

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Retenção e degradação de  $^{14}\text{C}$ -glifosato e remobilização dos seus resíduos  
ligados em diferentes classes de solos**

**Sayonara Andrade do Couto Moreno Arantes**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia. Área de concentração:  
Solos e Nutrição de Plantas

**Piracicaba  
2007**

**Sayonara Andrade do Couto Moreno Arantes**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Retenção e degradação de  $^{14}\text{C}$ -glifosato e remobilização dos seus resíduos ligados em diferentes classes de solos**

Orientador:  
Prof. Dr. **ARQUIMEDES LAVORENTI**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia. Área de concentração:  
Solos e Nutrição de Plantas

**Piracicaba**  
**2007**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Arantes, Sayonara Andrade do Couto Moreno  
Retenção e degradação de <sup>14</sup>C-glifosato e remobilização dos seus resíduos  
ligados em diferentes classes de solos / Sayonara Andrade do Couto Moreno  
Arantes. - - Piracicaba, 2007.  
121 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.  
Bibliografia.

1. Herbicidas 2. Latossolos 3. Neossolos 4. Poluição do solo I. Título

CDD 632.954

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

**À DEUS;**

*Por cada dia concedido a minha existência e  
por me dar forças para percorrer os caminhos  
da vida.*

*Aos meus queridos pais, Alípio e Maria Helena, não  
somente pelo exemplo de dignidade, mas pelo amor  
e apoio dedicados a mim em todos os momentos da vida.*

*A minha irmã Janaina e ao meu sobrinho  
João Vítor, por ser a luz da nossa família.*

**ofereço.**

*Ao meu marido Kelte, por dedicar a mim todo amor, carinho e incentivo necessários para o  
cumprimento de mais essa etapa; e por ser determinado em seus objetivos, afim de nos  
proporcionar uma vida melhor.*

**dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram, me incentivaram e me apoiaram durante a realização desse trabalho, em especial:

Ao Prof. Dr. Arquimedes Lavorenti não somente pela orientação e ensinamentos que contribuíram para minha formação, mas também pela confiança, cordialidade e excelente convivência durante todo o período de realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Valdemar Luiz Tornisielo pela oportunidade de desenvolvimento dos experimentos no CENA, pelos conhecimentos compartilhados e principalmente pela amizade, confiança e apoio.

Aos professores Dr. Arnaldo Antônio Rodella, Dr. Marcelo Eduardo Alves e Dr. Carlos Eduardo Pellegrini Cerri, pelas sugestões apresentadas na qualificação.

A professora Dra. Célia Regina Montês e ao professor Dr. Pablo Vidal Torrado, pelas sugestões e disponibilidade.

A todas as pessoas do laboratório de Ecotoxicologia do CENA/USP pela amizade, ajuda nos experimentos e por terem contribuído para que este período fosse bastante agradável, em especial aos técnicos Rosângela e Dorelli, as amigas Ana Chaves, Giuliane, Graziela, Cidinha, Luciana e a aluna de graduação Patrícia, pela essencial ajuda.

À todos os funcionários e professores do Departamento Ciências Exatas, área de Química, em especial a Ana, Felipe e Rita, pela ajuda.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, em especial a Nancy, Marta, Luís e com grande carinho a Beth, do laboratório de Mineralogia.

Aos funcionários do NUPEGEL, pela disponibilidade.

A todos os colegas do curso de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas e as queridas amigas: Isabeli, Alessandra e Mara.

Ao departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade de realização deste trabalho, a CAPES pela concessão da bolsa e à FAPESP pelo apoio financeiro.

E a todas as pessoas que tive oportunidade de conviver neste período,

*Muito Obrigada!*

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Considerações sobre pesticidas no ambiente.....	11
1.2 O herbicida glifosato .....	12
1.3 Comportamento do herbicida glifosato em solos .....	19
1.3.1 Retenção e transporte do glifosato em solos .....	19
1.3.2 Aspectos relacionados a degradação do glifosato em solos .....	28
Referências .....	34
2 SORÇÃO E DESSORÇÃO DE <sup>14</sup> C-GLIFOSATO EM DUAS CLASSES DE SOLOS ANTES E APÓS A REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA, ÓXIDOS DE FERRO E GIBBSITA ....	41
Resumo .....	41
Abstract.....	42
2.1 Introdução.....	43
2.2 Desenvolvimento .....	45
2.2.1 Material e Métodos.....	45
2.2.1.1 Coleta, preparo e caracterização das amostras de solos .....	45
2.2.1.2 Separação seqüencial dos constituintes dos solos .....	48
2.2.1.3 Ensaios de sorção e dessorção .....	49
2.2.1.4 Delineamento experimental e análise dos dados .....	52
2.2.2 Resultados e Discussão.....	52
2.3 Conclusões.....	60
Referências .....	61
3 INFLUÊNCIA DA CALAGEM NA RETENÇÃO, ATIVIDADE MICROBIANA E NA MINERALIZAÇÃO DE <sup>14</sup> C-GLIFOSATO EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS .....	64
Resumo .....	64
Abstract.....	65
3.1 Introdução.....	66
3.2 Desenvolvimento .....	69

3.2.1 Material e Métodos.....	69
3.2.1.1 Coleta e caracterização das amostras de solos.....	69
3.2.1.2 Incubação dos solos com calcário .....	70
3.2.1.3 Ensaios de sorção e dessorção .....	71
3.2.1.4 Atividade microbiana .....	73
3.2.1.5 Ensaio de Mineralização.....	75
3.2.1.5.1 Extração do glifosato das amostras de solos .....	77
3.2.1.5.2 Oxidação das amostras de solos .....	77
3.2.1.6 Delineamento experimental e análise dos dados .....	78
3.2.2 Resultados e Discussão.....	78
3.2.2.1 Sorção e dessorção .....	78
3.2.2.2 Atividade microbiana .....	83
3.2.2.3 Mineralização .....	88
3.3 Conclusões.....	93
Referências .....	95
4 EFEITO DA CALAGEM NA REMOBILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LIGADOS DE <sup>14</sup> C-GLIFOSATO EM SOLOS .....	100
Resumo .....	100
Abstract.....	101
4.1 Introdução.....	102
4.2 Desenvolvimento.....	106
4.2.1 Material e Métodos.....	106
4.2.1.1 Coleta e caracterização das amostras de solos.....	106
4.2.1.2 Incubação dos solos com calcário .....	107
4.2.1.3 Formação dos resíduos ligados de <sup>14</sup> C-glifosato .....	107
4.2.1.4 Estudo de remobilização e atividade microbiana .....	109
4.2.2 Resultados e Discussão.....	112
4.3 Conclusões.....	118
Referências .....	119

## RESUMO

### **Retenção e degradação de $^{14}\text{C}$ -glifosato e remobilização dos seus resíduos ligados em diferentes classes de solos**

O glifosato é um dos herbicidas mais consumidos no Brasil e com perspectivas de aumento deste consumo, diante da expansão do plantio direto e do plantio de culturas geneticamente modificadas com resistência a esse herbicida. Porém, pesquisas com esta molécula são ainda incipientes em solos de clima tropical. Nesse contexto, esta pesquisa objetivou gerar dados para uma melhor compreensão do comportamento ambiental desta molécula. Com este intuito, foram realizados ensaios laboratoriais com um Latossolo Vermelho (LE) e um Neossolo Quartzarênico (RQ) que permitiram o desenvolvimento dos capítulos descritos. Os ensaios foram realizados no laboratório de Ecotoxicologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), com glifosato radiomarcado no carbono fosfometil. Na parte inicial da tese, foi realizada uma breve revisão do comportamento ambiental do glifosato. No segundo capítulo, procurou-se determinar os principais constituintes dos solos responsáveis pela sorção do herbicida. Para isso, foram realizadas extrações sequenciais dos principais componentes dos solos, com métodos adequados, e em seguida, realizados os ensaios de sorção e dessorção nas amostras. No terceiro capítulo, foi estudado o efeito da calagem, prática comum na agricultura brasileira, nos processos de retenção e mineralização do glifosato, além de avaliar o efeito da calagem e do glifosato na atividade microbiana dos solos estudados. No quarto capítulo foi avaliado a remobilização dos resíduos ligados de  $^{14}\text{C}$ -glifosato nos solos, na presença ou não de calagem. Os dados obtidos permitiram verificar que, dentre as frações avaliadas no segundo capítulo, os óxidos de ferro foram os principais responsáveis pela sorção do glifosato nos dois solos estudados e a dessorção do herbicida foi baixa em todas as condições. Nos resultados obtidos com os ensaios do terceiro capítulo, foi possível observar que a calagem não influenciou significativamente a sorção e a dessorção do glifosato, tanto no LE quanto no RQ. A atividade da microbiota de ambos os solos foi afetada pela calagem e pelo glifosato. Com relação ao ensaio de mineralização, a calagem aumentou significativamente a mineralização do glifosato no LE e no RQ. Este mesmo efeito da calagem foi observado na remobilização dos resíduos ligados deste herbicida nos solos. Em todos os ensaios foi possível observar a elevada capacidade que o glifosato possui em formar resíduo ligado nos solos, sendo a principal fração formada deste herbicida. Diante dos resultados obtidos foi possível notar a necessidade de mais pesquisas sobre o comportamento do glifosato em solos de clima tropical, sob diferentes condições.

Palavras-chave: Latossolo Vermelho; Neossolo Quartzarênico; Contaminação



## ABSTRACT

### **Retention and degradation of $^{14}\text{C}$ -glyphosate and remobilization of its bound residues in two tropical soils**

Nowadays, glyphosate is one of the most used herbicides in the Brazilian agriculture being expected an increase in its employment due to both the expansion of no-tillage cropped areas and the cultivation of transgenic plants resistant to this molecule. Considering that research related to glyphosate behaviour in tropical soils remains incipient, the present study aimed at to get more detailed information on the dynamics of this molecule in two different Brazilian soils. Laboratory experiments were carried out with both a Red Latosol (LE) and a Quartzarenic Neosol (RQ) at the Ecotoxicology Laboratory from Nuclear Energy in Agriculture Center (CENA/USP) by using  $^{14}\text{C}$ -glyphosate (C labelled at phosphonomethyl group). In the first part of the thesis, it is presented a brief review of the environmental behaviour of glyphosate. The second chapter describes an experiment carried out to identify the main soil component responsible for the glyphosate sorption. To attend this, the sequential removals of organic matter, iron oxides and gibbsite was done being each one followed by glyphosate sorption and desorption batch experiments. In the third chapter it was studied the soil liming effects on both retention and mineralization of glyphosate and also the mutual effect of liming and glyphosate on the soil microbial activity. In the fourth chapter it was evaluated the remobilization of glyphosate bound residues in soil with or without liming. The results presented in the second chapter indicated that the iron oxides are the main components responsible for the glyphosate sorption in both studied soils and that the desorption was low in all studied conditions. The results of the third chapter showed that liming influences neither glyphosate sorption nor its desorption in the two soils and that its mineralization increased in both of them due to the lime application. Similar effects were observed in the fourth chapter, where, for all experiments, liming increased the remobilization of bound residues of glyphosate.

Keywords: Red Latosol; Quartzarenic Neosol; Contamination

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de pesticidas iniciou na década de 40 e com o passar do tempo, devido a sua eficiência no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, seu uso foi intensificado. No começo de sua utilização, não havia preocupação com os possíveis impactos dessas moléculas sobre o ambiente e seres vivos. No entanto, a partir da década de 60, a atenção foi atraída para assuntos relevantes, tais como a toxicidade aguda e crônica dos pesticidas; sua fitotoxicidade; o surgimento de espécies resistentes de pragas; a persistência no solo e na água e seu potencial de transporte. Por isso, pesquisas por moléculas com baixo potencial de contaminação ambiental e baixa toxicidade a organismos não alvos são de grande interesse.

Os pesticidas são muito utilizados na agricultura, principalmente na exploração de monoculturas, onde ocorre homogeneização do ambiente, o que leva a transformação de predadores naturais em pragas. O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de pesticidas, sendo a soja a principal cultura consumidora de defensivos, tendo sido responsável em 2006 por 38,5% no valor das vendas, seguida da cana-de-açúcar (SINDICATO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS – SINDAG, 2007).

Mesmo com os inúmeros benefícios advindos do uso adequado dos pesticidas, torna-se fundamental, o conhecimento do seu comportamento, principalmente no solo, que é o destino final dessas moléculas, na maioria das vezes.

O comportamento de um pesticida no solo depende de três fatores principais: i) estrutura química e propriedades do composto; ii) características físicas, químicas e biológicas do solo e iii) condições ambientais. Dependendo da interação desses três fatores, os pesticidas podem sofrer escoamento superficial, serem lixiviados para camadas mais profundas do solo, volatilizados ou serem absorvidos pelas plantas, sendo essas diferentes rotas, influenciadas pelo processo de retenção e degradação do produto. Dessa forma, estudos de sorção e degradação de pesticidas em solos são a base para se prever o comportamento destas moléculas no solo.

Um importante aspecto a ser considerado no comportamento de pesticidas em solos é a influência de práticas agrícolas, tal como a calagem. A calagem é considerada uma prática essencial para o cultivo na maioria dos solos agrícolas brasileiros, alterando diversos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos e, portanto, a dinâmica de pesticidas.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

