

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS MEDIANEIRA
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

ANDRESSA GAZZIERO
KATIUZE GAZZIERO
RENAN WINGERT

**POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DO GLIFOSATO EM UM SOLO DA REGIÃO OESTE
DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA – PR

2012

ANDRESSA GAZZIERO
KATIUZE GAZZIERO
RENAN WINGERT

**POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DO GLIFOSATO EM UM SOLO DA REGIÃO OESTE
DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do curso superior de Tecnologia em Gestão ambiental, do departamento acadêmico de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Fábio Orssatto

MEDIANEIRA

2012

A meus pais por terem colaborado, dado força e estímulo na realização deste trabalho.

A meu filho Lucas, que embora não tenha conhecimento disto, é o grande motivador da minha vida, iluminando de maneira especial meus pensamentos na busca de sabedoria.

A meu namorado Leonardo, pelo carinho, compreensão e apoio.

Andressa Gazziero.

A minha namorada Carla, pelo apoio, compreensão, paciência e amor essenciais em minhas conquistas e realizações.

A minha mãe Teresinha pelo incentivo desde o início, e dizer que distância não separa família.

Renan Wingert.

A minha mãe, meu namorado e a todos que lutam diariamente ao meu lado, transmitindo fé, amor determinação e paciência.

Katiuze Gazziero.

AGRADECIMENTOS

Certamente esses parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de nossas vidas. Portanto, desde já pedimos desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte dos nossos pensamentos e de nossas gratidões.

Agradecemos primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Aos nossos pais pelo apoio, incentivo e paciência nessa trajetória do curso de graduação e durante toda nossas vidas.

Agradecemos a toda comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Medianeira pelo apoio incondicional, em especial ao professor e orientador Prof. Me. Fábio Orssatto pela disponibilidade e atenção para a realização do trabalho.

Agradecemos também Leonardo Holz, Carla Spohr, Vera e Valmor Gazziero, Elias Spiegel que foram importantes colaboradores na realização do nosso trabalho.

Enfim, somos gratos a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta para realização deste trabalho.

RESUMO

GAZZIERO, Andressa; GAZZIERO, Katiuze; WINGERT, Renan. Potencial de lixiviação do glifosato em um solo da região oeste do Paraná, 2012 Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012.

O uso indiscriminado de agrotóxicos pela agricultura representa alto risco de contaminação ambiental. Dentre estes produtos se destaca no Brasil o herbicida glifosato, amplamente aplicado no controle de plantas daninhas nas culturas de soja e milho. O conhecimento das interações dos herbicidas com os solos são fundamentais para recomendações seguras destes produtos quanto à segurança ambiental. Objetivou-se avaliar o comportamento do glifosato em um solo da região oeste do Paraná, utilizado em geral para prática de agricultura orgânica. Para isso, experimentos utilizando bioensaios foram realizados, visando gerar informações que permitam o uso seguro desse herbicida do ponto de vista ambiental. Observou-se que o glifosato é totalmente adsorvido pelo solo em sua camada superficial, dessa maneira não atingindo os aquíferos subterrâneos.

Palavras-chave: Plantas daninhas. Herbicida. Bioensaio.

ABSTRACT

GAZZIERO, Andressa; GAZZIERO, Katiuze; WINGERT, Renan. Potential leaching of glyphosate in soil in the west of Paraná, 2012 Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira 2012.

The indiscriminate use of pesticides in agriculture represents a high risk of environmental contamination. Among these products in Brazil highlights the herbicide glyphosate, widely applied in weed control in soybean and corn. Knowledge of the interactions of herbicides with soil are essential to secure these products recommendations regarding environmental safety. The objective was to evaluate the behavior of glyphosate in soil in the west of Paraná, used in general practice of organic agriculture. For this, experiments were performed using bioassays, in order to generate information to enable the safe use of this herbicide environmental point of view. It was observed that glyphosate is completely adsorbed by the ground on its surface layer, thereby not reaching the underground aquifers.

Keywords: Weeds. Herbicide. Bioassay.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fórmula estrutural Glifosato	17
Figura 02 – Colunas de PVC marcadas, seccionadas e parafinadas	25
Figura 03 – Suporte para canos tipo “cap”	25
Figura 04 – Perfurações no suporte no cap	26
Figura 05 – Aplicação do Glifosato utilizando borrifador de água	28
Figura 06 – Simulador de chuva da UTFPR	28
Figura 07 – Bioensaios devidamente seccionados	29
Figura 08 – Diferença de comprimento entre os bioindicadores	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - QUANTIDADE DE GLIFOSATO APLICADO NAS COLUNAS	27
TABELA 2 – GERMINAÇÃO NO TERCEIRO DIA	31
TABELA 3 – COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA DAS ALFACES (cm) NO 3º DIA APÓS GERMINAÇÃO (12/05)	32
TABELA 4 – COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA DAS ALFACES (cm) NO 5º DIA APÓS GERMINAÇÃO (14/05)	33
TABELA 5 – COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA DAS ALFACES (cm) NO 8º DIA APÓS GERMINAÇÃO (17/05)	34
TABELA 6 – COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA DAS ALFACES (cm) NO 11º DIA APÓS GERMINAÇÃO (20/05)	36
TABELA 7 – COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA DAS ALFACES (cm) NO 24º DIA APÓS GERMINAÇÃO (02/06)	37

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA EM CM DAS ALFACES NO 3º DIA APÓS GERMINAÇÃO	33
GRÁFICO 2 - COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA EM CM DAS ALFACES NO 5º DIA APÓS GERMINAÇÃO	34
GRÁFICO 3 - COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA EM CM DAS ALFACES NO 8º DIA APÓS GERMINAÇÃO	35
GRÁFICO 4 - COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA EM CM DAS ALFACES NO 11º DIA APÓS GERMINAÇÃO	36
GRÁFICO 5 - COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA EM CM DAS ALFACES NO 24º DIA APÓS GERMINAÇÃO	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	Objetivo geral	11
1.2.2	Objetivos específicos	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	12
2.1	SOLO	12
2.1.1	Manejo e conservação do solo	12
2.1.2	Plantio direto	13
2.1.3	Matéria orgânica	14
2.1.4	Utilização do solo	14
2.1.5	Agricultura orgânica	15
2.1.6	Plantas daninhas	15
2.2	AGROTÓXICOS	16
2.2.1	Glifosato	16
2.2.2	Comportamento de agrotóxicos no solo e ambiente	18
2.2.2	Precipitação	19
2.2.3	Absorção	19
2.2.4	Adsorção	19
2.2.5	Sorção	19
2.2.6	Lixiviação	21
2.3	BIOENSAIO	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	COLETA DO SOLO	24
3.2	PREPARO DAS COLUNAS	24
3.3	APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLIFOSATO	26
3.4	SIMULAÇÃO DE CHUVA	28
3.5	PREPARO DAS COLUNAS PARA SEMEADURA	29
3.6	SEMEADURA	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1	CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA DO SOLO	31
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Para fazer o controle de pragas na lavoura são utilizados produtos químicos, também conhecidos como agrotóxicos. Um tóxico é uma substância natural ou artificial capaz de provocar perturbações nas funções biológicas de um ser vivo. Tais perturbações podem causar incômodos, debilitações ou a morte, pois tóxico é sinônimo de veneno (BRANCO,1990).

Muitos agricultores veem o agrotóxico como algo absolutamente essencial, utilizando-o com muita frequência, o que causa um grande dano ao meio ambiente e a vida silvestre, pois geralmente o produto lançado na plantação escapa para áreas que não eram a de origem (LAMBERT, 1993).

No entanto, é fundamental que eles sejam adequadamente utilizados para que seja preservada a qualidade não só do produto final colhido, mas também dos próprios recursos naturais finitos que sustentam a produção, especialmente o solo e a água. Vários pesticidas são aplicados diretamente ao solo, principalmente os herbicidas pré-emergentes, sendo que grande parte daqueles aplicados em outros alvos, tais como insetos, fungos ou nematóides, também acaba chegando ao solo, direta ou indiretamente. Assim sendo, o solo funciona, entre outros, como depósito final dos pesticidas agrícolas. (OLIVEIRA JR; REGINATO, 2007 apud KARAM et al., 2007).

Para se prevenir esses problemas são necessários conhecimentos das interações dos herbicidas com as características de cada solo que influenciarão a sorção, meia-vida e a lixiviação dessas moléculas.

O processo de lixiviação refere-se ao movimento descendente dos herbicidas na matriz do solo ou com a água do solo, sendo sua intensidade dependente das características físico-químicas do composto e das características de solo e clima (INOUE, 2003).

Estudos envolvendo a sorção, dessorção, meia-vida e potencial de lixiviação de herbicidas em solos brasileiros, sob condições de clima tropical, são fundamentais para avaliação da eficiência de controle das plantas daninhas do local, pois elevados índices de sorção podem comprometer a eficiência do herbicida. Com isso, cresce a importância do entendimento do destino final dessas moléculas e do estudo do comportamento no ambiente onde são aplicados. Todavia, a maioria das informações geradas até o momento é proveniente de pesquisas realizadas nos

EUA e na Europa. No Brasil, pesquisas nessa área devem ser aprofundadas (SILVA; SILVA, 2007).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de lixiviação do glifosato em um solo latossolo vermelho eutroférico da região oeste do Paraná, visando também obter informações sobre os riscos de contaminação ambiental por esse herbicida.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o potencial de lixiviação do glifosato em um solo latossolo vermelho eutroférico da região oeste do Paraná, com base em resultados de ensaios biológicos;
- Correlacionar as características físicas das plantas com o potencial de lixiviação do glifosato no solo avaliado;
- Gerar informações que permitam o uso seguro desse herbicida do ponto de vista ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

2.1 SOLO

O solo é o resultado do intemperismo das rochas influenciado por fatores como o clima, organismos vivos, relevo e tipos de rochas. Este processo leva muitos anos para acontecer, por isso a importância de se conservar o solo (LIMA et al., 2002).

O solo é um organismo vivo, não serve apenas para suporte de adubos, água e plantas. Tem que possuir poros para entrar o ar e infiltrar a água. Esses poros se formam apenas por bactérias onde há presença do seu principal alimento: a matéria orgânica (PRIMAVESI, 1997).

O solo é a base da produção vegetal e animal. É uma fantástica fábrica onde trabalham dia e noite milhões de organismos vivos. A matéria orgânica, a qual pode ser considerada como a alma do solo e também um dos principais indicadores de qualidade, contribui para a diversificação das espécies que nele existem, proporcionando uma relação mais equilibrada entre as populações de cada espécie dificultando a ocorrência de pragas ou moléstias para as plantas (BARCELLOS et al., 2000).

2.1.1 Manejo e conservação do solo

Um dos principais problemas encontrados nos solos é a erosão. Entende-se por erosão do solo todas as manifestações de desgaste e acúmulo que alteram o equilíbrio da paisagem acima de um limite naturalmente admissível provocadas pela ação da água, do vento, força da gravidade ou pelo próprio homem (RICHTER, 1978, apud DERPSCH, et al., 1991).

A energia cinética determina a erosividade, que é a habilidade da chuva em causar erosão. A determinação do potencial erosivo depende principalmente dos parâmetros de erosividade e também das características das gotas da chuva, que variam no tempo e no espaço. É bom ressaltar que o vento pode afetar a

erosividade especialmente se a chuva for atingida por ventos violentos (GUERRA, 1999).

À medida que a água se infiltra no solo e começa a saturar, poços se formam na superfície podendo iniciar o escoamento superficial (GUERRA; BOTELHO, 1999). Para minimizar o escoamento superficial faz-se necessário aumentar a infiltração da água no solo, visto que o melhor jeito de controlar a erosão é impedir o início da mesma em sua origem.

O plantio direto favorece em muito a propriedade proporcionando a redução de enxurradas, erosões, diminuição das variações de temperatura e umidade do solo, redução da poluição, diminuição de sedimentos em corpos d' água e principalmente o que é de muito interesse para o agricultor, maior produtividade e menor custo de produção em longo prazo (EMBRAPA, 2006).

Ressalta ainda o autor que a cobertura do solo é de fundamental importância para o controle da erosão. Um solo coberto possui uma melhor infiltração, temperaturas mais amenas e menores impactos em relação á gota de chuva.

2.1.2 Plantio direto

O plantio direto consiste no processo de semeadura em solo não preparado ou não revolvido, no qual o fertilizante e as sementes são colocadas em sulcos com largura e profundidade suficientes para a cobertura adequada.

No plantio direto algumas medidas de ordem geral são consideradas regras fundamentais (PACHECO; MARINHO, 2001 apud WADT et al ., 2003):

- a) Controle de plantas daninhas: utilização de herbicidas dessecantes, visando substituir a operação de capina mecânica e de revolvimento do solo. É importante a combinação adequada de plantas de cobertura com a rotação de culturas e uso de herbicidas específicos.
- b) Formação da cobertura morta: deve ser favorecida, principalmente na entressafra, com o cultivo de plantas específicas para cobertura, durante o período de seca.

2.1.3 Matéria orgânica

Um Solo Tropical muito movimentado mecanicamente nos cultivos anuais intensivos consome em torno de 10 kg de matéria orgânica por metro quadrado por ano. Se esta quantidade de material não for repostado sobre o solo ano a ano, o teor de matéria orgânica entrará em déficit, diminuindo intensamente a vida útil do solo e fazendo proliferar formas de vida prejudiciais ao ecossistema agrícola (FRANÇA, 1988).

Como o emprego de métodos de cultivo mais modernos, como por exemplo, o plantio direto, demonstrou-se que os restos de plantas podem ser deixados sobre a superfície sendo incorporados ao solo via biologia, trazendo resultados positivos (HEINZMANN, 1985, DERPSCH et al., 1985 apud DERPSCH et al., 1991).

Através da rotação de culturas e do aproveitamento de restos culturais diversos, associados a outras fontes de matéria orgânica, é possível retribuir a quantidade de matéria orgânica necessária a manutenção da fertilidade do solo (FRANÇA 1988).

A utilização agrícola economicamente viável de solos arenosos e pobres em nutrientes e que possuem baixo teor de matéria orgânica se tornou possível após a introdução da adubação verde. “É entendido como adubação verde a incorporação ao solo de plantas não maduras, especificamente cultivadas para este fim” (DERPSCH et al., 1991).

2.1.4 Utilização do solo

Grande parte da agricultura praticada no Brasil ainda é convencional, com graves consequências sobre a manutenção da fertilidade do solo e a produtividade das lavouras e impactos sobre os recursos hídricos. Técnicas de monocultura (cultivo intensivo e repetido de uma cultura na mesma área durante anos) causam uma queda no rendimento da planta e um aumento gradativo de parasitas e plantas daninhas que competem por luz e nutrientes. Para diminuir estes problemas é muito importante utilizar a rotação de culturas que é o cultivo alternado e regular de plantas em uma mesma área ao longo do tempo (BARCELLOS et al., 2000).

2.1.5 Agricultura orgânica

Na agricultura orgânica não são utilizados agrotóxicos e adubos químicos de alta solubilidade, portanto, para manter a fertilidade do solo é feita uma rotação e consorciação de culturas empregando o uso de adubos verdes, esterco, compostos de origem orgânica e rochas naturais moídas. Para evitar a proliferação de pragas, doenças ou plantas invasoras é feita a prevenção e utilização de métodos de controle naturais (DAROLT, 2002).

O processo de mudança do manejo convencional para o orgânico é conhecido como conversão. Segundo as normas brasileiras da agricultura orgânica (BRASIL, 1999 apud DAROLT, 2002) para que um produto receba a denominação de orgânico, deverá ser proveniente de um sistema em que tenham sido aplicados os princípios estabelecidos pelas normas orgânicas por um período variável de acordo com a utilização anterior da unidade de produção e a situação ecológica atual mediante as análises e as avaliações das respectivas instituições certificadas.

No caso de culturas perenes, a propriedade deverá cumprir um período de conversão de 18 meses em um manejo orgânico. Para atender à legislação do mercado internacional o prazo é mais dilatado, sendo 24 meses para culturas anuais e um período de conversão de 36 meses para culturas perenes. Esse período pode ser ampliado pela certificadora em função do uso anterior e da situação ecológica de propriedade (DAROLT, 2002).

Durante o período de conversão os produtos resultantes não podem ser vendidos como “alimentos orgânicos”. Em algumas situações não há necessidade de período de conversão como, por exemplo, em caso de terra nova ou de agricultores que já venham cumprindo os princípios orgânicos há vários anos. Uma propriedade pode ser certificada como orgânica desde que não tenha utilizado práticas e produtos proibidos por três anos antes da primeira safra certificada (DAROLT, 2002).

2.1.6 Plantas daninhas

A planta daninha cresce e se desenvolve em um local e momento indesejado, na maioria dos casos é negativa para uma plantação. Esse tipo de

planta pode prejudicar uma plantação de qualquer outra espécie de verde e é o que acontece muito em grandes hectares de plantação. (LORENZI, 2008)

Com facilidade de reprodução e consumo baixo de água para sua sobrevivência, a proliferação de plantas daninhas acontece rapidamente e muito se tem estudado para evitar o seu aparecimento. O controle das plantas daninhas é feito através de agrotóxicos que por sua vez são tão temidos pela população. (LORENZI, 2008)

As plantas daninhas também podem ter um lado positivo. Chamadas as vezes de planta espontânea, planta indicadora, elas sugerem uma certa possibilidade de convivência com as culturas comerciais. Na grande maioria dos casos, é prejudicial à agricultura. É uma planta que não precisa de nenhum cuidado humano para nascer, crescer e sobreviver. Elas crescem rapidamente, usam nutrientes do solo para a sobrevivência, usam uma alta eficiência de água, entre outras características. (LORENZI, 2008).

2.2 AGROTÓXICOS

2.2.1 Glifosato

É um herbicida não seletivo as culturas, de amplo espectro de ação, de uso pré ou pós-emergente, registrado no Brasil desde 1978 pela empresa multinacional Monsanto, para uso em jato dirigido para as culturas de citros, cacau, café, seringueira, bananeira, pomares de frutíferas, pinho, eucalipto e principalmente usado no manejo de plantio direto nas culturas de soja, milho, trigo e arroz. (GRISOLIA, 2005)

Segundo o autor acima, o glifosato age sobre várias enzimas da planta, bloqueando a formação dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Influencia também em outros processos, como a inibição da síntese de clorofila, estimula a produção de etileno, reduz a síntese de proteínas e eleva a concentração de IAA (ácido-indol-acético).

Dentro do grupo dos derivados da glicina, o glifosato é o mais usado por apresentar mais de um mecanismo de ação, é considerado um produto com baixa probabilidade de selecionar espécies resistentes. (GRISOLIA, 2005)

Em 1996 foram identificados, na Austrália, biótipos de *Lolium rigidum*, resistentes ao glifosato, em lavouras que usaram o produto para controlar plantas daninhas em pré-plantio, pelo menos, dez vezes nos últimos 15 anos. Atualmente existem comprovados no mundo seis casos de resistência ao glifosato. (SILVA et al., 2007)

O produto puro pertence ao grupo químico dos derivados da glicina, denominado N – (fosfometil) glicina, sua fórmula estrutural é:

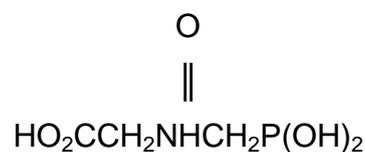


Figura 1 – Fórmula estrutural glifosato

Fonte: GRISOLIA, 2005.

O glifosato é absorvido pela região clorofilada (folhas e tecidos verdes) das plantas, penetra na cutícula por difusão e translucado pelo floema para os tecidos meristemáticos. No solo é moderadamente persistente, com uma meia-vida estimada em 47 dias, é adsorvido pela maioria dos solos, o que dificulta o seu carreamento e lixiviação. A quantidade adsorvida é influenciada pela textura, teor de matéria orgânica e nível de fósforo no solo. Os fosfatos orgânicos competem com o glifosato por locais de adsorção aos colóides. Este herbicida é pouco lixiviado. (GRISOLIA, 2005)

Com o advento das plantas geneticamente modificadas resistentes ao glifosato, o uso intensivo desse herbicida pode levar a alterações nas populações terrestres, especialmente na microflora dos solos. Com relação a contaminação aquática, a preocupação ocorre com os componentes das formulações, especialmente os surfactantes. O *roundup* pode ser até trinta vezes mais tóxico aos peixes que o produto técnico glifosato, justamente por causa dos ditos componentes “inertes” das formulações. (GRISOLIA, 2005)

2.2.2 Comportamento de agrotóxicos no solo e ambiente

O movimento de um herbicida no solo depende basicamente das interações entre a sua estrutura molecular e as características de solo e do manejo ao qual a área é submetida, além dos fatores climáticos (OLIVEIRA JR., 1998).

Outra característica físico-química dos herbicidas que afeta a sua eficácia e o caráter residual no solo é a capacidade de volatilização do produto em condições ambientais. Esta capacidade é medida pela pressão de vapor do herbicida, portanto herbicidas com alta pressão de vapor volatilizam com mais facilidade, sendo que para alguns herbicidas esta capacidade de volatilização é suficientemente grande para que seja necessária sua incorporação no solo imediatamente após a sua aplicação (PRADO, 2005).

A dose de um herbicida eficaz no controle de plantas daninhas e seletivas para as culturas está fundamentada na sua disponibilização para a absorção pelas plantas nos solutos do solo. (PRADO, 2005).

A dissipação de moléculas herbicidas quando sobre o solo está condicionada aos processos de movimento, retenção, transporte e transformação. Como essas moléculas normalmente movem-se a partir da superfície do solo na forma de solução, o entendimento dos mecanismos que influenciam as interações de retenção é fundamental para entender o comportamento dessas substâncias no solo (OLIVEIRA JR., 1998).

O processo de retenção refere-se à habilidade do solo de reter um pesticida ou outra molécula orgânica, evitando que ela se mova tanto dentro como para fora da matriz do solo. Entretanto, pode ser entendido como um processo geral de sorção de herbicidas no solo, que engloba mecanismos específicos de dissipação dos herbicidas: absorção, precipitação e adsorção. A distinção entre adsorção verdadeira (na qual camadas moleculares se formam na superfície de uma partícula de solo), precipitação (formação e separação de superfícies sólidas, assim como, ligações covalentes com a superfície da partícula do solo) e a absorção dos herbicidas pelas plantas e organismos é difícil. Na prática, a adsorção é usualmente determinada apenas através do desaparecimento da substância química da solução do solo, por isso, o termo adsorção é normalmente substituído por outro mais geral, denominado de sorção (SILVA; SILVA, 2007 p. 367).

2.2.2 Precipitação

A formação de precipitados entre as moléculas dos herbicidas podem ocorrer pela junção das partículas dos argilominerais com o herbicida por ligações covalentes de alta força, ou ainda a formação de uma fase sólida separada na superfície de uma partícula do solo (SILVA; SILVA, 2007).

2.2.3 Absorção

Este termo é especificamente usado quando as moléculas do herbicida são absorvidas pelo sistema radicular e outras partes subterrâneas das plantas. Dificilmente ocorrerá a absorção de herbicidas por partículas minerais ou orgânicas do solo (SILVA; SILVA, 2007).

2.2.4 Adsorção

Caracteriza-se por um fenômeno temporário pelo qual uma substância dissolvida se fixa a uma superfície sólida ou líquida. Esta fixação ocorre por interação de forças da superfície do adsorvente (solo) e do adsorvato (herbicida) (SILVA; SILVA, 2007, p.258). A adsorção de herbicidas no solo depende das propriedades do solo e do composto estudado, as quais incluem tamanho, distribuição, configuração, estrutura molecular, funções químicas, solubilidade, polaridade, distribuição de cargas e natureza ácido/base dos herbicidas (GEVAO et al., 2000).

2.2.5 Sorção

A sorção refere-se à adesão ou atração de uma ou mais camadas iônicas ou moleculares para uma superfície, sendo o processo mais importante que influencia o

destino dos pesticidas em condições de campo, á medida que retarda seu movimento no perfil do solo. É um processo geral, sem distinção dos processos específicos de adsorção, absorção e precipitação. As forças responsáveis pelas reações de sorção dos herbicidas no solo incluem forças físicas, ligações de hidrogênio, ligações hidrofóbias, ligações eletrostáticas, reações de coordenação e ligações de troca, entre outras (SILVA, 2011). De forma mais simples e prática, sorção seria o somatório dos fatores que levam ao “desaparecimento” do herbicida aplicado ao solo.

Entre as forças físicas responsáveis pelas reações de sorção a mais importante é:

Van der Waals - envolve moléculas sem dipolo permanente devido a um sincronismo no movimento eletrônico. Segundo SCHWARZENBACH et al., (1993) a força de *Van der Waal* se expressa a atração elétron-núcleo, sendo extremamente fraca, ocorrendo geralmente em moléculas grandes de herbicidas, com elevada massa .

Pontes de hidrogênio - caracterizam-se por formar uma interação dipolo-dipolo, podendo ocorrer interação entre uma molécula polar e outra apolar, com força muita fraca. As pontes de hidrogênio são produzidas pelas atrações eletrostáticas entre o núcleo eletropositivo do hidrogênio e pares de elétrons expostos de átomos eletronegativos. Esse tipo de ligação é muito mais importante nas ligações das moléculas dos herbicidas sobre a superfície da matéria orgânica do que pela superfície das argilas (SILVA, 2011)

Ligações hidrofóbicas - estão associadas com a adsorção de herbicidas apolares, os quais competem com as moléculas de água pelos sítios de adsorção. Muitas das moléculas de herbicidas, principalmente os aromáticos, halogenados, fenóis e bifenóis, com baixa solubilidade em água, podem ligar-se à superfície das argilas por meio de ligações hidrofóbicas. Estas ligações são muito favorecidas quando são adicionados ao solo resíduos orgânicos naturais, aumentando o número de sítios hidrofóbicos de ligação. (SCHWARZENBACH et al., 1993).

Ligações eletrostáticas - envolvem cargas elétricas de superfície, formadas por complexas reações de adsorção, as quais podem ocorrer por adsorção por moléculas de água, por cátions, por troca aniônica e por compostos orgânicos naturais. A adsorção por troca aniônica é importante para solos pouco intemperados de clima temperado. Porém, em condições de solos brasileiros, desenvolvidos em condições de clima tropical e subtropical, predominam argilominerais e elevados

teores de óxidos de ferro e alumínio, com baixa capacidade de formar este tipo de ligação. (SCHWARZENBACH et al., 1993).

Reações por coordenação - envolvem ligações covalentes, de curta distância, e com sobreposição dos orbitais. São ligações muito fortes e a energia depende do número de elétrons em orbitais moleculares ligantes ou antiligantes. Essas ligações estão presentes, por exemplo, entre os prótons dos grupos funcionais de superfície e os átomos de hidrogênio (Fe-OH, Al-OH, COOH) e N_2 (NH_2). Este tipo de ligação, formando complexos de esfera interna, torna difícil a separação e distinção entre o colóide e a molécula do herbicida. (SCHWARZENBACH et al., 1993).

Protonação - nada mais é que a formação de complexos de transferência de cargas na superfície mineral. Ocorre quando um grupo funcional forma um complexo com a superfície de um próton. O complexo pode ser extremamente estável, desenvolvendo adsorção praticamente irreversível. Esse tipo de ligação ou mecanismo tem sido válido para herbicidas do grupo das s-triazinas, as quais tornam-se catiônicas através da protonação, tanto na solução do solo como durante o processo de adsorção. (SCHWARZENBACH et al., 1993).

2.2.6 Lixiviação

A lixiviação é a principal forma de transporte no solo das moléculas não voláteis e solúveis em água. Essas moléculas caminham no perfil do solo, acompanhando o fluxo de água, o qual é governado pela diferença de potencial da água entre dois pontos. (PRATA et al., 2003).

O destino dos herbicidas aplicados ao solo depende muito das propriedades químicas da substância em questão, quanto ao processo de sorção e permanência deste produto. (VÍVIAN, 2006).

Em condições normais, a quantidade do herbicida perdido pela movimentação no perfil do solo é geralmente entre 0,1 e 1% do total aplicado, mas em determinadas circunstâncias pode ser igual ou superior a 5%, sendo que a movimentação ocorre em todas as direções e é dependente da direção do fluxo de água (SILVA, 2011).

Moléculas altamente sorvidas aos colóides do solo, como os herbicidas *glyphosate*, *paraquat* e *diquat*, e rapidamente mineralizadas, como o 2,4-D tendem a apresentar baixo potencial de lixiviação (REGITANO et al., 2001), entretanto, o herbicida ametryn, principalmente em países de clima tropical, no qual possuem baixos teores de matéria orgânica, possui um alto risco de lixiviação, sendo merecida atenção sobre este produto (VÍVIAN, 2006).

Não se deve confundir lixiviação com percolação. É comum haver a confusão dos termos lixiviação e percolação porque, tecnicamente, diz-se que a lixiviação é a remoção de solutos por meio da água que percola o solo. A percolação consiste no movimento descendente da água rumo às regiões mais profundas do solo. Assim, se torna claro, a água percola, o soluto lixivia, isto é, sofre lixiviação (PRATA et al., 2003).

Lixiviação do solo pode ser um fenômeno desejável ou um indesejável, dependendo o resultado final que tem sobre a cultivabilidade da terra. Se lixiviação está sendo feita para limpar o solo de sais dissolvidos para torná-lo mais aráveis ou aumentar sua utilidade agrícola, então é considerada boa e é induzida artificialmente liberando o solo com água fresca. Quando fertilizantes solúveis em água são utilizados no cultivo de plantas, pode eventualmente elevar o teor residual de sal no solo e lixiviação, neste caso reduzirá tais materiais tóxicos da composição do solo (JOLY, 2012).

Lixiviação também pode resultar na perda de nutrientes imprescindíveis, tais como nitratos e outros minerais que são essenciais para o crescimento da planta, sendo indesejável, pois essa perda de nutrientes pode tornar o solo impróprio para cultivo. Além disso, estes sais dissolvidos ou nutrientes coar para baixo, podem contaminar as águas subterrâneas, que por sua vez podem ter efeitos adversos sobre a saúde dos animais e seres humanos ao consumi-la (JOLY, 2012).

Conforme o mesmo autor um modelo matemático pode ser construído para medir a taxa de lixiviação do solo com base em vários parâmetros que afetam a ele, tais como a concentração de sal inicial, tempo de exposição, quantidade de água fornecida e a taxa em que a água de lixiviação pode infiltrar através do solo - definido em termos de eficiência, que é uma função da composição do solo e da estrutura de lixiviação. (JOLY, 2012).

2.3 BIOENSAIO

É um método utilizado para determinação da eficiência relativa de uma substância (vitaminas, metais, hormônios, herbicidas etc.), pela comparação de seus efeitos em organismos vivos com um padrão de comportamento para determinar o efeito biológico dessas substâncias, fatores ou condições. Portanto, representa um método simples e de grande valia na determinação da capacidade sortiva e de resíduos de herbicidas no solo. (SILVA, 2011).

Para utilização desta técnica, são feitas curvas de dose-resposta para cada composto, utilizando plantas indicadoras específicas ao mecanismo de ação de cada herbicida. Esse método determina a capacidade sortiva e de resíduos de herbicidas no solo. As curvas de dose-resposta devem ser feitas no solo a ser estudado e em material inerte, preferencialmente areia lavada, isenta de qualquer resíduo. (SILVA, 2011).

Após aplicação de doses conhecidas de herbicida, são realizadas avaliações nas plantas indicadoras, as quais incluem fitotoxicidade, altura da planta, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea e raízes utilizando em seguida modelos de regressão não-linear (SILVA; SILVA, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA DO SOLO

Para avaliar o potencial de lixiviação do glifosato no solo, foi utilizado o método do bioensaio, que é utilizado para determinação da eficiência relativa de uma substância (vitaminas, metais, hormônios, herbicidas etc.), pela comparação de seus efeitos em organismos vivos com um padrão de comportamento para determinar o efeito biológico dessas substâncias, fatores ou condições. Portanto, representa um método simples e de grande valia na determinação da capacidade sortiva e de resíduos de herbicidas no solo.

Amostras do solo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico foram coletadas nas profundidades de 0 a 30 cm na região oeste do Paraná, localizada no interior do município de Missal, distrito de Dom Armando, onde são realizadas práticas de agricultura orgânica há vários anos, sem histórico de aplicação de agrotóxicos e qualquer químico. As mesmas foram submetidas à análise físico-química caracterizando o solo como próprio para plantio, tendo todos os nutrientes necessários, sendo interpretado como um solo com alto teor de matéria orgânica (MO 38,67 g/dm³). O anexo 1 apresenta o laudo da análise do solo.

3.2 PREPARO DAS COLUNAS

O experimento teve início no município de Santa Helena – PR. Na realização da primeira etapa do trabalho foi utilizado um tubo de PVC 100 mm e uma trena métrica simples. Foi dividido em 10 partes, cada uma com aproximadamente 50 centímetros de comprimento, utilizando uma serra convencional de cortar ferro, fez-se o corte horizontal retirando o que posteriormente será uma tampa, deixando o cano aberto, após nova medição cada uma dessas partes foi marcada e seccionada na vertical em dez segmentos sendo de 5 em 5 centímetros cada, devidamente preparadas para estudos de mobilidade de herbicidas, como mostra a figura 1.



Figura 2 – Colunas de PVC marcadas, seccionadas e parafinadas.
Fonte: O AUTOR

Os tubos foram fechados, e para isso utilizou-se inicialmente cola quente, para o vedamento horizontal e para os cortes verticais foi utilizado parafina. Foram utilizados tampões de cano 100 mm para dar suporte e manter os canos na vertical – demonstrado na figura 2, cada tampão recebeu 5 furos, que servirão de vazão para o excesso de líquido, como está representado na figura 3. Todos os 10 bioensaios foram colocados na posição vertical, preenchidos com terra oriunda da propriedade orgânica e livre de agrotóxicos (Figura 3), e após isso foram saturados com água, com o intuito de drenar e saturar todos os poros por um período de sete dias.



Figura 3 – Suporte para canos tipo “cap”
Fonte: O AUTOR



Figura 4 – Perfurações no suporte cap
Fonte: O AUTOR

3.3 APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLIFOSATO

Após o período de sete dias os bioensaios foram transportados para a UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, especificamente para o laboratório de solos da instituição.

Foi aplicado o *RoundupReady*® herbicida Monsanto, composto por:

- Sal de Isopropilamina de Glifosato 64,8% m/v (648 g.L⁻¹);
- GLIFOSATO 48,0% m/v (480 g.L⁻¹)
- Ingredientes inertes 59,4% m/v (594 g.L⁻¹)

Classe: herbicida não seletivo da ação sistêmica do grupo químico glicina substituída.

Tipo de formulação: concentrado solúvel.

Titular do registro (*): Monsanto do Brasil Ltda

Fabricantes do produto técnico: Monsanto do Brasil Ltda; *Monsanto Company; Monsanto Argentina SAJC; Monsanto Europe S.A.*

Precauções de uso e advertências quanto aos cuidados de proteção ao meio ambiente

Este produto é:

- () Altamente perigoso ao meio ambiente (CLASSE I);
- () Muito perigoso ao meio ambiente (CLASSE II);
- (x) Perigoso ao meio ambiente (CLASSE III);

() Pouco perigoso ao meio ambiente (CLASSE IV).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e uma repetição. Os tratamentos aplicados estão representados na tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de Glifosato aplicado nas colunas

Colunas	Quantidade glyphosate	Quantidade água
1	1 mL	37,5 mL
2	1 mL	37,5 mL
3	Testemunha	Testemunha
4	Testemunha	Testemunha
5	3 mL	112,5 mL
6	3 mL	112,5 mL
7	5 mL	187,5 mL
8	5 mL	187,5 mL
9	9 mL	337,5 mL
10	9 mL	337,5 mL

Fonte: O AUTOR

De acordo com o agrônomo responsável pela venda do herbicida, o glifosato é usado na seguinte proporção: para cada 4 litros de herbicida são utilizados 150 litros de água. Com um cálculo simples fez-se a solução de acordo com a quantidade que foi aplicada, ou seja, para cada 1 mL de glifosato foi usado exatos 37,5 mL de água destilada.

Portanto nos ensaios que foram submetidos à aplicação de 1 mL de glifosato, o herbicida foi dissolvido em 37,5 mL de água destilada; na aplicação de 3 mL foi utilizado 112,5 mL de água destilada; aplicação de 5 mL de glifosato usou-se 187,5 mL de água destilada e nos ensaios onde foi aplicado 9 mL de glifosato foi utilizado 337,5 mL de água destilada. Para este procedimento de medidas da dosagem foram utilizadas pipetas.

Na aplicação do glifosato foi utilizado como aplicador um borrifador de água para garantir que o produto fosse uniformemente disperso no solo.



**Figura 5 – Aplicação do glifosato utilizando borrifador de água.
Fonte: O AUTOR**

3.4 SIMULAÇÃO DE CHUVA

Doze horas após, os bioensaios passaram por uma simulação de chuva. Foi utilizado um simulador constituído por uma armação retangular, apoiado sobre quatro pernas, com dois metros de altura sobre a superfície do solo. No centro da parte superior contém uma armação giratória com 22 bicos aspersores de água que oscilam dentro de 1m², assim como mostra a figura 4.



**Figura 6 – Simulador de chuva da UTFPR
Fonte: O AUTOR**

Nas extremidades e no centro da área do simulador (1m²), foram colocados quatro pluviômetros para medir a quantidade de água precipitada. A partir disso, após 25 minutos de chuva foram medidos 49 mm; 47 mm; 61 mm e 63 mm tendo uma média de 55 mm de precipitação, com uma pressão de 3 psi, resultando em uma intensidade de 2,2 mm/min⁻¹ (milímetros por minuto). Em seguida, os ensaios foram armazenados no laboratório de solos, sobre grades, posicionados de maneira que o líquido lixiviado ficasse armazenado dentro de béqueres.

3.5 PREPARO DAS COLUNAS PARA SEMEADURA

Seguindo os procedimentos, no quinto dia após essa coleta, as colunas foram colocadas na posição horizontal e abertas longitudinalmente. Nas dez subdivisões de cada bioensaio foram colocadas placas de plástico - que servem para encadernação de folhas, para separar o solo de 5 em 5 cm e facilitar o posterior estudo do desenvolvimento das plantas, conforme representa a figura 7.



Figura 7 – Bioensaios devidamente seccionados

Fonte: O AUTOR

3.6 SEMEADURA

Após nove dias da aplicação do herbicida, foram preparadas as colunas e semeadas, ao longo da abertura lateral, sementes de alface lisa, usada como bioindicadora a fim de se avaliar biologicamente a mobilidade do glifosato no solo.

A alface (*Lactuca sativa*) é uma folha que tem quantidades razoáveis de vitamina A, Niacina, vitamina C, e também os minerais Cálcio, Fósforo e Ferro. Pertence a família Angeospermae – Família Asteraceae, nativa da Ásia. É uma planta anual, de ciclo curto, sumarento que atinge até 0,25 m de altura. As folhas são dispostas ao redor do caule, formando uma roseta. As folhas são verdes inteiras, podendo, conforme a variedade ser lisas, crespas, recortadas. (STUMPF. M, 2000)

As plantas foram analisadas durante vinte e quatro dias. Durante este período foram feitas medições da porção aérea (caule e folhas) para avaliar o seu desenvolvimento e ter as interpretações dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA DO SOLO

O solo em estudo é um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, com um alto teor de matéria orgânica e carbono, sendo 38,67 e 22,48 g/dm³ respectivamente. Possui um baixo teor de cálcio, e um médio teor de H + Alumínio. Sua granulometria é composta por 10% de areia, 20% silte e 70% argila, tendo uma textura considerada muito boa.

Seguindo o contexto dos resultados, a Tabela 2 apresenta a germinação dos bioindicadores no terceiro dia após a semeadura.

Tabela 2 – Germinação no terceiro dia.

Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Camadas (cm)										
0-5	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N
5-10	N	S	N	S	N	N	S	S	N	S
10-15	S	N	N	N	N	S	S	S	N	N
15-20	N	N	S	S	N	S	S	S	S	N
20-25	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N
25-30	S	N	S	S	S	N	S	N	S	N
30-35	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N
35-40	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
40-45	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
45-50	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S

Fonte: O AUTOR

Notas: S = sim; N = não

Observa-se a quantidade de intoxicação do solo obtida por avaliação visual. Três dias após o plantio, verifica-se que o glifosato causou o retardamento da germinação das plantas indicadoras na camada de 0 a 5 cm de profundidade, germinando somente nos ensaios sem aplicação do herbicida.

Nas tabelas abaixo pode-se observar o desenvolvimento das alfaces, em diferentes etapas do crescimento. Foram feitas cinco medições: no terceiro, no

quinto, no oitavo, no décimo - primeiro e vigésimo - quarto dia após a germinação e, em todas as medições pode-se observar que nas camadas de 0 a 5 cm as alfaces tiveram um desenvolvimento inferior as demais camadas. A tabela 3 a seguir demonstra as medidas da parte aérea dos bioindicadores no terceiro dia após a germinação, ou no sexto dia após a sementeira.

Tabela 3 – Comprimento da parte aérea das alfaces (cm) no 3º dia após germinação (12/05)

Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Camadas (cm)										
0-5	1	2	2,7	1,5	1	0,7	0,5	1	1	1
5-10	1,2	2	2	4	3	1,5	2,8	2,5	2	3
10-15	1	2,5	2	3,5	3,2	1,7	2,5	3,5	0,5	3
15-20	2	1,8	3,8	3,2	3,2	2,2	3	3,5	2,8	2,8
20-25	3	3	3,5	3,8	3,5	2,5	3	3	0,5	3,2
25-30	3	3	3	3,6	3,1	2,8	2,6	3,2	2,8	4
30-35	3	3,2	4	4,2	3,5	3	3,9	3,4	3	3
35-40	3,5	3,2	3,8	3,5	4	3,1	3	3	3,2	3,2
40-45	3,8	3,5	3,5	3,5	4	2,5	3,8	3,9	3	3,7
45-50	3,5	3,5	3,6	3,5	3,9	3,8	3	4	3	4,2
Média	2,5	2,69	3,27	3,5	3,24	2,38	2,81	3	2,18	3,11

Fonte: O AUTOR

Verifica-se que as medidas da porção aérea das plantas bioindicadoras demonstram bem a influência do herbicida em relação às colunas que não tiveram aplicação do glifosato. Nas colunas 3 e 4, observa-se que as alfaces tem um melhor desenvolvimento, perante as demais. O gráfico 1 interpreta bem esse desenvolvimento.

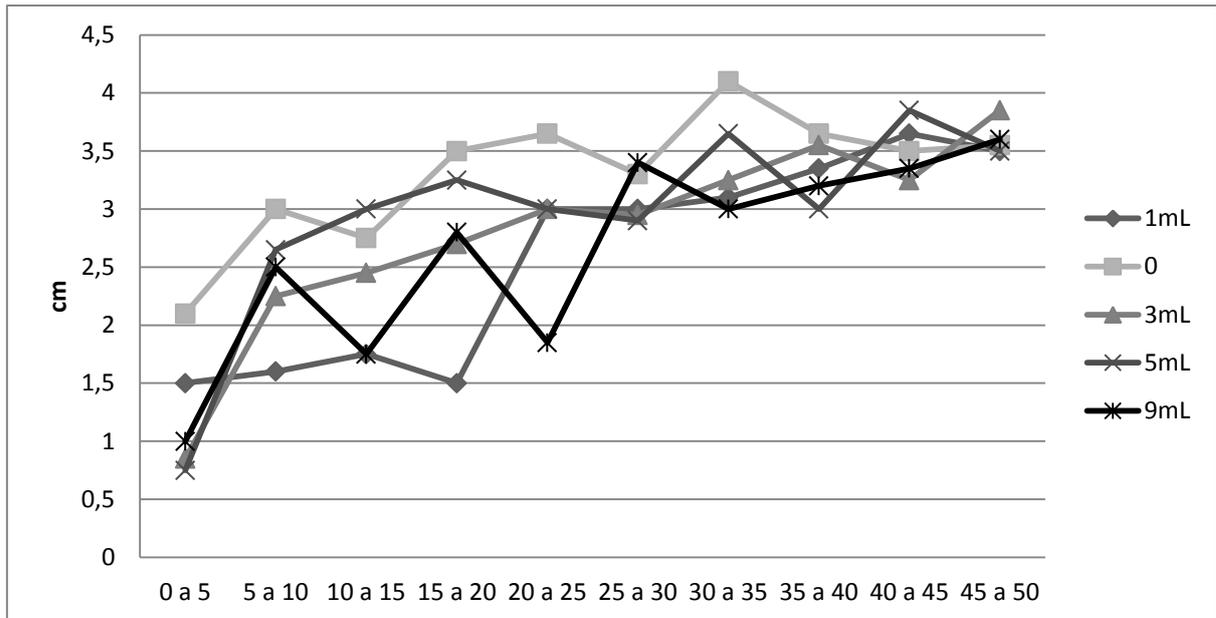


Gráfico 1 – Comprimento da parte aérea em cm das alfaces no 3º dia após germinação.

Fonte: O AUTOR.

A tabela 4 abaixo apresenta o tamanho da parte aérea dos bioindicadores na segunda medição após a germinação, ou melhor dizendo, no oitavo dia após a semeadura.

Tabela 4 – Comprimento da parte aérea das alfaces (cm) no 5º dia após germinação (14/05)

Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Camadas (cm)										
0-5	1,5	2	3,5	2,2	1	1	1	1,5	2,5	1,3
5-10	2,4	3	2,5	3	3,3	2,5	3	3,5	2,5	3
10-15	2	2,5	3	3	3,5	2,5	3,4	4	1,5	3
15-20	3	2	3	2,8	4	2,8	3,5	4	3,5	3
20-25	2,5	3	3	3,7	4,5	3	3,5	4	2	3,4
25-30	2,8	3	3	3,5	3	3,5	3,5	4,4	4	3,5
30-35	3,4	1	3,5	3,5	4,3	3,5	3,8	4	3	4,5
35-40	3,5	2,8	3,5	3,4	4,5	3,5	3,8	3,4	4	3,5
40-45	4	3,5	3	2,8	4	3	3,7	4	4	4,2
45-50	3	3,3	3,5	3,8	3,5	3,5	3,5	4	4	4,5
Média	2,81	2,61	3,07	3,1	3,56	2,88	3,27	3,68	3,1	3,39

Fonte: O AUTOR

Verifica-se a diferença na camada superior, comprovando a presença do herbicida no solo, assim como representa o gráfico 2.

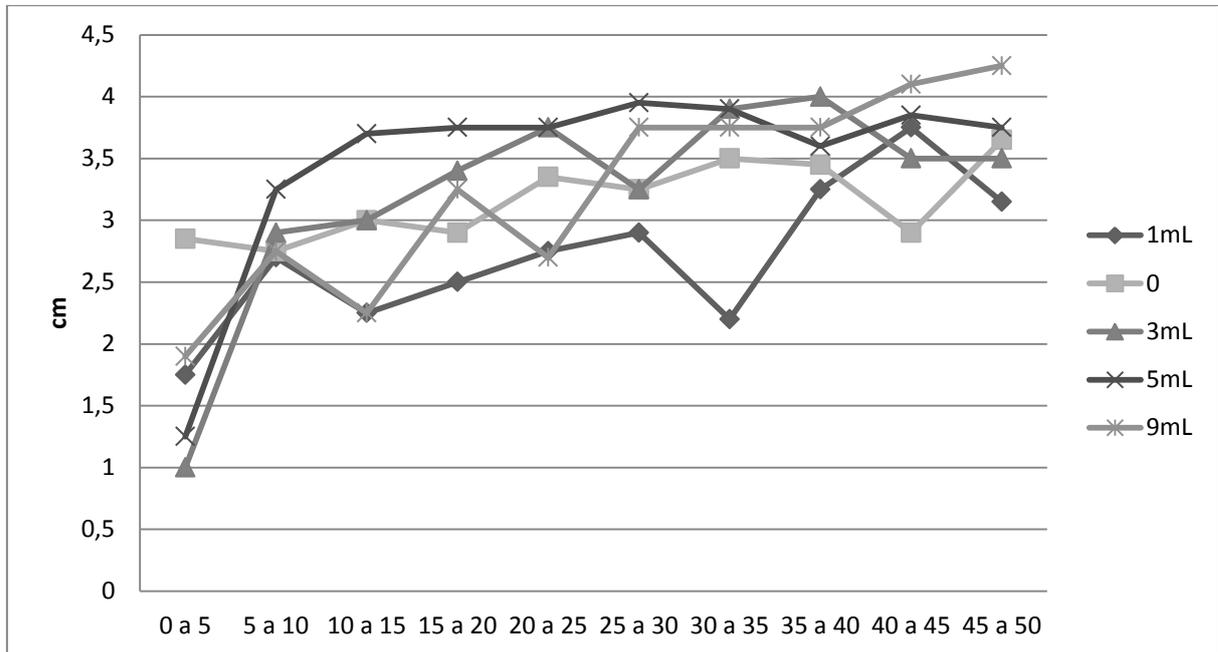


Gráfico 2 – Comprimento da parte aérea das alfaces no 5º dia após germinação.

Fonte: O AUTOR.

A tabela 5 expõe a medida das alfaces no oitavo dia após a germinação, ou no décimo primeiro dia após a sementeira.

Tabela 5 – Comprimento da parte aérea das alfaces (cm) no 8º dia após germinação (17/05)

Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Camadas (cm)										
0-5	1,5	3,8	4	2,6	2	1,8	1,5	2	1,5	2
5-10	2,8	2,5	2,8	3,8	3,2	2,8	3	4,5	3,8	4,1
10-15	2,9	2,8	2,5	3,6	3,4	2,3	3,5	3,8	2,8	4,5
15-20	3,7	1,8	3,8	4	3,8	3,1	3,8	4,9	4,7	3,5
20-25	3,8	3,1	4	4,1	3,8	3,3	3,5	4,5	2,7	4,5
25-30	3	3,1	3,8	4	3,5	3,6	4	4,5	2,5	4,2
30-35	4	3,4	3,5	4,5	5	3,7	4,1	3,9	4,5	4,7
35-40	4,1	3,6	4	4,3	4,5	3,3	4	3,7	4,5	3,8
40-45	4,3	3,9	3,5	1,5	4,7	3,3	3,9	4	4,5	4,5

45-50	3,8	3,6	4,1	4,8	4,3	4	3,6	4,5	4,7	5,1
Média	3,39	3,16	3,6	3,72	3,82	3,12	3,49	4,03	3,62	4,09

Fonte: O AUTOR

Observa-se que as médias seguem um padrão de crescimento, sendo diferente somente a camada 40 a 45 cm das colunas sem aplicação do herbicida, isso pode ter sido motivado pela presença de formigas no local. O gráfico 3 relata bem essa discrepância no desenvolvimento das plantas na camada citada.

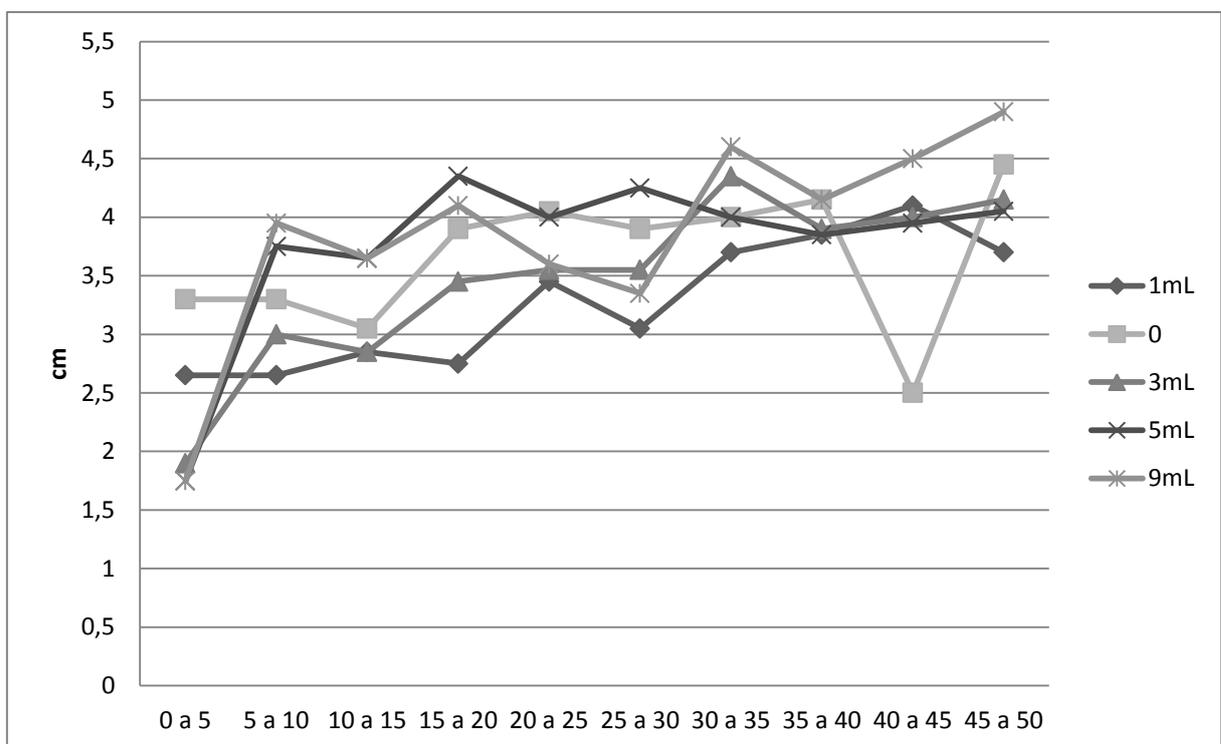


Gráfico 3 – Comprimento da parte aérea das alfaces no 8º dia após germinação.

Fonte: O AUTOR.

A tabela 6 apresenta a medição das alfaces no décimo quarto dia após a semeadura.

Tabela 6 – Comprimento da parte aérea das alfaces (cm) no 11º dia após germinação (20/05)

Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Camadas (cm)										
0-5	2,5	3	4	3,5	2,5	2,5	2	3	3	2
5-10	3	4	3,5	5	4,5	3	3	4	4,5	4
10-15	3,5	3,5	4	5	4,5	3	4	4,5	3	5
15-20	3,8	2,5	5	4,5	4	3,5	4	5	5	4
20-25	4,2	4	4	4	4,5	3,5	4,5	5,5	3	5,5
25-30	4,5	4	5	4	4,5	4	4	5	5	5
30-35	5	4	4,5	5	6	4	5	4	4	4
35-40	4,7	4,5	4	4,5	5,5	4	5	4,5	4,5	4
40-45	5	4	4	2	5	4	4,5	5	5	5,5
45-50	4	4,5	4,5	5	5	5	4	5,5	5	5
Média	4,02	3,8	4,25	4,25	4,6	3,65	4	4,6	4,2	4,4

Fonte: O AUTOR

Como mostra o gráfico 4, as colunas sem aplicação do glifosato mantiveram um crescimento uniforme, somente na camada 40 a 45 cm o tamanho está mais abaixo das demais, sendo possivelmente devido a presença de formigas.

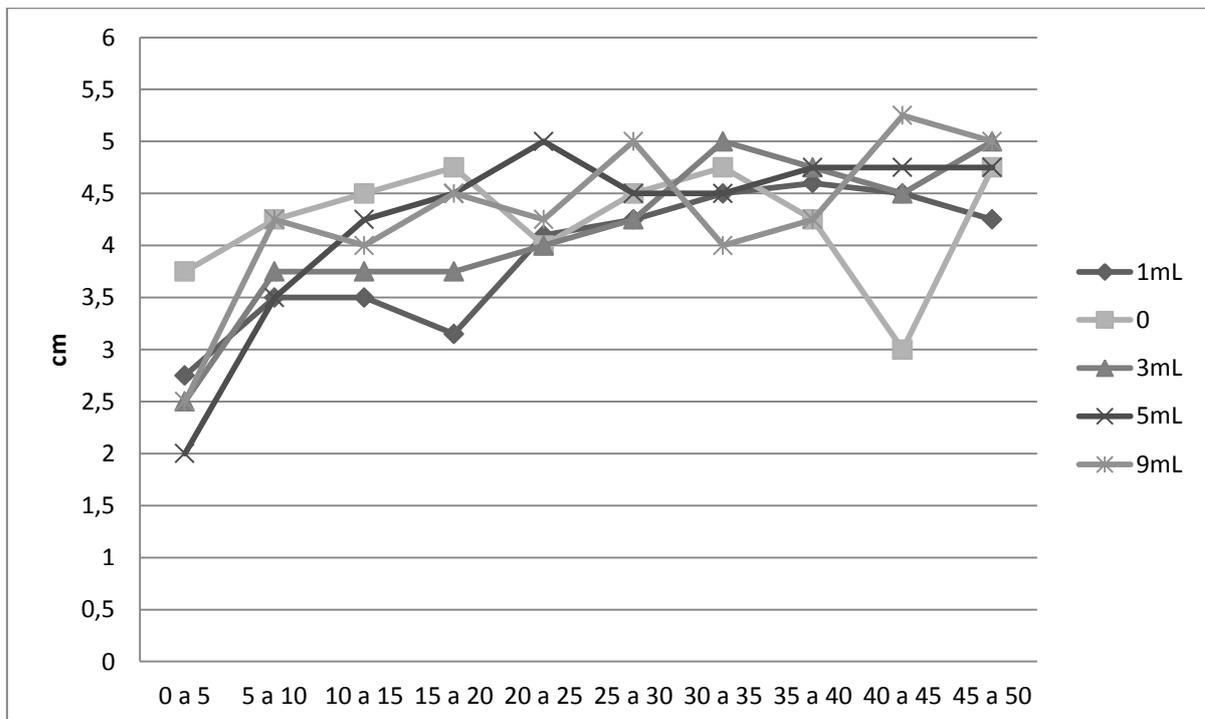


Gráfico 4 – Comprimento da parte aérea das alfaces no 11º dia após germinação.

Fonte: O AUTOR.

A tabela 7 demonstra o tamanho das alfaces na ultima medida, no vigésimo quarto dia após a germinação.

Tabela 7 – Comprimento da parte aérea das alfaces (cm) no 24º dia após germinação (02/06)

Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Camadas (cm)										
0-5	4	7	5	5	3	4	4	4	4	2
5-10	7	7	5	7	5	5	5	6	5	5
10-15	7	4	6	6	4	4,5	3,5	5	4,5	4
15-20	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4,5
20-25	7	5	6	5	4	5,5	5	5	3,5	4
25-30	7	4	6	4,5	4	5	4,5	4,5	4	3
30-35	7	5	5	5	5,5	4	5	5	3,5	4,5
35-40	7	6	5	6	6	5	4	5	5	5,5
40-45	6	7	5	3	7	3	4	5	6	4,5
45-50	5	6	6	6	5	5	4,5	5	5,5	5
Média	6,2	5,6	5,4	5,25	4,85	4,6	4,45	4,95	4,5	4,2

Fonte: O AUTOR

No gráfico 5 abaixo, pode observar-se também uma variação no tamanho das alfaces na camada 25 a 30 cm, sendo pelo mesmo motivo citado no gráfico acima.

Após o ocorrido, foram tomadas medidas para o controle do ataque das formigas, como a colocação de graxa nós pés da mesa em que as colunas estavam, impedindo assim que os insetos subissem novamente.

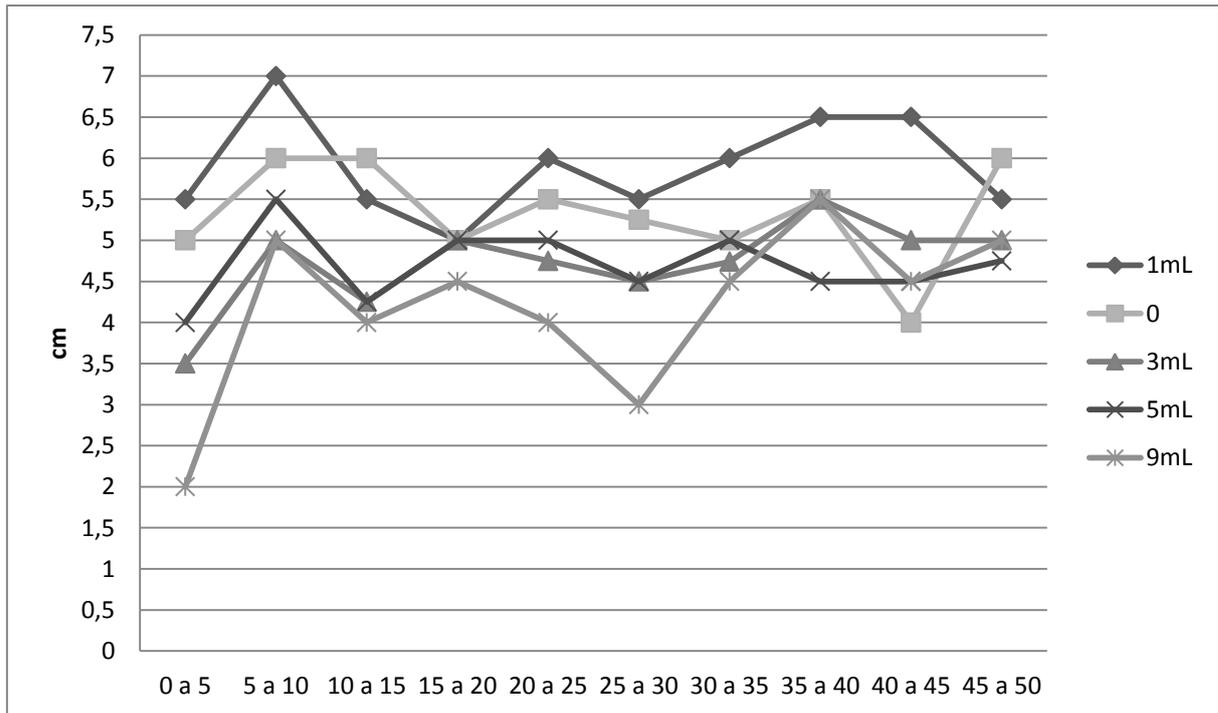


Gráfico 5 – Comprimento da parte aérea das alfaces no 24º dia após germinação.

Fonte: O AUTOR.

Após analisar os bioensaios durante 24 dias foi constatado que o glifosato é totalmente adsorvido nos primeiros cinco centímetros do solo, pois as alfaces dessa camada estavam com tamanhos inferiores das demais, como apresenta a figura 8.



Figura 8 – Diferença de comprimento entre os bioindicadores

Fonte: O AUTOR

Qualquer planta em condições para realizar fotossíntese, ou seja, recebendo água e luz solar, irá nascer e se desenvolver, isso só será diferente se ela sofrer fitotoxicidade. Que é definida por engenheiros agrônomos como um fenômeno associado a alterações observadas no desenvolvimento das plantas, em decorrência

de efeitos tóxicos produzidos por agrotóxicos e outros produtos químicos. (SINDAG, 2009). Que não foi o caso do estudo em questão.

O que pode acontecer, é prejudicar o desenvolvimento, a produção ou até mesmo o retardamento na germinação e crescimento das plantas.

O glifosato não lixivia no solo, mas ele pode passar por escoamento superficial se for aplicado e logo após ocorrer uma precipitação.

O movimento dos pesticidas na superfície do solo de áreas tratadas para áreas não tratadas, junto com partículas de solo ou solúvel na solução do solo após chuvas pesadas, é chamado de escoamento superficial ou "*runoff*" (OLIVEIRA e REGINATO, 2007)

Através desse fenômeno o herbicida glifosato pode atingir aquíferos subterrâneos, mas não através da lixiviação no solo, como apresenta o trabalho realizado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir através do estudo realizado, que o glifosato não lixiviou no solo da região oeste do Paraná nas condições que se encontrava. Vale ressaltar que o solo avaliado é do tipo latossolo vermelho eutroférico, encontrava-se dentro de uma coluna de PVC com um volume de solo de 3.925 cm³. Foi aplicado quatro dosagens diferentes do herbicida: 1 mL, 3 mL, 5 mL e 9 mL e para cada uma destas colunas foi acrescentado 37,5 mL; 112,5 mL; 187,5 mL e 337,5 mL de água respectivamente.

Em solos com propriedades diversas ele poderia apresentar outro comportamento. Com os dados obtidos observou-se que o glifosato é totalmente adsorvido pelo solo na sua camada superficial, pois somente a camada superior de 0 a 5 cm foi prejudicada pela aplicação do herbicida, pois as plantas bioindicadoras dessas camadas sofreram retardamento na germinação e menor desenvolvimento em relação às colunas testes, ou seja, as colunas sem aplicação do glifosato.

O comportamento e destino de herbicidas no solo sofre influência de uma série de fatores. A compreensão da dinâmica dos herbicidas no solo poderá levar a recomendações mais precisas quanto as doses a serem aplicadas e à necessidade de adequação quanto as características do solo que controlam sua movimentação e persistência no solo. Mesmo o glifosato sendo um composto criado para não lixiviar, e que isso foi comprovado pelo estudo em questão, ele pode chegar aos aquíferos subterrâneos através do escoamento superficial. Portanto uma medida a ser tomada em relação ao fato, seria o desenvolvimento de projetos de conscientização aos produtores rurais para ser feita aplicação desse herbicida em épocas com registro de pouca precipitação pluviométrica ou até mesmo, antes da aplicação verificar as previsões de chuva.

A planta utilizada como bioindicadora foi a alface, por não ser uma hortaliça de inverno, e exigir cuidados e locais específicos para ser semeada, esses fatores podem ter influenciado nos resultados do estudo. O que poderia ser sugerido é dar continuação a este trabalho e desenvolver o experimento com outro bioindicador, que tenha um ciclo de crescimento mais rápido, sendo assim avaliar a produção da planta, e talvez observar mais precisamente a influencia do herbicida no seu desenvolvimento.

Entretanto, o conhecimento teórico das propriedades dos compostos do solo, dos fatores climáticos envolvidos e dos mecanismos de interação herbicida-ambiente nem sempre representam o comportamento constatado em condições naturais a campo, o que ressalta a importância de pesquisas, principalmente, em solos brasileiros, com o objetivo de prevenir possíveis distúrbios ambientais provocados por esses compostos. Entender como os herbicidas e outros pesticidas aplicados ao solo se comportam, torna possível sua utilização com eficiência técnica e econômica, a identificação dos problemas de contaminação e das opções de recuperação do ambiente fechado. (SILVA, 2011)

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, L. A. R, MULLER, A. M. PAULUS, G. **Agroecologia aplicada: praticas e métodos para uma agricultura de base ecológica.** Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 86

BRANCO, Samuel M. **Natureza e agroquímicos.** 7. ed. [São Paulo](#): Moderna,1990.

DAROLT, M. R. **Agricultura Orgânica: inventando o futuro.** [Londrina](#): IAPAR, 2002. 250 p

DERPSCH, R; KOPKE, U; ROTH, C. H; SIDIRAS, N. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** Sistemas do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. IAPAR, 1991. 272 p.

EMBRAPA - **Espécies nativas Recomendadas para Recuperação Ambiental no Estado do Paraná, em Solos não Degradados.** Colombo, PR. 2006.

FRANÇA, V; MOREIRA, T; **Agricultor Ecológico,** Alternativas de Produção – São Paulo , Nobel 1988. 75 p.

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

GRISOLIA, C.K. **Agrotóxicos – mutações, reprodução e câncer.** Brasília: Editora Universidade de Brasília., p. 154-159, 2005.

GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M; **Erosão e Conservação dos Solos;** Conceitos, Temas e Aplicações; Bertrand Brasil; Rio de Janeiro 1999. 340 p.

INOUE, M.H. Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no estado do paraná. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.313-323, 2003

JOLY, Alain. **Pesquisa Sobre Saúde,** Disponível em: <http://www.appforce.net/lixiviacao-dos-solos.html>> Acesso em 15 de mai. 2012

LAMBERT, Mark. **Agricultura e meio ambiente.** 2 ed. [São Paulo](#): Scipione, 1993.

LIMA, M. R.; CARNIERI, I. M R. S. A.; FANTIN, E. R.; GARCIAS, C. E.; PINTO, L. S.; SERRAT, B. M.; **Conhecendo o solo**. Curitiba: UFPR. 2002. 27 p.

LORENZI, Harri. **Plantas daninhas do brasil**. Disponível em: <http://www.mundodastribos.com/plantas-daninhas-do-brasil.html>. Acesso em: 13 de maio de 2012 às 16h 46min.

OLIVEIRA Jr., R.S. **Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas**. Viçosa, MG: 1998, 83 p. Tese (Doutorado em fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

OLIVEIRA JR, R.S, REGINATO, B.R. **Comportamento de herbicidas no ambiente**. 2007, Mossoró, **Anais ...**, Mossoró: 2007. 159-182 p.

OLIVEIRA JR, R.S, REGINATO, B.R. **Comportamento de herbicidas no ambiente**. In: FREITAS, F.C.L., KARAM,D., OLIVEIRA, O.F., PROCOPIO,S.O. SIMPÓSIO

PRIMAVESI, Ana. **Agroecologia: ecosfera, tecnosfera e agricultura**. São Paulo. Editora Nobel. 1997. 199 p.

REGITANO, J.B.; ALLEONI, L.R.; TORNISIELO, V.L. Atributos de solos tropicais e a sorção de imazaquin. **Scientia Agrícola**, 58(4): 801-807, 2001.

SCHWARZENBACH, R. P.; GSCHWEND, P. M.; IMBODEN, D. M. **Environmental organic chemistry**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1993. 681 p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. A. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SILVA, A. A.; SILVA, J. A. (Eds.). **Tópicos em manejo integrado de plantas daninhas**. Cap. 7 Herbicidas: Resistencia de plantas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 258 p.

SILVA, Alexandre C. **Métodos da quantificação da matéria orgânica do solo**. Disponível em: http://www.unifenas.br/pesquisa/download/ArtigosRev1_99/pag21-26.pdf. Acesso em: 15 jun. 2012.

SILVA, Leandra O. C da. **Sorção, dessorção e lixiviação do ametryn e fitorremediação do picloram em solos brasileiros**. 2011. Tese (pós-graduação em agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

VIVIAN, R. **Comportamento de ametryn e trifloxysulfuron-sodium no cultivo da cana-de-açúcar e no solo.** 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

WADT, P. G. S; PEREIRA, J. E. S; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B.C; ALVES, L. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas.** EMBRAPA, 2003. 32 p.

ANEXO 1



SOLANALISE
CENTRAL DE ANÁLISES LTDA.

RUA ROCHA POMBO, 170 • JD. GRAMADO
CASCAVEL - PR • CEP 85816-540
Fone/Fax: (45) 3227-1020
CNPJ 85.473.338/0001-13
E-mail: solanalise@solanalise.com.br
Home Page: www.solanalise.com.br

CLIENTE: EPLAN
NOME: GERVASIO WINGERT
PROPRIEDADE: SDE
LOTE RURAL: 100 GL 08
MATRÍCULA: 10074
LOCALIDADE: CHACARA DOM ARMANDO
MUNICÍPIO: Missai
AMOSTRA: 01

DATA DA ENTREGA: 09/09/2011



U.F.: PR

Resultado de Análise de Solo

ELEMENTOS	Cmol _c / dm ³	INTERPRETAÇÃO		
		BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio	Ca	8.32		
Magnésio	Mg	3.24		
Potássio	K	0.63		
Alumínio	Al	0.00		
H + Alumínio	H + Al	3.69		
Soma de Bases	S	12.19		
CTC	T	15.88		
		g / dm ³		
Carbono	C	22.48		
M. Orgânica	MO	38.67		
		%		
Sat. Alumínio	Al	0.00		
Sat. Bases	V	76.76		
Argila	Arg	70.00		
		mg / dm ³		
Fósforo	P	22.30		
Ferro	Fe	24.67		
Manganês	Mn	148.54		
Cobre	Cu	12.24		
Zinco	Zn	5.73		
pH Água				
pH SMP		5.70		
pH CaCl ₂				

OBS.:

CONTROLE: 23368

GRANULOMETRIA %

AREIA: 10.00
SILTE: 20.00
ARGILA: 70.00

CLASSIFICAÇÃO DO SOLO, TIPO: 3

OUTROS ELEMENTOS

mg / dm³
BORO B
ENXOFRE S
FÓSFORO REM.
FÓSFORO RESINA

RELAÇÕES
(Cmol_c / dm³)

Ca / Mg	Ca / K	Mg / K
2.57	13.21	5.14

K %	Ca %	Mg %	H %	Al %
3.97	52.39	20.40	23.24	0.00

Cascavel, 13/09/2011

Decio Carlos Zocoler
Químico Responsável
CRQ Nº 08100089 - 9ª Região

Extrator Melich : K - P - Fe - Mn - Cu e Zn - Extrator KCl : Ca - Mg - Al - Extrator HCl 0,05 N : B - Extrator Fosfato de Cálcio : S