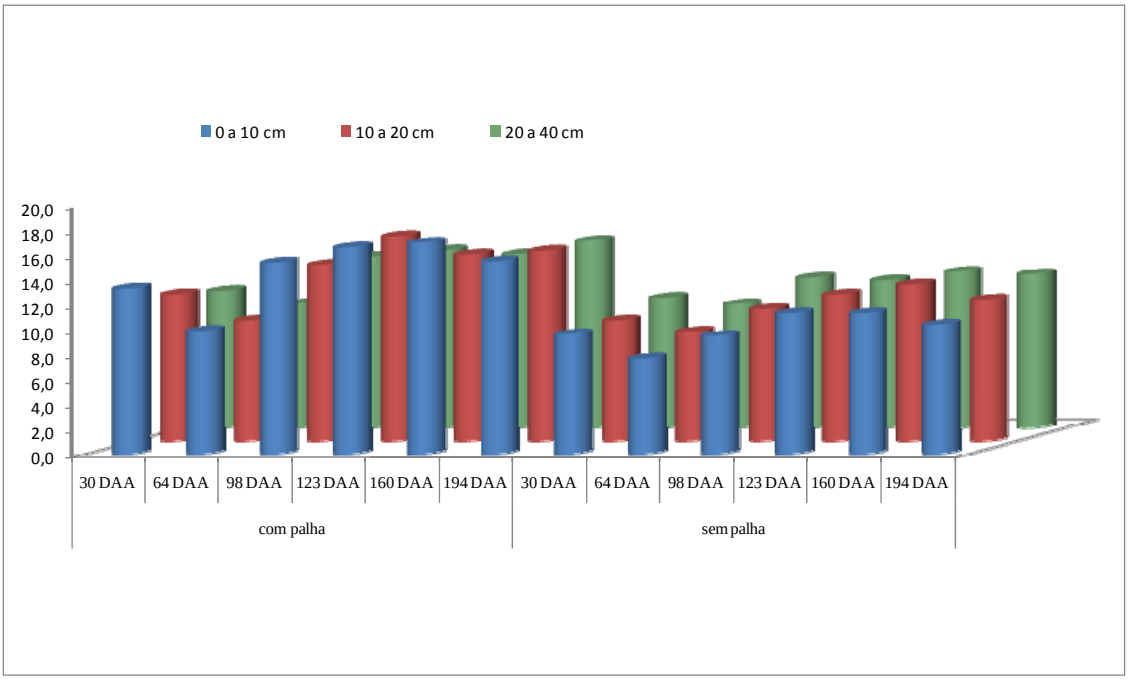

Figura 16. Teores de umidade (%) do solo com presença e ausência de palha de cana-de-açúcar, durante a condução do experimento, nas diferentes profundidades amostradas. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

6.1.2. Aplicação em época semi-úmida (31 de agosto).

Nas Figuras 17 a 20 estão apresentados os resultados das análises de amicarbazone no solo (µg de amicarbazone kg^{-1} de solo) nos diferentes tratamentos e profundidades do solo amostradas.

Para esta época de aplicação, verificam-se concentrações bastante inferiores do amicarbazone, em relação à aplicação em época seca (27 de junho). Até a primeira avaliação (38 DAA) ocorreram chuvas que totalizaram aproximadamente 90 mm, os quais foram suficientes para reduzir as concentrações de amicarbazone, principalmente na camada superficial (Figura 17). Nesta camada, de maior importância no controle das plantas daninhas, verifica-se que no tratamento com aplicação com a colhedora (sob a palha) são observados maiores concentrações do amicarbazone, independente da época de avaliação. A aplicação sem palha apresentou concentrações intermediárias aos do tratamento com a colhedora e sobre a palha até 120 DAA, onde os resultados para a aplicação sob e sem palha foram semelhantes. Carbonari (2007) observou quanto à eficácia no controle das plantas daninhas nesta área experimental em aplicações realizadas na época com baixa disponibilidade hídrica inicial (27 de junho e 31 de agosto) para as espécies de plantas daninhas *P. maximum*, *E. heterophylla*, *B. decumbens*, *B. pilosa* e cordas-de-viola, que os maiores níveis de eficácia do amicarbazone foram observados com a aplicação sob a palha, em operação conjunta com a colheita.

Para a aplicação sobre a palha, observa-se concentrações de amicarbazone no solo bastante inferiores aos demais tratamentos até 120 DAA, provavelmente devido a retenção pela palha. Contudo, Carbonari (2007) observou para a aplicação sobre a palha nesta época de aplicação bons níveis de controle das diferentes plantas daninhas, o que demonstra que estas quantidades de amicarbazone verificadas foram suficientes para promover a intoxicação e morte das plantas daninhas.

Segundo Reddy et al. (1997), a cobertura com palha pode afetar a disponibilidade e persistência dos herbicidas aplicados ao solo, uma vez que, a adsorção dos herbicidas aos resíduos das plantas, pode reduzir sua liberação para o solo e em função disso, pode afetar a atividade e a persistência destes compostos no solo. De acordo com Ferri e Vidal. (2003), a presença da palha na superfície do solo reduziu em torno de 52% a

biodisponibilidade do herbicida acetochlor. Ainda segundo os autores, por adsorver as moléculas e protegê-las da ação desses processos, supõe-se que a palha, na superfície do solo, contribuiu para elevar a persistência do herbicida acetochlor. Outros pesquisadores como Banks e Robinson (1986), Reddy et al. (1997) e Rodrigues et al. (2000) também evidenciaram a importância da palha na superfície do solo como fator de redução da atividade de herbicidas residuais.

Em geral, nesta profundidade (0 a 10 cm) são observadas perdas significativas e proporcionais à ocorrência de chuvas para os tratamentos aplicados diretamente no solo (sem palha e sob a palha). São observadas concentrações iniciais elevadas (acima de 25 µg kg de solo^{-1}) e concentrações bastante reduzidas aos 190 DAA (abaixo de 5 µg kg de solo^{-1}).

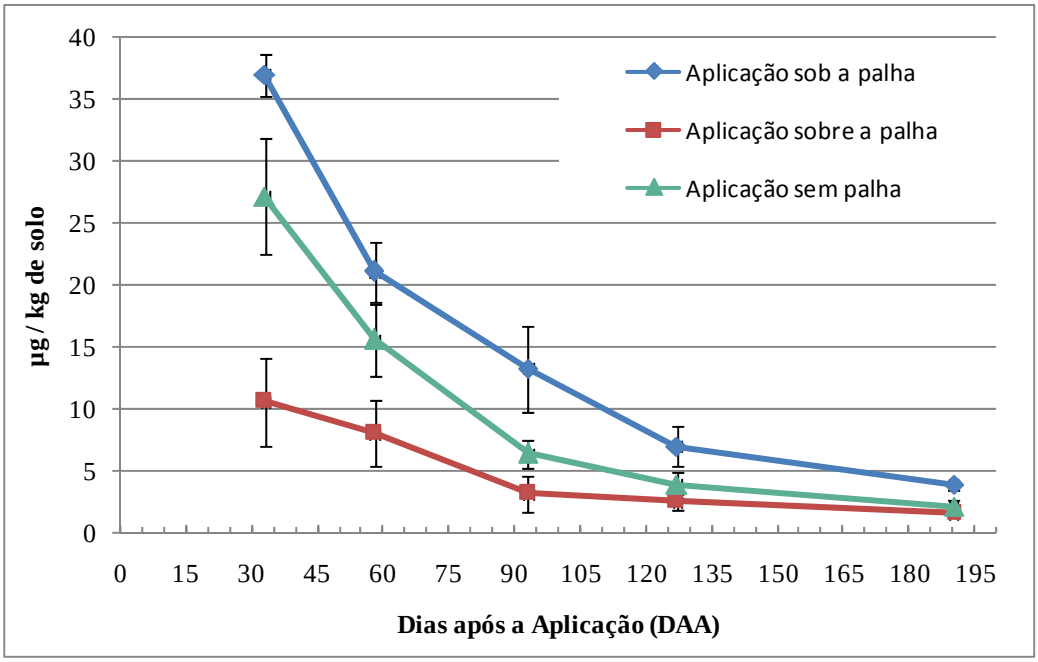

Figura 17. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 10 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

Na Figura 18 são apresentadas as concentrações de amicarbazone na camada entre 10 e 20 cm de solo. Verifica-se que a aplicação com a colhedora foi bastante eficiente em manter os maiores níveis de amicarbazone no solo, sendo que nesta modalidade de aplicação, na qual o produto chega em sua dose total diretamente no solo e

com a proteção da camada de palha, ocorre uma maior retenção do produto. Para a aplicação sobre a palha são observadas concentrações semelhantes em todos os períodos avaliados. Resultados semelhantes são observados na maior profundidade (20 a 40 cm), conforme Figura 19.

Os níveis totais observados para o amicarbazone nas diferentes profundidades (Figura 20) demonstram concentrações superiores para aplicação sob a palha em relação aos demais tratamentos, evidenciando assim, uma maior retenção do amicarbazone no perfil do solo em relação às demais modalidades de aplicação. Tais resultados sugerem que parte do produto aplicado, principalmente na aplicação sem palha, pode ter lixiviado para profundidades maiores do que os 40 cm avaliados, uma vez que, na aplicação com a colhedora, onde o produto também é aplicado diretamente sobre o solo, verifica-se níveis totais de amicarbazone no solo inferiores até 40 cm de profundidade.

Destaca-se se ainda para esta área um solo de textura arenosa, conforme Tabela 5, o que pode ter contribuído para a redução das concentrações de amicarbazone disponíveis nas camadas de solo avaliadas, onde parte do herbicida pode ter sido lixiviada inclusive para camadas mais profundas do solo. Segundo Gamelli et al. (2008), o aumento nos teores de areia do solo contribuíram para aumentar a disponibilidade inicial de amicarbazone na solução do solo. Segundo os autores, quando se adicionou 20 e 60% de areia ao solo original, obteve-se um controle mais eficiente das plantas de *I. grandifolia* utilizadas como indicadoras da disponibilidade do herbicida, o que permitiu uma redução de 37,8 e 45,3 % na dose original para que se obtivesse a mesma eficácia de controle em relação ao solo original. Desta forma, o alto teor de areia pode representar menor potencial de adsorção do herbicida e boa permeabilidade, aumentando a disponibilidade inicial do produto. No entanto facilita também o processo de lixiviação reduzindo a quantidade do produto ao longo do tempo.

Na Figura 21, observa-se, quanto aos teores de umidade no solo, na área com palha a manutenção de maiores teores de água no solo sendo superior principalmente na camada superficial do solo, o que favorece a eficácia e a disponibilidade do herbicida, como já discutido anteriormente.

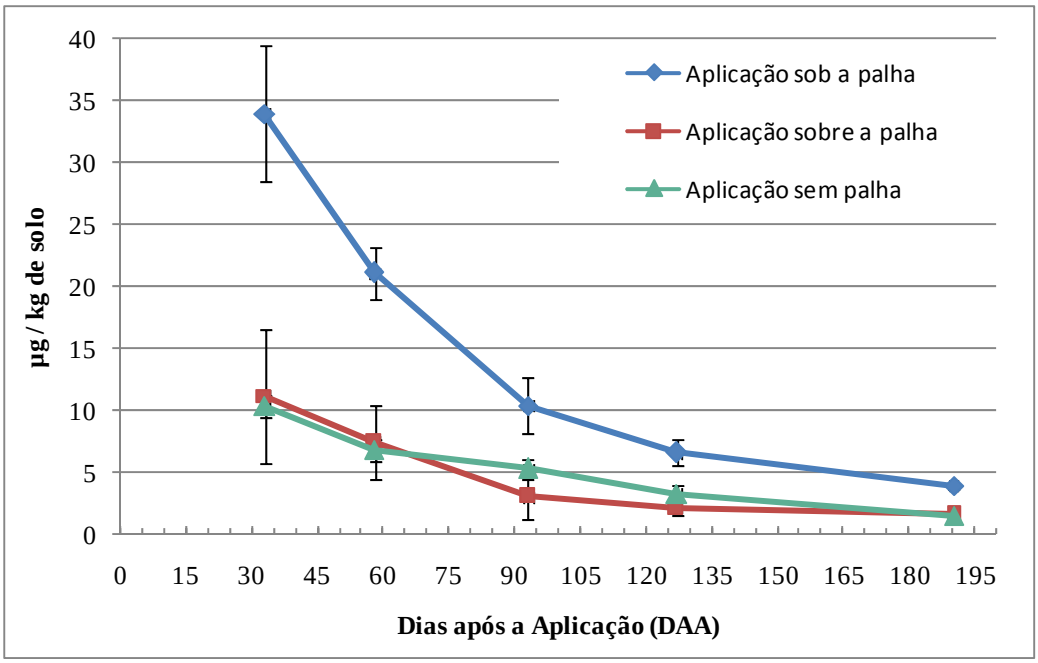

Figura 18. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 10 a 20 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

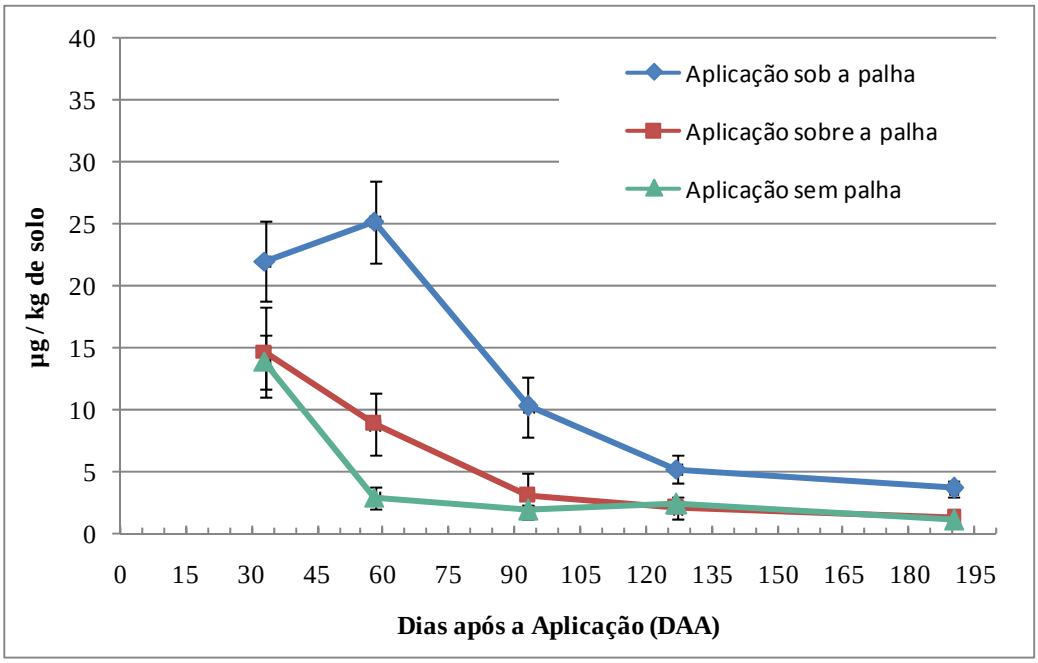

Figura 19. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 20 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

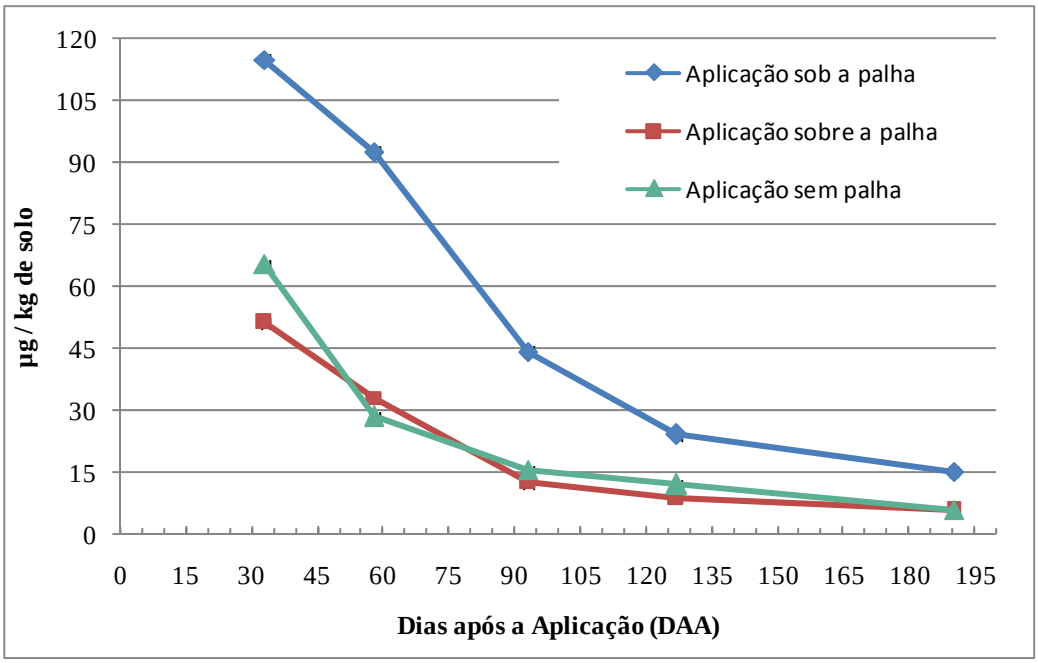

Figura 20. Concentrações totais de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

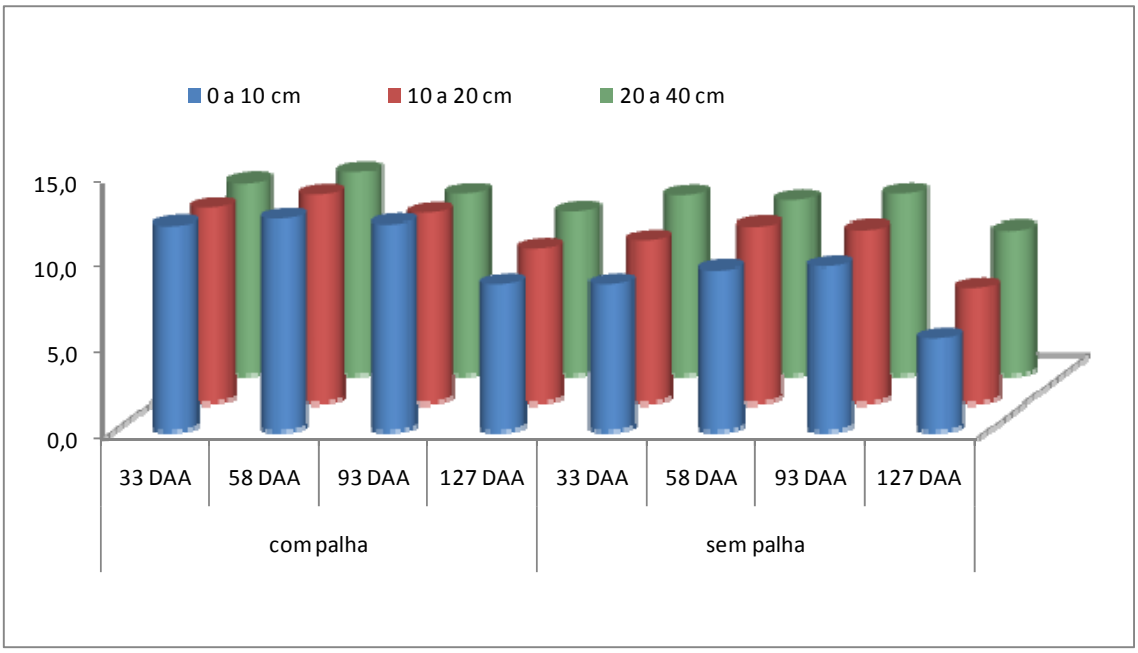

Figura 21. Teores de umidade do solo (%) com presença e ausência de palha de cana-de-açúcar, durante a condução do experimento, nas diferentes profundidades amostradas. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

6.1.3. Aplicação em época úmida (04 de outubro).

Nas Figuras 22 a 25 estão apresentados os resultados das análises das concentrações de amicarbazone no solo (µg de amicarbazone kg de solo^{-1}) nos diferentes tratamentos e profundidades amostradas.

Observa-se para a camada de 0 a 10 cm de profundidade, concentrações relativamente altas de amicarbazone na primeira avaliação (38 DAA), para a aplicação com a colhedora. Inicialmente as concentrações de amicarbazone no solo para as aplicações sobre a palha e na ausência de palha foram semelhantes, no entanto, ao redor de 50% menor dos que os teores para aplicação com a colhedora (Figura 22). Entre a aplicação do herbicida nas diferentes modalidades e a primeira coleta de solo, ocorreram 93 mm de chuva, o que explica as menores concentrações observadas inicialmente no tratamento sem palha em relação à aplicação com a colhedora (sob a palha). Bachega et al. (2009) ao avaliarem a lixiviação do amicarbazone em amostras de solo de textura média, extraídos de forma indeformada (até 35 cm) de uma área de cultivo de cana-de-açúcar com aplicação do produto e após chuvas acumuladas de 35, 65 e 106 mm, observaram que a partir de 35 mm de chuva houve uma distribuição intensa do produto ao longo dos 35 cm de profundidade e com 106 mm ocorreu a lixiviação quase que completa do amicarbazone nesta camada de solo, confirmada pela ineficácia de controle das plantas de *I. nil*, utilizadas como bioindicadora da presença ou não do herbicida.

A ocorrência dessa chuva permitiu que na aplicação sobre a palha fossem observadas concentrações similares a aplicação sem palha aos 38 DAA, devido a liberação do amicarbazone da palha para o solo. Quanto maiores os períodos entre a aplicação dos herbicidas e a ocorrência das primeiras chuvas, menores as quantidades desses produtos que atingem o solo (Godoy et al., 2007; Tofoli, 2004; Negrisoli et al., 2002; Velini et al., 2004. Cavenaghi et al., 2007). Cavenaghi et al. (2007) avaliando tais efeitos para o amicarbazone, verificaram que quanto maiores os períodos de estiagem, menor a quantidade de amicarbazone lixiviada da palha para o solo. Sendo os intervalos sem chuva de 1, 7, 15 e 30 dias após a aplicação, observou-se respectivamente a lixiviação de 85, 81, 66, 65 e 55% para uma lâmina de chuva de 65 mm e 81, 74, 61, 57 e 51 % , para uma lâmina de 20 mm de chuva. Negrisoli et al. (2007) avaliando a eficácia do

amicarbazone no controle de plantas daninhas, quando o produto foi aplicado sobre a palha e seguido da ocorrência de chuvas (2,5 ou 30 mm), observaram excelentes níveis de controle das espécies *I. grandifolia, B. decumbens* e *B. plantaginea*.

Aos 72 DAA, verificam-se concentrações maiores de amicarbazone no solo para aplicação sobre a palha, tal fato indica que a ocorrência de chuvas permitiu a liberação do produto da palha para o solo, aumentando as concentrações na camada superficial, em relação às demais aplicações sobre o solo e mais sujeita a lixiviação para profundidades maiores. Segundo Gevao et al. (2000), este fato pode ser explicado pela possibilidade de liberação do herbicida à medida que a palha vai sendo degradada.

Carbonari (2007) observou para esta época de aplicação, melhores resultados de controle de *P. maximum* para a aplicação convencional sobre a palha e para as demais espécies (*E. heterophylla*, *B. decumbens*, *B. pilosa* e cordas-de-viola), os maiores níveis de controle foram observados para aplicação com a colhedora e convencional sobre a palha, comprovando os resultados observados para as concentrações de amicarbazone no solo.

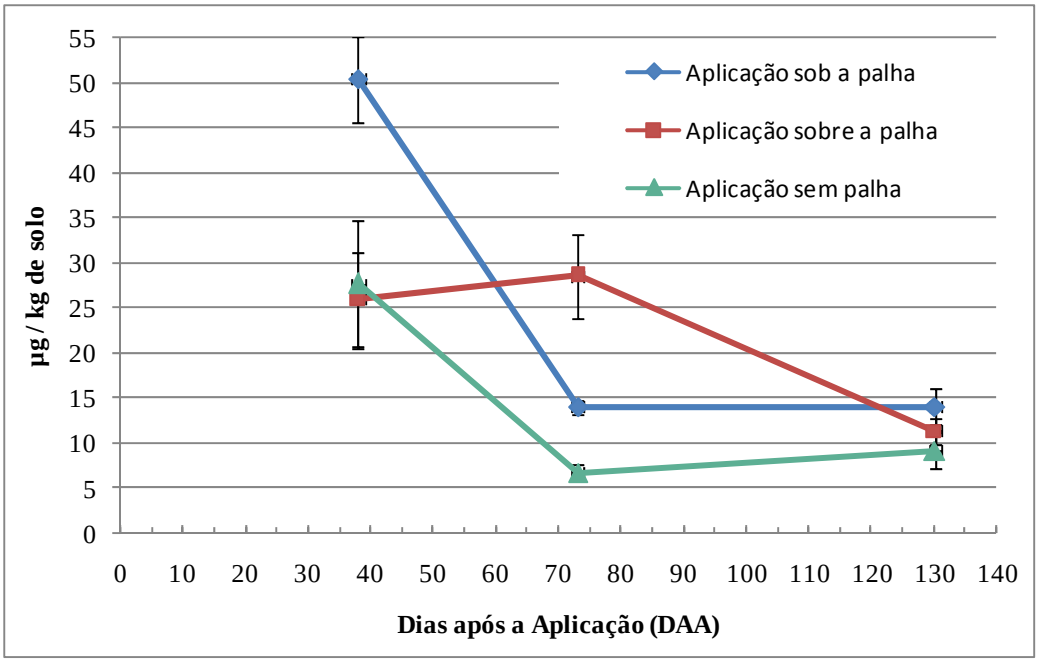

Figura 22. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 10 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

Nas camadas mais profundas do solo (Figuras 23 e 24) observam-se concentrações semelhantes de amicarbazone no solo para os diferentes tratamentos e épocas de avaliação, sendo este superior para aplicação com a colhedora. Verifica-se para a aplicação sobre a palha, menores concentrações de amicarbazone nas camadas mais profundas do solo aos 72 DAA. Estes resultados são reflexos das maiores concentrações observadas nesta avaliação na camada superficial, o que demonstra uma menor lixiviação para camadas mais profundas nesta modalidade e época de aplicação.

Quanto às concentrações totais de amicarbazone no solo, nas diferentes camadas estudadas (Figura 25), novamente verificam-se maiores concentrações de produto no solo para aplicação com a colhedora, seguidos das aplicações sobre a palha e sem palha, as quais apresentaram concentrações semelhantes nas diferentes avaliações.

Na Figura 26, observam-se novamente maiores teores de umidade no solo com a presença de palha em relação ao solo sem palha, independente da profundidade do solo avaliada. No entanto, para esta época de aplicação verificam-se diferenças menores entre a umidade do solo na área com palha em relação a área sem palha, devido a maior ocorrência de chuvas neste período.

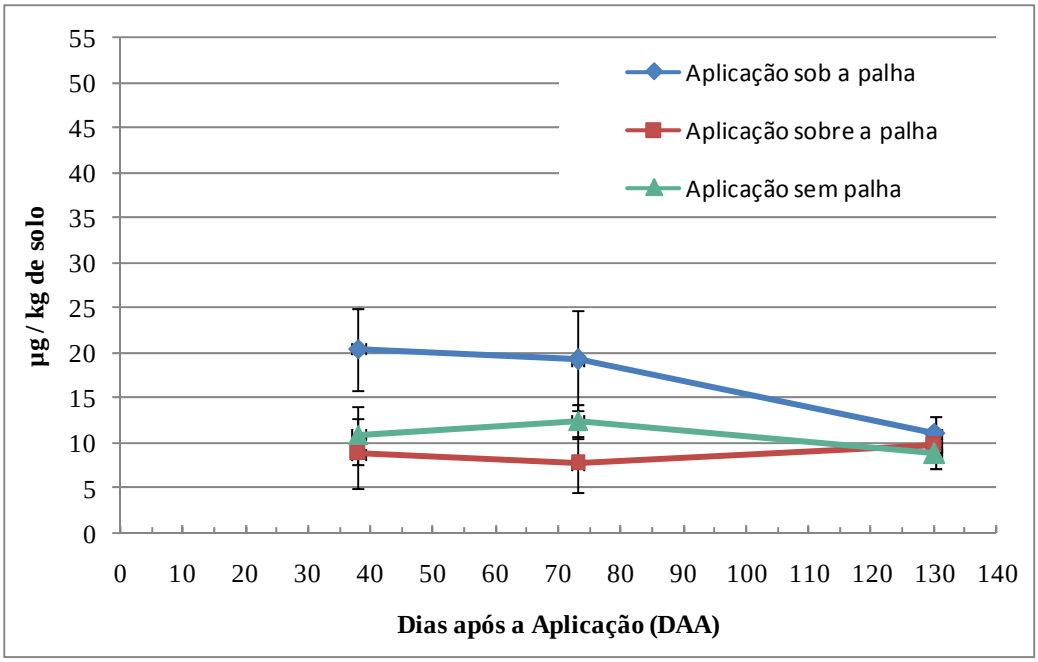

Figura 23. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 10 a 20 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

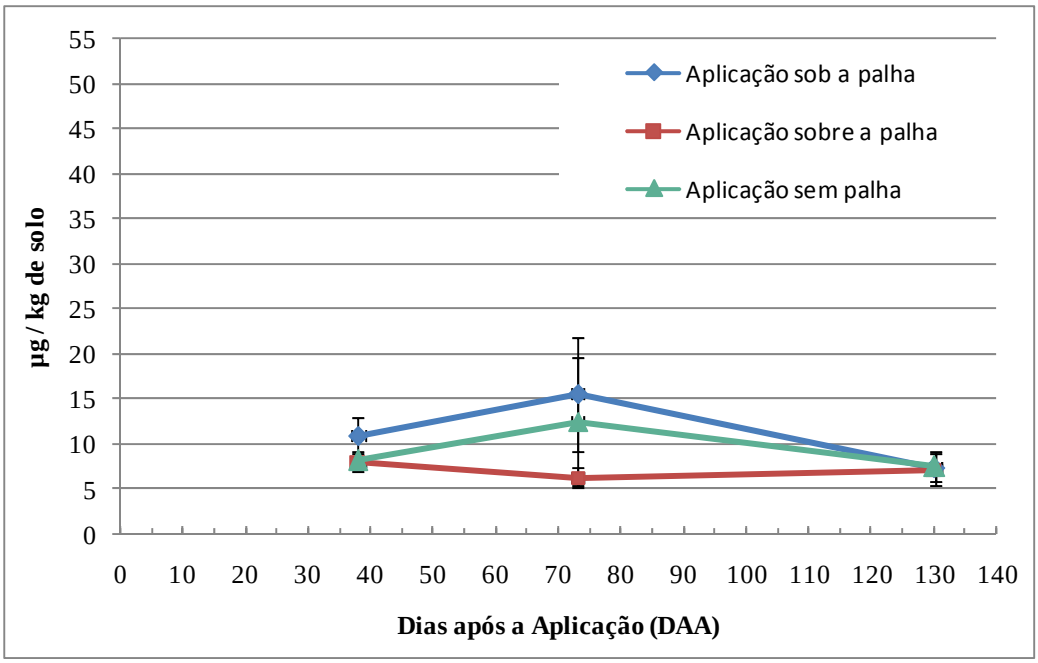

Figura 24. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 20 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

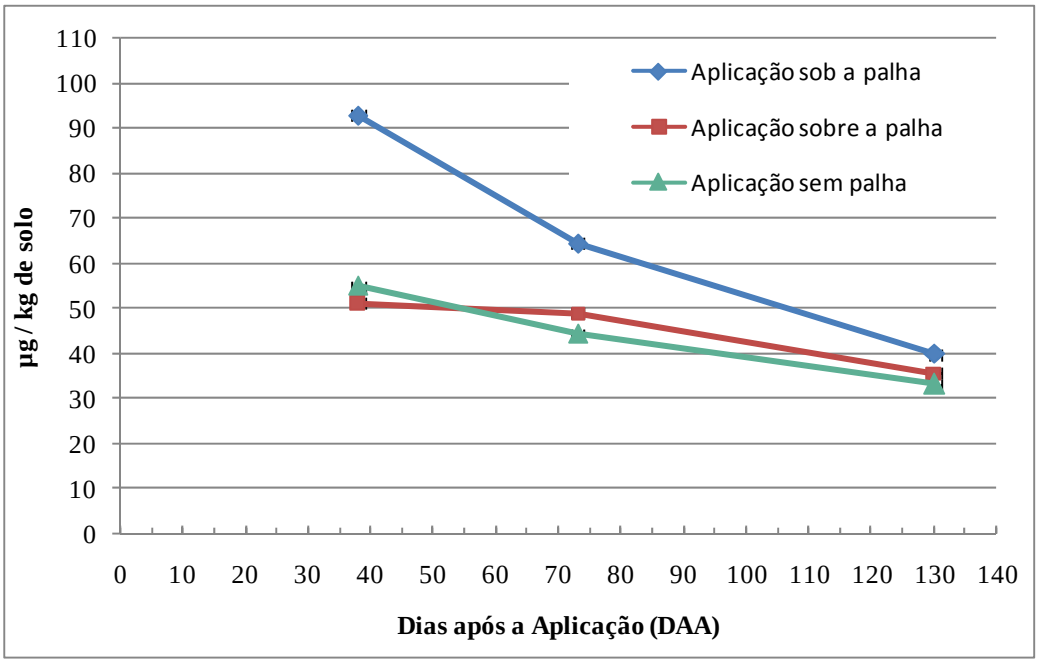

Figura 25. Concentrações totais de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

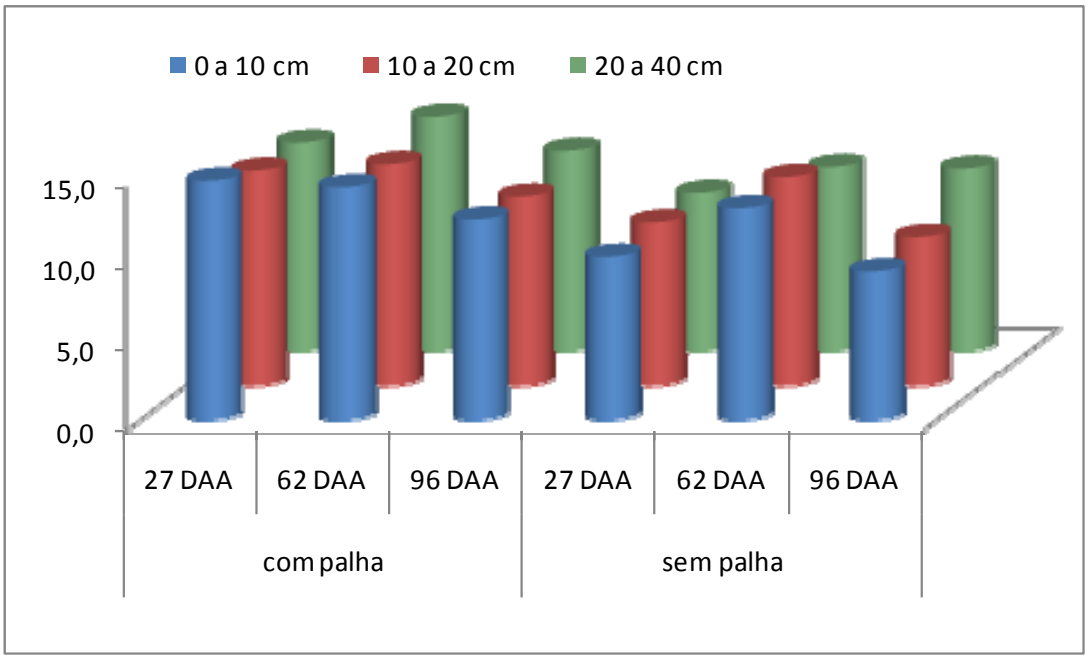

Figura 26. Teores de umidade do solo (%) com presença e ausência de palha de cana-de-açúcar, durante a condução do experimento, nas diferentes profundidades amostradas. Porto Ferreira/SP – 2005/06.

6.1.4. Aplicação do amicarbazone em 20 de outubro.

Nas Figuras 27 a 30 estão apresentados os resultados das análises de amicarbazone no solo (µg de amicarbazone kg de solo^{-1}) nos diferentes tratamentos e profundidades amostradas. Para esta época de aplicação (20 de outubro), observam-se concentrações bastante reduzidas do amicarbazone, em relação às demais épocas de aplicação, independente da camada de solo avaliada. Verificam-se nas Tabelas 11 e 12 altos teores de argila e matéria orgânica no solo, independente da profundidade avaliada. O tipo e conteúdo de argila, teor e características da matéria orgânica e umidade do solo afetam as interações do herbicida no solo (Levanon et al., 1993; Czapar et al., 1994).

A matéria orgânica apresenta acentuada capacidade de sorver herbicidas (Stevenson, 1972) e isto reduz a atividade biológica e a mobilidade dos compostos químicos aplicados ao solo (Lee e Farmer, 1989; Scheunert et al., 1992). A

pronunciada reatividade da matéria orgânica está relacionada principalmente com sua elevada área superficial específica e presença de vários grupos funcionais, como carboxilas, hidroxilas e aminas, e estruturas alifáticas e aromáticas (Stevenson, 1972; Stearman et al., 1989; Kuckuk et al., 1997).

Observa-se para a camada superficial (0 a 10 cm), conforme Figura 27, que a aplicação sob e sobre a palha apresentaram níveis próximos de amicarbazone inicialmente. Verifica-se uma ocorrência de aproximadamente 130 mm de chuva, o que aparentemente foi suficiente para carregar o amicarbazone aplicado sobre a palha para o solo. Os baixos níveis de amicarbazone observados podem estar relacionados à textura do solo, muito argilosa nesta área, o que pode ter indisponibilizado o produto.

Na Figura 31, observam-se, quanto aos níveis de umidade no solo, para esta época e na condição de solo argiloso, a ocorrência de pequenas diferenças na umidade do solo em áreas com e sem palha, por se tratar de uma época de alta disponibilidade de água.

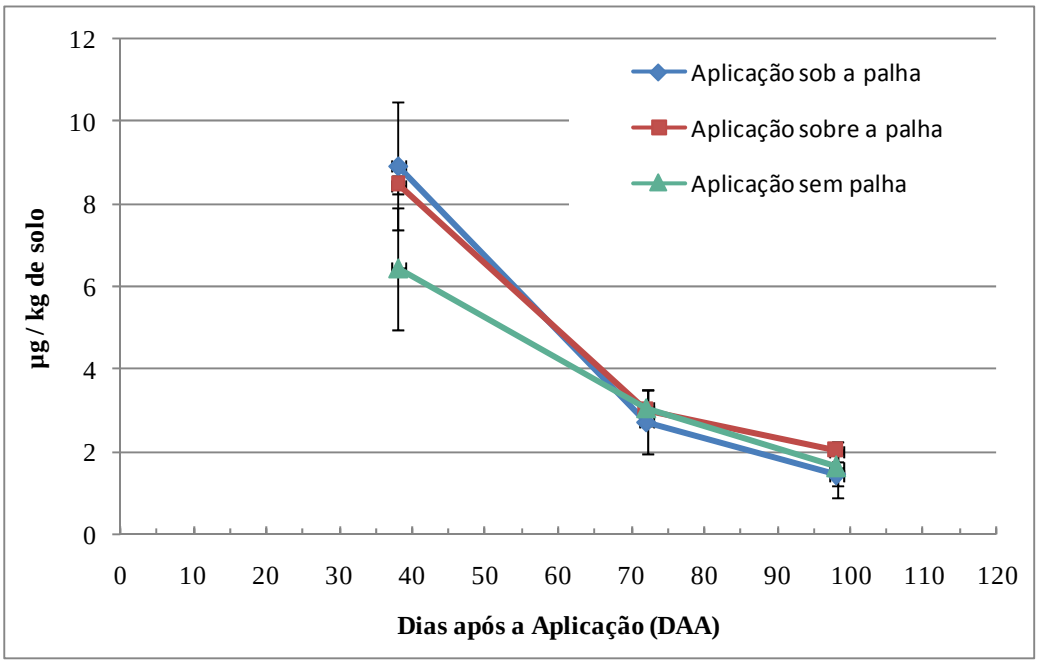

Figura 27. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 10 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Santa Cruz das Palmeiras/SP – 2005/06.

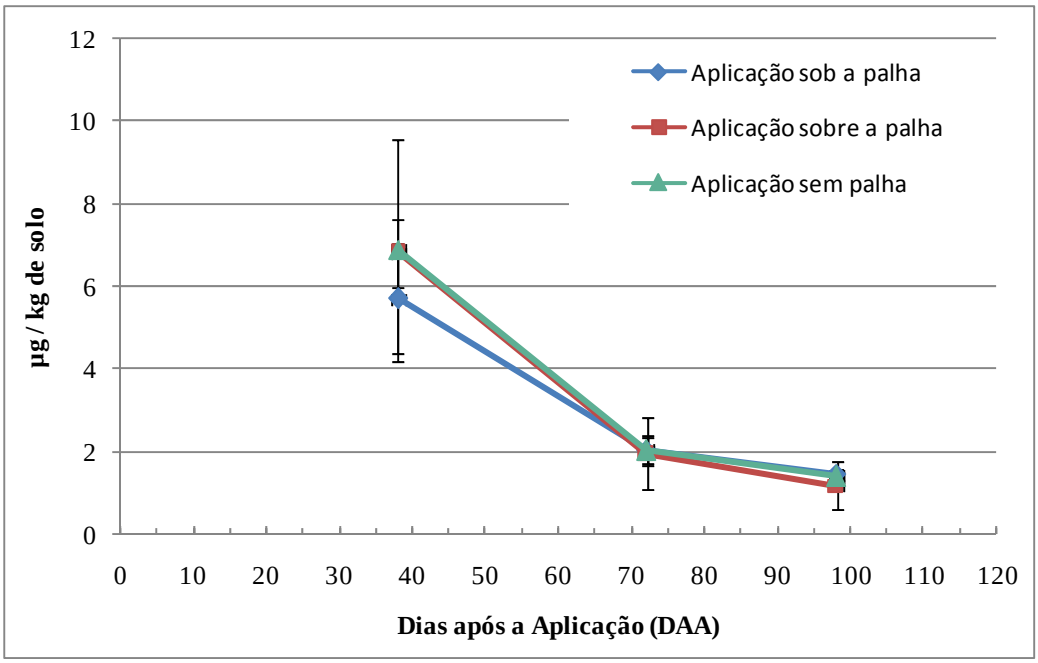

Figura 28. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 10 a 20 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Santa Cruz das Palmeiras/SP – 2005/06.

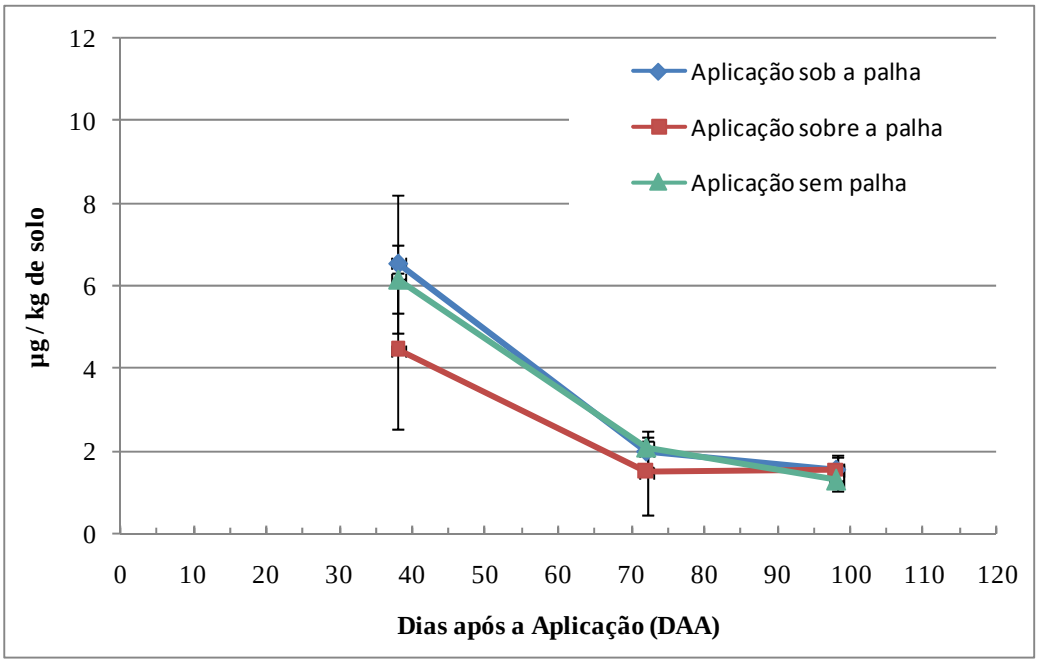

Figura 29. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 20 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Santa Cruz das Palmeiras /SP – 2005/06.

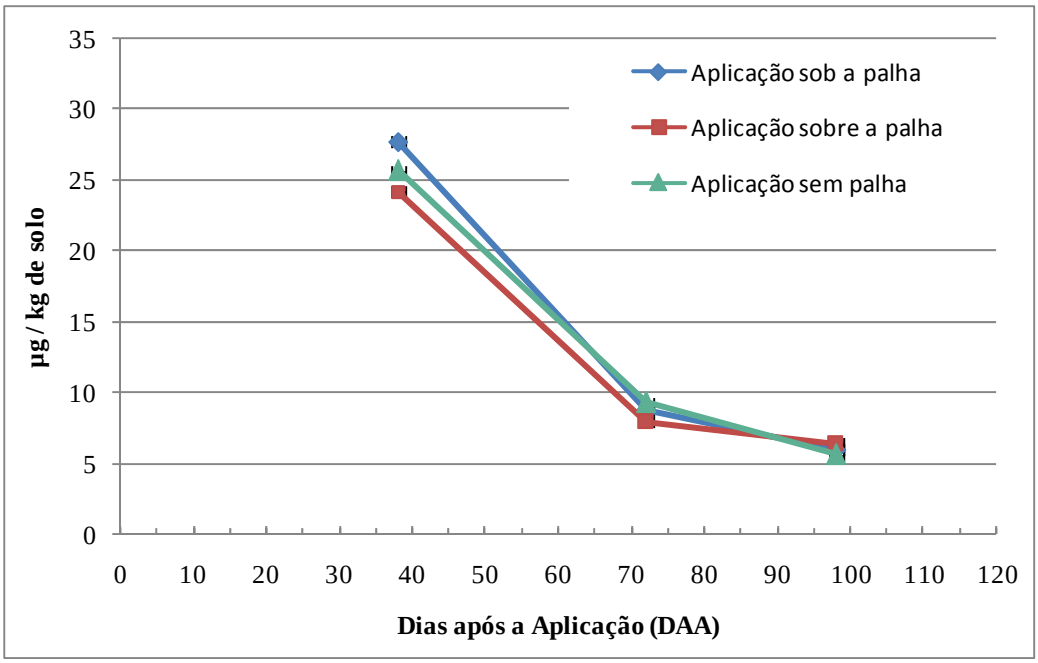

Figura 30. Concentrações totais de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Santa Cruz das Palmeiras /SP – 2005/06.

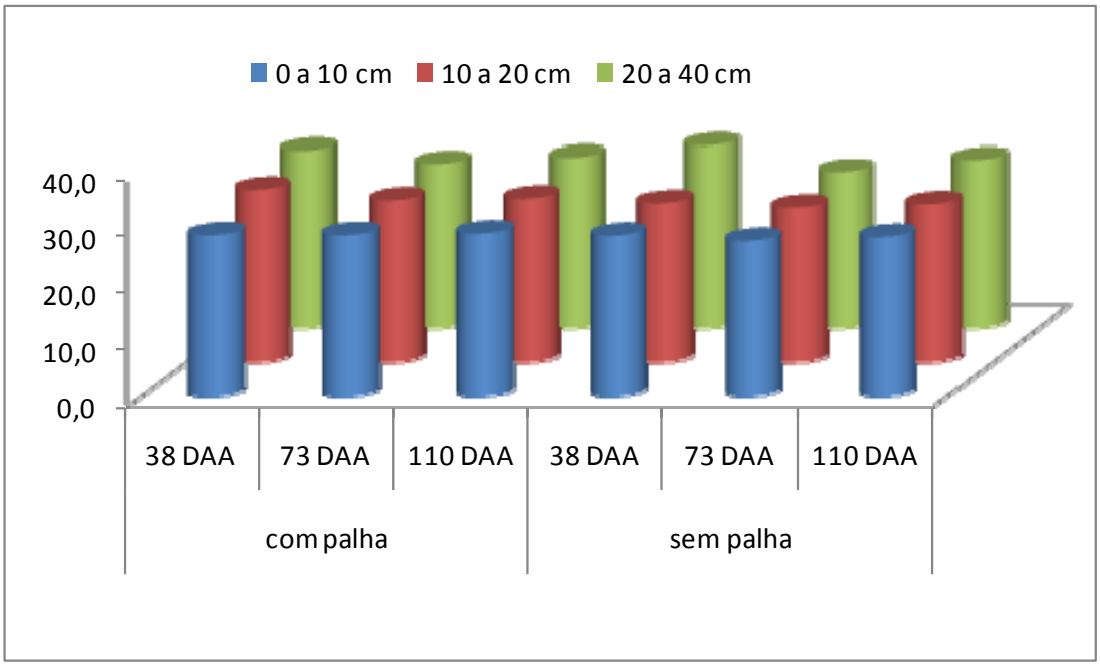

Figura 31. Teores de umidade do solo com presença e ausência de palha de cana-de-açúcar, durante a condução do experimento, nas diferentes profundidades amostradas. Santa Cruz das Palmeiras /SP – 2005/06.

6.1.5. Aplicação em época úmida (23 de novembro).

Nas Figuras 32 a 35 estão apresentados os resultados das análises de amicarbazone no solo (µg de amicarbazone kg de solo^{-1}) nos diferentes tratamentos e profundidades amostradas.

Observa-se para a camada superficial (0 a 10 cm), conforme Figura 31, que a aplicação sobre a palha apresentou maiores níveis de amicarbazone principalmente com o início das chuvas, as quais foram bastante intensas neste período (Tabela 1), e provavelmente foi suficiente para liberar todo o produto, permitindo maiores concentrações do amicarbazone por um período de tempo maior na camada superficial. Ainda nesta camada, verifica-se que a aplicação com a colhedora apresentou concentrações intermediárias e que a aplicação sem palha apresentou menores concentrações de amicarbazone em todos os períodos de avaliação até 158 DAA. Carbonari (2007) observou para esta área melhores resultados no controle *B. decumbens* e *P. maximum* com aplicação sobre a palha em relação às demais modalidades de aplicação, principalmente na ausência de palha. Para as demais espécies foram observados bons níveis de controle com aplicação sobre e sob a palha de cana-de-açúcar.

Na profundidade entre 10 e 20 cm (Figura 33), observa-se uma maior concentração inicial para aplicação com a colhedora (33 DAA), seguida da aplicação sobre a palha. Aos 98 DAA, observa-se resultados semelhantes entre estas modalidades de aplicação. Aos 158 DAA, observa-se uma inversão nos resultados, com um teor maior de amicarbazone no solo para aplicação sobre a palha. Nesta profundidade, a aplicação sem palha promoveu menores níveis de amicarbazone durante todo o período avaliado.

Na camada mais profunda do solo (entre 20 e 40 cm), verificam-se maiores concentrações de amicarbazone no tratamento sob a palha, seguido da aplicação sobre a palha e sem palha (Figura 34). Também nas concentrações totais foram observados resultados semelhantes (Figura 35), o que demonstra novamente, que em períodos chuvosos, uma quantidade bastante significativa do produto aplicado pode ter sido lixiviado para camadas mais profundas do solo e superiores aos 40 cm avaliados. Observa-se na Figura 36, que mesmo em época de alta disponibilidade hídrica, ocorrem maiores teores de umidade nas áreas com a presença de palha.

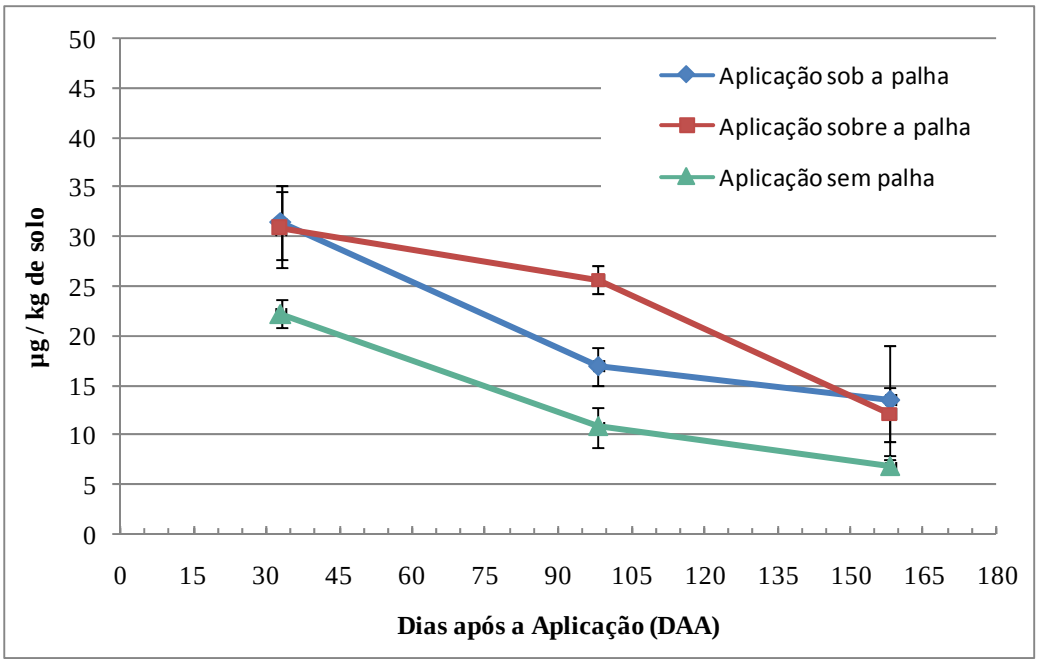

Figura 32. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 10 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Tambaú/SP – 2005/06.

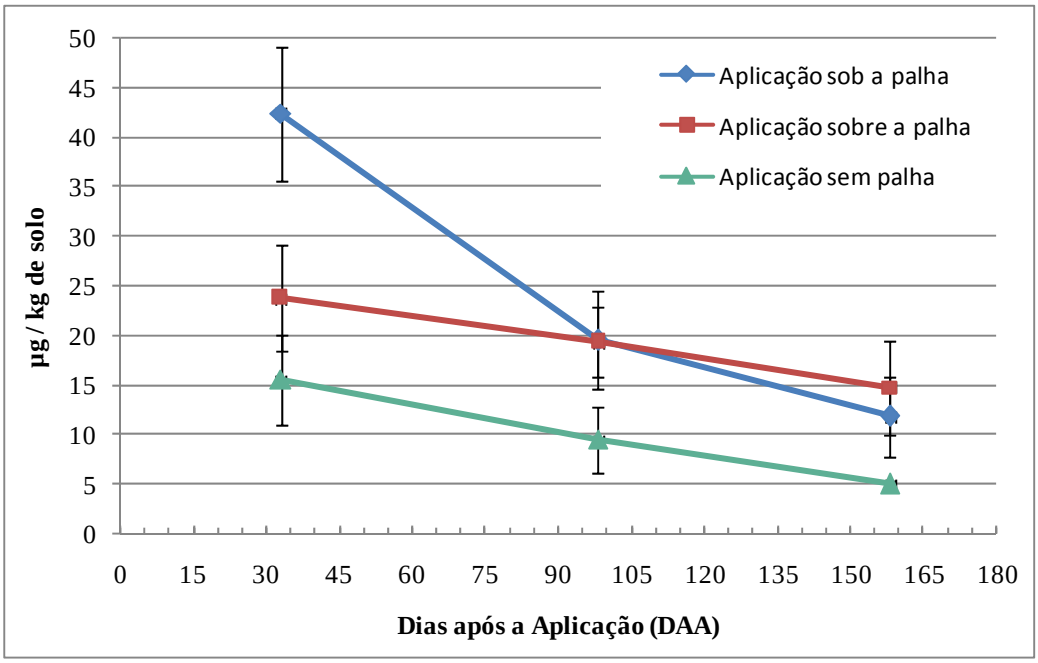

Figura 33. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 10 a 20 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Tambaú /SP – 2005/06.

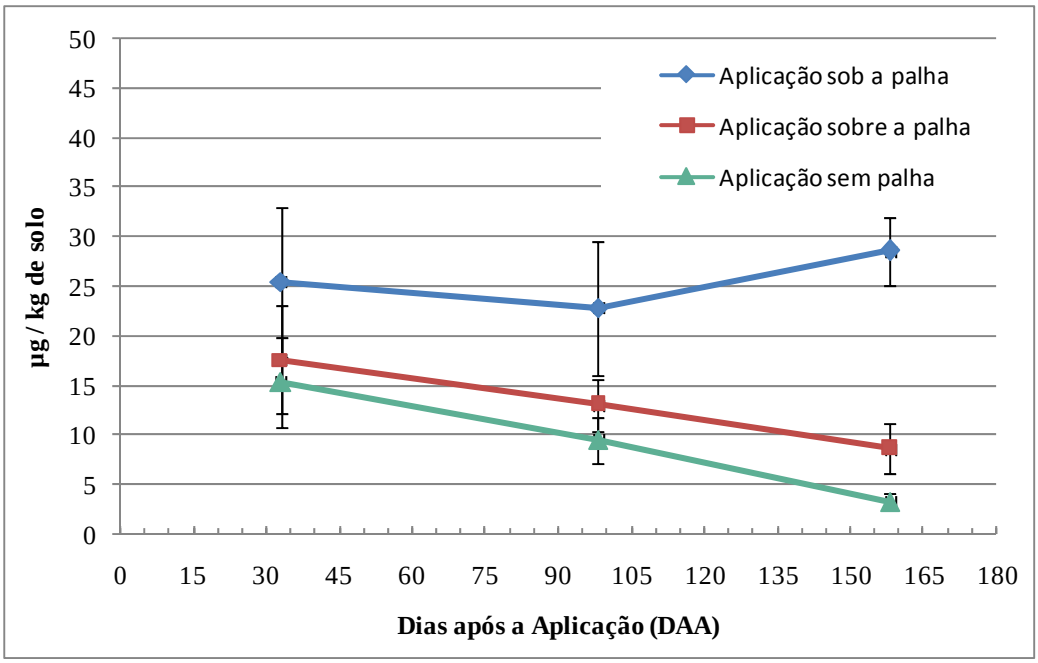

Figura 34. Concentrações de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 20 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Tambaú /SP – 2005/06.

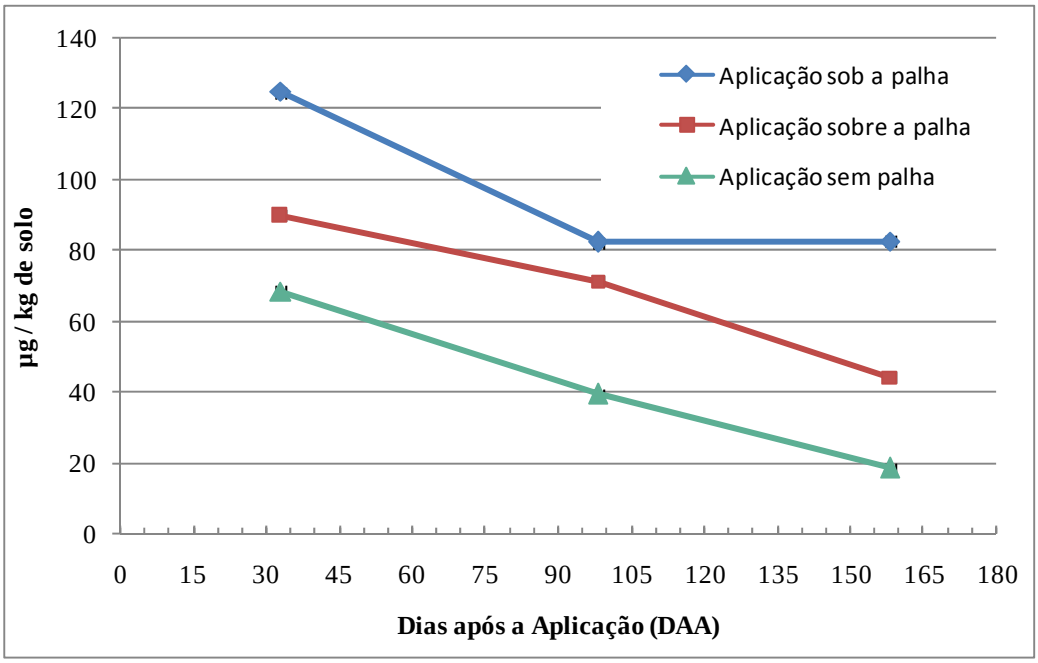

Figura 35. Concentrações totais de amicarbazone na solução do solo (µg kg de solo^{-1}), na camada de 0 a 40 cm de profundidade, para as diferentes modalidades de aplicação e épocas de avaliação. Tambaú /SP – 2005/06.

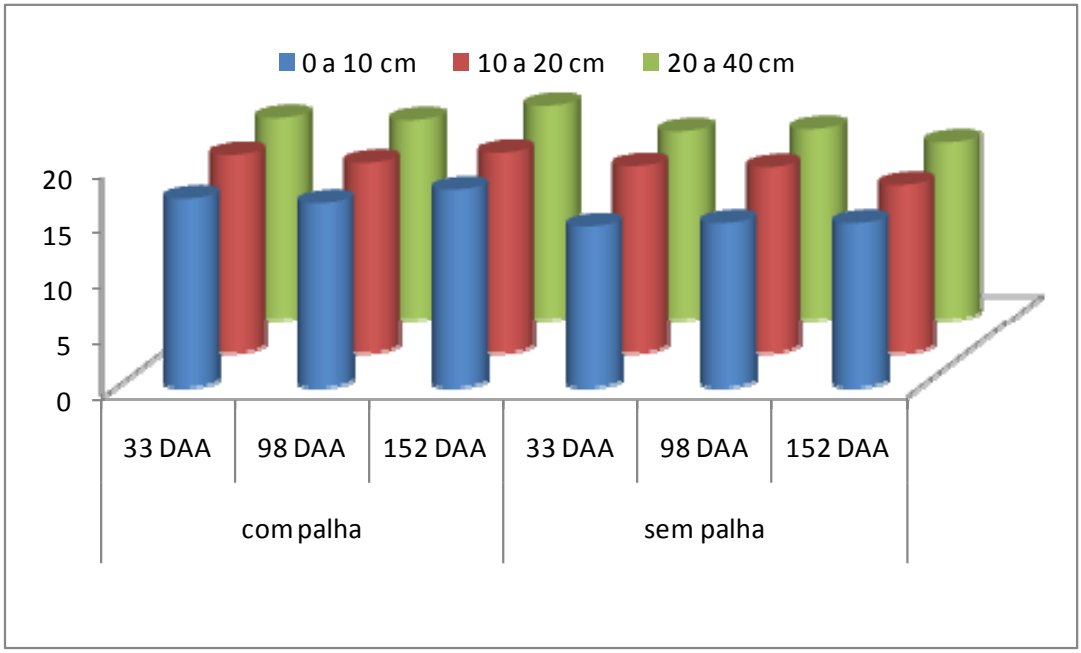

Figura 36. Teores de umidade do solo com presença e ausência de palha de cana-de-açúcar, durante a condução do experimento, nas diferentes profundidades amostradas. Tambaú /SP – 2005/06.

6.3. Correlação entre as concentrações de amicarbazone no solo e o controle das plantas daninhas

Na Figura 37 estão apresentados os resultados de controle das plantas de *B. decumbens* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}), nos sistemas com e sem palha de cana-de-açúcar. Observa-se que esta espécie de planta daninha apresentou falhas de controle (controle inferior a 95%), em áreas com ou sem palha, em geral, em concentrações inferiores a 30 µg kg^{-1} de amicarbazone. Verifica-se para esta espécie um controle nulo em algumas condições para a aplicação sem palha e em concentrações de amicarbazone no solo inferiores a 10 µg kg^{-1}. Tais resultados indicam que

essa espécie demanda concentrações relativamente altas do herbicida no solo para que se obtenha um controle eficiente e com menores riscos de falhas.

Verifica-se ainda, que mesmo as pequenas quantidades do produto presentes nas últimas avaliações foram suficientes para promover um excelente controle das diferentes plantas daninhas, até o fechamento da cultura. Mesmo no tratamento sobre a palha onde foram observados menores níveis de amicarbazone no solo obteve-se excelentes resultados de controle, o que pode estar relacionado à associação do herbicida e da presença de palha na superfície do solo. Deve ser destacado que em inúmeras situações são observados bons níveis de controle mesmo com concentrações de amicarbazone no solo inferiores a 5 µg kg^{-1}.

Para o *P. maximum* (Figura 38), verificam-se resultados semelhantes quanto à sensibilidade ao amicarbazone. Observa-se que também esta espécie de planta daninha apresentou falhas de controle (controle inferior a 95%), em áreas com ou sem palha, em geral, em concentrações inferiores a 30 µg kg^{-1} de amicarbazone.

A biodisponibilidade de herbicidas aplicados ao solo é essencialmente governada pelo equilíbrio dinâmico existente entre os processos de adsorção dos compostos presentes nos colóides do solo e sua solubilidade na fase solo-água (Javaroni et al., 1999). Como consequência, uma considerável influência desses parâmetros sobre a ação seletiva desses herbicidas e no controle das plantas daninhas devem ser esperadas.

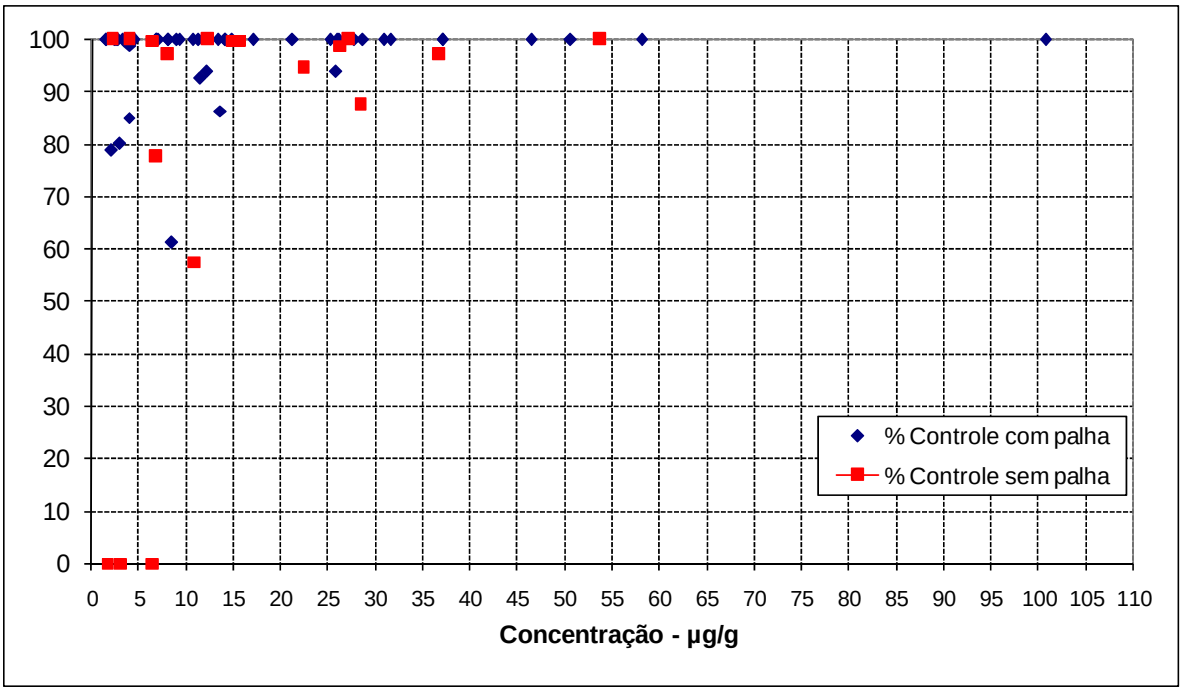

Figura 37. Porcentagem de controle das plantas de *B. decumbens* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

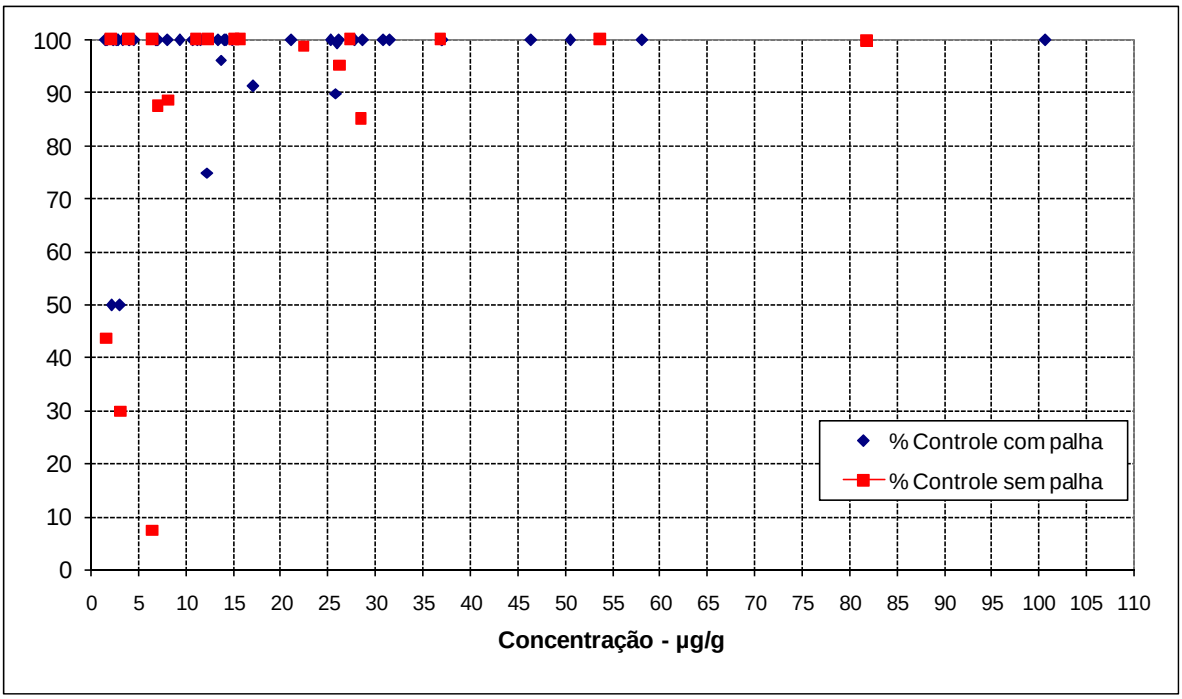

Figura 38. Porcentagem de controle das plantas de *P. maximum* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

Na Figura 39 estão apresentados os resultados de controle das plantas de *I. grandifolia* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}), nos sistemas com e sem palha de cana-de-açúcar. Observa-se que esta espécie de planta daninha apresentou falhas de controle, principalmente em áreas sem a presença de palha em geral nas concentrações inferiores a 31 µg kg^{-1}.

Para *E. heterophylla* (Figura 40) verifica-se falhas no controle sempre em doses inferiores a 10 µg kg^{-1}. Apesar de serem observados em geral, excelentes níveis de controle a partir de concentrações bastante baixas (<5 µg kg^{-1}). Nota-se nas áreas com palha algumas falhas no controle, onde são observadas porcentagens de controle entre 55 e 95%. No entanto, em áreas sem palha e com concentrações inferiores a 10 µg kg^{-1} foram observados os piores níveis de controle desta espécie (inferiores a 30%).

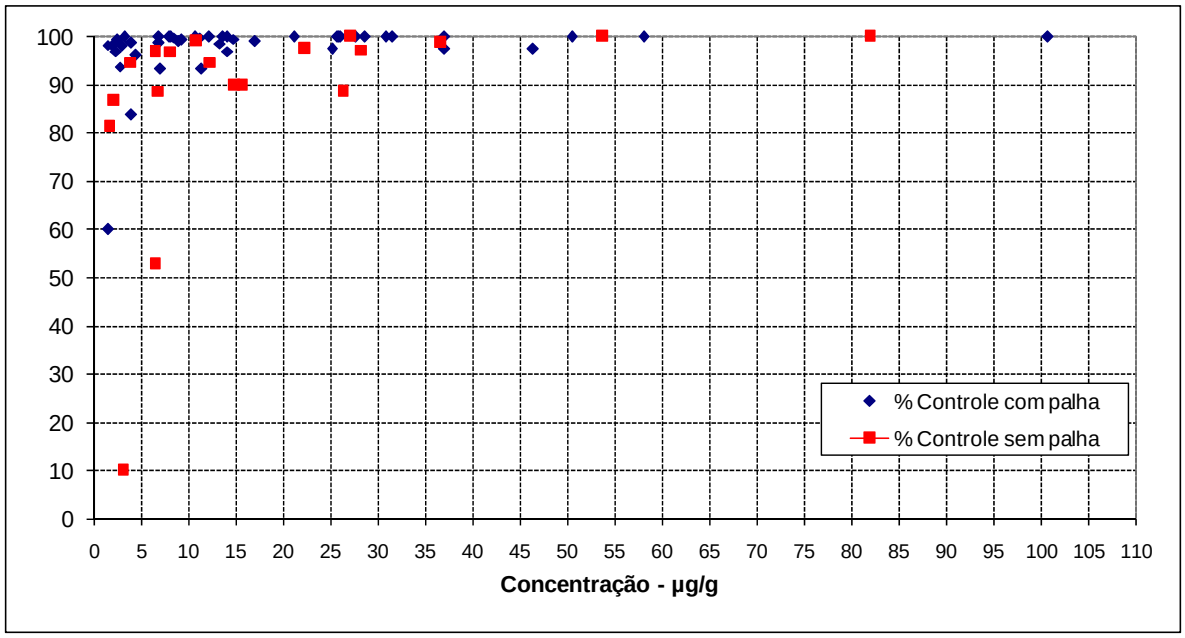

Figura 39. Porcentagem de controle das plantas de *I. grandifolia* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

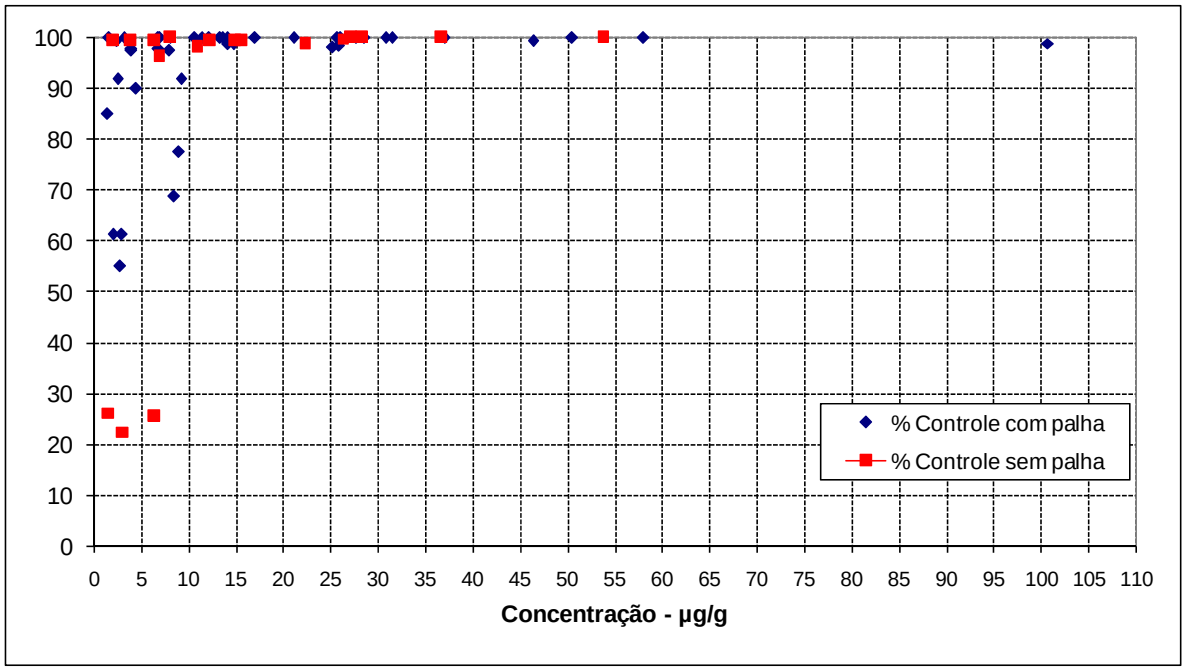

Figura 40. Porcentagem de controle das plantas de *E. heterophylla* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

Na Figura 41 estão apresentados os resultados de controle das plantas de *M. cissoides* em função da concentração do amicarbazone no solo, nos sistemas com e sem palha de cana-de-açúcar. Observa-se que esta espécie de planta daninha mostrou-se bastante susceptível ao amicarbazone, com excelentes níveis de controle mesmo em concentrações muito baixas do produto na camada superficial do solo (até 10 cm). Verificam-se ainda na Figura 41 (*M. cissoides*) apenas três pontos onde os níveis de controle em área sem a presença de palha foram insatisfatórios. Desta forma verifica-se que o amicarbazone apresenta um excelente potencial de controle desta espécie mesmo nas condições mais adversas, onde o herbicida apresentou alta adsorção ou lixiviação, ficando disponível na solução do solo em níveis mínimos.

Resultados semelhantes são observados nas Figuras 42 e 43, respectivamente para *I. nil* e *I. quamoclit*, onde ocorreu apenas uma parcela com falha de controle (< 95%), quando a aplicação foi realizada em área com a presença e com a ausência de palha e foram observados concentrações de amicarbazone inferiores a 5 µg kg de solo^{-1}.

Toledo et al. (2008a), Toledo et al. (2008b) e Toledo et al. (2008c) ao avaliarem a curva de dose-resposta do herbicida amicarbazone aplicado no solo, para as espécies de plantas daninhas, *M. cissoides, M. aegypta, I. grandifolia, I. quamoclit, I. nil, I. hederifolia* e *I. purpurea*, pela determinação dos valores de GR_{50}, GR_{80}, GR_{96}, ou seja, as doses necessárias para controlar 50, 80 e 96% das plantas daninhas, verificaram os seguintes valores de GR_{96}, 232, 243, 262, 264, 318, 360 e 404 g i.a. ha^{-1} para as espécies *I. grandifolia, I. purpúrea, M. aegypta, I. quamoclit, M. cissoides, I. nil e I. hederifolia*, respectivamente. Estes resultados indicam que as espécies de cordas-de-viola são bastante sensíveis ao amicarbazone, uma vez que a dose de amicarbazone recomendada é de 1125 a 1500 g i.a. ha^{-1} (Rodrigues e Almeida, 2005) o que corrobora com os excelentes níveis de controle mesmo em concentrações de amicarbazone bastante baixas no solo.

Ao avaliar a eficiência agronômica do amicarbazone em diferentes posicionamentos em relação à camada de palha de cana-de-açúcar e seu comportamento sob efeito da chuva simulada antes ou após aplicação do herbicida, sobre algumas espécies de plantas daninhas, Negrisoli et al. (2007) reportaram que a espécie *I. grandifolia* mostrou-se mais sensível ao amicarbazone, demonstrando elevada sensibilidade aos tratamentos com o herbicida. No entanto, as espécies *Brachiaria plantaginea* e *B. decumbens*, também apresentaram altas porcentagens de controle nos tratamentos em que o herbicida atingiu o solo, independentemente se aplicado diretamente sobre este ou lixiviado pela simulação de chuva após a aplicação do herbicida.

Das espécies estudadas, verifica-se que a mais susceptível ao herbicida amicarbazone é a *B. pilosa*, conforme apresentado na Figura 44. Observa-se para esta espécie que concentrações acima de 2 µg kg de $solo^{-1}$ foram suficientes para promover excelentes níveis de controle independente da condição de aplicação e tipo de solo. Estes resultados demonstram que esta espécie é altamente susceptível ao amicarbazone.

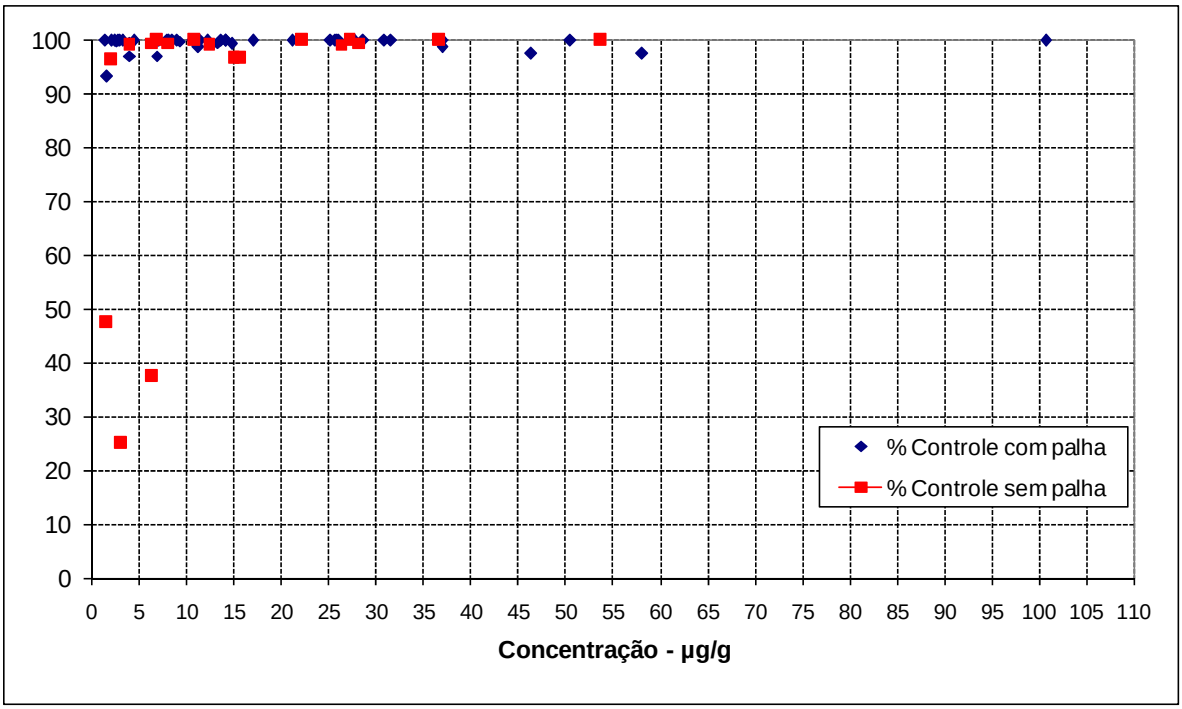

Figura 41. Porcentagem de controle das plantas de *M. cissoides* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

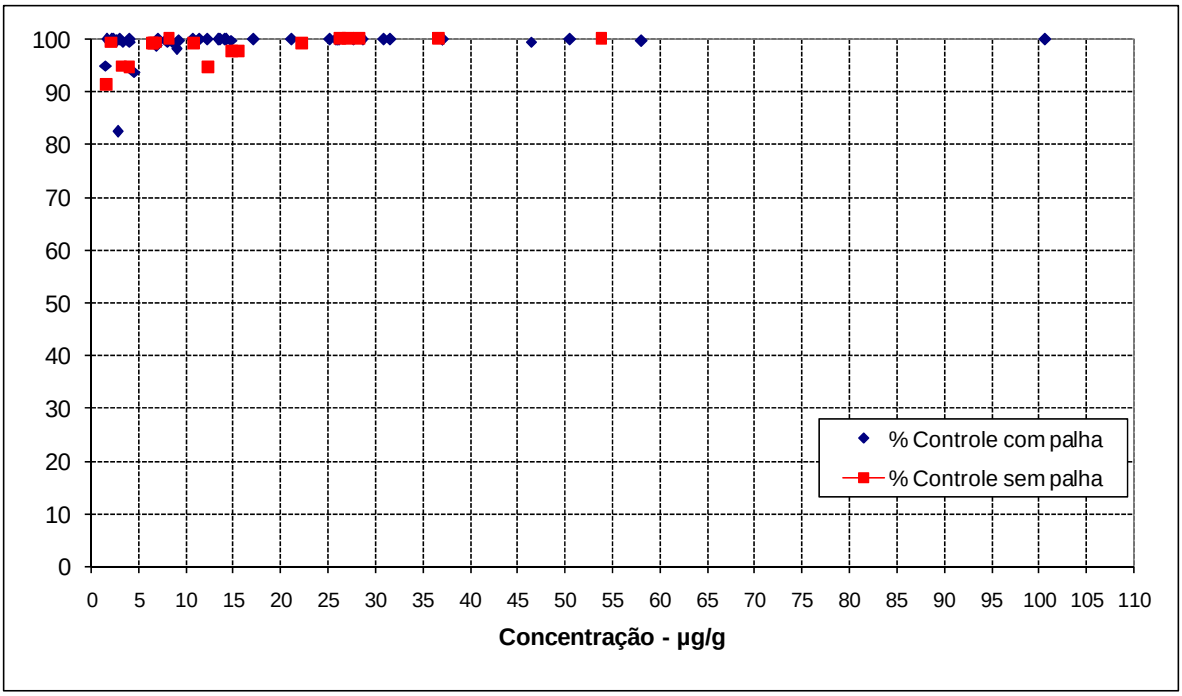

Figura 42. Porcentagem de controle das plantas de *I. nil* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

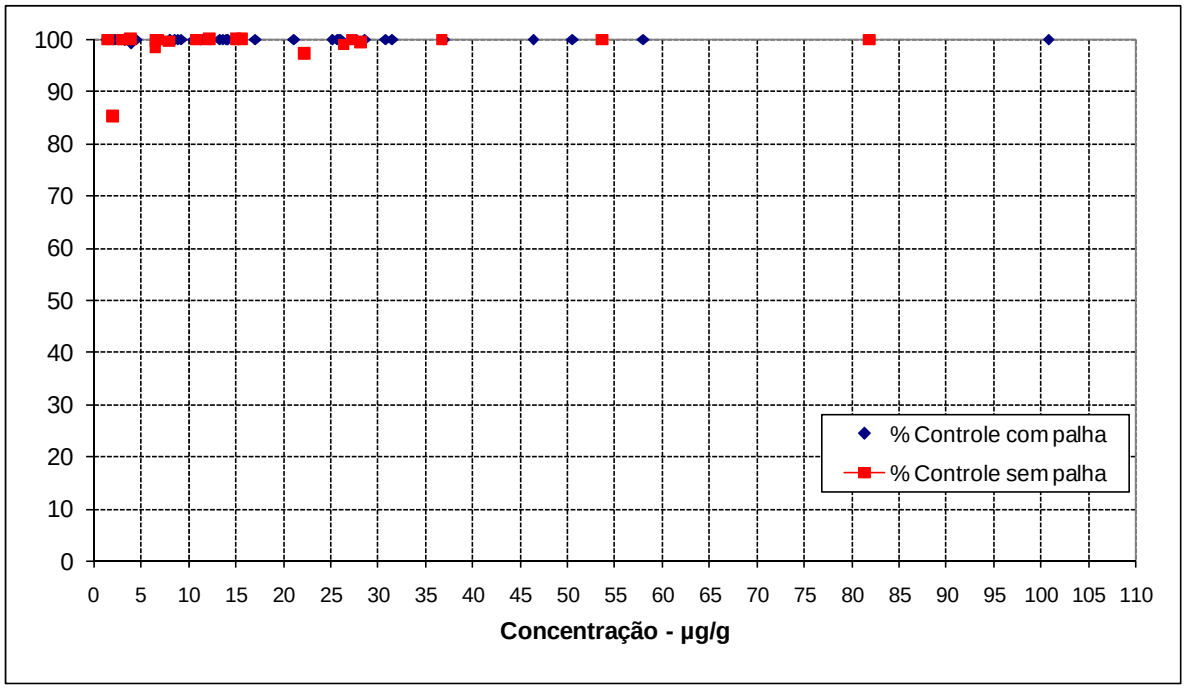

Figura 43. Porcentagem de controle das plantas de *I. quamoclit* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

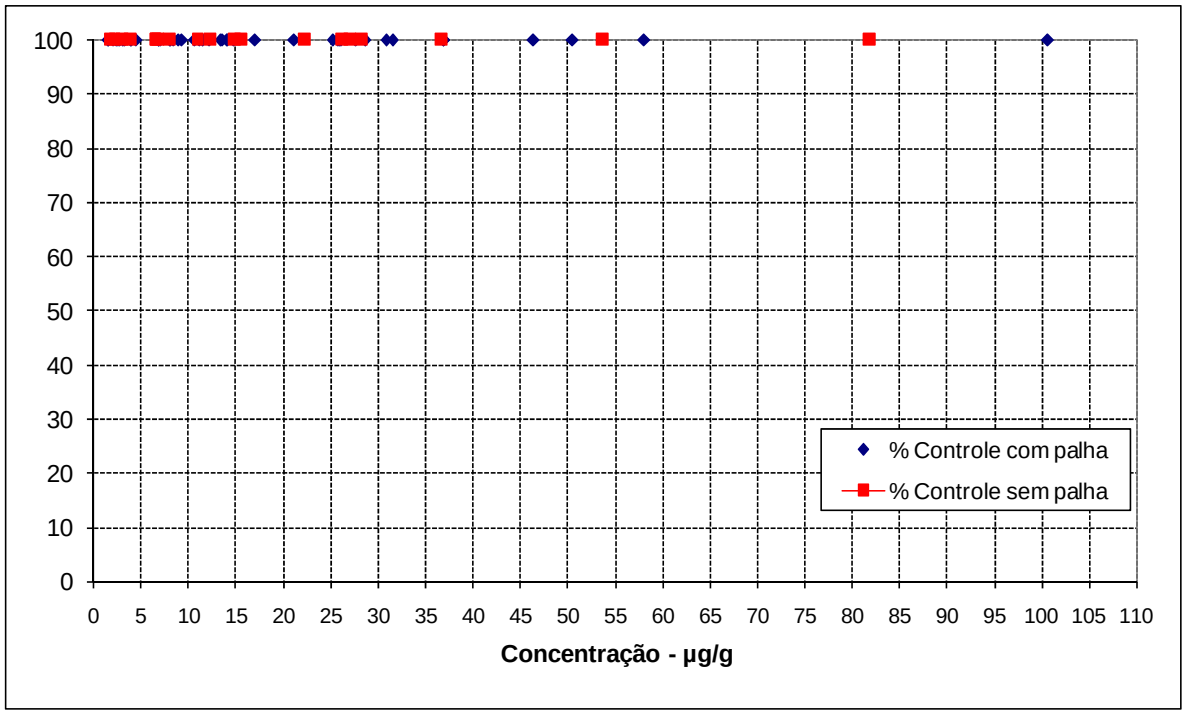

Figura 43. Porcentagem de controle das plantas de *B. pilosa* em função da concentração do amicarbazone no solo (µg kg de solo^{-1}).

Em geral, observa-se que o amicarbazone apresentou altos níveis de controle para todas as espécies estudadas, mesmo quando em algumas situações ocorreram falhas no controle para algumas espécies. Conforme apresentado, as espécies mais sensíveis ao amicarbazone em ordem decrescente são *B. pilosa*, *I. quamoclit*, *M. cissoides*, *E. heterophylla*, *I. nil*, *I. grandifolia*, *B. decumbens* e *P. maximum* e as respectivas concentrações críticas (a partir das quais houve controle superior a 95%) foram 2; 3; 7; 10; 13; 27; 30 e 30 µg Kg de solo^{-1}.

6.4 Considerações finais

Primeiramente é importante destacar que o método de extração e análise do amicarbazone na solução do solo, apresentou-se adequado para avaliação das concentrações do produto no perfil do solo, avaliando a mobilidade do herbicida em função de diferentes modalidades de aplicação em condições de cana crua ou queimada.

Verifica-se que as aplicações em 27 de junho e 31 de agosto, épocas de maior restrição hídrica, foram as que promoveram as maiores concentrações do amicarbazone nas diferentes profundidades do solo, o que sugere que este herbicida apresenta alta mobilidade no solo, uma vez que poucas chuvas foram suficientes para lixiviar o herbicida para camadas mais profundas. Nesta época de aplicação verificaram-se baixas concentrações do amicarbazone no solo para a aplicação sobre a palha, demonstrando a dependência de ocorrência de chuvas para que o herbicida possa atingir o solo.

Para as aplicações em épocas de maior disponibilidade hídrica, em solos de textura arenosa ou média, foram observadas menores concentrações do amicarbazone no solo e maiores quantidades lixiviadas para maiores profundidades. No entanto, nestas condições verificam-se menores concentrações do produto no solo para aplicação sem palha em relação às aplicações sobre ou sob a palha, o que demonstra que a

cobertura do solo auxilia em uma maior retenção do amicarbazone nas camadas superficiais do solo para estas condições de aplicação.

Em época de intensa disponibilidade hídrica em solo de textura argilosa e com altos teores de matéria orgânica, observou-se níveis muito reduzidos de amicarbazone na solução do solo nas diferentes profundidades avaliadas, sugerindo que o herbicida foi intensamente sorvido aos colóides do solo.

O método desenvolvido permitiu também a determinação das concentrações críticas do amicarbazone disponível na solução do solo na camada superficial para que ocorressem altos níveis de controle das plantas daninhas, determinando ainda os vários níveis de sensibilidade das diferentes espécies de plantas daninhas ao amicarbazone. Vale ressaltar que o conjunto de informações apresentadas neste trabalho, permite a validação do método de extração da solução do solo e a quantificação apenas do produto disponível, permitindo-se entender os níveis do herbicida realmente ativo no solo. Este método apresenta ainda, grande potencial de uso para outros herbicidas.

Observou-se ainda, que os resultados apresentados e discutidos justificam os resultados de controle das plantas daninhas na área de coleta de solo, conforme apresentado por Carbonari (2007), para as diferentes modalidades de aplicação.

7 CONCLUSÕES

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

- o método proposto para a extração e quantificação analítica do amicarbazone disponível na solução do solo, mostrou-se adequado para estudos de mobilidade deste herbicida no solo;

- em todas as áreas e épocas de aplicação o amicarbazone foi encontrado em todas as profundidades avaliadas, o que demonstra uma grande mobilidade no solo;

- nos períodos de maior restrição hídrica (aplicação em 27 de junho e 31 de agosto) foram observados, em todas as profundidades, maiores teores de amicarbazone nos tratamentos sem palha e com aplicação na colhedora (sob a palha);

- no solo de textura argilosa e com altos níveis de matéria orgânica (aplicação em 20 de outubro), foram observadas baixas concentrações do amicarbazone nas diferentes profundidades e períodos avaliados;

- nos períodos de alta disponibilidade hídrica e em solos de textura arenosa a média (aplicações em 04 de outubro e 23 de novembro), foram observadas menores concentrações de amicarbazone em relação ao período seco, e foram observadas maiores concentrações para a aplicação com a colhedora ou sobre a palha;

- a avaliação das concentrações de amicarbazone na solução do solo na camada superficial, permitiu determinar o nível de sensibilidade de diferentes espécies de plantas daninhas ao herbicida, sendo as mais sensíveis em ordem decrescente *B. pilosa*, *I. quamoclit*, *M. cissoides*, *E. heterophylla*, *I. nil*, *I. grandifolia*, *B. decumbens* e *P. maximum* e as respectivas concentrações críticas (a partir das quais houve controle superior a 95%) foram 2; 3; 7; 10; 13; 27; 30 e 30 µg kg de solo^{-1}.

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.

ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.127-132, 1995.

ANDREA; M. M.; LUCHINI, L. C. Comportamento de pesticidas em solos brasileiros: a experiência do Instituto Biológico/SP. **Boletin. Informativo SBCS**, v. 27, n. 2, p. 22-24, 2002.

ANVISA. **Sistemas de informações sobre agrotóxicos**. Disponível em: <http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_dados_ingrediente.asp?iVarAux=1&CodIng=514>. Acesso em: jul. 2009.

AZANIA, C.A.M. **Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar.** 2004, 116f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

BACHEGA, T.F. et al . Lixiviação de sulfentrazone e amicarbazone em colunas de solo com adição de óleo mineral. **Planta daninha**, v. 27, n. 2, 2009.

BAILEY, G.W.; WHITE, J.L. Factors influencing the adsorption, desorption and movement of pesticides in soil. **Residue Reviews**, New York, v. 32, n. 1, p. 29-92, 1970.

BANKS, A.P.; ROBINSON, E.L. Soil reception and activity of acetochlor, alachlor, and metolachlor as affeted by wheat (Triticum aestivum) straw and irrigation. **Weed Science**, v.34, n.3, p.607-611, 1986.

BARROS, A.C.; LEONEL, D.M. Eficácia e seletividade da mistura trifloxysulfuron-sodium/ametryne para o controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.2, n.3, p.93-106, 2001.

BAYER. Weed control in Brazilian sugar cane cultivation: Sencor – an attractive alternative. **Courier Agrochemistry**, n.1, p.10-11, 2000.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:687-694, 1999.

BODE, L.E. et al. Mechanism of trifluralin diffusion in silt loam soil. **Weed Science**, Champaign, v. 21, n. 5, p. 480-484, 1973.

BOLLAG, J.M.; LIU, S.Y. **Biological transformation processes of pesticides**. In: CHENG, H.H. (Ed.). Pesticides in the soil environment: processes, impacts and modeling. Madison : Soil Science Society of America, 1990. p.169-211.

BRIGGS, G. G. Theoretical and experimental relationship between soil adsorption, octanol-water partition coefficients, water solubilities, bioconcentration factors, and the parachor. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 29, p. 1050-1059, 1981.

CALDERBANK, A. The occurrence and significance of bound pesticide residues in soil. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.108, p.71-103, 1989.

CAMARGO, A. M. P. et al. Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 47-61, mar. 2008.

CAMARGO, O.A. et al. **Alteração de características químicas de um latossolo vermelho-escuro distrófico pela aplicação de vinhaça**. Campinas : Instituto Agronômico, 1987. 23p. (IAC Boletim Científico,9).

CAMARGO Jr, A. S.; TONETO Jr, R. Indicadores sócio-econômicos e a cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.6, p. 57-67, jun. 2009.

CARBONARI, C.A. **Eficácia do herbicida amicarbazone em aplicação conjunta com a colheita de cana-de-açúcar no controle das principais plantas daninhas da cultura.** 2007, 119p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

CARTER, A. D. Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. **Weed Research.**, v. 40, n. 1, p. 113-122, 2000.

CAVENAGHI, A.L. et al. Dinâmica de sulfentrazone em palha de aveia e cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **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, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2006. p.360.

CAVENAGHI, A.L. et al. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Sacc**h**arum officinarum*). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 831-837, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F.L. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba, SP. 49 p. 2005.

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. ESALQ/POTAFOS, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Cana-de-açúcar Safra 2009**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1cana_de_acucar.pdf>. Acesso em: jul. 2009.

CORRÊA, M.R. **Dinâmica e eficácia da mistura formulada de diuron e hexazinane no sistema de produção de cana crua.** 2006, 150p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

CORRÊA, M.R. et al. Eficácia do herbicida imazapic no controle de plantas daninhas em sistemas de produção de cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2006a. p.345.

CORRÊA, M.R. et al. Eficácia do diuron + hexazinone grda no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em aplicações em época seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2006b. p.344.

CORREIA, F.V. et al. Infiltração de atrazina em latossolo submetido aos sistemas de plantio direto e convencional. **Pesquisa agropecuaria brasileira**. V.42, n.11, pp. 1617-1625, 2007.

COSTA, A. G. F. et al. Methods to Estimate Losses in Preemergence Herbicide Sprays.. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 74, n. 1, p. 8-16, 2005.

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 Agronômicas., Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CZAPAR, G.F.; KANVAR, R.S.; FAWCETT, R. Herbicide and trace movement to field drainage tiles under simulated rainfall conditions. **Soil and Tillage Research**, 30:19-32, 1994.

EHLERS, W. et al. Lindane diffusion in soils: I. Theoretical considerations and mechanism of movement. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v. 33, n. 4, p. 501-504, 1969.

EMPINOTTI, V.L. **Conteúdo e qualidade da matéria orgânica em sistemas de manejo e classes de solo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. 101p. (Dissertação de Mestrado).

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Pesticide fact sheet: amicarbazone**. Disponível em: <http://www.epa.gov/opprd001/factsheets/amicarbazone.pdf>. Acesso em: jul. 2009.

ERBACH, D.C.; LOVELY, W.G. Effect of plant residue on herbicide performance in notillage corn. **Weed Science**, v.23, p.512-515, 1975.

FAY, P.K.; DUKE, W.B. An assessement of allelopathic potencial in Avena germoplasm. **Weed Science**, v.25, p.224-228, 1977.

FERRI, M. V. W. et al. Atividade dos herbicidas flumetsulam e trifluralin em diferentes valores de pH e densidade do solo. **Ciência Rural** , v.30, n.1, p. 11-15, 2000.

FERRI, M.V.W.; VIDAL, R.A. Persistência do herbicida Acetochlor em função de sistemas de preparo e cobertura com palha. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 399-404, 2003.

FERRI, M. V. W. et al. Sorção do herbicida acetochlor em amostras de solo, ácidos húmicos e huminas de argissolo submetido à semeadura direta e ao preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p. 705-714. 2005

FIRMINO, L.E. et al. Sorção do imazapyr em solos com diferentes texturas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 395-402, 2008a.

FIRMINO, L.E. et al. Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 223-230, 2008b.

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.

FUHR, F. Non-extractable pesticides residues in soil. In: GREENHALG, R.; ROBERTS, T.R. **Pesticide Science and Biotechnology**. Oxford: International Union of Pure and Applied Chemistry, 1987. p. 381-389.

GAMELI, A. et al.; Textura do solo influencia a eficácia do herbicida amicarbazone sobre Ipomoea grandifolia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26, 2008, Ouro Preto. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2008.

GAYNOR, J.D.; MACTAVISH, D.C.; FINDLAY, W.I. Surface and subsurface transport of atrazine and alachlor from a Brookston clay loam under continuous corn production. **Archives of Environmental Contamination Toxicology**, 23:240-245, 1992.

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

GELBER, L.; SPADOTTO, C.A. **Comportamento ambiental dos herbicidas**. In: VARGAS, L., ROMAN, E.S (Edts). Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. P. 57-87.

GEVAO, B.; SEMPLE, K.T.; JONES, K.C. Bound pesticide residues in soils: a review. **Environmental Pollution**, v.108, p.3-14, 2000.

GIMENES, R. Dinamic: O novo herbicida da Hokko do Brasil para cana-de-açúcar. **STAB,** Piracicaba, v.22, n.4, p.23-24, 2004.

GODOY, M.C. et al. Efeito da cobertura morta de milheto (*Pennisetum americanum*) sobre a eficácia do herbicida metribuzin no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha,** v. 25, n. 1, p. 79-86. 2007.

HAGER, A.; NORDBY, D. Herbicide persistence and how to test for residues in soils. In: BISSONNETTE. S. **Illinois agricultural pest management handbook**. Illinois: University of Illinois, 2004. p. 323-326.

HARTZLER, B. **Absorption of Soil-Applied Herbicides.** Disponível em:

<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2002/soilabsorption.htm>. Acesso em: julho

2009.

HERNANDEZ, D.D.; ALVES, P.L.C.A.; MARTINS, J.V.F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência dos herbicidas imazapic e imazapic+pendimenthalin. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.419-426, 2001.

INOUE, M.H. et al. Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 547-555, 2007.

JAVARONI, R. C.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos herbicidas atrazina e alachlor em solo preparado para o cultivo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 22, p. 58-64, 1999.

KAUFMAN, D.D. Bound and conjugated pesticide residues. In: KAUFMAN, D.D.; STILL, G.G.; PAULSON, G.D.; BANDAL, S.K. (Ed.). **Bound and conjugated pesticide residues.** Washington : American Chemical Society, 1976. p.1-10.

KHAN, S.U. **Soil organic matter.** New York: Elsevier Science, 1978. The interaction of organic matter with pesticide: p. 319.

KORNDORFER, G.H., PRIMAVESI, O., DEUBER, R. Crescimento e distribuyição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo LVA. Piracicaba: Coopersucar.1989, n.47, p. 32-64. (Boletim Técnico 47).

KUCKUK, R.; HILL. W.; NOLTE. J.; DAVIES, A.N. Preliminary investigations into the interactions of herbicides with aqueous humic substances. **Pesticide Science**., 51:450-454, 1997.

KUVA, M.A. **Efeito de período de controle e de convivência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) no Estado de São Paulo.** 1999, 74p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

LAABS, V. et al. Pesticides in surface water, sediment and rainfall of the northeastern Pantanal basin, Brasil. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, p. 1636-1648, 2002.

LANGENBACH, T.; SCHROLL, R.; SCHEUNERT, I. Fate of the herbicide 14C-terbuthylazine in Brazilian soils under various climatic conditions. **Chemosphere**, v.45, p.387-398, 2001.

LEE, D.; FARMER, W.J. Dissolved organic matter interaction with napropamide and four other nonionic pesticides. **Journal of Environmental Quality**, 18:468-474, 1989.

LERCH, R.N.; BLANCHARD, P.E. Watershed vulnerability to herbicide transport in northern Missouri and southern Iowa streams. **Environmental Science and Technology**, 37:5518-5527, 2003.

LEVANON, D.; CODLING, E.E.; MEISSINGER, J.J.; STARR, J.L. Mobility of agrochemicals through soil from two tillage systems. **Journal of Environmental Quality**, 22:155-161, 1993.

LI, H. et al. Sorption and desorption of pestides by clay minerals and humic acid-clay complexes. **Soil Science Society of America Journal**., v. 67, p. 122-131, 2003.

LOCKE, M.A.; BRYSON, C.T. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. **Weed Science**, Champaign, v. 45, n. 2, p. 307-320, 1997.

LOPES, L.A. **Vinte anos de Proálcool: avaliações e perspectivas**. Economia & Empresas, São Paulo, v.3, n.2, p. 56-57, 1996.

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.

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.

MANDHUN, Y. A.; YOUNG, J. L.; FREED, V. H. Binding of herbicides by water-soluble organic materials from soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 15, n. 1, p. 64-68, 1986.

MANGELS, G. Behaviour of the imidazolinone herbicides in soil - a review of the literature. In: SHANER, D. L.; O'CONNOR, S. L. (Eds.). **The imidazolinone herbicides**. Boca Raton: CRC, p.191-209, 1991.

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

MARTIN, A.G.; JORDAN, T.N.; STEIHNARDT, G.C. Influence of soil compaction on trifluralin phytotoxicity to corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 481-483, 1985.

MARTINI, G.; DURIGAN, J.C.. Influência do teor de água na superfície do solo sobre a eficácia e seletividade do flazasulfuron, na cultura de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 22, n. 2, 2004 .

MEDEIROS, D. et al. Eficácia do herbicida imazapic no controle de tiririca (*Cyperus rotundus*) em presença de palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004, p.158.

MEIER, P.C.; ZÜND, R.E. **Statistical methods in analytical chemistry.** New York: John Wiley & Sons, 1993. 424 p.

MEYER, L.D.; WISCHMEIER, W.H.; FOSTER, G.R. Mulches rate requires for erosion control on steeps slopes. **Proceedings Soil Science Society of America**, v.34, p.928-931, 1970.

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

MINHONI, M.T.A.; CERRI, C.C. Decomposição de vinhaça em solo sob diferentes níveis de umidade: liberação de CO^2, formação de biomassa microbiana e imobilização do nitrogênio adicionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.25-30, 1987.

MONQUERO, P.A. et al. Lixiviação de clomazone + ametryn, diuron + hexazinone e isoxaflutole em dois tipos de solo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 685-691, 2008.

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...** Gramado: SBCPD, 2002, p.157.

NEGRISOLI, E. **Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua.** 2005, 99f. Tese (doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

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, 2007.

OLIVEIRA, M. F. **Comportamento de herbicidas no ambiente**. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. Plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 315-362.

OLIVEIRA M. F. et al. Sorção e hidrólise do herbicida flazasulfuron. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 101-113, 2005.

PATTY, L.; REAL, B.E.; GRILL, J.J. The use of grassed buffer strips to remove pesticides, nitrates and soluble phosphorus compounds from *runoff* water. **Pesticide Science**, 49:243-251, 1997.

PETERSEN, B.B.; SHEA, P.J.; WICKS, G.A. Acetanilide activity and dissipation as influenced and formulation and wheat stubble. **Weed Science**, v.36, p.243-249, 1988.

PHILBROOK, B.D. et al. BAY MKH3586 – a new herbicide for broad spectrum weed control in corn (maize) and sugar cane. **Proc. Br. Crop. Prot. Conf**, v.1, p. 29-34, 1999.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.23, p.16-27, 1985.

PRATA, F., LAVORENTI, A. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociências** v.6, n.2, p. 17-22, 2000.

PRATA, F. et al. Degradação e sorção de ametrina em dois solos com aplicação de vinhaça. **Pesquisa Agropecuaria. Brasileira.**, v. 36, n. 7, p. 975-981, 2001

PRATA, F. et al. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. **Scientia Agricola**., v. 60, n. 1, p. 175-180, 2003.

PROCÓPIO, S. D. et al. Efeito da irrigação inicial na profundidade de lixiviação do herbicida s-metolachlor em diferentes tipos de solo. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 409-417, 2001.

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

PUSINO, A. Influence of organic matter and its clay complexes on metolachlor adsorption on soil. **Pesticide Science**, v. 31, p. 283-286, 1993.

PUSINO, A. et al. Sorption of primisulfuron on soil, and inorganic and organic soil colloids. **European Journal of Soil Science**, v. 55, p. 175-182, 2004.

RACKE, K. D. Pesticide fate in tropical soils. In: WORKSHOP ON PESTICIDES, USES AND ENVIRONMENTAL SAFETY IN LATIN AMERICA, 1996, São Paulo, SP. **Book abstracts…** São Paulo, Sociedade Brasileira de Química, 1996, p. 15.

REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R.M.; LOCKE, M.A. Chlorymuron adsorption, desorption and degradation in soils from conventional tillage and no-tillage systems. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p.760-767, 1995.

REDDY, K.N.; LOCKE, M.A.; GASTON, L.A. Tillage and cover crop effects on cyanazine adsorption and desorption kinetics. **Soil Science**, Madison, v.150, n.7, p.501-509, 1997.

REGITANO, J. B. et al. Imazaquin mobility in tropical soils in relation to soil moisture and rainfall timing. **Weed Research**, v. 42, p.271-279, 2002.

REIS, T.C. **Variação da acidez do solo em resposta a adição de materiais orgânicos**. 1998. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 1998.

RIPOLI, T.C. et al. Efeito da queima na exsudação dos colmos: resultados preliminares. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 13, 1996, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1996. p. 63-70.

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

RODRIGUES, B.N. Influência da cobertura morta no comportamento dos herbicidas imazaquin e clomazone. **Planta Daninha**, v.11, n.1 e 2, p.21-28, 1993.

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. DE; YADA, I.F.U. Retenção pela palhada, de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do milho, em plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.2, p.123-128, 2000.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S **Guia de herbicidas.** 5ª ed., Londrina, 2005. 592p.

ROSSI, C.V.S. **Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar.** 2004, 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

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, 2004, p.50-51.

ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JUNIOR,J. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e em Chernossolo. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 701-710, 2005.

ROSSI, C.V.S. et al. Eficácia do isoxaflutole e metribuzin isolados ou em mistura aplicados na presença de palha em época seca no controle de *Ipomoea grandifolia, I. quamoclit, I. nil, Panicum maximum, Brachiaria decumbens e Euphorbia heterophylla* em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) (cana crua). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2006. p.350.

SCHEUNERT, I.; MANSOUR, M.; ANDREUX, F. Binding of organic pollutants to soil organic matter. Intern. **Journal of Environmental Analytical Chemistry**, 46:189-199, 1992.

SENESI, N.; BRUNETTI, G.; LA CAVA, P. Adsorption of alachlor by humic acids from sewage and amended and nonamended soils. **Soil Science**, v. 157, n. 3, p. 176-184, 1994.

SI, Y. et al. Influence of organic amendment on the adsorption and leaching of ethametsulfuron-methyl in acidic soils in China. **Geoderma**, v. 130, n. 1, p. 66-76, 2006.

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

SILVA, A. et al. **Herbicidas: comportamento no solo**. In: SILVA, A.; SILVA, J. F. (Eds.). Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 189-248.

SOUTHWICK, L. M. et al. Potential influence of sugarcane cultivation on estuarine water quality of Louisiana's gulf coast. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 15, p. 4393-4399, 2002.

SPADOTTO, C. A.; **Comportamento e Destino Ambiental de Herbicidas**, Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2002, Disponível em,<http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas/>. Acesso em Março 2009.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Adsorption, mobility, and microbial degradation of glyphosate in the soil. **Weed Science**, v. 23, n. 3, p. 229-234, 1975.

STEARMAN, G.K.; LEWIS, R.J.; TORTEROLLI, L.J.; TYLER, D.D. Herbicides reactivity of soil organic matter fractions in no-tilled and tilled cotton. **Soil Science Society of America Journal**, 53:1690-1694, 1989.

STEVENSON, F.J. Organic matter reactions involving herbicides in soil. **Journal of Environmental Quality**, 1:333-343, 1972.

TANABE, A. et al. Seasonal and special studies on pesticide residues in surface waters of the Shinano river in Japan. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 7, p. 3847-3852, 2001.

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.

TOFOLI, G.R. **Deposição e lixiviação do herbicida tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar.** 2004, 55p. Tese (Doutorado em Agronomia / Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

TOLEDO, R. E. B. et al. Dinamic (amicarbazone) – novo herbicida seletivo para o controle de plantas daninhas em pré e pós-emergência na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004. p. 451.

TOLEDO, R. E. B.; SOARES JUNIOR, J. A. N.; VICTORIA FILHO, R. Curvas de dose-resposta para avaliação da eficácia de duas espécies de corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia e Ipomoea quamoclit*) pelo herbicida Dinamic (amicarbazone). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26, 2008, Ouro Preto. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2008a.

TOLEDO, R. E. B. et al., A. Curvas de dose-resposta para avaliação da eficácia de controle de duas espécies de jetiranas ou campainha (*Merremia cissoides* e *Merremia aegypta*) pelo herbicida Dinamic (amicarbazone). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26, 2008, Ouro Preto. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2008b.

TOLEDO, R. E. B.; SOARES JUNIOR, J. A. N.; VICTORIA FILHO, R. Curvas de dose-resposta para avaliação da eficácia de controle de três espécies de corda-de-viola (*Ipomoea nil, Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea purpurea*) pelo herbicida Dinamic (amicarbazone). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26, 2008, Ouro Preto. **Resumos...** Brasília: SBCPD, 2008c.

TORQUATO, S.A.; MARTINS, R.; RAMOS, S. F. Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: eficiência econômica das regionais novas e tradicionais de produção. **Informações Econômicas**, v.39, n.5, p. 92-99, maio 2009.

VEIGA FILHO, A.A. Evolução da mecanização do corte da cana-de-açúcar em São Paulo: 1988/89 a 1999/00. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife : STAB, v.1, 2002, p.515-521.

VELINI, E. D. Comportamento de herbicidas no solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS EM HORTALIÇAS, 1992, Botucatu. **Resumos**... Botucatu: 1992. p. 44-64.

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

VELINI, E.D. et al. Dinâmica de Velpar K (hexazinona+diuron) em palha de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24, 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004, p.55.

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

VIVIAN, R. et al. Persistência e lixiviação de ametryn e trifloxysulfuron-sodium em solo cultivado com cana-deaçúcar. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 111-124, 2007.

WEBER, J.B. Behavior of dinitroaniline herbicide in soils. **Weed Technology**, v. 4, n. 2, p. 394-406, 1990.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo