

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**COMPORTAMENTO AMBIENTAL DO TETRACONAZOLE
NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA PELO MODELO
DE FUGACIDADE, EM DOIS SISTEMAS DE SEMEADURA DE
SOJA (*Glycine max* L.)**

CELSO LUIZ DA SILVA

**CAMPINAS
2012**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**COMPORTAMENTO AMBIENTAL DO TETRACONAZOLE
NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA PELO MODELO
DE FUGACIDADE, EM DOIS SISTEMAS DE SEMEADURA DE
SOJA (*Glycine max L.*)**

Tese de Doutorado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola, na
Área de Concentração Água e Solo.

CELSO LUIZ DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Luiz Lonardoní Foloni

CAMPINAS

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

Si38c Silva, Celso Luiz da
Comportamento ambiental do tetraconazole no
controle da ferrugem asiática pelo modelo / Celso Luiz
da Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Luis Lonardoní Foloni.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Soja. 2. Ferrugem asiática. 3. Semeadura. 4.
Ferrugem da soja (Doença). 5. Modelo matemático. I.
Foloni, Luis Lonardoní. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
Título.

Título em Inglês: Environmental behavior of tetraconazole in the control of asian
rust through fugacity model in two soybean sowing system
(glycine max l.)

Palavras-chave em Inglês: Soybean, Asian rust, Sowing, Soybean rust (disease),
Mathematical model

Área de concentração: Água e Solo

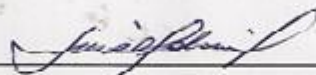
Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Luiz Roberto Pimentel Trevizan, Luis Pedro de Melo Plese,
Silvania Helena Furlan de Oliveira, Denis Miguel Roston

Data da defesa: 27-02-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

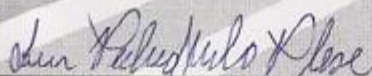
Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Celso Luiz da Silva**, aprovada pela Comissão Julgadora em 27 de fevereiro de 2012, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr. Luiz Lonardoní Foloni – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



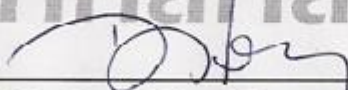
Dr. Luiz Roberto Pimentel Trevizan - Membro Titular
Agrosafety



Prof. Dr. Luis Pedro de Melo Plese - Membro Titular
IFAC



Dra. Sylvania Helena Furlan de Oliveira - Membro Titular
Instituto Biológico



Prof. Dr. Denis Miguel Roston - Membro Titular
Feagri/Unicamp

*A minha esposa Luciana Mattiazzi Diniz e Silva,
pelo amor, compreensão, paciência e incentivo*

DEDICO

*A minha mãe Alice Marcolina de Jesus
e a minha filha Isabella Mattiazzi Diniz e Silva*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Luiz Lonardoní Foloni, pela orientação, dedicação, conhecimentos transmitidos, paciência e amizade;
- Ao Dr. Luís Pedro de Melo Plese, pela inestimável colaboração na condução do estudo, pelos conhecimentos transmitidos, paciência e amizade;
- Ao Dr. Luiz Roberto Trevizan Pimentel, pela amizade, colaboração e sugestões na revisão da tese;
- Ao Dr. Denis Miguel Roston, pela colaboração e sugestões na revisão da tese;
- A Dra. Silvania Helena Furlan, pela amizade, colaboração e sugestões na revisão da tese;
- Ao Dr. Lourival Costa Paraíba, da EMBRAPA - Meio Ambiente de Jaguariúna-SP, pela colaboração na orientação de pontos específicos, pela amizade e pelas sugestões;
- Ao Departamento de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), pela possibilidade da realização do Curso de Doutorado;
- A Arysta LifeScience do Brasil, pelo incentivo e financiamento na execução do trabalho;
- Ao MSc João M. Miyasaki e ao Engenheiro Agrônomo Eros Molina Occhiena do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Arysta LifeScience do Brasil pela compreensão, amizade, paciência e suporte para realização deste Curso;
- Aos Engenheiros Agrônomos Almir José Peretto, Issamu Ouchi e Luís G. Gonella Rodrigues, coordenadores da Arysta LifeScience do Brasil pela compreensão, colaboração e amizade;
- Ao Engenheiro Agrônomo Luiz O. Honma da Estação Experimental da Agro Cosmos onde foi realizado o trabalho;
- Ao Biólogo Juliano Assmann pela inestimável colaboração na revisão da tese;
- Ao Engenheiro Agrônomo Lucas Santa Rosa pela colaboração na revisão da tese;
- Aos Professores Zigomar Menezes de Souza, Mariângela Amêndola, Jose Teixeira Filho, Maria Ângela Fagnani, Raquel Gonçalves, Mara de Andrade Marinho Weill, Edson Eiji Matsura do Departamento de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), pela colaboração e sugestões na realização deste trabalho;

- Aos funcionários Ana Paula Montagner, Rosangela Gomes, Marta Aparecida Rigonatto Vechi, Fabio Esteves Duarte Augusto do curso de Pós-Graduação da FEAGRI pelo suporte e amizade dada durante todo o transcorrer do Curso;

- Aos meus familiares e amigos que sempre me incentivaram nesta caminhada;

SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS.....	ix-x
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	1-2
1.2 Hipótese.....	2
1.3 Objetivos.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Cultura da soja	3-5
2.2 Ferrugem asiática	5-10
2.3 Produtos fitossanitários	10-20
2.4 Modelo de fugacidade	20-24
2.5 Impacto ambiental dos fungicidas	24-31
2.6 Fungicidas	31-39
2.7 Propriedade físico-química do tetraconazole	39-42
2.8 Sistema de cultivo	43-48
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1 Estudo de campo	49
3.1.1 Área agrícola experimental	49
3.1.2 Instalação e execução	49-50
3.1.3 Área de semeadura direta	50-51
3.1.4 Área de semeadura convencional	51
3.1.5 Delineamento estatístico	51
3.1.6 Semeadura e manejo da cultura da soja	52-53
3.2 Índices pluviométricos	53
3.3 Amostragem para avaliação do nível de resíduo	54-56
3.4 Metodologia de análise de resíduo do tetraconazole	56-57

3.5 Características físico-químicas do tetraconazole utilizados nos modelo de fugacidade nível I e II	57-58
3.6 Modelo matemático.....	58
3.6.1 Modelo de fugacidade nível I	58
3.6.1.1 Parâmetros e equações para o cálculo do nível I de fugacidade	58-63
3.6.2 Modelo de fugacidade nível II	63-65
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4.1 Controle da ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i> Syd & P. Syd) da soja ...	66
4.1.1 Na condição de semeadura convencional	66-70
4.1.2 Na condição de semeadura direta	70-74
4.2 Resultados da produtividade da soja	74
4.2.1 Sistema de semeadura convencional	74-75
4.2.2 Sistema de semeadura direta	75-76
4.3 Destino ambiental para o tetraconazole obtidos através do modelo de fugacidade.	76
4.3.1 Modelo de fugacidade nível I	76-78
4.3.2 Modelo de fugacidade nível II	79-81
4.4 Dados obtidos através da análise de resíduos para o tetraconazole.....	81
4.4.1 No solo	81-83
4.4.2 Na palha (sistema de semeadura direta)	83-84
4.4.3 Na planta de soja	85-86
4.4.4 Nos grãos de soja	86-88
4.5 Relação entre os dados de resíduos observados no campo e os dados de predição estimados através do modelo de fugacidade	88-90
5 CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92-103

LISTA DE FIGURAS

	páginas
Figura 1. Histórico e ocorrência mundial da ferrugem asiática	6
Figura 2. Distribuição da ferrugem asiática no Brasil na Safra 2001/02 e 2007/2008	7
Figura 3. Interação das condições climáticas com o hospedeiro/patógeno da ferrugem e o ciclo da ferrugem asiática	9
Figura 4. Diagrama esquemática mostrando os prováveis mecanismos pelos quais o conteúdo de água influencia a atividade do fungicida aplicado no solo.....	12
Figura 5. Interferência dos processos ambientais com os fungicidas	25
Figura 6. Gerenciamento de risco para possibilitar a redução do perigo potencial	30
Figura 7. Escala fenológica da cultura da soja e a época da aplicação do fungicida recomendado pelo fabricante.....	33
Figura 8. Época de detecção da ferrugem asiática em função do estágio da cultura.....	35
Figura 9. Escala diagramática para avaliar a severidade da ferrugem asiática em folíolos de soja	36
Figura 10. Translocação do fungicida tetraconazole na planta de soja aos 1, 3, 7, 10, 14 e 30 dias após aplicação.....	42
Figura 11. Foto aérea da estação experimental da Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda e o mapa da localização da cidade de Engenheiro Coelho-SP	49
Figura 12. Fotos do detalhe da aérea do ensaio de semeadura direta e da semeadura convencional em Engenheiro Coelho-SP	50
Figura 13. Fotos da estação meteorológica da Quanta Precisão Agrícola Ltda, utilizada durante a condução do experimento campo para monitorar as condições climáticas.....	53
Figura 14. Diagrama do padrão mundial de fugacidade representada pelas unidades dos compartimentos ambientais (ar, água, solo, sedimento, folha, caule, raiz e biota).....	59
Figura 15. Incidência (0-100%) da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura convencional.....	67
Figura 16. Número de lesões/1cm ² da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura convencional.....	68
Figura 17. Severidade da ferrugem asiática baseada na escala diagramática, em folíolos de	

soja em semeadura convencional	69
Figura 18. Incidência (0-100 %) da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura Direta.....	70
Figura 19. Número de lesões/1cm ² da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura direta.....	71
Figura 20. Severidade da ferrugem asiática baseada na escala diagramática, em folíolos de soja em semeadura direta.....	72
Figura 21. Produtividade em toneladas/ha de grãos de soja em semeadura convencional, na safra 2006, nas áreas testemunha e tratadas	74
Figura 22. Produtividade em toneladas/ha de grãos de soja em semeadura direta, na safra 2006, nas áreas testemunha e tratada	75
Figura 23. Diagrama da distribuição do fungicida tetraconazole entre os diferentes compartimentos ambientais obtidos na aplicação do modelo de fugacidade nível I, para a cultura da soja.....	77
Figura 24. Diagrama da distribuição do fungicida tetraconazole entre os diferentes compartimentos ambientais obtidos na aplicação do modelo de fugacidade nível II, para a cultura da soja.....	79
Figura 25. Resíduos obtidos do tetraconazole na palha no decorrer das horas após a 3 ^a aplicação no sistema de semeadura direta na cultura da soja.....	84
Figura 26. Resíduos obtidos do tetraconazole no decorrer das horas após a 3 ^a aplicação nas plantas de soja no sistema de semeadura convencional e direta na cultura da soja	85
Figura 27. Correlação dos valores em % de resíduos obtidos nas análises cromatográficas por compartimento (solo e planta) e os valores calculados pela fugacidade em % para os mesmos compartimentos	89

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 1. Características físico-químicas do tetraconazole	40
Tabela 2. Resultados da análise de solo da quadra 8 da Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda	50
Tabela 3. Descrição das características durante a aplicação do fungicida tetraconazole na cultura da soja no sistema de semeadura direta e convencional.....	52
Tabela 4. Período de amostragens das plantas de soja, solos e grãos de soja da semeadura convencional após a terceira aplicação do fungicida tetraconazole	55
Tabela 5. Período de amostragens das plantas de soja, solos, palha e grãos de soja da semeadura direta após a terceira aplicação do fungicida tetraconazole.....	56
Tabela 6. Características físico-químicas do tetraconazole utilizadas nos modelos de fugacidade nível I e II	58
Tabela 7. Resíduo de tetraconazole detectado no solo na profundidade de 0-20 cm sob plantio de soja em semeadura convencional e direta antes e após a 3ª aplicação ao longo de 1320 horas	81
Tabela 8. Resíduo de tetraconazole nos grãos de soja sob semeadura convencional e semeadura direta, 1344 horas após a 3ª aplicação de tetraconazole	87

RESUMO

A utilização de pesticidas na agricultura é prática usual no controle de pragas, doenças ou plantas daninhas para que se consiga obter altos índices de produtividade e desta maneira atender à demanda mundial crescente de alimentos. Os pesticidas quando aplicados em condições brasileiras, podem apresentar algumas propriedades que possam prejudicar determinados compartimentos ambientais. Uma ferramenta importante para avaliar o destino ambiental destes produtos aplicados na agricultura é a utilização de modelos matemáticos nos quais permitem prever para qual ou quais compartimentos ambientais a molécula do fungicida tende a caminhar. Este trabalho teve por objetivos: (a) avaliar o efeito do tetraconazole no controle da ferrugem nos dois sistemas de semeadura; (b) avaliar o comportamento ambiental do tetraconazole, aplicando o conceito matemático de fugacidade nível I e II; (c) avaliar o destino ambiental do tetraconazole através das análises químicas de resíduo e (d) avaliar a acuracidade do modelo de fugacidade gerado com os de resíduo (analítico/laboratorial) obtidos. O método analítico consistiu na extração dos resíduos de tetraconazole com acetato de etila em presença de Na_2SO_4 e a determinação quantitativa foi realizada por técnica de cromatografia em fase gasosa, utilizando-se do cromatógrafo equipado com detector seletivo de massas (GC/MS). Os modelos de previsões nível I e II apresentaram resultados semelhantes à análise cromatográfica, onde indicaram que os compartimentos com maior afinidade ao tetraconazole foram o solo e a planta (folhas, caules, raízes e grãos em enchimento) para os sistemas de semeadura convencional e direta e a palha para o sistema de semeadura direta. Nos grãos de soja após a colheita, não foram detectados nenhum resíduo do tetraconazole após a terceira aplicação nos dois sistemas de semeadura. Os dados de previsão ambiental do tetraconazole através de modelos matemáticos, em específico o de fugacidade comprovaram-se como uma excelente ferramenta para a predição em quais compartimentos este fungicida estaria presente de forma simples e rápida, corroborados pelos dados analíticos de resíduos laboratoriais, estes por sua vez dispendiosos e demorados.

PALAVRAS-CHAVES: soja; ferrugem asiática; sistema de semeadura; fugacidade; modelo matemático; fungicida; tetraconazole.

ABSTRACT

The pesticide utilization in agriculture is a common practice to control pests, diseases or weeds to obtain high levels of productivity and this way supply the increasing worldwide demand for food. Pesticides when used in brazilians conditions may show some proprieties that could cause damage in certain environmental compartments. A important tool to evaluate the final environmental destination of these products are mathematical models, which allow predicting which of the environmental compartments the pesticide molecule tends to go. This work aimed to: (a) evaluate the effect of the tetraconazole in the control of Asian rust on both sowing system; (b) evaluate the environmental behavior destiny of the tetraconazole, applying the mathematical concept of fugacity level I and II; (c) evaluate the environmental destiny of the tetraconazole through residual chemistry analysis and (d) evaluate the accuracy of the generated fugacity model results with the residuals results (analytic/laboratory) obtained. The analytic method consisted in the tetraconazole residual extraction with ethyl acetate and Na_2SO_4 , and gas chromatography with a selective mass detector (GC/MS) was used for quantitative determination. The predictions models level I and II showed similar results to the chromatographic analysis, which indicated that the compartments with higher affinity to tetraconazole were the soil and plant (leaves, stem, roots and grain filling) for conventional and direct sowing system, and the straw for direct sowing system. After harvested weren't detected any trace of tetraconazole in the soybeans after the third application in both sowing system. The environmental forecast data of the tetraconazole through mathematical models, in specially the fugacity model, proved themselves as an excellent tool to predict which compartments this fungicide would be in, in a simple and fast way, corroborated with the laboratory analysis residual data, which are expensive and time-consuming.

KEYWORDS: soybean; Asian rust; sowing system; fugacity; mathematical model; fungicide; tetraconazole

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A cultura da soja (*Glycine max* L.) é originária da China e começou a ser disseminada no Brasil nos anos de 1970 após o aparecimento de cultivares adaptados e produtivos para diferentes regiões brasileiras. Atualmente, é a cultura de maior extensão semeada no território brasileiro, com área de aproximadamente 24 milhões de ha, contribuindo enormemente no produto interno do agronegócio brasileiro.

No ano de 2001 apareceu no Brasil a ferrugem asiática da soja, fato que provocou grandes perdas no agronegócio desta cultura, por falta de fungicidas e conhecimentos para o controle desta doença. A doença é causada por um fungo, *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd, que no início do seu surgimento, os técnicos e pesquisadores não tinham conhecimento sobre a melhor forma de controle a ser utilizado e nem havia muitos produtos no mercado registrados para o alvo. Assim os agricultores por falta de informação sobre medidas de controle da doença tiveram prejuízos que chegaram até à perda total da lavoura de soja. Após a sua chegada, muitos pesquisadores têm desenvolvido estudos para minimizar ao máximo os efeitos da ferrugem na soja, seja em sistema de semeadura convencional ou semeadura direta na qual hoje já corresponde por cerca de 50% da área plantada.

A prática da aplicação de fungicida para o combate da doença é a medida mais eficaz na maioria das situações, embora muitos agricultores apliquem além da dose recomendável pelos fabricantes e ou em fases fenológicas inadequadas, o que muitas vezes não causa o efeito desejável. Dentro deste conceito é importante avaliar o nível de resíduo dos defensivos agrícolas que permanece nas partes das culturas que são utilizada no consumo humano e animal. Os testes requeridos junto aos órgãos competentes de registro dos pesticidas no Brasil (MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária e IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) são cumpridos pelas empresas, geradoras do registro do produto. Entretanto com o uso contínuo, podem aparecer problemas ambientais não previstos nos testes. Assim, a análise à nível de campo, é uma forma de monitoramento do que realmente acontece na prática, gerado com o uso do produto em larga escala.

Uma das ferramentas utilizadas para prever o comportamento e o destino ambiental dos pesticidas é o uso dos modelos matemáticos. Além de auxiliar na previsão do comportamento dos produtos no ambiente, possibilita ter uma avaliação prévia de qual ou quais compartimentos tende a se concentrar, indicando em princípio, onde devem ser analisados quando de uma avaliação mais acurada.

O modelo de fugacidade pode ser usado desde o mais simples (nível I e nível II) até os mais complexos com vários parâmetros de entrada (nível III e nível IV). O modelo de fugacidade que utiliza o compartimento planta ou os subcompartimentos (caule, raiz, fruto e folhas) nas condições tropicais, especificamente no Brasil, são escassos principalmente aqueles que comparam os resultados matemáticos com dados experimentais de campo.

1.2 Hipótese

A avaliação através de modelos matemáticos no caso o de fugacidade nível I e II, é uma ferramenta eficaz, expedita e de baixo custo, para predizer o destino do produto aplicado no ambiente e na planta ou em quais outros compartimentos ambientais são os mais vulneráveis ao tetraconazole.

1.3 Objetivos

- a) avaliar o efeito do fungicida tetraconazole no controle da ferrugem asiática na cultura da soja utilizando três aplicações, nos sistemas de semeadura convencional e direta;
- b) avaliar o comportamento ambiental do fungicida tetraconazole na cultura da soja aplicando o conceito matemático de fugacidade nível I e II;
- c) avaliar o destino ambiental do fungicida aplicado na cultura da soja, nos sistemas de semeadura convencional e direta, através das análises químicas de resíduos;
- d) avaliar a aplicabilidade e acuracidade do método matemático de fugacidade gerado, comparando-o com os de resíduos (analítico/laboratorial) obtidos;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da soja

De 1882 até hoje, a cultura da soja teve de ser reinventada. Foi da Bahia para o Rio Grande do Sul, onde se iniciou como espécie forrageira. Transformou-se numa oleaginosa e, atualmente, é valorizada, sobretudo, pelo teor e qualidade proteica do seu farelo, além do óleo produzido. A soja é um dos pilares centrais do agronegócio no Brasil. Do total de vendas de agroquímicos no país, aproximadamente, 50% são feitas para a cultura. Hoje, o Brasil ocupa o segundo lugar na produção mundial e as previsões de crescimento sugerem que o país ocupará a primeira posição até 2012. As exportações do complexo soja atingiram US\$ 11,4 bilhões em 2007, correspondente a algo próximo de 8% do total das receitas cambiais brasileiras. Nos anos de 1976 e 1977, chegaram a representar quase 18% dessas receitas, já nos últimos 30 anos, a cultura alavancou a agricultura de vários estados do país. A reboque da soja, como alternativa de rotação ou mesmo de sucessão entre culturas, a cultura da soja foi a mola propulsora para a produção do cerrado brasileiro, região onde é produzida mais de 50% da soja do país (KIIHL e CALVO, 2008).

Aparentemente, a primeira referência sobre soja no Brasil data de 1882, por intermédio de D'Utra, relatando seu cultivo no estado da Bahia. Em 1908, imigrantes japoneses introduziram a soja em São Paulo e, em 1914, E.C. CRAIG, então professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, introduziu-a oficialmente no território gaúcho (MIYASAKA e MEDINA, 1981).

Várias foram as razões que determinaram o sucesso da soja, sendo enfatizadas as relacionadas com aspectos técnicos de produção da cultura. Não obstante, alguns programas federais de incentivo fiscal-financeiro ao desenvolvimento regional devem ser apontados como, por exemplo, o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado (Prodecerr), o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), e o Programa de Assentamentos Dirigido ao Alto Paranaíba (Padap), que facilitaram o estabelecimento de infra estrutura de armazenagem e comercialização da produção, desempenhando papel fundamental no processo de expansão da cultura no País. Deve-se lembrar também que o maior incentivo vem do retorno econômico com a cultura. Desde o seu início em escala comercial no

Brasil, nos anos de 1960, a soja foi beneficiada pelo aumento crescente das oportunidades no mercado internacional de óleo e de proteína, com preços determinados pela Bolsa de Chicago e, ao longo dos últimos anos, tem mantido sua demanda firme, ainda que, mais recentemente a situação cambial tenha diminuído preços no mercado interno. Entre as razões para o sucesso da cultura da soja no Brasil destacam-se como principais: a) Clima, topografia e estrutura fundiária; b) Baixa fertilidade do solo passível de correção; c) O espírito pioneiro dos gaúchos; d) Disponibilidade de recursos humanos e criação da Embrapa Soja; e) Manejo da cultura; f) Acesso a germoplasma e treinamento; g) Pesquisa em genética e melhoramento (KIIHL e CALVO, 2008).

O “complexo soja” tem, para a agricultura brasileira, importância significativa e cada vez mais, trata-se da principal cultura do país, em volume e geração de renda. São quase 250 mil produtores, entre pequenos, médios e grandes, distribuídos em cerca de 17 estados e a produção nacional tem crescido à taxa média de 11%, nos últimos seis anos, e apresentando assim potencial para manter esse bom ritmo de desenvolvimento nos próximos anos. Vários fatores contribuíram para o bom desenvolvimento da soja brasileira, como o desenvolvimento de tecnologias próprias à região tropical (variedades adaptadas, o uso de manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas). Todos esses fatores somados fizeram do Brasil, em pouco mais de 30 anos, uma potência na área agrícola, nos permitindo vislumbrar a perspectiva de, em 2020, chegar-se a produzir perto de 105 milhões de toneladas (PARRA, 2006).

Os Estados Unidos continuam sendo o maior produtor mundial do grão, com produção de 91,4 milhões de toneladas, com área plantada de 30,9 milhões de hectares e produtividade média de 2,958 toneladas/ha.

No Brasil seguiu a tendência mundial de produção dos últimos 5 anos, variando de 66 milhões de toneladas da safra 2004/2005 para 68,7 milhões de toneladas para safra 2009/2010 e com área semeada saltando de 21,8 milhões de hectares da safra 2008/2009 para 23,6 milhões de hectares na safra 2009/2010 e produtividade média de 2,941 toneladas/ha (CONAB, 2011).

A China continua sendo o grande condutor do mercado mundial e também do Brasil, em termos de demanda global. O consumo de soja em grãos naquele país cresceu exponencialmente na última temporada e continuará forte no próximo ciclo. Na safra 2009/10 o consumo doméstico chinês foi de 59,4 milhões de toneladas (aumento de 15% em relação ao

período anterior). Para o ciclo 2010/11, foi estimado em 67,7 milhões de toneladas (VENCATO et al., 2010).

No último levantamento ocorrido em junho de 2011 a Conab vem confirmando todas as expectativas previstas para o início da safra 2010/2011. Os números indicaram uma safra em torno de 75 milhões de toneladas e mantendo o crescimento das últimas safras. Este volume é 9,2% ou 6,3 milhões de toneladas superiores a produção obtida na safra 2009/10, quando foram colhidas 68,7 milhões de toneladas. O fator climático foi o principal responsável por este resultado, mas quando comparamos com a safra anterior 2009/2010, verificou-se um aumento de área saindo de 23,46 milhões de hectares semeados para 24,16 milhões de hectares para a safra 2010/2011, com aumento de 2,9% da área. A produtividade em kg/ha devido ao clima também teve um incremento saindo da média de 2.927 kg/ha na safra 2009/10 para 3.104 kg/ha para a safra 2010/2011, com incremento de 6%. Com o aumento da área e maior produtividade a produção da oleaginosa no Brasil saiu da safra 2009/2010 com 68,7 milhões de toneladas para 75 milhões de toneladas na safra 2010/2011, com incremento de 9,2% em relação a safra do ano anterior (CONAB, 2011).

2.2 Ferrugem asiática

A ferrugem asiática é causada por um fungo, *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., que provoca a desfolha prematura da planta da soja e impede a formação completa dos grãos, consequentemente, há perda de rendimento na qualidade da semente e na produção (YORINORI et al., 2005).

As figuras 1a e 1b a seguir, descrevem os relatos da ferrugem da soja no mundo respectivamente o histórico e a ocorrência. A ferrugem asiática apareceu com alto grau de agressividade pela primeira vez no Brasil em 2001, no estado do Paraná.

A falta do conhecimento da doença na cultura da soja por parte dos agricultores e técnicos e a fácil disseminação devido à temperatura e ao vento, tem ocasionado desde então severas perdas na produtividade.

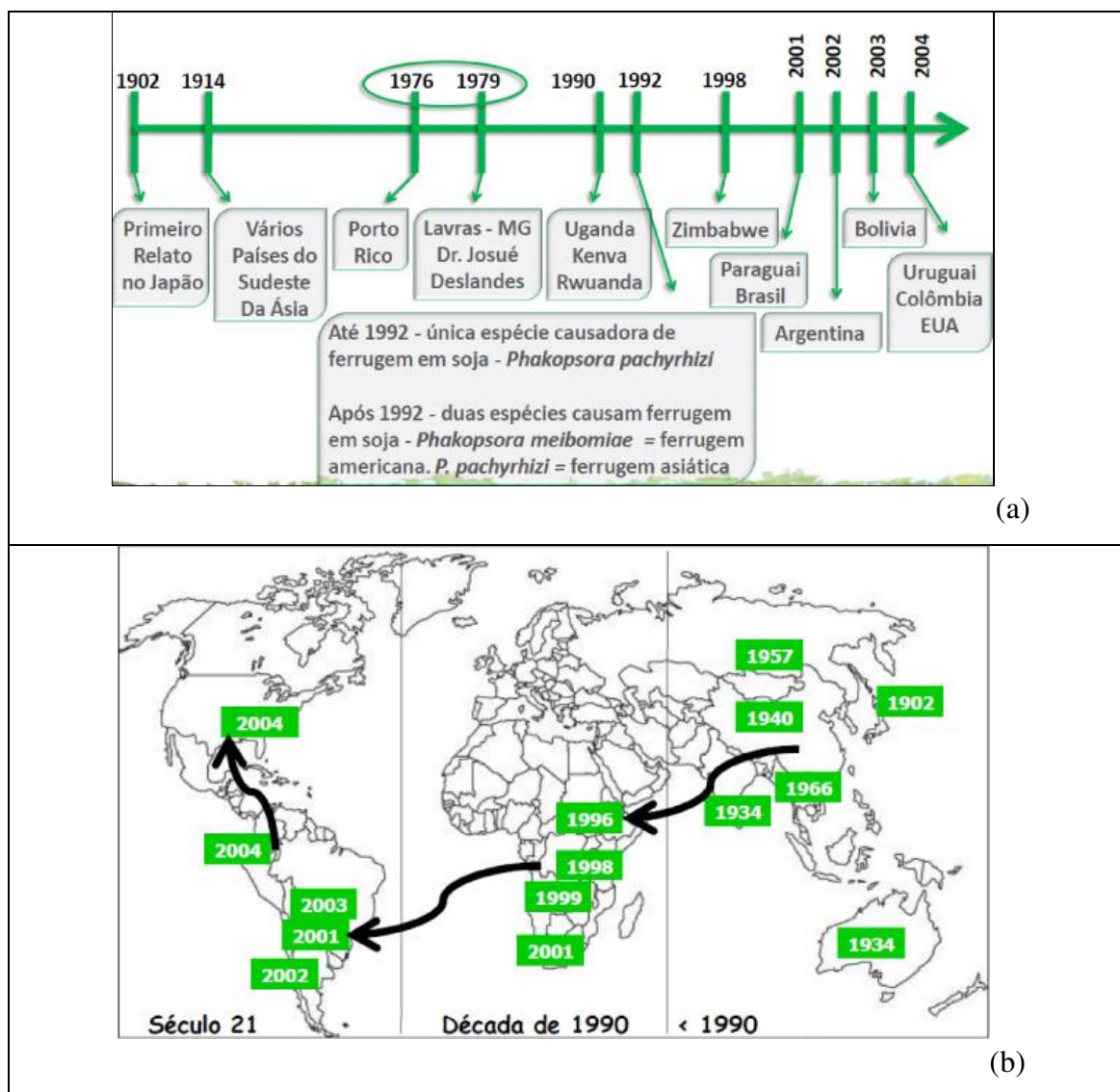


Figura 1 - Histórico e ocorrência mundial da ferrugem asiática (a) e (b) (Consórcio Antiferrugem_ Histórico, 2008a).

Os estados mais prejudicados pela ferrugem são Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, Bahia, Goiás e o Sul de Tocantins, ou seja, a doença esta distribuída em todos os estados onde se tem a cultura da soja na Figura 2a e 2b a seguir.

A primeira constatação da ferrugem asiática, no continente americano, foi no Paraguai em março de 2001 (Figura 2a) a seguir. Em maio do mesmo ano, final da safra e no ano de 2001, a doença já foi detectada no Paraná, em soja guaxa ou tiguera (soja que nasce de grãos perdidos na colheita da safra anterior), não causando prejuízos ou danos.

Na entressafra de 2007, o clima seco e o atraso nas chuvas desfavoreceram a manutenção do inóculo da ferrugem, havendo um atraso nas primeiras ocorrências e uma menor pressão da doença ao longo da safra, conforme pode ser visto na figura 2b. Outras doenças foram mais importantes do que a ferrugem nas diferentes regiões produtoras. No final da safra, em regiões do MT, MS e GO, foi observada uma menor eficiência dos fungicidas triazóis, e confirmada em trabalhos de monitoramento a menor sensibilidade de populações do fungo aos triazóis (Consórcio Antiferrugem_ Histórico, 2008b).

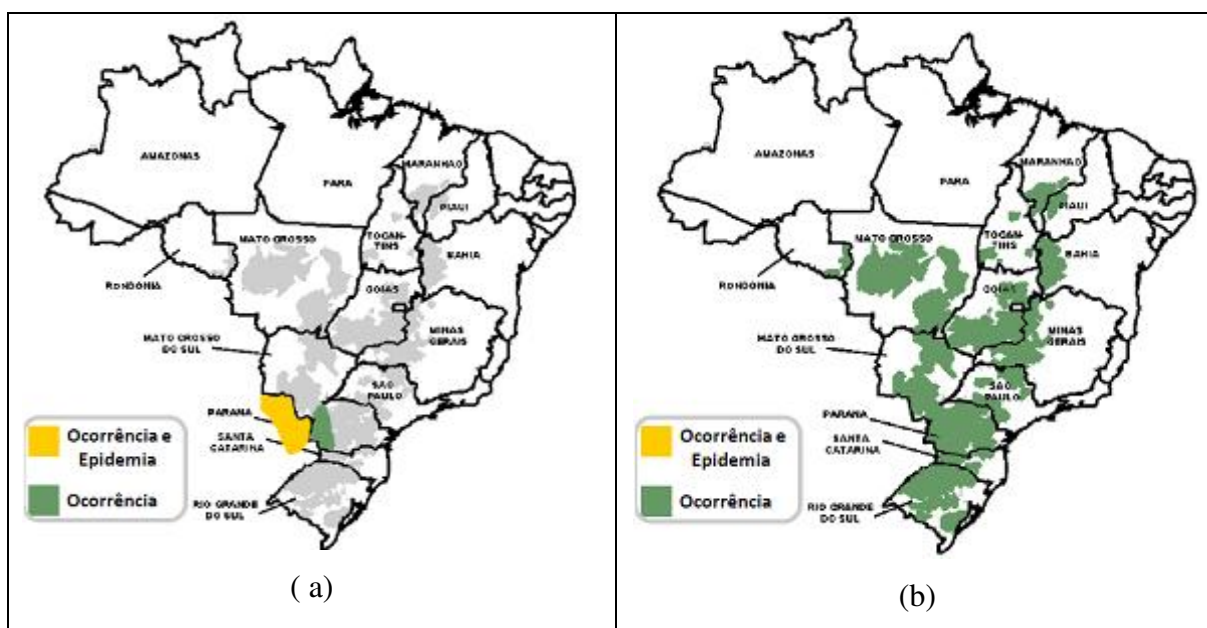


Figura 2 - Distribuição da ferrugem asiática no Brasil na Safra 2001/02 (a) e 2007/2008 (b) (Consórcio Antiferrugem_ Histórico, 2008b).

Segundo YORINORI (2002), a ferrugem asiática tem sido relatada causando perdas em diversas regiões do mundo e no Brasil são citados danos de 30 a 75 %. A ferrugem asiática causada por *P. pachyrhizi* (Sydow) pode provocar redução no rendimento da soja de até 90%, principalmente em áreas onde o controle não é executado, ou o é, mas de forma tardia. Além do rendimento, a doença também pode afetar o teor de proteína no grão.

O prejuízo com a doença tem sido muito grande, pois além da necessidade de controlar o patógeno para evitar a perda de produtividade, tem que se levar em consideração o preço do fungicida/ha, o que elevou ainda mais o custo de produção da cultura. Na safra 2001/02 as perdas foram de 569, 2 mil toneladas de soja com prejuízo de US\$ 125,5 milhões

(US\$ 220,50/tonelada). Para a safra 2007/08, as perdas foram de 418,5 mil toneladas (US\$ 204,5 milhões), acrescidos do controle químico de US\$ 1,97 bilhões (US\$ 43,00/ha tratado), total do custo da doença de US\$ 2,38 bilhões (considerando a ocorrência de 80% da área e 2,2 aplicações adicionais).

O custo da ferrugem, que engloba os recursos gastos com fungicidas mais as perdas em produtividade, têm permanecido ao redor de dois bilhões de dólares nas últimas 6 safras e atualmente corresponde principalmente ao custo com o controle da doença. Isso se deve ao alto poder destrutivo da doença, pela constante presença na maioria das regiões produtoras e pela dificuldade de controle. As médias de aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática no Brasil, estimadas com dados dos relatos na região do Consórcio Antiferrugem, foram de 2; 2,3; 2,2; 2,4; e 2,7 nas safras 2005/06, 2006/07, 2007/08, 2008/09 e 2009/10, respectivamente. Essa média de aplicação na atual conjuntura, não deve variar muito entre as safras, o que se observa com relação ao controle químico da doença é uma tendência de aplicações calendarizadas, a partir do florescimento, ou seja na fase fenológica da cultura R1 ou R2. Entre os fatores que levam o produtor a optar pela calendarização das aplicações está o potencial de dano da doença, que supera em muito o seu custo de controle, a dificuldade na identificação dos sintomas iniciais da doença, a maior probabilidade de ocorrência da doença a partir do florescimento, em decorrência do fechamento da linha pela cultura e da formação de microclima mais favorável para infecção das folhas na parte de baixo das plantas, e o risco de atraso no controle caso as condições climáticas desfavoreçam as aplicações depois de identificada a doença (GODOY et al., 2011).

É importante, para fazer o controle adequado, conhecer a doença, os fatores que influenciam o fungo e o desenvolvimento dos sintomas, ou seja realizar estudos epidemiológicos sobre o patógeno. Para que ocorra uma doença é necessário que a planta, à qual chamamos de hospedeiro, neste caso a soja, seja susceptível a um determinado patógeno ou agente causal, neste caso, o fungo *Phakopsora pachyrhizi*, o qual seja capaz de infectar esse hospedeiro e que o ambiente e as condições climáticas (temperatura, umidade, precipitação, etc.) sejam favoráveis a essa interação. A figura 3a, mostra a seguir a interação entre o ambiente favorável, hospedeiro e o patógeno e a figura 3b descreve o ciclo da ferrugem asiática (Consórcio Antiferrugem_Epidemiologia, 2008).

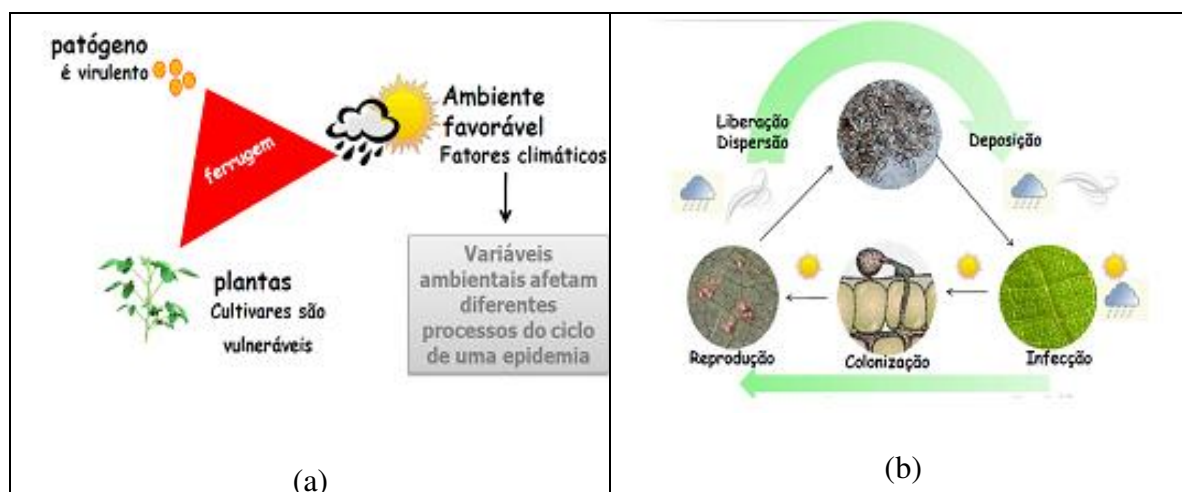


Figura 3 –Interação das condições climáticas com o hospedeiro e o patógeno da ferrugem (a) e o ciclo da ferrugem asiática (b) (Consórcio Antiferrugem_ Epidemiologia, 2008).

O ciclo da doença (Figura 3b) inicia com a disseminação dos esporos que foram produzidas por plantas voluntárias ou da safrinha. Os esporos são disseminados pelo vento e se depositam sobre as folhas das plantas de soja. Caso as condições estejam favoráveis, com temperatura entre 18°C e 26°C, molhamento foliar de pelo menos seis horas (o ideal é de 12 a 14 horas), os esporos germinam e o fungo penetra na folha, diferentemente de outras ferrugens que só penetram por estômatos, esta ferrugem pode penetrar diretamente rompendo a epiderme e então coloniza os tecidos da folha (Consórcio Antiferrugem_ Epidemiologia, 2008).

Os sintomas são verificados em todas as partes aéreas das plantas, sendo mais comuns nas folhas. Iniciam como pequenas pontuações de coloração castanho-clara a marrom. Com aumento no número de pústulas e devido à coalescência das lesões, pode causar crestamento foliar, semelhante ao crestamento causado por cercospora, septória, mancha parda ou bactéria. Na medida em que esse processo se acentua é possível observar amarelecimento foliar seguido da queda prematura de folhas (Consórcio Antiferrugem_ Epidemiologia, 2008).

Trabalhos desenvolvidos para verificar a presença de resistência parcial em cultivares de soja à *P. pachyrhizi*, demonstraram variação na taxa de progresso da doença entre diferentes cultivares de soja. De modo geral, as cultivares apresentam menor suscetibilidade ao patógeno quando inoculadas entre os estádios V4 e V5, sendo mais suscetíveis à infecção nos estádios de R1, ou seja no início do florescimento e R2, no florescimento pleno (BALARDIN et al., 2005).

Segundo OHL (2010), o monitoramento da soja é fundamental para o sucesso no manejo de doenças que atingem a cultura, principalmente pelo fato de a maioria dos produtores terem dificuldade em identificar as doenças da soja. Para o controle da ferrugem, o autor recomenda o vazio sanitário, que é uma prática onde se deixa de semear a cultura da soja por um período de 90 a 120 dias, além de uma semeadura concentrada em menos tempo, o que sugere investimentos em máquinas para semeadura e principalmente para colheita a utilização de variedades com ciclo mais curto.

Os dados obtidos a partir dos diversos programas, bem como observações de campo, demonstraram que a incidência e a severidade da doença variam em função da época de semeadura, ciclo da cultivar, local, regime hídrico e térmico, adequação dos programas de controle de inverno e verão. Nas semeaduras precoces, a doença se manifesta próximo ao final do ciclo da cultura (principalmente fase R5), enquanto que nas semeaduras tardias, a doença se manifesta já no início do estágio reprodutivo. A antecipação da ocorrência da ferrugem nas semeaduras tardias mostrou-se relacionada à maior pressão de inóculo sobre a cultura proveniente das áreas semeadas precoces.

2.3 Produtos fitossanitários

Existe uma discussão em relação ao próprio nome dado aos produtos utilizados no controle de pragas, plantas daninhas e em doenças. Para as indústrias produtoras dos produtos químicos, denomina-os de produtos fitossanitários ou defensivos agrícolas, pois são produtos destinados para o controle das pragas agrícolas, objetivando maiores produções. Por ocasião da promulgação da lei específica (Lei Federal – 7802 de 11/07/89) (BRASIL, 1989) sobre o tema no Brasil, instituiu-se o termo agrotóxico (ZAMBOLIM, 2003). Internacionalmente, porém o termo mais utilizado é o pesticida, que segundo ART (1998), pesticidas são substâncias usadas para matar ou controlar organismos nocivos ou destrutivos incluindo os inseticidas, herbicidas, germinicidas, fungicidas e raticidas.

Sem querer entrar no mérito da questão neste trabalho, estes produtos serão citados preferencialmente como fungicidas, sendo vez por outra citados com os outros nomes como

produtos fitossanitários, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas e produtos químicos, porém todos se referindo ao mesmo tema.

A controvérsia sobre a utilização de pesticidas é um dos principais debates desde meados do século XX. Adicionalmente, os prós e contras para cada indicação de seu uso continuarão a ocupar mentes dos cientistas, agentes oficiais do governo responsáveis pela regulamentação e do público em geral. O emprego de compostos químicos no controle de pragas, ou seja insetos, plantas daninhas e doenças em plantas, não é uma incursão nova dos seres humanos. Seu uso já era prática comum há mais de 2000 anos, quando os romanos utilizavam resíduos de compostos inorgânicos na manutenção de suas estradas. Durante os anos 1800, vários herbicidas para o controle de plantas daninhas foram desenvolvidos a partir de compostos inorgânicos. Outros compostos, como os fungicidas, foram criados para controlar doenças em plantas. O dinitrofenol, o primeiro produto desenvolvido a partir de um composto orgânico sintético para o controle de plantas daninhas, insetos e doenças foi introduzido nos anos 1930 (SOLOMON et al., 2010).

Os fungicidas tem contribuído enormemente para a prática agrícola, uma vez que permite a redução da mão de obra, nem sempre disponível na quantidade e qualidade necessária, no momento certo, dos custos de produção, além de melhorar a qualidade dos alimentos (CUNHA, 2003). Entretanto o seu uso indiscriminado, sem os cuidados recomendados pelos seus fabricantes, indicados tanto nos rótulos quanto nas bulas, acabam oferecendo riscos tanto para o aplicador, como para os consumidores (resíduos) e também pela contaminação ambiental. Estes fatos ocorrem, ou por erro de dose, época de aplicação ou ainda pela deriva ou pelo uso não adequado para a cultura ou para o alvo.

A grande maioria dos produtos fitossanitários é aplicado nas culturas e em áreas não agrícolas, através de pulverizações, terrestres ou por aviões. As aplicações destes produtos demandam conhecimento sobre a tecnologia de aplicação, nem sempre bem dominado pelos aplicadores no campo.

Segundo LAVORENTI (1996) ao se realizar a aplicação de um fungicida no meio ambiente, independentemente da forma com que foi feita essa aplicação, na maioria dos casos, atinge o solo. No solo, a molécula pode seguir diferentes rotas, isto é, pode ser retida pelos colóides minerais e orgânicos e a partir daí, passar para formas indisponíveis, ou ser novamente liberada à solução do solo, processo conhecido como dessorção. A molécula também pode ser

transformada em outras, chamadas de produtos de transformação ou metabólitos. O ponto final dessa transformação, para várias moléculas de fungicidas, é a mineralização a CO_2 , H_2O e íons minerais, o que se dá, geralmente, via microorganismos. Quando a molécula se encontra na solução do solo, ela pode ser absorvida por raízes de plantas, ou ser lixiviada para camadas subsuperficiais do perfil do solo, ou sofrer escoamento superficial, ou ainda, ser volatilizada. Todo este processo ocorre no solo simultaneamente, em intensidades diferentes, e depende das propriedades físico-químicas da molécula, das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e das condições meteorológicas, constituindo um processo extremamente dinâmico.

Na figura 4 a seguir são descritos os mecanismos pelos quais a água disponível no solo interfere na atividade do fungicida aplicado no solo.

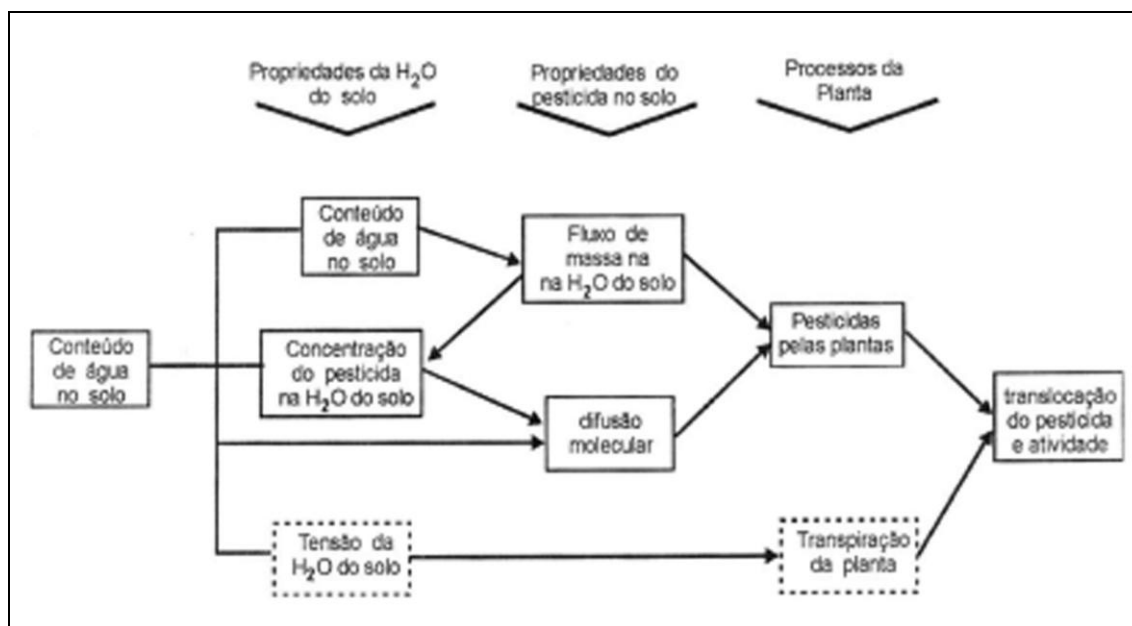


Figura 4 – Diagrama esquemática mostrando os prováveis mecanismos pelos quais o conteúdo de água influencia a atividade do fungicida aplicado no solo (FOLONI, 2001).

O potencial efeito de risco do uso agrícola dos fungicidas sobre o meio ambiente é consequência da união de fatores como as propriedades físico-químicas destes compostos, da dose de aplicação, da frequência de aplicação, da vulnerabilidade dos compartimentos ambientais, de valores de concentração da sua toxicidade aguda e crônica, da consequente exposição de indivíduos de populações de espécie indicadoras da fauna terrestre e aquáticas e da persistência potencial destes compostos no meio ambiente. Os sistemas de produção

agrícola convencional ou direto sugerem frequentemente a utilização de defensivos agrícolas para controlar organismos indesejáveis (fungicidas, inseticidas e herbicidas) que provocam a diminuição da produtividade de uma cultura. Para alguns destes ingredientes ativos, ou princípios ativos, são atribuídos efeitos ambientais indesejáveis tais como a contaminação de água superficial e subterrânea, a bioconcentração em espécies da cadeia trófica alimentar terrestre ou aquática, a contaminação do solo e de alimentos. Muitos destes compostos, por suas propriedades físico-químicas, podem ter preferência por um determinado compartimento ambiental instigando assim a preocupação ambiental provocada muitas vezes pelo seu uso inadequado.

Cada fungicida, ou outro pesticida em virtude do tipo e número de átomos que o compõe e do seu arranjo estrutural, possui uma série específica de propriedades físico-químicas. As principais propriedades físico-químicas relacionadas a seu comportamento ambiental são: solubilidade em água (S_w), pressão de vapor (P), coeficiente de partição n-octanol-água (K_{ow}), constante de ionização ácido (pK_a) ou base (pK_b), constante da lei de Henry (K_H) e a reatividade ou meia vida ($T_{1/2}$). Essas propriedades químicas são normalmente determinadas em laboratório, sob condições controladas e por métodos conhecidos.

A solubilidade de um fungicida em água (S_w) refere-se à quantidade máxima da molécula (pura) que pode ser dissolvida em água, a uma determinada temperatura. Seu valor é expresso na maioria das vezes em concentração (mg/L). Valores tabelados são usualmente fornecidos para a temperatura de 25°C (JENKINS e THOMSON, 1999).

A pressão de vapor (P) de um pesticida é uma medida da tendência de sua volatilização, sendo função direta da temperatura. No entanto, o valor de P não indica em qual taxa o pesticida se volatilizará. De forma geral, pesticidas com valores de $P > 10^{-2}$ mm Hg (1 mm Hg = 133 Pa) são considerados muito voláteis à temperatura ambiente (ao redor de 25°C); de $10^{-4} < P < 10^{-3}$, medianamente voláteis, de $10^{-7} < \text{ou} = P < \text{ou} = 10^{-5}$, pouco voláteis, e $P < 10^{-8}$, não-voláteis (DEUBER, 1992).

O fato da molécula de fungicida passar para o estado gasoso não indica que ela se transformou, isto é, que tenha alterado sua estrutura química. Ela mudou apenas de estado físico ou de fase, mas continua sendo a molécula original. Isso ocorre de maneira similar ao que acontece com a molécula de água que passa do estado sólido ou líquido para o gasoso, continuando a ser a mesma molécula de água em estado físico diferente.

O coeficiente de partição n-octanol-água (K_{ow}) de um pesticida é definido como a relação entre sua concentração na fase de n-octanol saturado em água e sua concentração na fase aquosa saturada em n-octanol. Valores de K_{ow} são expressos, normalmente, na forma logarítmica ($\log K_{ow}$).

$$\log K_{ow} = \log \frac{\text{concentração da fase n-octanol}}{\text{concentração da fase aquosa}} \quad \text{equação (1)}$$

O coeficiente de partição n-octanol-água é uma propriedade muito importante nos estudos relacionados ao destino de moléculas orgânicas no ambiente, pois mede o caráter hidrofóbico/hidrofílico da molécula.

As constantes de ionização ácido/base (K_a ou K_b) das moléculas que possuem caráter de ácido fraco ou base fraca, respectivamente, representam a tendência do fungicida em se ionizar. Os valores dessas constantes indicam dentro de qual faixa de pH da solução do solo o composto se ionizará. Isso é importante, pois as formas ionizadas de pesticidas se comportam diferentemente das não-ionizadas (neutras). Os valores de K_a ou K_b têm sido convertidos em pK_a ou pK_b ($pK = -\log K$), os quais são comumente apresentados nos estudos de comportamento de fungicidas no solo (JENKINS e THOMSON, 1999; LAVORENTI, 1999).

Os pesticidas ácidos são aqueles cujas formas moleculares (neutras) são capazes de doar um ou mais prótons e formar íons com cargas negativas e pesticidas básicos são aqueles cujas formas moleculares são capazes de receber um ou mais prótons e formar íons com cargas positivas (LAVORENTI et al., 2003; GEBLER e SPADOTTO, 2008).

Constante da lei de Henry (K_H) refere-se ao coeficiente de partição ao líquido ou vapor-líquido, sendo definida pela equação (válidas para soluções diluídas):

$$K_H = \frac{P_i}{C_i} \quad \text{equação (2)}$$

onde P_i = pressão parcial da interface ar-água e C_i = concentração na interface ar-água.

Quanto maior o valor de K_H , maior é o potencial de volatilização da molécula e menor a solubilidade do gás na água, que geralmente esse valor diminui com o aumento da solubilidade do componente (MAHAN e MYERS, 2000). Essa constante também pode ser calculada a 1 atm (760

mm de Hg, 0,101 MPa) com base na pressão de vapor (P) e na solubilidade da molécula em água (S_w):

$$K_H = \frac{P \cdot MA}{760 S_w} \text{ (atm m}^3 \text{ mol}^{-1}\text{)} \quad \text{equação (3)}$$

Em que P (mm Hg), S_w (mg/L) e MA = massa atômica (g mol^{-1}).

Uma determinada molécula de fungicida quando atinge o solo, pode seguir diferentes rumos. Ela pode ser absorvida pelas plantas e manifestar seu mecanismo de ação, o que é desejável; pode ser transformada; pode ser retida; e, caso nenhum desses processos ocorra, pode ser transportada para diferentes compartimentos do ambiente. O processo de retenção é responsável pela “captura” da molécula, impedindo-a de se mover e, em alguns casos de manifestar sua ação.

O termo sorção é utilizado para descrever o processo de retenção de moléculas orgânicas, pelo fato de não se saber se está ocorrendo fenômeno de adsorção, absorção, precipitação ou partição hidrofóbica. Portanto, sorção representa a “apreensão” de um soluto pelo solo (ou constituinte do solo), sem indicar o mecanismo envolvido. Depois de sorvida, uma fração das moléculas pode retornar à solução do solo, sendo esse processo conhecido como dessorção. Nesse caso, a concentração do pesticida sorvido encontra-se em equilíbrio com a concentração dele na solução do solo (GEBLER e SPADOTTO, 2008).

Para LAVORENTI et al. (2003) a interação hidrofóbica, também conhecida como partição hidrofóbica, diz respeito à afinidade de uma molécula orgânica pela fração orgânica do solo, devido a sua baixa afinidade pela água (ou melhor, solução do solo). Este tipo de interação está relacionado aos valores de K_{ow} da molécula e ao tipo e teor de matéria orgânica do solo, sendo de fundamental importância para a sorção de fungicidas hidrofóbicos, não-iônicos.

Os processos abióticos de transformação de pesticidas em solos se devem à transformação química e fotodegradação (degradação pela radiação solar). Os meios de transformação dos defensivos agrícolas no solo, como a fotólise, a hidrólise e a oxidação, são afetados pela extensão da solubilidade em água do produto. A transformação abiótica de um pesticida no solo ocorre quando a molécula é transformada pela ação de componentes físicos ou químicos do ambiente. Os dois principais mecanismos de reações químicas importantes na transformação de um fungicida ou

outro produto fitossanitário no solo são a hidrólise e as reações de oxirredução (LAVORENTI et al., 2003; GEBLER e SPADOTTO, 2008).

A hidrólise é influenciada, no solo e na água, pelo valor do pH, pela temperatura e pela sorção do pesticida. A hidrólise é um processo de transformação química no qual uma molécula orgânica, RX, reage com a água, formando uma nova ligação carbono-oxigênio e rompendo uma ligação carbono-X na molécula original (WOLFE et al., 1990).

A classificação mais comum utilizada para definir o estado de oxirredução do meio é a que define o estado de redox de acordo com o valor de Eh (potencial do eletrodo em mV). Para valores de $400 < Eh < 800$, o meio é considerado fortemente oxidante; $200 < Eh < 400$, moderadamente oxidante; $-50 < Eh < 200$, moderadamente redutor; $-200 < Eh < -50$, redutor; e $-400 < Eh < -200$, fortemente redutor.

A fotodegradação (fotólise) das moléculas de um fungicida ou outro pesticida é possível de ser observada na superfície do solo ou folha de uma planta quando ocorre a ação da luz. Geralmente, a luz apresenta um papel de catalisador de reações químicas como a hidrólise, oxidação, redução etc., sendo os produtos resultantes destas reações, algumas vezes, os mesmos encontrados em decorrência dos processos enzimáticos. É muito difícil diferenciar a origem dos processos de transformação no solo se é abiótica ou enzimática (GEBLER e SPADOTTO, 2008).

A extensão da fotodegradação depende do tempo de exposição, da intensidade, do comprimento de onda da luz, do estado físico do pesticida, da natureza do suporte sólido ou do solvente, do pH da solução e da presença de água e fotossensibilidade. A transformação abiótica de pesticidas, em alguns casos, pode dar origem a moléculas com estruturas químicas maiores que a original. O processo de polimerização é um exemplo disso e diz respeito a rearranjos entre moléculas proporcionados por reações fotoquímicas. Como exemplos, têm-se as anilinas substituídas e os pentaclorofenóis (LAVORENTI et al., 2003; PLESE, 2005; GEBLER e SPADOTTO, 2008).

Para MONTEIRO (1998), a maioria das moléculas de fungicidas ou outros pesticidas são transformadas pela ação do metabolismo dos microrganismos no solo. Assim, o termo biodegradação, tipicamente, refere-se à transformação microbiológica de um composto orgânico em outra forma, sem se referir à extensão. A transformação microbiana pode acontecer por reações metabólicas diretas, consideradas primárias, ou por efeitos indiretos dos microrganismos com as propriedades físicas e químicas do solo, resultando em transformações secundárias (MONTEIRO,

1998). Dessa forma são cinco os processos envolvidos nas transformações microbianas dos fungicidas ou outros pesticidas no solo:

Catabolismo: o fungicida deve ser como fonte de energia e de nutrientes para o crescimento e desenvolvimento dos microrganismos degradadores ou decompositores.

Cometabolismo: o pesticida é transformado por reações metabólicas, mas não serve como fonte primária de energia e de nutrientes para o microrganismo. Normalmente, a molécula não é transformada completamente. Por meio da adição de materiais orgânicos ao solo, pode-se evidenciar a transformação cometabólica de pesticidas no solo.

Polimerização ou Conjugação: a molécula original do pesticida ou de um de seus metabólitos se combina com compostos naturais do solo, como aminoácidos ou carboidratos, ou com outra molécula de pesticida.

Acúmulo: ocorre quando a molécula de um pesticida é incorporada ao microrganismo, sem que seja transformada. O acúmulo de moléculas por microrganismos pode ocorrer por um processo ativo ou passivo e traz uma grande preocupação, uma vez que essa interferência microbiana significa apenas a remoção temporária da molécula.

A biodegradação ocorre em função da produção de enzimas por microrganismos degradadores de pesticidas, as quais, em contato com essas moléculas, dentro ou fora das células dos microrganismos, participam de uma série de reações, como: oxidação, redução, hidrólise, desalquilação, dextracarboxilação, hidroxilação, metilação, desalcoxilação, etc (GEBLER e SPADOTTO, 2008).

O termo dissipação é bastante utilizado no estudo do comportamento de pesticidas no ambiente. Esse termo refere-se à fração do pesticida que é mineralizada ou permanece no solo em formas que não a original, ou seja, a dissipação abrange a mineralização, a metabolização, a formação de resíduo ligado do pesticida, a absorção e o transporte. O índice de meia-vida ($t_{1/2}$) expressa o tempo em que 50 % da quantidade total aplicada de uma determinada molécula encontra-se dissipada no solo. A meia-vida pode ser calculada mediante a utilização da constante cinética da velocidade de dissipação (k), da equação de cinética de primeira ordem:

$$C = C_0 e^{-kt} \quad \text{equação (4)}$$

Em que C é a concentração do pesticida remanescente no solo no tempo t , C_0 é a concentração do pesticida no tempo zero e K é a constante de velocidade da reação (d^{-1}). A meia vida é calculada pela seguinte equação:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad \text{equação (5)}$$

A meia-vida é um termo químico definido quando 50 % da massa de um determinado produto leva para degradar ou ser degradada na natureza (MAHAN e MYERS, 2000; SOLOMON, 2010). A meia vida propriamente dita, representa bem o destino dos fungicidas para a maioria das situações, mostrando valores muito inferiores em relação à meia-vida de mineralização. Um aspecto muito interessante relacionado à transformação microbiana do fungicida no solo diz respeito à adição de materiais orgânicos ao meio.

Segundo SOLOMON (1996; 2010) a transformação de fungicidas é constituída, na maioria das vezes, por processos distintos e complexos, os quais são influenciados pelos mais diferenciados fatores. Isso faz com que o processo de transformação seja específico para cada molécula.

MONTEIRO (1998), cita que existem outros fatores que podem influenciar na transformação dos fungicidas, e entre eles estão o tipo de formulação, os solventes utilizados e os surfactantes. Produtos em formulações granuladas, por exemplo, tendem a serem mais persistentes do que os concentrados emulsionáveis e outros. Os solventes, emulsificantes, estabilizantes, espalhantes e algumas impurezas da síntese do ingrediente ativo são capazes, potencialmente, de afetar a microbiota do solo.

O transporte de fungicidas no ambiente pode ocorrer por meio da sua movimentação vertical no solo, processo conhecido como lixiviação da volatilização da molécula, ou pelo escoamento superficial ou *runoff* (GEBLER e SPADOTTO, 2008).

A lixiviação é a principal forma de transporte no solo das moléculas não-voláteis e solúveis em água. Essas moléculas caminham no perfil, acompanhando o fluxo de água, o qual é governado pela diferença de potencial da água entre dois pontos. Quando uma molécula orgânica é lixiviada, pode atingir zonas subsuperficiais do perfil e, em alguns casos, pode até mesmo alcançar o lençol freático, e acarretar impactos ambientais (LAVORENTI et al., 2003).

Segundo LAVORENTI et al. (2003) e (GEBLER e SPADOTTO, 2008) de forma geral, os principais fatores determinantes da lixiviação de pesticidas no solo são a solubilidade em água da molécula, a textura e a estrutura do solo e o índice pluviométrico da região em questão. Assim moléculas com elevada solubilidade em água ($S_w > 300 \text{ mg L}^{-1}$), como exemplo o herbicida

picloram, em solo arenoso e em região com elevado índice pluviométrico, apresentam considerável potencial de lixiviação.

O potencial de lixiviação dos fungicidas no solo pode ser determinado por alguns métodos diferentes, como, por exemplo, por meio das placas de solo, percolação em colunas preenchidas com amostras deformadas ou indeformadas de solo, assim como os estudos em lisímetros. Entretanto, estudos sob condições de lisímetros são extremamente onerosos e, portanto, muito limitados no Brasil, assim, os estudos de lixiviação potencial no país ficam restritos às placas e às colunas.

GUSTAFSON (1989) estabeleceu um coeficiente muito utilizado na determinação do potencial de lixiviação de pesticidas chamado índice de GUS (*Groundwater Ubiquity Score*). Este índice embora apresentando sérias limitações, talvez seja o modelo de screening mais empregado atualmente.

A equação leva em consideração a persistência da molécula no solo e a força da matriz envolvida no impedimento da lixiviação dos produtos fitossanitários. Quanto maior a meia-vida e menor a sorção da molécula, maior será o valor de GUS, ou seja, maior seu potencial de lixiviação no perfil.

O processo de volatilização distribui o fungicida das superfícies do solo, da planta ou da água para a atmosfera. Cada produto tem uma tendência a mudar da fase sólida para a líquida e desta para vapor, devido ao movimento ou à energia da molécula que o compõe. A tendência de uma molécula no estado líquido passar para o estado gasoso (ou volatilizar) é indicada por sua pressão de vapor. Os produtos muito voláteis requerem incorporação ao solo, independentemente das condições de clima ou de solo.

Embora a pressão de vapor de um fungicida, em grande extensão, determine a entrada do produto na atmosfera, deve-se tomar extremo cuidado na interpretação dos dados de volatilização. A pressão de vapor de um pesticida pode dar uma boa estimativa do transporte de ar enquanto o produto estiver no estado livre ou estiver volatilizando de uma superfície inerte. De qualquer modo, quando o pesticida estiver ligado à superfície, a pressão de vapor não pode ser usada como um índice para o transporte de vapor.

Quando se estuda a perda de vapor de uma superfície do solo, outros fatores, como temperatura, concentração inicial do fungicida, umidade e pH, podem controlar a liberação do

pesticida. A elevação da temperatura na superfície do solo é um fator que intensifica a perda por volatilização dos produtos em geral (LAVORENTI et al., 2003; SILVA, 2004).

A concentração do fungicida e a distância em que ele é transportado são influenciadas por fatores como: taxa de aplicação, propriedades físico-químicas do pesticida e do solo, tempo antes que ocorra a erosão seguindo a aplicação, quantidade de precipitação versus a taxa de infiltração, topografia do terreno e tipo de cobertura vegetal (LAVORENTI et al., 2003; SILVA, 2004).

SCHUZ (2001) observou que o transporte de um pesticida por escoamento superficial não é tão previsível como é por lixiviação, na qual se pode ter como base as propriedades físico-químicas do pesticida. O processo de *runoff* é muito dependente dos padrões de uso, das condições climáticas e da geografia do local e ao se efetivar o escoamento superficial pouco importa se o produto tem um valor de K_d ou K_{oc} baixo ou elevado, pois ele poderá ser transportado tanto sorvido às partículas do solo (na forma de resíduo ligado), como livre na solução do solo.

Se o fungicida for quimicamente estável no ambiente, ou se ele for apenas parcialmente transformado em outra espécie química também estável, a situação se torna mais complicada. Sendo assim, há a necessidade de se conhecer o comportamento dos fungicidas nos solos brasileiros. Pesquisas referentes a esse tema vêm ganhando importância na literatura, principalmente nas últimas duas décadas, em face do uso da grande quantidade de produtos utilizados na agricultura em todo o mundo. Hoje já existem numerosos trabalhos referentes ao comportamento das mais diferentes moléculas dos produtos fitossanitários, nos mais diferentes cenários. Entretanto, pouquíssimos são os estudos relacionados às condições de clima e solos brasileiros.

2.4 Modelo de fugacidade

A fugacidade é um conceito termodinâmico que foi introduzido por LEWIS (1901) com a finalidade de explicar o comportamento dos gases reais, com respeito àquele dos gases ideais, no estudo de energia livre. A fugacidade é a variável da termodinâmica que substitui a pressão de vapor na expressão analítica do seu potencial químico, e que permite exprimir de forma relativamente simples a propriedade do gás.

Modelo matemático utilizando o conceito de fugacidade foi desenvolvido por MACKAY (1979), cuja característica foi apresentar vários níveis de complexidade dos cálculos, dependendo

das necessidades de modelagem e disponibilidade dos dados. A complexidade do modelo resulta do número de compartimentos, da inclusão ou não de reações de degradação e de advecção e outros parâmetros.

A fugacidade constitui grandeza termodinâmica relacionada ao potencial químico e é caracterizada pela tendência de escape da substância para um compartimento ambiental, seja ar, água, solo, sedimento, planta ou biotas (MACKAY e PATERSON, 1981; 1982). A fugacidade pode ser aplicada principalmente em problemas que envolvem o equilíbrio entre as fases, especialmente quando se consideram processos de separação química, como extração líquida, destilação e adsorção.

Os modelos matemáticos baseados no conceito de fugacidade são formados, frequentemente, por equações lineares que descrevem a distribuição da substância química no ecossistema, constituído por diferentes compartimentos. A utilização do conceito de fugacidade permite que se tenha ideia do comportamento e o destino de uma substância química no ambiente; isto pode ser verificado, aplicando-se uma série de cálculos matemáticos com diferentes níveis de complexidade (MACKAY, 1991).

O modelo de fugacidade nível I é utilizado para estimar a distribuição percentual de cada um dos pesticidas aplicados em um sistema ambiental, mesocosmo hipotético (MACKAY, 1991), constituído de ar, água, solo, sedimento de fundo, sedimento em suspensão em água, biomassa aquática e biomassa de plantas terrestres. O modelo de fugacidade nível I calcula a distribuição de um pesticida entre compartimentos, assumindo equilíbrio termodinâmico dos coeficientes de partição em estado de equilíbrio estacionário. Neste modelo é suposto que após uma emissão não existem processos de degradação do pesticida. Um sistema ambiental compartimental é definido como uma zona do ambiente constituída por seções contíguas homogêneas denominadas de compartimentos ou fases, nas quais se realizam processos dinâmicos. Exemplos de compartimentos ambientais são: o ar, o solo, a água de um lago ou de um rio, o sedimento de fundo de um lago, a biomassa terrestre e a biomassa aquática. Os compostos químicos emitidos em sistemas ambientais podem alcançar diferentes concentrações nas distintas fases quando alcançam o equilíbrio. As concentrações em cada uma das fases, em teoria, devem ser quantificadas em termos dos parâmetros termodinâmicos. A partição em equilíbrio de uma substância entre o ar e a água é um exemplo no qual o quociente

entre as concentrações em cada fase ou compartimento pode ser expresso pela constante adimensional da lei de Henry, como consta em MACKAY e PATERSON (1981).

O nível II de fugacidade é semelhante ao nível I, mas há adição dos processos de reação e advecção (MACKAY, 1991; MACKAY et al., 1992; KOPRIVNJAK e POISSANT, 1997). A advecção é definida como o movimento do fungicida na mesma direção e sentido do fluxo do meio em que se encontra disperso, como resultado direto do movimento do fluído no compartimento que o produto se encontra.

O modelo de fugacidade nível III supõe que as fugacidades estão em estado estacionário não equilibrado, podendo ter diferentes valores, os quais são determinados por um sistema linear de equações algébricas representando um sistema ambiental compartimental, onde existem advecções, degradações, emissões e transferência de substância entre os compartimentos (MACKAY, 1991). Os modelos, conhecidos como modelos de fugacidade nível IV, são descritos por um sistema linear de equações diferenciais ordinárias (MACKAY, 1991) ou por um sistema dinâmico de controle (BRU et al., 1998; PARAÍBA et al., 1999).

Nos últimos anos devido ao uso intensivo de fungicidas, inseticidas e herbicidas na agricultura mundial tem se observado a necessidade do entendimento do efeito destes produtos nas plantas, e em consequência no compartimento ou subcompartimentos como o caule, raiz e folha (TRAPP e MCFARLANE, 1995; COUSINS e MACKAY, 2001; FRYER e COLLINS, 2003). A elaboração de modelos matemáticos têm sido escassos para prever a distribuição, transformação, o transporte e o metabolismo dos pesticidas nas plantas e para outros compartimentos ar e solo (HUNG e MACKAY, 1997). Os modelos de fugacidade envolvendo a planta são desde os mais simples (TRAVIS e ARMS, 1988; TRAPP e MATHIES, 1995), que descrevem a absorção do composto químico pela planta, até os mais complexos nos quais envolvem dados de fisiologia da planta (PATERSON et al., 1990, 1991a, 1991b, 1994; HUNG et al., 1997, 2001; SUNDBERG et al., 2003).

Vários modelos de fugacidade têm sido desenvolvidos com o compartimento planta, demonstrando a acumulação de produtos químicos (CALAMARI et al., 1987), do solo (NASH, 1974; SCHRAMM et al., 1987), da atmosfera (BUCKLEY, 1982) e da troposfera (GAGGI et al., 1985; BACCI et al., 1986; BACCI e GAGGI, 1987).

Estes modelos podem ser feitos uma aproximação compilando as bases de dados dos processos de transportes e a meia-vida para o crescimento da planta no ambiente de interesse,

combinando com os atributos físico-químicos dos produtos químicos (HUNG e MACKAY, 1997).

COUSINS e MACKAY (2001) relatam áreas que necessitam de pesquisas para ter o suporte no desenvolvimento de modelos de fugacidade incluindo o compartimento planta. Estas áreas são a determinação experimental da cinética de transferência da folha para o ar, medidas da reatividade das substâncias no interior ou exterior da superfície da folha e estabelecer estratégias de inclusão de limites de números de agrupamento de plantas com propriedades comuns para simplificar o processo de evolução no modelo matemático.

Para SILVA (2004), que ao analisar o fungicida tetraconazole na cultura do café e aplicando o modelo de fugacidade nível I, verificou a preferência do fungicida em distribuir pelo compartimento solo, sedimento, caule e raiz. Já SILVA et al. (2007) que analisar um outro princípio ativo do mesmo grupo químico do tetraconazole, chamado de triazóis, verificaram que este ingrediente ativo apresentou comportamento idêntico ao do tetraconazole, ou seja o fungicida tebuconazole do grupo dos triazóis mostrou predição pelos compartimentos solo, sedimento, caule e raiz.

Em trabalho realizado por PLESE et al. (2004) seguindo os procedimentos descritos por MACKAY (1991) para o modelo de fugacidade nível I na cultura do arroz com os principais herbicidas utilizados na cultura, observaram que os produtos 2,4-D, clomazone, quinclorac, bispiribac-sodium e metsulfuron-methyl apresentaram destino preferencial para a água. O herbicida propanil para a água e para a planta e o herbicida paraquat pelo solo e o sedimento.

PLESE et al. (2009), utilizando o modelo de fugacidade nível I, em avaliação do destino ambiental dos herbicidas acetochlor, 2,4-D, diuron, clomazone, thidiazuron, paraquat, simazine, fluazifop-p-butil, clethodim, oxyfluorfen, flumioxazin, carfentrazone-ethyl, ametrina, trifluralin e MSMA em áreas de cultivo de algodão, café e citros, evidenciaram que o compartimento água foi o mais vulnerável.

Ao avaliar a eficiência de vários herbicidas pulverizados isoladamente ou associados na aplicação em pós-emergência da cana-soca colhida mecanicamente no sistema de cana crua FOLONI et al. (2011), realizou um trabalho no qual utilizou o nível I de fugacidade e dentro do conceito de sustentabilidade avaliou o risco ambiental destes produtos. Os autores

evidenciaram que o comportamento preferencial destes herbicidas mostraram que eles tendem a ter maior distribuição pelo compartimento água.

Com o objetivo de verificar o possível impacto ambiental que os inseticidas organofosforados provocam no meio ambiente, YENIGÜN e SOHTORIK (1995) calcularam através do modelo de fugacidade nível II este dano. Os autores concluíram que dos 20 inseticidas organofosforados analisados, somente 8 destes pesticidas apresentaram baixa tendência de concentrar nos compartimentos ambientais e que 12 destes inseticidas apresentaram alta tendência de concentrar, persistir e contaminar os compartimentos ar, água, solo, sedimento, planta e biota do meio ambiente. YENIGÜN e SOHTORIK (1995), realizando o cálculo do nível II de fugacidade, relataram que neste nível de cálculo, o período de persistência pode ser longo e portanto, os dados completos da cinética da substância são exigidos para correta predição. Assim, as concentrações dos compartimentos e o grau de persistência, calculados para este nível de modelo, podem ser usados somente para estimativas de primeira ordem, e preferencialmente detectam os produtos fitossanitários persistentes e não persistentes.

2.5 Impacto ambiental dos fungicidas

Quando um fungicida é usado na agricultura para controlar alguma doença em uma determinada planta, espera-se que apresente um tempo determinado de ação, após o qual deverá desaparecer rapidamente do ambiente. Quando isso não ocorre, como, por exemplo, quando um fungicida, inseticida ou herbicida atinge parcialmente, ou mesmo não atinge, o alvo, ou, ainda, não apresenta uma degradação tão rápida quanto a desejável, pode, assim prejudicar outras plantas e outros componentes da biota do ecossistema. O comportamento e o destino dos fungicidas no ambiente dependem de fatores externos à sua composição, como temperatura e umidade, tipo de solo, presença de matéria orgânica, modo de aplicação, entre outros. Além disso, são fundamentais as propriedades intrínsecas do composto, com a conformação da estrutura molecular do princípio ativo e as características físico-químicas, que irão determinar a sua distribuição na atmosfera, no solo, na água e na biota, onde então, e passará a sofrer ações de indisponibilização, que é o caso dos herbicidas catiônicos, e

degradação, até sua transformação em substância simples, como carbono, nitrogênio, fósforo, entre outras (GEBLER e SPADOTO, 2008).

O destino de um fungicida no solo ou qualquer outro pesticida depende, primeiramente, de como ele é aplicado. Uma vez que ele se move abaixo da superfície do solo, seu destino depende em extensão maior, do grau em que é adsorvido nas partículas do solo ou dissolvido na solução do solo (SOLOMON et al., 2010).

A toxicidade é inerente ao produto fitossanitário, enquanto o risco é a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos, como resultados da toxicidade e da exposição. A seguir segue a Figura 5, onde mostra a interferência dos processos ambientais com os fungicidas ou outro defensivo agrícola segundo SOLOMON et al. (2010).

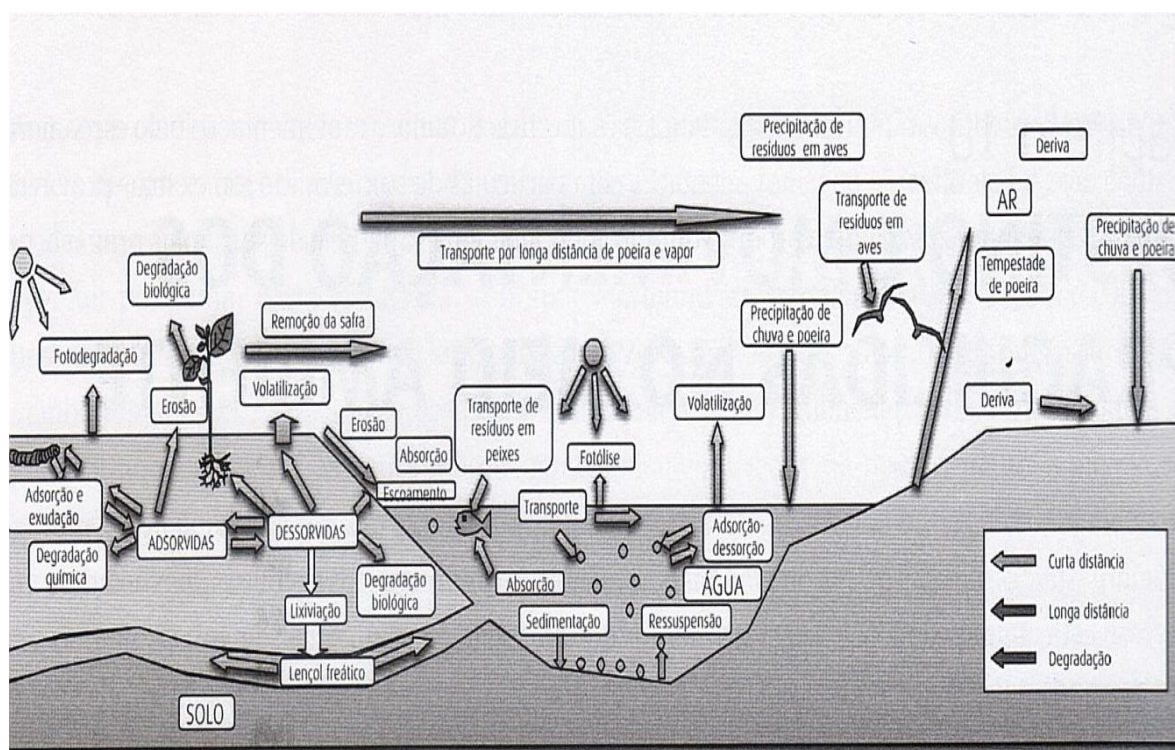


Figura 5– Interferência dos processos ambientais com os fungicidas (SOLOMON et al., 2010).

A massa e a concentração do fungicida que atingem o solo são relativamente incertas. PLIMMER (1992) sugere que, dependendo das condições ambientais e das características físico-químicas do fungicida, 5% dele perde-se por escoamento superficial, em torno de 1% por lixiviação e de 40 a 80% por volatilização. Portanto, quando se estuda o movimento de

fungicida no ambiente, é importante a compreensão dessas rotas, já que após a aplicação, o produto distribuir-se-á pelos diversos compartimentos do ecossistema, tornando necessário prever e monitorar seu comportamento e destino no ambiente. Para tanto, existem diversos métodos, como indicadores ambientais, análises laboratoriais de resíduos, modelagem matemática, entre outros.

A partir de sua aplicação, o fungicida e seus resíduos distribuem-se nos diversos compartimentos ambientais (atmosfera, solo, água e biota). Variáveis como tamanho de gota, forma de aplicação, tipo de formulação comercial, qualidade da água de pulverização, condições ambientais durante a aplicação, ou suas conjugações, influenciam essa distribuição. Isso pode acontecer por atraso ou impedimento da chegada do produto ao alvo, desvio de rota, erro do alvo, além de outros. O ajuste correto desses itens pode ser considerado o primeiro passo para o sucesso de ação do produto e a redução do impacto desejável do fungicida no ambiente (GEBLER e SPADOTO, 2008).

A origem científica da avaliação de risco surge no campo da proteção à saúde humana e ao meio ambiente, passando por grande evolução desde sua primeira implantação. Este processo de avaliação de risco surge do interesse em conhecer a exposição a vários agentes suspeitos de causarem reações adversas para a saúde e ao meio ambiente, por seus efeitos agudos como pelo desenvolvimento de câncer, defeitos congênitos, perturbações neurológicas e de outros problemas patológicos crônicos, assim como pelos efeitos residuais no solo, na água, no ar, nas plantas e fauna (SOLOMON et al., 2010).

Avaliações, pode citar a avaliação de risco/benefício, a qual envolve os riscos ao meio ambiente e à saúde humana em comparação aos benefícios que os produtos fitossanitários podem trazer, tais como, o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, além do impacto na produção e na qualidade e a relação custo/benefício. Por isso que um fungicida somente terá o seu registro autorizado, se os benefícios forem maiores do que os riscos ao meio ambiente e à saúde humana (SEVERN e BALLARD, 1990; FOLONI, 2000).

Somente com a avaliação do risco toxicológico será possível conhecer a realidade, planejar as atividades preventivas e elaborar diretrizes adequadas para a autorização do uso dos defensivos agrícolas no Brasil. A adoção de modelos matemáticos para avaliação dose-resposta, a avaliação da exposição e a caracterização do risco devem ser muito bem estudadas quanto a sua viabilidade. Pois, poderiam ser melhor analisadas as diferentes variáveis que

devem ser consideradas, diante de nosso cenário social, cultural, econômico, da situação dos serviços de saúde e da necessidade agrícola, para a construção de modelos adequados de quantificação. A importância da implantação da avaliação do risco toxicológico está na necessidade do país estar em consonância e harmonia com seus parceiros comerciais, aliadas ao conhecimento das medidas preventivas adequadas para evitar danos à saúde (KOTAKA e ZAMBRONE, 2001).

KOOKANA e SIMPSON (2000) elaboraram recentemente uma lista de procedimentos que devem ser seguidos e investigados para avaliar o destino ambiental de fungicidas recomendados em sistemas de produção agrícola. Estes autores também sugerem que diversas áreas do conhecimento devem colaborar e evoluir no sentido de fornecerem instrumentos metodológicos que sustentem o estudo do comportamento ambiental de fungicidas em sistemas agrícolas. A investigação do comportamento ambiental destes produtos é um trabalho multidisciplinar e costuma ser desenvolvida por diferentes áreas do conhecimento como, por exemplo, edafologia, ecologia, química analítica, bioquímica, microbiologia, climatologia, agronomia, toxicologia, ecotoxicologia, estatística e matemática aplicada.

As análises dos efeitos ambientais derivados do uso de defensivos agrícolas têm sido seriamente consideradas nos últimos anos pelas autoridades e investigadores, levando a uma restrição crescente ou a eliminação definitiva do uso de alguns destes compostos. Ainda que o uso de alguns dos produtos fitossanitários ambientalmente mais perigosos tenha sido abandonado, como por exemplo os clorados, os outros produtos em uso e disponíveis no mercado para os agricultores, não obstante pertençam a uma geração de defensivos agrícolas ambientalmente mais corretos, porém estes novos compostos podem causar de forma sutil e significativa efeitos não desejáveis ao ambiente.

Existe um consenso geral de que o impacto ambiental de um fungicida depende do grau de exposição, como consequência da sua dispersão ambiental e de suas propriedades ecotoxicológicas (SEVERN e BALLARD, 1990; EMANS et al., 1992). Assim, a análise do risco ambiental decorrente do uso de um determinado fungicida deve conduzir a normas reguladoras, incluindo tanto a análise do grau de exposição quanto seus efeitos ambientais. A avaliação de risco dos fungicidas consta dos seguintes parâmetros: identificar o perigo, avaliação da dose resposta, estimativa da exposição, caracterização do risco e o gerenciamento. Para análise de exposição supõe conhecer as vias de dispersão do composto químico no meio

ambiente e ser capaz de estimar e prever as concentrações que estes compostos podem alcançar nos distintos compartimentos do ecossistema. Estes dados gerados do destino e transporte dos fungicidas no ambiente podem ser essenciais para a avaliação da exposição exigida e do risco das atividades durante a fase de registro, de um novo registro, ou ainda no processo de reavaliação do produto já existente (SEVERN e BALLARD, 1990).

Um modelo matemático do comportamento do fungicida é uma representação do que ocorre no campo. Cada modelo apresenta algum grau de simplificação e abstração, assim como limitações de uso, podendo representar um ou mais processos envolvidos no comportamento de um produto no ambiente. As imperfeições não representam o fracasso da tentativa de simular o que ocorre com o fungicida depois de ser aplicado e, sim, significam o máximo de aproximação na representação, à luz dos conhecimentos atuais, das informações disponíveis e dos propósitos e objetivos da modelagem. O estudo e a modelagem do movimento de fungicida no solo, são essenciais para solucionar grande número de problemas enfrentados na agricultura e sua relação com o meio ambiente. No entanto, é difícil descrever matematicamente o transporte dos fungicidas através dos solos em escala microscópica, por causa do entendimento, por vezes inadequado, de como processos específicos ocorrem nos complexos sistemas solo-água-planta-atmosfera.

Os defensivos agrícolas usados em agricultura representam diferentes classes de substâncias químicas organo-sintéticas, e os tipos de interações desses compostos com diferentes colóides do solo não numerosos. Estes interagem de formas complexas com componentes do solo que determinam sua persistência e mobilidade, e o movimento do fungicida tem sido mostrado ser inversamente proporcional à sorção. Condições climáticas, composição das populações de microorganismos no solo, presença ou ausência de plantas, localização do solo na topografia, e práticas de manejo de solos podem também afetar o comportamento de um fungicida no solo e em todo o ambiente. Além disso, a taxa e a quantidade de água movendo-se na superfície ou através do perfil do solo têm grande impacto no movimento do produto (GEBLER e SPADOTO, 2008).

Em virtude de todos esses fatores e do interesse em que a sociedade vem demonstrando com as questões ambientais nos dias de hoje, a previsão do destino de resíduos de fungicidas e outros pesticidas no ambiente poderá, em um futuro não muito distante, tornar-se parte da prática profissional do usuário destes como exigência para permissão de uso de produtos na

agricultura, a fim de demonstrar que não haverá prejuízos ao meio ambiente. Nas análises laboratoriais e da modelagem matemática, há também a possibilidade de controle por bioindicadores tradicionais, como a observação do comportamento e da presença ou ausência de determinadas plantas no solo. Esse método depende da análise do técnico presente, permitindo uma indicação da condição ambiental sem, entretanto, determinar a quantificação do produto existente. Além disso, já há disponibilidade de sistemas que empregam anticorpos sensibilizados para a presença ou ausência de determinados produtos e certos níveis de concentração. Até o momento, entretanto, sua disponibilidade é bastante restrita, abrangendo pouquíssimos produtos de um pequeno grupo de famílias de herbicidas. Futuramente, com a gradual aplicação desse princípio em kits usáveis em campo, poderão tornar-se uma importante forma de controle de resíduos, ao lado dos sistemas já existentes (GEBLER & SPADOTO, 2008).

Outro tipo de avaliação importante a ser feita é a avaliação de perigo do fungicida que é inferida da comparação entre os efeitos que a substância química pode produzir aos organismos vivos ou ao ecossistema e nível de exposição (VIGHI e DI GUARDO, 1995).

O destino de um fungicida no solo depende, primeiramente, de como ele é aplicado. Uma vez que ele se move abaixo da superfície do solo, seu destino depende em extensão maior, do grau em que é adsorvido nas partículas do solo ou dissolvida na solução do solo (SOLOMON et al., 2010).

A toxicidade é inerente ao fungicida, enquanto o risco é a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos, como resultados da toxicidade e da exposição. Do ponto de vista técnico, a parte primordial do processo de decisão sobre como e quando usar um fungicida é o da avaliação de risco, que consiste no processo de determinar a magnitude, os graus e as probabilidades da ocorrência de efeitos adversos que podem resultar do uso de um pesticida (FOLONI, 2001).

O gerenciamento de risco é uma decisão técnica e política e depende dos interesses relacionados com a produção, comercialização, consumo, ou emprego de uma determinada substância no país.

A Figura 6 apresentada a seguir, mostra que a mitigação e possibilita através de medidas simples reduzir em alguns casos o risco a níveis aceitáveis. A avaliação de risco requer a participação harmônica de um grupo disciplinar e interinstitucional, visando ampliar e

melhorar os conhecimentos sobre a “ciência do risco”, cooperando no diálogo para conseguir uma abordagem balanceada sobre a regulamentação do risco (FOLONI, 2001).

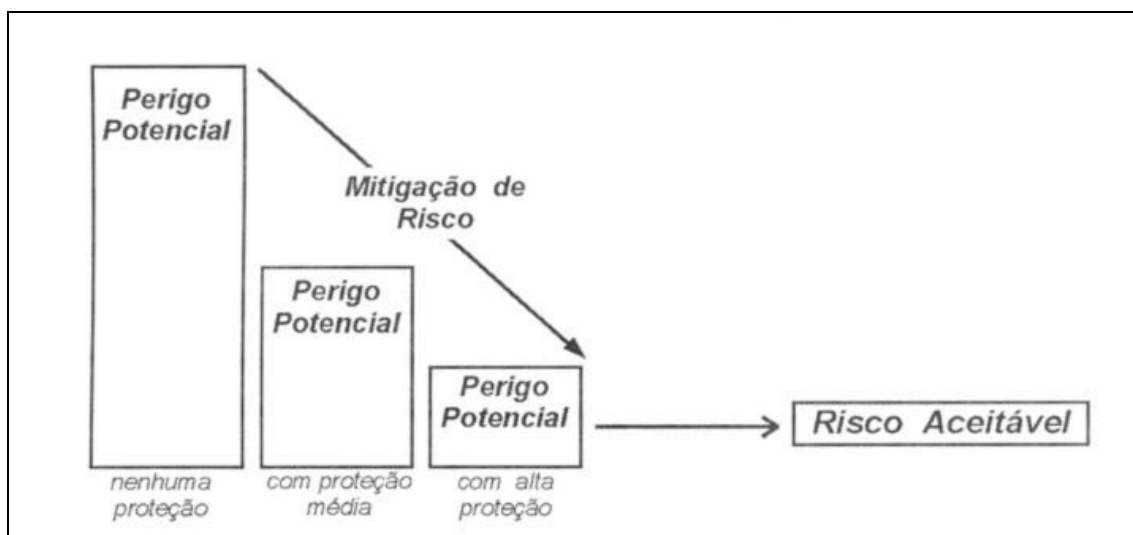


Figura 6 – Gerenciamento de risco para possibilitar a redução do perigo potencial (FOLONI, 2001).

VALADÃO et al., (1999) e FOLONI (2000) relatam que deve-se salientar que entre as etapas e ações desenvolvidas desde a identificação do perigo, análise do risco e gerenciamento do risco, as atividades desenvolvidas envolvem o governo, a comunidade científica e o setor privado.

O setor privado estará envolvido desde a pesquisa até a análise do risco, a comunidade científica acompanha desde o início da pesquisa até o gerenciamento, cabendo ao governo a tomada de decisão e a fiscalização (FOLONI, 2001).

A avaliação dos efeitos potenciais sobre o meio ambiente pelos pesticidas e a revisão dos produtos mais antigos é uma parte fundamental do processo de desenvolvimento e do controle regulatório (registro) desses produtos. Este processo garante que os produtos fitossanitários sejam usados de maneira a maximizar sua utilidade para o usuário e minimizar o risco para o meio ambiente, garantindo assim que o ecossistema agrícola seja protegido e possa ser utilizado no futuro como fonte contínua e constante de alimento (SOLOMON, 1996; 2008).

Na análise dos efeitos de um produto fitossanitário no ecossistema é imprescindível o levantamento ou a determinação de muitos dados sobre os efeitos tóxicos em organismos

indicadores selecionados em cada um dos compartimentos do ecossistema e o consequente uso destes dados para estabelecer as concentrações ambientais esperadas que não causasse, a curto e em longo prazo, efeitos observáveis nestes organismos e, por inferência, em todos os organismos de um compartimento ambiental. Desta forma, conhecendo-se os mecanismos de dispersão, distribuição e transporte das concentrações do composto nos distintos compartimentos de um ecossistema e seus efeitos em organismos indicadores selecionados de cada um dos compartimentos, é possível combinar estas informações em uma expressão numérica que seja útil para medir e valorizar o risco ambiental destes compostos químicos, para uma posterior recomendação em um sistema de produção agrícola (SOLOMON, 1996; 2008).

A atividade agrícola brasileira atingiu nos últimos anos índices invejáveis de crescimento. Isso aconteceu em razão de expressivo crescimento na produtividade das culturas, que gradualmente foram se tornando altamente tecnificadas. Os herbicidas, fungicidas e inseticidas respondem por uma parte substancial desse crescimento. A sociedade, contudo, também passou a exigir uma melhor qualidade ambiental no campo, que começa a gerar pressão sobre alguns centros produtivos e sobre determinadas culturas. A exigência por parte do mercado da produção de produtos mais seguros leva o profissional a buscar esses conhecimentos em áreas correlatas à agronomia, antes não consideradas. Assim, o conhecimento dos processos e das rotas de degradação que um fungicida e seus resíduos podem utilizar no meio ambiente valoriza o profissional que o aplica, visando à redução do impacto negativo que a escolha de um produto impróprio para determinada situação poderá gerar, garantindo a manutenção e o incremento da produção, resultando também em uma melhor qualidade ambiental (GEBLER e SPADOTTO, 2008).

2.6 Fungicidas

Um fungicida, num sentido amplo, pode ser definido como um composto químico que mata ou inibe o crescimento do fungo, muito embora compostos que inibem o crescimento fúngico sem matar, sejam denominados fungistáticos. Os fungicidas podem ser classificados de diversas formas, de acordo com: os seus usos mais correntes, princípios de controle envolvidos

ou mais simplificadamente pelos grupos químicos aos quais genericamente pertencem. Baseando-se no princípio em que se fundamentam a sua aplicação, os fungicidas podem ser classificados em apenas três classes: protetores de contato ou residuais, erradicantes e curativos. Esta classificação está baseada principalmente no modo de ação desses produtos. A classificação comentada acima é válida, porém antiga. Está baseada no modo de ação dos produtos, no “timing” de aplicação relativos a infecções, absorção, translocação e mobilidade dentro dos tecidos da planta. Tendo em vista os usos mais correntes e os princípios de controle envolvidos, os fungicidas podem ser classificados de forma mais abrangentes em: protetores convencionais de folhagem, erradicantes para o tratamento de parte aérea, erradicantes para o tratamento de solo, residuais e/ou contato para o tratamento de sementes, residuais e/ou contato para o tratamento pós-colheita e sistêmicos curativos (AZEVEDO, 2011).

Os modernos fungicidas triazóis, do mesmo grupo do tetraconazole estudado neste presente trabalho e as estrobilurinas apresentam interfaces para estes dois mecanismos, havendo triazóis extremamente seletivos e de alta translocação na planta até os menos seletivos e de baixa translocação na planta. A relação entre a rápida translocação e a ação do fungicida na planta depende da sua lipossolubilidade e da sua hidrossolubilidade. Entre as estrobilurinas têm-se as mais sistêmicas, como a picoxystrobina, azoxystrobina, e as mesostêmicas (acumulam-se na cutina), que são de liberação lenta para a planta, como a trifloxystrobina.

No anexo1, segue a recomendação dos fungicidas (com respectivos nomes comerciais, nome do ingrediente ativo, a dose do ingrediente ativo/ha e a dose do produto comercial/ha), registrados para o controle da ferrugem asiática da soja pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2011c).

Nas duas primeiras aplicações, a preferência deve ser pela utilização de produtos a base de estrobilurinas e triazóis. Este tipo de manejo é mais completo para o controle eficiente da ferrugem, pois conseguem prevenir a infecção (estrobilurinas) e curar o que já está infectado (triazol). O sucesso do manejo das doenças da cultura da soja, passa pelo acompanhamento da lavoura (monitoramento), a identificação rápida e precisa da doença, aplicação dos fungicidas no momento certo (preventivamente) e a utilização de produtos de alta eficiência. A Figura 7 a seguir, apresenta a escala fenológica da soja (BBCH, 1996) e a época da aplicação do fungicida recomendado pelo fabricante (ANDREI, 2005).

Para a ferrugem asiática da soja, apesar do aspecto curativo dos triazóis, as aplicações preventivas também têm permitido maior sucesso no controle da doença. Presume-se que doenças com elevada taxa de progresso, como é o caso da ferrugem asiática da soja, duas aplicações de fungicidas triazóis preventivas (antes do aparecimento visual das lesões) ou nos primeiros sintomas da doença tem sido as mais adequadas (OHL, 2010).

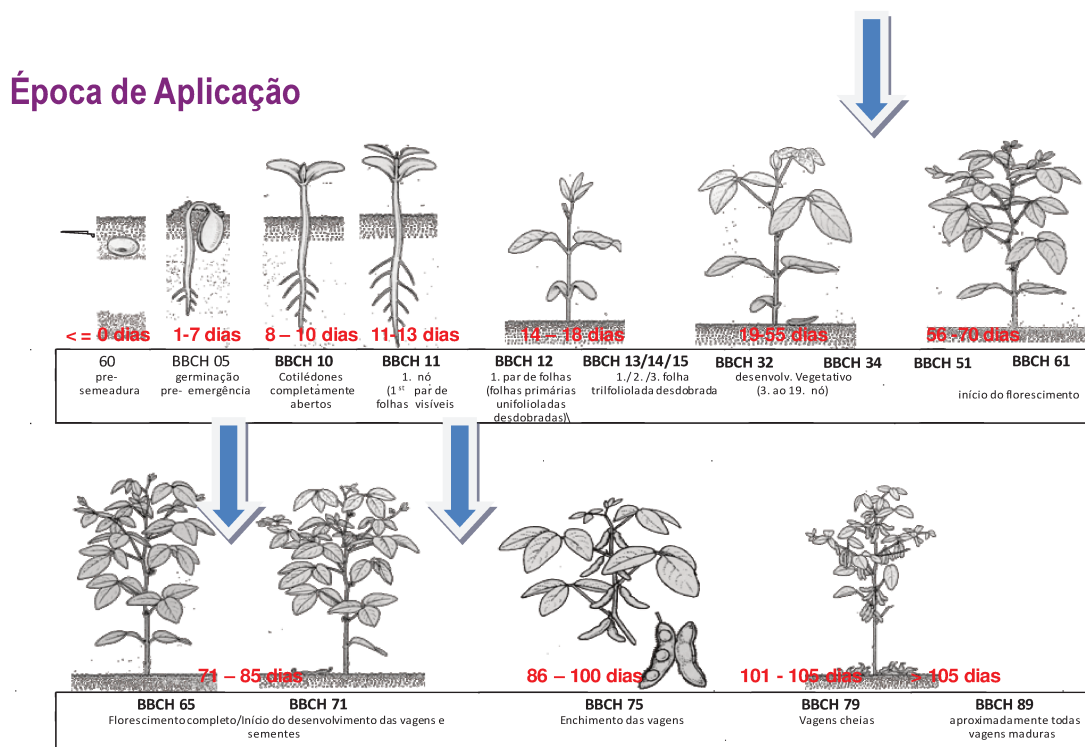


Figura 7 – Escala fenológica da cultura da soja (BBCH, 1996) e a época da aplicação do fungicida recomendado pelo fabricante (ANDREI, 2005).

Para tentar minimizar as perdas geradas pela ferrugem são adotadas diversas medidas, tais como: semear a cultura no início da época recomendada na região; utilizar cultivares de ciclo precoce; respeitar o vazio sanitário em cada região produtora, não semeando a cultura na entressafra, além de realizar o monitoramento desde o início do desenvolvimento da cultura. Essas medidas proporcionam a redução de pressão de inóculo e permitem a diagnose precoce da doença, contribuindo para o aumento na eficiência do controle químico pelo fungicida.

Regiões onde se tem relatos de foco da ferrugem, as aplicações iniciais são aconselháveis do início ao pleno florescimento, ou seja, nas fases fenológicas R1 a R2 (Figura 7). Assim, com aplicações preventivas o progresso da doença é lento e permite maior período residual do efeito do fungicida na planta, proporcionando maior segurança ao produtor (BORGES et al., 2011).

Em algumas regiões produtoras tem se observado que o controle é feito com aplicações preestabelecidas, iniciando no estágio de florescimento (R1 a R2) e as demais aplicações em intervalos de 21 dias a 14 dias. O número médio de aplicações para o controle da ferrugem está entre três e quatro, sendo que em algumas regiões do Brasil, têm-se relatos de que foram necessárias sete aplicações para controlar a doença, devido à pressão do patógeno e das condições climáticas favoráveis à doença.

Os dados obtidos no ensaio por BORGES et al., (2011), com mistura de triazóis e estrobilurinas, mostraram que os tratamentos com apenas uma aplicação, antes ou após o surgimento da doença, não obtiveram controle satisfatório, apresentando altos níveis de severidade da ferrugem. As menores severidades finais obtidas no ensaio foram os tratamentos com aplicações sequenciais nas fases da cultura em $R2 > R2+21$ dias $> R6$; $R2 > R2 + 21$ dias; e $R3 > R3+21$ dias, e conseqüentemente maior o número de trifólios retidos na haste principal. Já em relação à produtividade os tratamentos com três aplicações foram os que obtiveram os melhores rendimentos.

O número de aplicações vai depender da época de ocorrência da doença, quanto mais cedo a doença ocorrer, maior a possibilidade de ter que realizar várias aplicações. Pelas informações obtidas através dos diversos sistemas de monitoramento, pode-se notar uma tendência de maior observação dos sintomas a partir do florescimento, como mostra a figura 8 a seguir, mas dependendo do inóculo presente nas regiões produtoras e as condições climáticas favoráveis a doença pode ocorrer a partir da fase V3 e V4 como ocorreu no presente trabalho. Os fungicidas constituem a principal ferramenta de manejo que viabiliza o cultivo da soja com a presença dessa doença no Brasil. Sem produtos eficientes, a média de produtividade brasileira jamais atingiria os patamares de 2010/11, devido à presença da ferrugem (GODOY et al., 2011).

As primeiras indicações de utilização de fungicidas para a cultura da soja no Brasil iniciaram em 1996/97 para o controle do oídio (*Erysiphe diffusa*) e das doenças de final de ciclo [Crestamento foliar de cercospora (*Cercospora kikuchii*) e mancha parda (*Septoria*

glycine)], principalmente com produtos dos grupos dos benzimidazóis e triazóis. Quando a ferrugem foi identificada no Brasil, em 2001, já havia o registro de fungicidas do grupo das estrobilurinas e estava sendo registradas as primeiras misturas de triazóis e estrobilurinas, para outros alvos biológicos na cultura da soja GODOY et al., 2011.

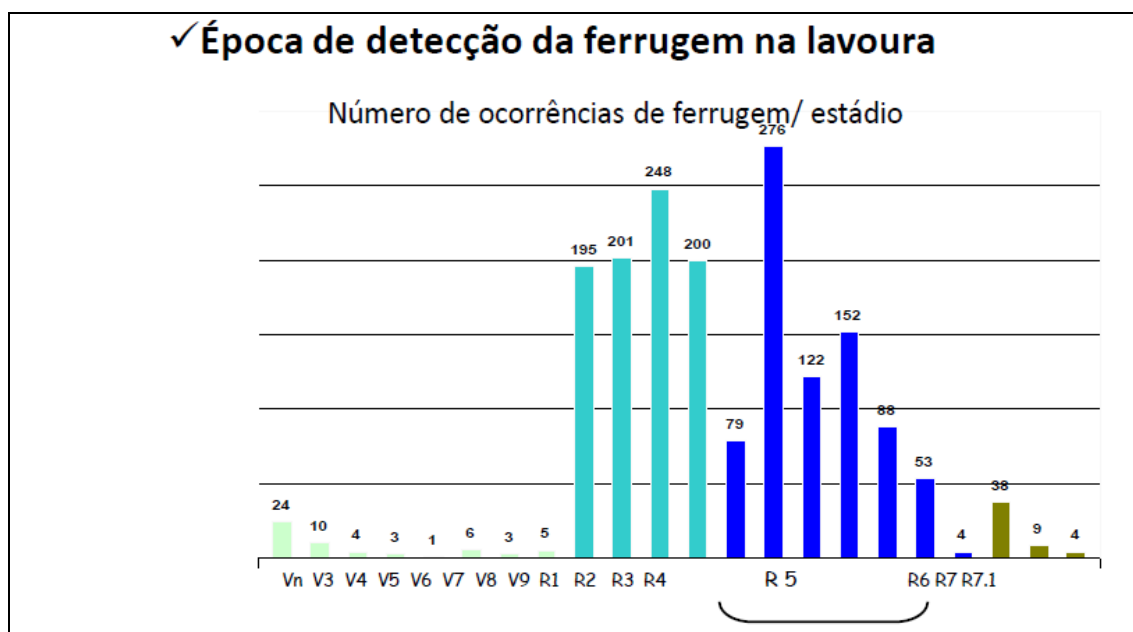


Figura 8 – Época de detecção da ferrugem asiática em função do estágio da cultura (Consórcio Antiferrugem_Control, 2008).

Os primeiros fungicidas registrados para o controle da ferrugem foram aqueles já registrados para outros alvos biológicos, que também apresentaram eficiência de controle da ferrugem. O número de fungicidas registrados para o controle da ferrugem aumentou de cinco, em 2002, para aproximadamente 77, em 2011. Apesar do grande número de produtos registrados a maioria pertence ao grupo dos triazóis, com diversos similares genéricos e combinações de triazóis e quatro estrobilurinas. Tanto os triazóis quanto as estrobilurinas, são fungicidas com modo de ação específico (único sítio de ação). Os triazóis são inibidores da síntese de ergosterol, importante componente da membrana celular dos fungos sensíveis, tendo como sítio primário de atuação a demetilação do C14, sendo classificados como fungicidas DMI. As estrobilurinas interferem na respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de

elétrons pelo complexo citocrômico bc I, no sítio Qo, interferindo na produção de ATP (GODOY et al., 2011).

Na Figura 9 a seguir está expressa a escala diagramática elaborada por GODOY et al. (2006), para avaliar a eficiência de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. Esta escala mostra os níveis da doença, variando de 0,6% a 78,5% de severidade provocada pela infecção da ferrugem nos folíolos da planta de soja.

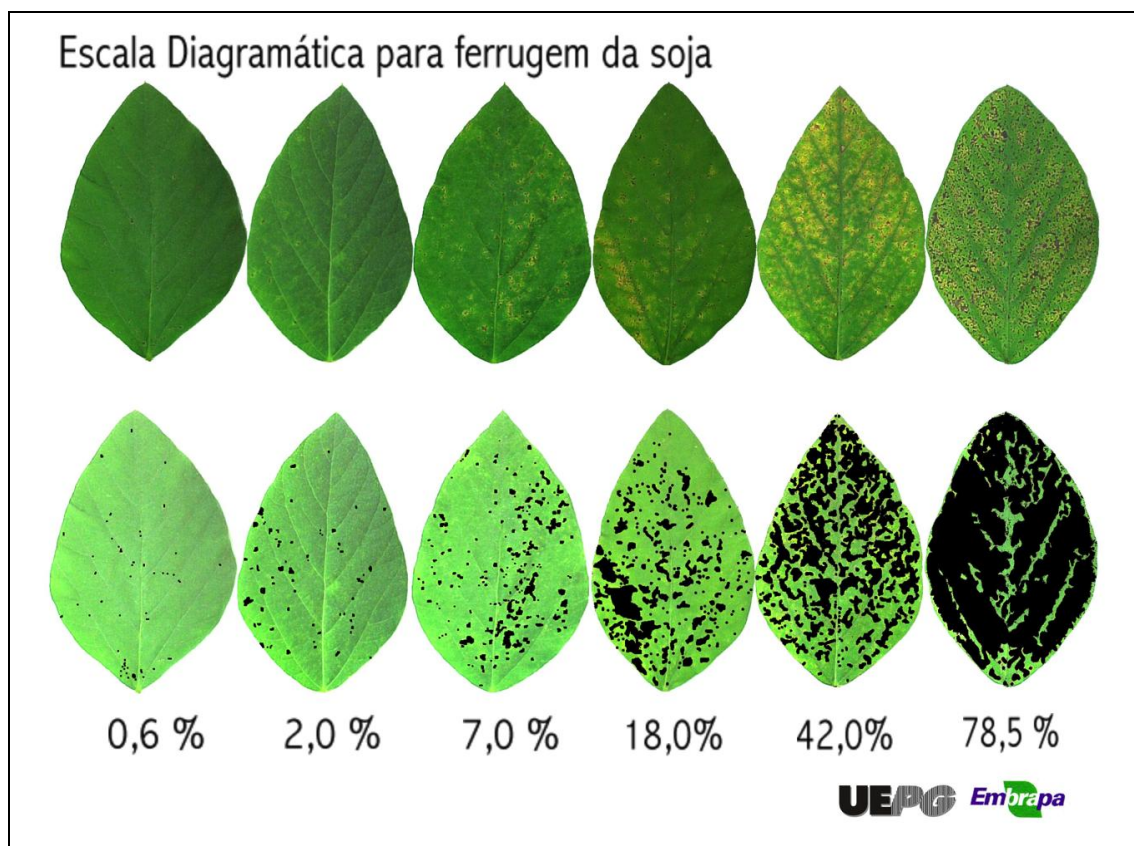


Figura 9 – Escala diagramática para avaliar a severidade da ferrugem asiática em folíolos de soja (GODOY et al., 2006).

Devido a grandes perdas provocadas pela doença da ferrugem da soja e à falta de informação sobre o controle da mesma, na XXV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, realizada no ano de 2003 na cidade de Uberaba-MG, decidiu-se pelas mais importantes Instituições de Pesquisa, Ensino e Extensão Rural do país, criar-se um grupo para realizar ensaios de campo nas mais diferentes regiões produtoras de soja e assim juntas

buscarem ferramentas para avaliar a eficiência de fungicidas no controle da doença ferrugem asiática e outras doenças que ocorrem na soja. Estes trabalhos de rede realizados por diversas instituições foram organizados e posteriormente resumidos pela pesquisadora Claudia Vieira Godoy da Embrapa Soja de Londrina-PR. Assim todas as citações bibliográficas onde são descritos esta referência, não indica que o trabalho foi realizado pela pesquisadora e sim são trabalhos realizados por diferentes pesquisadores com mais de 30 Instituições e coordenados pela mesma.

Na safra 2004-2005 na região de Capão Bonito-SP, GODOY (2005a), observaram que os fungicidas tebuconazol, azoxistrobina+ciproconazol, epoxiconazol, tetraconazol, tebuconazol, ciproconazol+propiconazol, fusilazol+famoxadone, flutriafol+tiofanato metílico, tebuconazol+trifloxistrobina proporcionam bom controle da ferrugem asiática da soja e aumento significativo da produtividade.

Segundo GODOY (2005b), em um ensaio realizado para o controle preventivo da ferrugem asiática da soja em Paulínia-SP, na safra 2004/2005, concluíram que os fungicidas fusilazol+carbendazin, ciproconazol+propiconazol, flutriafol+tiofanato metílico, tetraconazol, tebuconazol, epoxiconazol, azoxistrobina+ciproconazol, proporcionaram maior produtividade que a testemunha e que os tratamentos com fenarimol e tebuconazol+trifloxistrobina.

Para o ensaio de rede realizado no controle curativo da ferrugem asiática da soja em Paulínia-SP, na safra 2004/2005, GODOY (2005c) verificaram os fungicidas flutriafol+tiofanato metílico, tebuconazol, tebuconazol+trifloxistrobina, e azoxistrobina+ciproconazole foram aqueles que proporcionaram a menor desfolha das plantas, a maior produtividade e o maior peso de 1000 grãos seguidos de fusilazole+carbendazim, ciproconazol+propiconazol, tetraconazol, e epoxiconazol.

Muitos trabalhos desenvolvidos em condições de campo de diversas regiões brasileiras demonstraram a eficiência dos fungicidas e um correspondente ganho de rendimento e peso de grãos, visando o controle da ferrugem asiática, onde os ganhos alcançaram até 220,8% e 42,0% respectivamente, resultante de uma redução significativa na severidade da doença e na desfolha GODOY (2005c).

Nos ensaios de rede na safra 2006/2007, coordenado pela Embrapa Soja de Londrina-PR, onde participaram as principais instituições públicas e privadas que trabalham com a cultura da soja, em 13 ensaios de diferentes localidades no Brasil, o fungicida tetraconazol

(Eminent 125 EW) foi testado na dose recomendada pelo fabricante (0,4L/ha) nos estádios R1/R2 (início do florescimento/florescimento pleno) e reaplicações em R5.1 (início da formação de grãos) ou 21 dias após a primeira aplicação em comparação com outros fungicidas triazóis para o controle da ferrugem asiática. O fungicida tetraconazol apresentou resultados intermediários para severidade e produção, com dados inferiores aos triazóis prothioconazol, os quatro tratamentos com produtos comerciais à base de tebuconazol, metconazol, ciproconazol e ciproconazole + propiconazole (GODOY et al., 2007).

Em trabalho realizado por REIS et al. (2007) no controle da ferrugem asiática com o fungicida tetraconazol na dose de 50 g.i.a./ha (Eminent 125 EW na dose de 0,4l/ha) e a mistura de pyraclostrobin (66,5g.i.a./ha) + epoxiconazole (25 g.i.a/ha) em diferentes estádios fenológicos de duas variedades de soja, verificaram que o controle químico baseado na fenologia da cultura não é um indicativo de controle eficiente, devido o patógeno estabelecer-se em qualquer estágio da planta durante o ciclo vegetativo. Os tratamentos contendo apenas o tetraconazole ou a mistura pyraclostrobin + epoxiconazole demonstraram efeito protetor e curativo, apresentando resultados similares no controle da doença e no rendimento. A aplicação única dos fungicidas tetraconazole e pyraclostrobin + epoxiconazol mostraram maiores eficiências quando aplicados com baixa severidade do fungo, entretanto, verificou-se que a primeira aplicação dos fungicidas em V7 para a cultivar BRS133 e R1 para CD205, resultou em menor evolução da severidade da doença.

Com o objetivo de comparar diferentes produtos (fungicidas triazóis isolados, mistura de triazóis + benzimidazóis e mistura de triazóis + estrobilurinas) na safra 2008/2009 nos ensaios de rede para o controle da ferrugem asiática da soja, foram realizados 41 ensaios nas principais regiões produtoras do Brasil com 30 instituições de pesquisa (GODOY et al., 2009). Dentre esses tratamentos o fungicida tetraconazol na dose 0,4L/ha (Eminent 125 EW) também foi avaliado. Na análise conjunta dos 23 locais, pela Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, todos os tratamentos fungicidas apresentaram severidade estatisticamente inferior à testemunha sem controle. Os tratamentos que apresentaram a menor severidade foram azoxistrobina + ciproconazol e picoxistrobina + ciproconazol. As maiores severidades foram observadas para os tratamentos com epoxiconazol e flutriafol. O fungicida tetraconazole apresentou efeito intermediário no controle da doença (GODOY et al., 2009).

Para a safra 2009/10 foram realizados 31 ensaios nas principais regiões produtoras por 25 instituições, coordenado pela Embrapa Soja (GODOY et al., 2010). Nestes ensaios de rede não foi inserido o tratamento de tetraconazol isolado (Eminent 125 EW) e sim a mistura de tetraconazol + estrobilurina em comparação com outras misturas de triazóis + estrobirulinas em comparação com dois triazóis isolados (tebuconazol e ciproconazol). Como observado na safra anterior (GODOY et al., 2009), os resultados da safra 2009/2010 foram semelhantes, onde os melhores tratamentos no controle da doença e os maiores incrementos nas produtividades foram obtidos pelos tratamentos em mistura com triazóis + estrobirulinas. Os tratamentos com triazóis aplicados isoladamente apresentaram as maiores severidades e as menores produtividades, sendo inferiores somente aos triazóis isolados a testemunha sem controle (FURLAN, et al., 2010 e GODOY et al., 2010).

FURLAN et al. (2011) trabalhando na safra 2010/2011 com a mistura de triazóis+estrobirulinas e dois triazóis isolados (tebuconazol e ciproconazol) obtiveram resultados similares a GODOY et al. (2010) e FURLAN et al. (2010), onde os tratamentos com as misturas de triazóis+estrobilurinas apresentaram os melhores controles da doença ferrugem asiática e as maiores produtividade. Os triazóis tebuconazol e ciproconazol aplicados isoladamente mostraram efeito intermediário sobre os resultados no controle da doença e no incremento da produtividade, sendo somente superiores à testemunha sem aplicação do fungicida, porém inferiores as misturas com diferentes triazóis+estrobilurinas (FURLAN et al., 2011; GODOY et al., 2011).

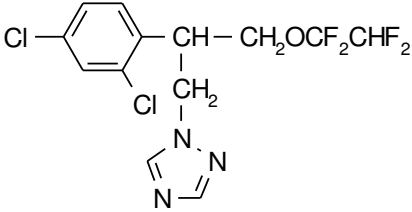
2.7 Propriedade físico-química do tetraconazole

As características físico-químicas do tetraconazol ou tetraconazole estão descritas na Tabela 1 a seguir. Os valores da constante de carbono orgânico (Koc) apresentam afinidade alta por matéria orgânica (CABRAS et al., 1998) e por isso a tendência de lixiviação é pequena ou quase inexistente no solo (TOMLIN, 2000). No entanto, uma hipótese é que se o sistema de semeadura direta apresentar maior teor de matéria orgânica ao longo do perfil do solo a tendência é ficar mais adsorvido nas partículas orgânicas do que na convencional.

O compartimento planta, no qual é aplicado o tetraconazole, ocorre um intenso metabolismo e os principais metabólitos originados são ácido tetraconazole, álcool

tetraconazole, triazolylalanine e ácido triazolycético (TOMLIN, 2000). O limite máximo de resíduo (LMR) do tetraconazole no grão de soja é de 0,1 mg kg⁻¹ e o intervalo de segurança é de 7 dias exigidos pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, [2006]). KHALFALLAN et al. (1998) determinaram o resíduo do tetraconazole na ordem de 0,01 mg kg⁻¹ para a cultura da abóbora e BICCHI et al. (2001) para a polpa da maçã e polpa da pera os valores foram 0,005 e 0,006 mg kg⁻¹, respectivamente. No entanto, os níveis de resíduos e as taxas de desaparecimento são afetados, basicamente, pela frequência de aplicação e o estágio da cultura (SPYNU, 1989).

Tabela 1 – Características físico-químicas do tetraconazole.

Características	Valores
Nome químico	(<i>RS</i>)-2-(2,4-dichlorophenyl)-3-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-yl)propyl 1,1,2,2-tetrafluoroethyl ether
Nome comum	Tetraconazole
Fórmula estrutural	
Fórmula molecular	C ₁₃ H ₁₁ Cl ₂ F ₄ N ₃ O
Peso molecular (PM)	372,1 g mol ⁻¹
Solubilidade (Sw)	156 mg L ⁻¹ (pH 7, 20°C)
Pressão de vapor (PV)	0,18 mPa
Constante de Henry (H)	3,6 x 10 ⁻⁴ Pa m ³ mol ⁻¹ (20°C)
Constante de carbono orgânico (Koc)	531-1922
Constante de octanol-água (Kow)	3, 56 (20°C)

(TOMLIN, 2000; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006)

RONG-CAI et al. (2005) que ao realizarem um estudo dinâmico de resíduos do tetraconazole em morangos e no solo onde a cultura estava implantada, verificaram que a meia vida do fungicida foi 4,2 dias na cultura do morango e de 15,4 dias no solo. Os autores

observaram neste trabalho que a taxa de degradação do tetraconazole no morango foi de 80% aos 7 dias após a aplicação do fungicida.

ALAM et al. (2011) ao avaliarem o comportamento em relação a persistência do fungicida tetraconazole no solo de pomar de manga, verificaram que a meia vida do tetraconazole na manga foi de 4 a 5 dias e que as amostras da colheita da manga e do solo estavam livres de resíduo ou seja não encontraram nível de resíduos detectáveis (abaixo do nível possível de detecção pelo LC/MS/MS).

A meia-vida no compartimento água encontrada pelo processo de fotólise foi 68 a 138 dias (AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERINARY MEDICINES AUTHORITY, 2006) e o tetraconazole é estável à hidrólise em todos os pHs (EPA, 2006; AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERINARY MEDICINES AUTHORITY, 2006). Os metabólitos encontrados na água foram M14360-difluoroacetic ácido, e M14360-álcool, além de ser degradado para forma M14360-ácido e 1,2,4-triazole.

A meia-vida do tetraconazole foi determinada por uma cinética de primeira-ordem para a cultura da abóbora, cujo valor estabelecido foi de 7 dias (KHALFALLAN et al., 1998) e para a cultura da uva foi de 6,3 dias (CABRAS et al., 1998). Este pesticida apresenta valores de meia-vida menores que 10 dias que podem ser classificados como baixos.

As metodologias para determinarem os resíduos do tetraconazole e seus metabólitos em água, solo, grãos, folha, raiz, caule, frutos são as mais diversas possíveis e o custo destas análises são elevadas devido aos equipamentos de cromatografia líquida ou gasosa com espectrofotometria de massa, utilizados para realizar as leituras. BICCHI et al. (2001) ao estudarem o tetraconazole, verificaram que a onda de luz que se mostrou melhor foi a de 205 nm.

O estudo da translocação do fungicida tetraconazole realizada pela empresa fabricante da molécula (Isagro Ricerca-Novara-Italy, 2005 - Não publicado) na parte aérea da cultura da soja é importante para entender como o produto age no interior da planta. As Figuras 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, a seguir mostram a translocação a 1, 3, 7, 10, 14 e 30 dias respectivamente, após a aplicação do fungicida tetraconazole na parte foliar da planta de soja.

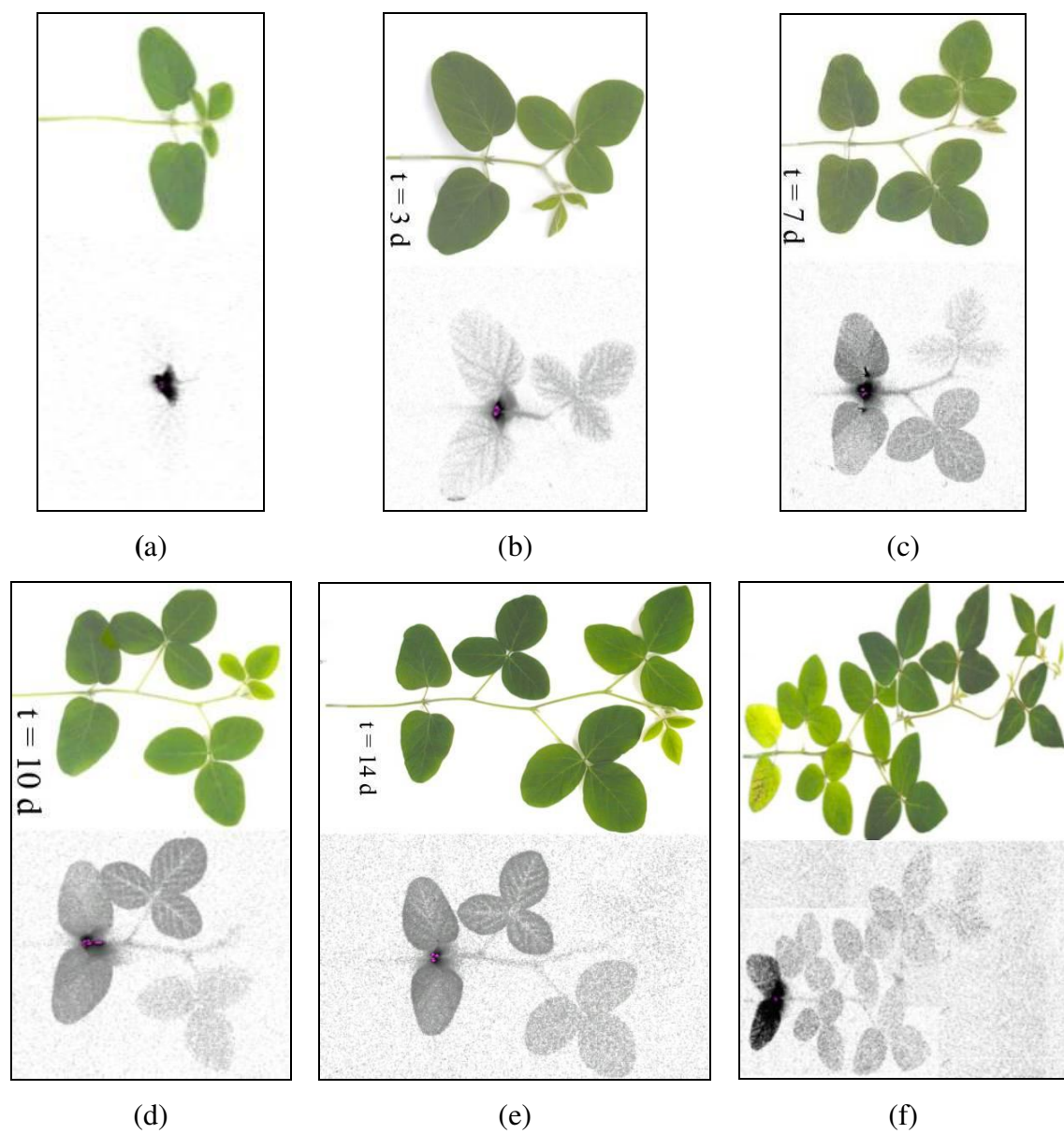


Figura 10 – Translocação do fungicida tetraconazole na planta de soja aos 1(a), 3 (b), 7 (c), 10(d), 14(e) e 30(f) dias após aplicação (Isagro Ricerca-Novara-Italy, 2005- Não publicado).

2.8 Sistema de cultivo

O sistema de plantio convencional, ou semeadura convencional foi importado dos Estados Unidos e principalmente Europa pelos imigrantes, onde o frio é intenso em alguns meses do ano formando camada de neve. Esta ocorrência necessita que revolva o solo para que ele aqueça e permita a decomposição da matéria orgânica, consequentemente, gerando vida dos micro-organismos e possibilitando o crescimento das plantas. Este sistema para região tropical não foi e não é a melhor forma, devido os solos serem intemperizados com grande intensidade de chuva e radiação solar. A decomposição da matéria orgânica com o revolvimento do solo é maior e o deixa descoberto. O impacto da gota de água no solo pode provocar o salpicamento das partículas do solo e consequentemente provocar erosão. Este processo é irreversível, pois a partir do momento que ocorre, o solo não se forma mais e tem que a trazer de outro lugar (CNPT, 1993).

A erosão provocada pelo sistema de semeadura convencional ou plantio convencional faz o solo ser transportado para lugares mais baixos provocando o assoreamento de rios, lagos e represas e podendo ocasionar a contaminação destas águas devido à presença de fertilizantes e pesticidas presentes nas partículas de solo.

A primeira experiência de semeadura direta ou plantio direto ocorreu nos Estados Unidos, em 1961. O pioneiro foi o agricultor americano Harry M. Young Jr., que cultivou experimentalmente milho em sua propriedade no Condado de Christian, Kentucky em uma área de 1500 acres, que por tal feito é hoje conhecido como o pai do plantio direto ou semeadura direta (PHILLIPS e YOUNG JR, 1973).

Teoricamente o plantio direto ou semeadura direta foi aventado hipoteticamente por pesquisadores há mais de 100 anos. Entretanto ele só foi viabilizado a partir de 1961 após o aparecimento do herbicida de princípio ativo paraquat. Um herbicida pós emergente de controle total, ou seja sem seletividade a nenhuma planta daninha, o que possibilitou a substituição das operações de preparo do solo pela eliminação química (FOLONI, 2010).

Para o IAPAR (1981) o plantio direto pode ser definido como uma técnica de colocação da semente em sulco ou cova em solo não revolvido, com largura e profundidade suficientes para obter uma adequada cobertura e um adequado contato da semente com a terra. Este sistema elimina, portanto, as operações de aração, gradagens, escarificações e outros métodos convencionais de preparo de solo. As plantas daninhas são controladas estritamente

pelo uso de herbicida. A semeadura deve ser realizada em solo coberto por camada residual da cultura anterior e resíduos de plantas mortas por herbicidas dessecantes, cuja eliminação pelo fogo é prejudicial e condenada.

As primeiras experiências de plantio direto com trigo datam de 1971, em Londrina, no Paraná, junto ao extinto IPEAME/MA onde trabalhava, entre outros o pesquisador Rolf Derpsch, sob a direção do Engenheiro Agrônomo Francisco Terazawa. Os trabalhos de pesquisa no início contemplaram aspectos relacionados ao manejo de solo, comportamento das culturas de trigo e soja em relação ao sistema de preparo, controle de plantas daninhas e, posteriormente, efeitos sobre o teor residual de fósforo, potássio e outros nutrientes (cálcio e magnésio) e, finalmente, efeitos sobre a estabilidade de agregados de solo. Segundo Rainoldo Kochhann, o plantio direto no Brasil foi introduzido, a partir de experiências no início dos anos 70, sem que houvessem informações básicas capazes de nortear os componentes sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas, bem como a disponibilidade de nutrientes no solo. A ICI Brasil S.A. teve papel destacado no desenvolvimento do plantio direto no Brasil, principalmente no começo, quando o sistema era totalmente desconhecido na nossa agricultura e ainda não havia diretrizes tecnológicas para o sucesso de sua implementação em nível de lavoura. Em 1971, a companhia iniciou uma série de levantamentos com o objetivo de desenvolver o plantio direto, inicialmente chamado de “nenhum preparo”. Em convênios com entidades de pesquisa oficial, como o Centro Nacional de Pesquisas de Trigo – CNPT-EMBRAPA, de Passo Fundo, técnicos da ICI, ajudaram na criação de protótipos e adaptações para semeadoras (CNPT, 1993).

Trabalhos têm demonstrado que aplicações sequenciais, onde são aplicados antecipadamente herbicidas como glifosato e 2,4-D, e após 15 a 20 dias, na véspera ou na data da semeadura são aplicados herbicidas de contato como paraquat, paraquat + diuron, diquat e flumioxazin, proporcionaram maior eficiência no controle das plantas daninhas e permitem a semeadura no limpo (CONSTANTIN et al., 2007). Para MAROCHI (1996) e PINTO et al. (1997) a segunda aplicação serve fundamentalmente para corrigir problemas de rebrotas e de novos fluxos de plantas daninhas já emergidas por ocasião da semeadura. Segundo MELHORANÇA et al. (1999), dessecações sequenciais seriam recomendáveis principalmente em condições de altas infestações ou para plantas daninhas consideradas de difícil controle.

O plantio direto combina o uso de herbicidas modernos com o velho método de introduzir a semente no solo, usado pelos índios da América que cultivavam milho sem movimentar o solo. A própria semeadura com “matraca”, tão comum em nosso meio, é um processo de plantio direto, quando utilizada sem preparo de solo e sem queima de restos de cultura anterior. O Sistema de Plantio Direto pode ser adotado tanto em grandes áreas que operam a agricultura em escala comercial, como em pequenas propriedades onde a agricultura é desenvolvida para fins de subsistência. O Sistema de plantio direto envolve um conjunto de operações e medidas que dependem não apenas de avanços tecnológicos, mas sobretudo, de conscientização e capacitação dos agricultores. Ao se desejar mudar do sistema convencional para o plantio direto, há que se pensar em novos conceitos, embora pareça mais simples, o plantio direto é na verdade mais complexo do que o sistema de plantio convencional (IAPAR, 1981).

O grande desafio atual do setor agropecuário é de ampliar a produção de alimentos e matérias primas, sem degradar o ambiente. Neste sentido, o sistema de plantio direto (SPD) apresenta-se como a principal alternativa de manejo dos recursos naturais, capaz de manter ou aumentar os índices de produtividade, introduzindo melhorias em atributos do solo, redução do uso de insumos químicos e conferindo maior sustentabilidade econômica e ambiental à atividade agropecuária. O uso de culturas para a cobertura do solo e compor sistemas de rotação de culturas é fundamental para que o SPD possa ser empregado corretamente e seus efeitos se concretizem (SALTON et al., 2000).

Nos últimos tempos, tem crescido a preocupação com os sistemas utilizados pela agricultura intensiva em culturas anuais como a soja. Sistemas convencionais empregam cada vez mais fertilizantes químicos, corretivos e produtos químicos para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, sendo responsáveis pela degradação acelerada dos solos e, conseqüentemente, de sua capacidade produtiva (LEANDRO, 2006).

As vantagens do sistema de plantio direto em relação ao convencional são: evita perda de solo (CHAVES, 1997; HERNANI et al., 1999), aumenta o teor de matéria orgânica, a agregação do solo, infiltração de água no solo, aumenta a vida de micro-organismos no solo (CASTRO et al., 1993), reduz a perda de água por evaporação, aumenta o poder tampão do solo (BAYER e MIELNICZUK, 1997; RHEINHEIMER et al., 1998), reduz a compactação, melhora os atributos físicos do solo (CHAVES, 1997), inibe a germinação das plantas daninhas

(FOLONI, 1985), aumenta a fertilidade do solo (RHEINHEIMER et al., 1998), contribui para mitigação de carbono (CORRAZA et al., 1999; BAYER et al., 2000) e os sistemas conservacionistas de manejo do solo e rotação de culturas favorecem melhor rendimento da cultura da soja (PAULETTI et al., 2003; SANTOS et al., 2006).

O Sistema de plantio direto (SPD) trata-se de sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo. Envolve o uso de técnicas para produzir, preservando a qualidade ambiental (EMBRAPA SOJA, 2006).

Para CARDOSO (2007), o advento dos herbicidas que permitiram a instalação do sistema do plantio direto é a maior garantia até hoje inventada de manter a fertilidade do solo. O autor cita que as operações mecanizadas no sistema de plantio direto não destroem a rede fasciculada de canalículos deixada tanto pelas raízes em cabeleira como pela variada fauna multiplicada em novo ambiente, propiciando assim menores oscilações de temperatura e umidade em relação as plantas cultivadas.

MELLO (2007), cita que Food and Agriculture Organization (FAO) em todas as publicações sobre agricultura conservacionista preconiza que o não revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos de colheita sobre a sua superfície é a melhor forma de fazer agricultura conservacionista.

Para o estado de São Paulo especificamente, FANCELLI (2007) cita que os principais entraves para o sistema de plantio direto estão relacionados à tradição dos agricultores serem acostumados a fazer a agricultura de maneira mais ou menos tradicional e serem extremamente refratários a qualquer tipo de mudança e também ao abandono da extensão rural por parte do governo do Estado.

O contínuo aumento da área com semeadura direta (SD) com soja, no Brasil, é uma realidade irreversível atingindo, na safra 2004/05, a área de 22 milhões de hectares (John Landers, informação pessoal). Apesar das vantagens preconizadas com o sistema, como redução de erosão, aumento do teor de matéria orgânica do solo, economia de combustível, etc., ainda continuam evidentes as premissas que a semeadura direta (SD), ao deixar restos de cultura sobre a superfície do solo contribui para aumentar a incidência de doenças e a semeadura convencional (SC), ao incorporar os restos de cultura, reduz o inóculo inicial dos patógenos e, conseqüentemente, a taxa de progresso das doenças (PHILLIPS et al., 1980).

Segundo PETRIE (1986), embora ambos os pontos mencionados acima por PHILLIPS et al. (1980) sejam verdadeiros, é necessário discutir como podem ser minimizados, favorecendo a prática conservacionista e permitindo uma agricultura sustentável e economicamente eficiente.

Diferentemente da cultura do trigo, no Brasil muito poucas pesquisas foram feitas com a soja visando o controle de enfermidades no sistema de semeadura direta. Provavelmente, o conjunto de ecossistemas do trigo fossem mais severos que aqueles da soja e porque na soja, até o advento da ferrugem asiática, as enfermidades fossem controladas eficientemente com resistência genética. Outro fato deve-se à extensão territorial da cultura da soja, a maior parte dela fora de regiões tradicionais de semeadura direta ou regiões onde a formação da palha de culturas em sucessão é reduzida (ALMEIDA, 2007).

As incidências das doenças podem ocorrer, tanto na semeadura direta, como na semeadura convencional e estratégias para controlar estas doenças devem ser utilizadas em ambos os sistemas. Estas estratégias podem ser desde o manejo e preparo do solo, passando por calagem e adubação equilibrada (EMBRAPA SOJA, 20005), onde plantas bem nutridas, com boa formação de raízes são mais resistentes às doenças. Associado ao manejo e preparo de solo não se pode deixar de citar a rotação de culturas, prática milenar no controle de enfermidades de solo. Mas a rotação de cultura deve ter como princípio básico à intercalação de famílias diferentes de culturas, pois muitas vezes o patógeno existente no solo pode ser hospedeiro de diversas culturas.

A rotação de cultura não será eficiente quando o patógeno for transmitido eficientemente pelas sementes ou pelo vento, capaz de ser transportado a longas distâncias. Outro fator importante é que o patógeno necessita ter pequena gama de plantas hospedeiras, cultivadas ou plantas daninhas (MORRAL e DUECK, 1982), ou ser incapaz de sobreviver na ausência de plantas hospedeiras adequadas. Um exemplo prático da não eficiência da rotação de culturas é o que ocorre com o fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, fungo que produz estruturas de resistência capazes de sobreviver por longos anos. Estas estruturas de resistência denominadas de esclerócios, são formados por adesão ao tecido vegetal infectado (COOK et al., 1975; ADAMS e AYERS, 1979; PETRI, 1986).

O controle químico através da utilização de fungicidas, é mais uma ferramenta que deve ser sempre empregada juntamente com outras medidas como exemplos: resistência

genética, rotação de culturas, manejo e preparo do solo para o controle das doenças tanto no plantio direto como no plantio convencional. Atualmente inúmeros princípios ativos estão disponíveis para os agricultores (EMBRAPA SOJA, 2005).

Os pesticidas aplicados no sistema de plantio direto podem ser degradados mais rapidamente do que no plantio convencional devido à maior quantidade de água, minhocas, microrganismos e matéria orgânica.

Por isso, em adição às questões hidrológicas, técnicas de medidas e mudanças nos manejos dos solos são necessárias ao ajuste atual nas práticas agrícolas, como também, padrões ambientais. Para a agricultura sustentável alternativas deverão ser desenvolvidas e adotadas, para lembrar que, aumentar a renda é mais importante para o agricultor do que aumentar a produtividade e também não se pode esquecer da qualidade ambiental. Este fato pode ser obtido adotando o sistema de semeadura direta ou plantio direto (FOLONI, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo de campo

3.1.1 Área agrícola experimental

A fase experimental foi desenvolvida na estação experimental da Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda (Figura 11a). A estação localiza-se no município de Engenheiro Coelho, no Estado de São Paulo, região central do estado, localizada na latitude de $23^{\circ} 06' 29''$ S e longitude de $47^{\circ} 11' 09''$ WG (Figura 11 b).



Figura 11 – Foto aérea da estação experimental da Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda (a) e o mapa da localização da cidade de Engenheiro Coelho-SP (b).

3.1.2 Instalação e execução

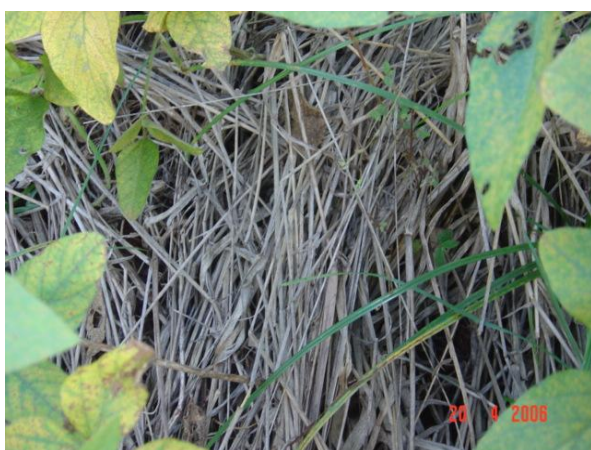
A área onde foi realizado o estudo está subdividida em subáreas, com dimensões variáveis de 1,0 a 2,5 ha. A análise de solo da quadra 8, na qual foi conduzido o presente trabalho, realizou-se por coletas de solo de 0,0-0,2 m de profundidade e encontram-se na Tabela 2 seguir. O solo de acordo com suas características foi classificado como Barrentos.

Tabela 2 – Resultados da análise química e física 0-20 cm do solo da quadra 8 da Cosmos Agrícola Produção e Serviços Rurais Ltda.

pH _{CaCl₂}	MO	P res	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmolc/dm ³ -----							%
5,7	36	210,0	2,8	37	13	25	1	52,8	77,8	67,8
Composição Granulométrica						Densidade		Classe		Sub-
Areia	Areia	Argila	Limo	Cascalho		Aparente	Real			Classe
Grossa	Fina									
----- % -----										
32,3	18,3	28,3	21,1	0,0		1,19	2,15	Barrentos	Barrentos	

3.1.3 Área de semeadura direta

A instalação do experimento foi realizada em uma subárea de dimensão aproximada de 1000 m² (área experimental), sendo que metade desta área (480m²) foi com 1 ano de palha de trigo. O trigo da qual foi obtido a palhada, foi semeado na safra anterior de inverno e especialmente preparada para o experimento. Os herbicidas utilizados para o controle das plantas daninhas que germinaram na área de palha de trigo foram os flumioxazim + glifosato nas doses de 0,05+5,0L/ha em 12/01/2006, aos 7 dias antes da semeadura.



(a)



(b)

Figura 12 – Fotos do detalhe da aérea do ensaio de semeadura direta (a) e da semeadura convencional (b) em Engenheiro Coelho-SP.

Após a implantação da cultura foi efetuada um foto, representada na Figura 12a, apresentada anteriormente onde pode ser visualizada os restos culturais no sistema de semeadura direta.

3.1.4 Área de semeadura convencional

A instalação do experimento foi realizada em uma subárea de dimensão aproximada de 1000 m² (área experimental), sendo que metade desta área (480m²) foi de plantio convencional.

Os herbicidas utilizados para o controle das plantas daninhas que germinaram na área de semeadura convencional foram os trifluralina+imazaquim+glifosato doses de 3,0+0,2+5,0L/ha no dia 12/01/2006, aos 7 dia antes da semeadura. Após a implantação da cultura foi efetuada um foto, representada na figura 12b, mostrada anteriormente, onde pode ser visualizada a parcela no sistema de semeadura convencional.

3.1.5 Delineamento estatístico

O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados com 4 repetições. A área experimental foi composta de 12 linhas de 0,5 m por 10 metros de comprimento (6m x 10m = 60m²) para cada repetição distribuídas entre o tratamento testemunha (semeadura convencional e semeadura direta) e a área tratada com três aplicações de tetraconazole (semeadura convencional e semeadura direta).

3.1.6 Semeadura e manejo da cultura da soja

A semeadura e o manejo da soja foram realizados conforme recomendação técnica para o desenvolvimento da cultura (IAC, 1996). A cultura da soja de cultivar Conquista, foi semeada no dia 19/01/2006 utilizando como tratamento de semente os fungicidas com os princípios ativos carboxina

+ tiram na dose de 60+60ml/100kg de sementes no mesmo dia da semeadura no espaçamento de 0,5 m entre linhas com densidade de 15 sementes / metro linear (aproximadamente 50 kg/ha).

A adubação de plantio foi de 400kg/ha de 04-14-08 (N-P-K). As aplicações do tetraconazole foram realizadas nos dois sistemas de semeadura (direta e convencional) conforme a recomendação do fabricante nas fases fisiológicas da soja, já com a presença da doença, uma vez que através do monitoramento a doença foi detectada primeiro na semeadura direta na fase V3 e na semeadura convencional na fase V4. O estágio da cultura no momento da aplicação pode ser melhor explicado na Figura 7.

Em seguida segue a Tabela 3, onde são descritas as características durante as três aplicações.

Tabela 3 - Descrição das características durante a aplicação do fungicida tetraconazole na cultura da soja no sistema de semeadura direta e convencional. Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Estágio da cultura:	V8	R2	R5.1
Data da aplicação:	07/03/2006	17/03/2006	05/04/2006
Horário do início:	10:45	9:15	10:00
Horário do término:	11:20	9:40	10:20
Umidade relativa do ar %:	79	67	73
Temperatura °C:	24	25,5	22
Velocidade do vento m/s:	1,5	1,0	1,8
Direção do vento:	N	N	N
Cobertura de nuvens %:	90	10	100
Ponta do bico :	JA2 Preto	JA2 Preto	JA2 Preto
Número de bicos:	6	6	6
Pressão de trabalho:	60lb/pol ²	60lb/pol ²	60lb/pol ²
Volume de calda/ha:	200 L	200 L	200 L

As aplicações com o fungicida tetraconazole na dose de 0,4L/ha do produto comercial ou 50 grama do ingrediente ativo do tetraconazole em um ha, iniciou-se na fase V8, ou seja a planta com

8 folhas (1ª aplicação), depois na fase R2, com a cultura em pleno florescimento (2ª aplicação) e por último na fase R5.1, com a cultura na fase de enchimento dos grãos (3ª aplicação).

3.2 Índices pluviométricos

A área experimental foi monitorada por uma estação meteorológica da Quanta Precisão Agrícola Ltda, de Passo Fundo-RS (vinculada ao projeto Radar da empresa Arysta LifeScience), na qual determinou os parâmetros temperatura (°C), pluviosidade (mm) e umidade relativa do ar (%). A soma dos valores diários do período necessário para a infecção e tempo de molhamento foliar diariamente se encontram no anexo II e os detalhes da estação meteorológica da Quanta pode ser observadas nas figuras 13a e 13b a seguir. Os dados pluviométricos coletados dentro da Estação Experimental Cosmos encontram se no anexo III.



(a)



(b)

Figura 13 – Fotos da estação meteorológica da Quanta Precisão Agrícola Ltda (a) e (b), utilizada durante o experimento ensaio para monitorar as condições climáticas.

3.3 Amostragem para avaliação do nível de resíduo

A amostragem do compartimento planta da soja foi efetuada de forma única (folhas, caule, sistema radicular e grãos em fase de enchimento). Um orifício na profundidade de 0,0 - 0,2 m foi feito ao redor da planta e retirado o sistema radicular procurando danificar o mínimo possível. O sistema radicular foi lavado com água para retirar o solo retido.

Na mesma época da coleta da planta, foi realizada a amostragem do solo na profundidade de 0,0 - 0,2 m para determinar se havia presença de resíduo do tetraconazole. A amostragem foi feita com o auxílio de um trado.

O horário de coleta das amostras foram os mesmos adotados para todos os dias por volta das 13:00 h. O número de pontos amostrados foram 4 em cada repetição, distribuídos ao acaso, totalizando 16 pontos amostrados e posteriormente feita uma única amostra composta.

Após cada coleta das amostras da planta (folha, caule, raiz e grãos em enchimento), da palha e do solo, as amostras foram armazenadas em saco plásticos devidamente identificados de acordo com o período de coleta e permaneceram estocadas a $[(-20) \pm 4^{\circ}\text{C}]$, no freezer na própria área experimental, até serem encaminhadas ao laboratório para análise.

O período de amostragens das plantas de soja (folhas, caules, raízes e grãos em enchimento), palha e solo foram 4, 24, 48, 120, 192 e 360 horas após a terceira aplicação do tetraconazole e se encontram nas Tabelas 4 e 5. A recomendação de aplicação do tetraconazole é de 400 mL/ha do produto comercial ou 50 g. ia/ha do ingrediente ativo. Abaixo segue na Tabela 4 e Tabela 5 respectivamente, a descrição das coletas das amostras de plantas de soja da semeadura convencional e semeadura direta (folhas, caules, raízes e grãos em enchimento), palha da semeadura direta na tabela 5, solo da semeadura direta e convencional nas Tabelas 4 e 5 respectivamente, grãos da testemunha da semeadura direta e convencional e grãos da área de tetraconazole da semeadura direta e convencional de cada tratamento correspondente na tabela 4 e 5 respectivamente. A testemunha das plantas de soja sem aplicação do fungicida foram coletadas no sistema de semeadura convencional e direta para comparação nos dias 7/04 (48 horas após a 3ª aplicação); 10/04 (120 horas após a 3ª aplicação) e 20/04 (360 horas após a 3ª aplicação). A palha e o solo do tratamento testemunha do sistema de semeadura direta e o solo da semeadura convencional foram coletadas nos dias 7/04 (48 horas após a 3ª aplicação); 10/04 (120 horas após a 3ª aplicação) 20/04 (360 horas após a 3ª aplicação) e 30/05/2006 (1320 horas

após a 3ª aplicação). Os grãos de soja do tratamento testemunha do sistema de semeadura direta e convencional foram coletadas no dia 01/06/2006 aos 1344 horas após a 3ª aplicação na Tabela 4 e 5.

Tabela 4 - Período de amostragens das plantas de soja, solos e grãos de soja da semeadura convencional após a terceira aplicação do fungicida tetraconazole. Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Período de coleta a partir da 3ª aplicação do tetraconazole	Sistema de semeadura convencional		
	Planta	Solo	Grãos de soja
4 horas antes	X	X	
4 horas após	X	X	
24 horas após	X	X	
48 horas após	X	X	
120 horas após	X	X	
192 horas após	X	X	
360 horas após	X	X	
1344 horas após			X
Testemunha			X

Tabela 5 - Período de amostragens das plantas de soja, solos, palha e grãos de soja da semeadura direta após a terceira aplicação do fungicida tetraconazole, Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Período de coleta a partir da 3ª aplicação do tetraconazole	Sistema de semeadura direta			
	Planta	Solo	Palha	Grãos de soja
4 horas antes	X	X	X	
4 horas após	X	X	X	
24 horas após	X	X	X	
48 horas após	X	X	X	
120 horas após	X	X	X	
192 horas após	X	X	X	
360 horas após	X	X	X	
1344 horas após			X	X
Testemunha				X

3.4 Metodologia de análise de resíduo do tetraconazole

Todas as amostras coletadas na área experimental foram armazenadas em freezer, na temperatura de $[(-20) \pm 4^{\circ}\text{C}]$, durante 12 meses. Após o término das coletas foram encaminhadas ao Laboratório de Resíduos de Pesticidas e Análises Cromatográficas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), onde foram trituradas com gelo seco e armazenadas a temperatura de $[(-20) \pm 4^{\circ}\text{C}]$. A metodologia de análise de resíduo do tetraconazole e seus metabólitos nos compartimentos ambientais foram os padronizados para este ingrediente ativo e aprovados internacionalmente. O método analítico adaptado de ANDERSSON e PALSHEDEN (1998), consistiu na extração dos resíduos de tetraconazole com acetato de etila em presença de Na_2SO_4 . A limpeza do extrato foi feita por cromatografia de permeação em gel (GPC), sendo a eluição procedida com uma mistura de ciclohexano+acetato de etila. A determinação quantitativa foi realizada por técnica de cromatografia em fase gasosa, utilizando-se cromatógrafo equipado com detector seletivo de massas (GC/MS). Para finalidade de validação do método de análise as amostras da testemunha, ou seja amostras sem aplicação do

fungicida tetraconazole foram analisadas preventivamente e com resultado negativo para o tetraconazole. As amostras testemunhas foram fortificadas em quintuplicadas com a substância estudada em dois níveis de concentração 0,01 mg kg⁻¹ e 0,10 mg kg⁻¹, com média global de recuperação de 94 %. O limite de detecção foi de 0,005 mg.kg⁻¹ e o limite de quantificação de 0,01 mg kg⁻¹.

O resíduo do fungicida tetraconazole foi obtido pela quantificação em mg kg⁻¹. Os dados obtidos do resíduo do tetraconazole foram calculados dividindo-se a massa do analito em ng, obtida diretamente da curva de calibração, que foi previamente traçada pela massa injetada das amostras dos compartimentos ambientais analisadas em mg. Assim:

$$\text{ppm} = \text{mg/kg} = \text{ma/Ma} \quad \text{equação (6)}$$

onde,

ma = massa do analítico na amostra, em ng, na qual foi obtida diretamente da curva de calibração por processamento do workstation;

Ma = massa injeta da amostra dos compartimentos ambientais em mg;

3.5 Características físico-químicas do tetraconazole utilizadas nos modelos de fugacidade nível I e II

Na Tabela 6 a seguir estão descritos as características físico-químicas do fungicida tetraconazole utilizadas para a elaboração dos cálculos de modelo de fugacidade nível I e II (MACKAY, 1991).

Tabela 6 – Características físico-químicas do tetraconazole utilizadas nos modelos de fugacidade nível I e II.

Fungicida	Peso molecular ($g\ mol^{-1}$)	Pressão Vapor (Pa)	Kow	Solubilidade ($mg\ L^{-1}$)	Lei de Henry ($Pa.m^3\ mol^{-1}$)	Koc ($mL\ g^{-1}$)
Tetraconazole	372,1	0,00018	3630,780	156	0,00036	1226,5

3.6 Modelo matemático

3.6.1 Modelo de fugacidade nível I

3.6.1.1 Parâmetros e equações para o cálculo do nível I de fugacidade

Os dados do fungicida tetraconazole necessários para calcular o seu potencial de distribuição unidade ambiental padrão através do modelo de fugacidade nível I são: o estado iônico, a constante de dissociação ácida (pKa) ou básica (pKb), a massa molar (M), a temperatura de fusão (P_f), a pressão de vapor (P_v), a solubilidade aquosa S , o coeficiente de partição entre octanol e a água K_{ow} , o coeficiente de partição entre o carbono orgânico e a água (K_{oc}) e o fator de bioconcentração (BCF), bem como a dose letal que mata cinquenta por cento de indivíduos de uma população indicadora (DL_{50}) (TOMLIN, 2001).

Os parâmetros físico-químicos e ambientais no modelo de fugacidade nível I (MACKAY, 1991; PARAÍBA, 1999) permitem estimar valores teóricos de concentrações ambientais esperadas de cada um dos fungicidas ou outros produtos utilizados em um determinado sistema de produção agrícola, aplicando fórmulas matemáticas (MACKAY e PATERSON, 1981; MACKAY, 1991) para exprimir o grau de letalidade destas concentrações em cada um dos compartimentos ambientais considerados na modelização. A Figura 14 a seguir mostra um diagrama do padrão mundial de fugacidade representada pelas unidades dos compartimentos ambientais (ar, água, solo, sedimento, folha, caule, raiz e biota) (VIGHI e FUNARY, 1995).

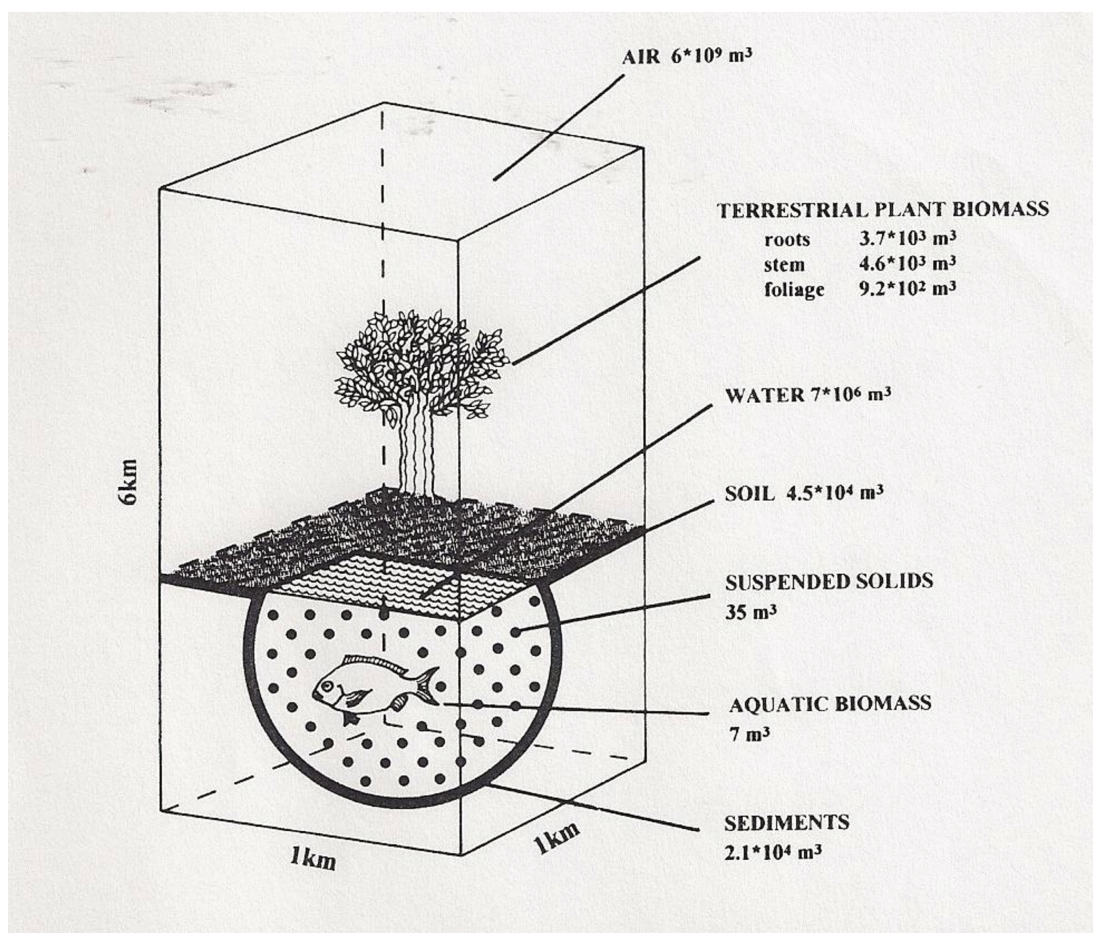


Figura 14 – Diagrama do padrão mundial de fugacidade representada pelas unidades dos compartimentos ambientais (ar, água, solo, sedimento, folha, caule, raiz e biota) (VIGHI e FUNARY, 1995).

O modelo de fugacidade nível I foi descrito de tal forma que a fugacidade se relaciona com a concentração C , em $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$, através da capacidade de fugacidade Z dada em $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{Pa}^{-1}$. Assim, pode-se calcular a concentração de um composto em um compartimento pela equação $C = Zf$ (7), onde f é a fugacidade dada em unidades de Pascal Pa (MACKAY e PATERSON, 1981; MACKAY 1991).

Em estado de equifugacidades os compartimentos com altas capacidades de fugacidade terão altas concentrações do composto. Portanto, a capacidade de fugacidade é uma medida da ‘solubilidade’ do composto em um determinado compartimento. Desta forma, cada compartimento necessita que seja definida a sua capacidade de fugacidade. Esta por sua vez é

dependente da natureza do compartimento e das características físico-químicas do composto. Assim, os valores foram calculados pelo modelo de fugacidade nível I, onde:

$C_{ij} = Z_{ij} f_i$ (8), equação(7) ; temos assim, $j = 1$; e $i = 1;8$:

$i =$ ar (1), água (2), planta [raiz (3) , caule (4) e folha (5)], solo (6), sedimentos (7) e biota aquática (8) e $j = 1$ (tetraconazole).

No ar a fugacidade de um composto (f_a) é igual à sua pressão de vapor, que quando expressa em concentração é dada pela equação:

$$f_a = C_a RT \quad \text{equação (8)}$$

onde C_a , em $mol\ m^{-3}$, é a concentração do composto no ar, $R = 8.314\ Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$ é a constante universal dos gases e T é a temperatura absoluta em graus Kelvin⁰(K). Em consequência, a capacidade de fugacidade a partir do ar (Z_a) é dada por

$$Z_a = \frac{1}{RT} \cdot \quad \text{equação (9)}$$

Na água, a fugacidade de um composto dissolvido é aproximadamente equivalente à sua pressão parcial de vapor, descrita pela lei de Henry, a qual é proporcional a sua concentração, isto é:

$$f_w = HC_w \quad \text{equação (10)}$$

onde (f_w) é a fugacidade do composto na água é expresso em unidades de Pascal Pa , H ($Pa\ m^3/mol$) é a constante de Henry do composto e C_w , em $mol \cdot m^{-3}$, é a concentração na água.

Desta forma, a capacidade de fugacidade da água Z_w é dada por:

$$Z_w = \frac{1}{H} \quad \text{equação (11)}$$

Para outros compartimentos a fugacidade não possui uma relação direta com parâmetros físicos do composto. É portanto a capacidade de fugacidade depende do conhecimento da capacidade do composto na água ou no ar (MACKAY, 1991). Por exemplo, para solo, sedimento, caule, folha e raiz a capacidade de fugacidade pode ser estimada pelas expressões de CALAMARI et al. (1987) e é recomendada pela Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 1991) na avaliação da distribuição ambiental de compostos orgânicos e pode ser observada na figura 14.

Nestas expressões a capacidade de fugacidade do solo Z_s é dada por:

$$Z_s = 0,2Z_a + 0,3Z_w + 0,5f_{oc}\rho_s K_{oc}Z_w \quad \text{equação (12)}$$

onde f_{oc} é a fração volumétrica de carbono orgânico do solo, ρ_s é a densidade do solo, expressa em $g\ cm^{-3}$; K_{oc} é o coeficiente de partição do composto entre o carbono orgânico e a solução do solo. Os valores 0,2, 0,3 e 0,5 representam, respectivamente, o conteúdo volumétrico médio de ar, água e matéria sólida do solo.

A capacidade de fugacidade do sedimento, Z_{sd} , é dada por:

$$Z_{sd} = 0,5Z_w + 0,5f_{oc}\rho_{sd}K_{oc}Z_w \quad \text{equação (13)}$$

onde ρ_{sd} é a densidade do sedimento, que é expressa em $g\ cm^{-3}$. Os valores 0,5 e 0,5 são, respectivamente, o conteúdo volumétrico médio de água e matéria sólida do sedimento.

A capacidade de fugacidade da planta é estimada dividindo-se a planta nos sub-compartimentos folha, caule e raiz. Na folha a capacidade de fugacidade Z_l pode ser estimada pela expressão:

$$Z_l = (0,18Z_a + 0,8Z_w + 0,02K_{ow}Z_w) \rho_l / \rho_w \quad \text{equação (14)}$$

onde ρ_l , ρ_w e K_{ow} são, respectivamente, a densidade média das folhas, a densidade da água (expressa em $g\ cm^{-3}$) e o coeficiente de partição do composto entre n-octanol e a água. Os valores 0,18, 0,8 e 0,02 representam, respectivamente, o conteúdo volumétrico médio de ar, água e lipídeos da folha.

No caule a capacidade de fugacidade Z_{st} é dada por:

$$Z_{st} = (0,18Z_w + 0,02K_{ow}Z_w) \rho_{st} / \rho_w \quad \text{equação (15)}$$

onde ρ_{st} é a densidade do caule, expresso em g/cm^3 . Os valores 0,82 e 0,02 representam, respectivamente, o conteúdo volumétrico médio de água e lipídeos do caule. A capacidade de fugacidade da raiz Z_r é estimada pela relação:

$$Z_r = (0,82Z_w + 0,014K_{ow}Z_w) \rho_r / \rho_w \quad \text{equação (16)}$$

onde ρ_r é a densidade da raiz (expresso em $g.cm^{-3}$). Os valores 0,82 e 0,014 representam, respectivamente, o conteúdo volumétrico médio de água e lipídeos da raiz. Consequentemente, a capacidade de fugacidade total da planta é estimada por:

$$Z_p = Z_r + Z_{st} + Z_l \quad \text{equação (17)}$$

Para os compartimentos de natureza biótica correspondentes aos organismos residentes na água, como o zooplankton e o fitoplankton, a capacidade de fugacidade Z_b de um composto nestes compartimentos pode ser calculada por:

$$Z_b = Z_w BCF \quad \text{equação (18)}$$

$$BCF = BCF_n (1 - p) + p BCF_a \quad \text{equação (19)}$$

$$p = \frac{10^{(ph-pka)}}{1 + 10^{(ph-pka)}} \quad \text{equação (20)}$$

$$BCF_n = 10^{(0,76 \log(Kow) - 0,5)} \quad \text{equação (21)}$$

$$BCF_a = 10^{(0,76(\log(Kow) - 3,4) - 0,5)} \quad \text{equação (22)}$$

onde BCF é o fator de bioconcentração do composto no organismo aquático.

Assim, se cada compartimento i tem um volume bem definido V_i , a concentração em cada compartimento C_i é igual a $f_i Z_i = f Z_i$ (18), onde f é a fugacidade predominante de equilíbrio. A quantidade do composto no compartimento i , Q_i , expressa em mol , é

$$Q_i = C_i V_i = f_i Z_i V_i \quad \text{equação (23)}$$

a quantidade total do composto no sistema ambiental padrão é calculada por:

$$Q_T = f \sum_{i=1}^n Z_i V_i \quad \text{equação (24)}$$

Supondo-se que a quantidade total Q_T seja conhecida, a fugacidade pode ser calculada por

$$f = \frac{Q_T}{\sum_{i=1}^n Z_i V_i} \quad \text{equação (25)}$$

Em consequência, os valores individuais de C_i e Q_i podem ser estimados por $C_i = f Z_i$ (28) e $Q_i = C_i V_i$ (29), respectivamente. O percentual de distribuição da massa total do composto no compartimento i , P_i , pode ser calculado pela equação:

$$P_i = \frac{Z_i V_i}{\sum_{i=1}^n Z_i V_i} 100\% \quad \text{equação (26)}$$

onde n é o número de compartimentos. Desta forma, os valores de P_i revelam o compartimento onde se encontra a maior percentagem do composto químico ou onde o compartimento tem uma maior solubilidade para o composto.

3.6.2 Modelo de fugacidade nível II

As reações que ocorrem no meio ambiente são a hidrólise, fotólise, oxidação, redução e biodegradação representadas em conjunto por k_r^i , expressa em unidade de tempo. Consideram-se que todas estas reações produzem uma taxa constante para cada compartimento em um processo de primeira ordem. A reação de transformação para o desaparecimento é representada pelo produto de k_r^i pela concentração C_i . Deste modo, o desaparecimento total em um compartimento pode ser analisado pelo fluxo do produto para fora do ecossistema, através da equação $C_i k_r^i = (k_{hydr}^i + k_{fot}^i + k_{oxi}^i + k_{red}^i + k_{bio}^i) C_i$, equação (27), onde k_r^i é a taxa constante do desaparecimento em primeira ordem do fungicida presente em um compartimento i .

As reações são equilibradas pela taxa de emissão E total de entrada do produto no meio, expressa em $mol\ h^{-1}$, de forma que se tenha o estado de equilíbrio. Dada pela expressão $E = k_r^1 V_1 C_1 + k_r^2 V_2 C_2 + \dots + k_r^n V_n C_n$, equação (28).

Supondo que a fugacidade está em equilíbrio e é dada por f , o valor de C_i pode ser substituído por $Z_i f$. A emissão pode ser expressa como $E = f \sum_{i=1}^n V_i Z_i k_r^i$, equação (29).

$$\text{A fugacidade é obtida pela expressão } f = \frac{E}{\sum_{i=1}^n V_i Z_i k_r^i}, \quad \text{equação (30).}$$

A concentração em cada compartimento C_i pode ser avaliada por $Z_i f$ e as taxas de reação por $C_i k_r^i$, bem como por $V_i C_i k_r^i$. O modelo de fugacidade nível II permite calcular a persistência ambiental, ou seja, o tempo de persistência do fungicida no ambiente de um ecossistema. Dado que a quantidade total do fungicida presente é $\sum_{i=1}^n C_i V_i$, em mol, e dividindo este valor por E obtém-se a média ponderada, e expressa pela fórmula

$$\tau_R = \frac{\sum_{i=1}^n C_i V_i}{E} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i V_i}{\sum_{i=1}^n k_r^i C_i V_i}, \text{ equação (31), denominado tempo de persistência da reação no}$$

ambiente. O τ_R pode estimar a taxa total de eliminação, ou a dissipação ambiental, k_R , do

$$\text{fungicida no ecossistema, definido pela expressão } k_R = \frac{\sum_{i=1}^n k_r^i V_i C_i}{\sum_{i=1}^n V_i C_i} = \frac{1}{\tau_R}, \text{ equação (32).}$$

O modelo de fugacidade nível II adiciona a cada compartimento i o conceito de advecção, que é definido como o fluxo do produto no meio, como um processo de primeira ordem denominado de taxa constante k_{adv}^i . Esta taxa é definida pelos fluxos de entrada e saída, G_i , expressa em $m^3 h$, dividida pelo volume V_i e representada por $k_{adv}^i = G_i/V_i$, equação (33). O fluxo de advecção pode ser expresso pela equação mais complexa,

$$E + \sum_{i=1}^n G_i C_{Bi} = E + \sum_{i=1}^n k_{adv}^i V_i C_{Bi} = \sum_{i=1}^n V_i C_i (k_r^i + k_{adv}^i), \text{ equação (34), onde } C_{Bi} \text{ representa a}$$

concentração de entrada. Se C_{Bi} é igual a C_i , os termos correspondentes à advecção é inexistente.

$$\text{A fugacidade passa a ser dada por } f = \frac{E + \sum_{i=1}^n G_i C_{Bi}}{\sum_{i=1}^n V_i (k_r^i + k_{adv}^i)}, \text{ equação (35).}$$

O recíproco de k_{adv}^i é o tempo de residência com respeito à advecção, definido pela equação $t_r^i = \frac{1}{k_{adv}^i}$, equação (36). Nesta equação, t_r^i é o tempo de residência do produto em compartimento i expresso em unidade de tempo. O parâmetro k_{adv}^i pode ser acrescentado a outras constantes de mesma unidade.

Considerando somente a advecção, a taxa constante da advecção é representada por κ_A e o tempo de residência da advecção por τ_A , correspondendo a casos que produz somente

advecções, que são dadas por $\kappa_A = \frac{\sum_{i=1}^n V_i C_i k_{adv}^i}{\sum_{i=1}^n V_i C_i} = \frac{1}{\tau_A}$ equação (37) e $\tau_A = \frac{\sum_{i=1}^n V_i C_i}{\sum_{i=1}^n V_i C_i k_{adv}^i}$

equação (38). A advecção e reação podem ser estudadas em conjunto como tempo de residência total τ_0 e o coeficiente total de reação κ_0 , representados pelas expressões

$$\tau_0 = \frac{M_T}{E + \sum_{i=1}^n G_i C_{Bi}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i C_i}{\sum_{i=1}^n \left(V_i C_i \left(\kappa_{adv}^i + k_r^i \right) \right)} \text{ equação (39) e } \kappa_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(V_i C_i \left(\kappa_{adv}^i + k_r^i \right) \right)}{\sum_{i=1}^n V_i C_i} \text{ equação (40).}$$

O tempo de residência total τ_0 , considerando as advecções e reações, é definido por

$$\frac{1}{\tau_0} = \frac{\tau_A + \tau_R}{\tau_A \tau_R} \text{ equação (41).}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd & P. Syd) da soja

Os dados referentes à condição de semeadura convencional e direta da incidência (0-100%), número de lesões/cm² e severidade baseada na escala diagramática (GODOY et al., 2006) estão expressos nos anexos IV, V e VI.

4.1.1 Na condição de semeadura convencional

Os dados referentes ao controle da doença de ferrugem asiática da soja no sistema convencional estão representados nas Figuras 15, 16 e 17 a seguir. A presença da ferrugem na semeadura convencional foi observada primeiramente na fase V4 da soja e a primeira aplicação ocorreu somente na fase V8, o que indica que o fungicida foi aplicado de forma curativa, após o aparecimento das primeira lesões.

Conforme os dados obtidos e tabulados nos anexos IV, V e VI e pode se verificar que houve controle da doença ferrugem asiática com 3 aplicações do fungicida tetraconazole na dose de 0,4L/ha do produto comercial.

Utilizando-se do critério de incidência (0-100%), ou seja, qualquer lesão de ferrugem, independente do tamanho detectada em um folíolo, considerou-se o folíolo atacado. Os resultados obtidos dessa análise está expressos no anexo IV e representados na Figura 15 a seguir. De acordo com os resultados expressos na Figura 15, verificou-se que até 5 DAT (dias após a terceira aplicação) a área infectada com a aplicação do tetraconazole estava com 43% menos plantas afetadas que a testemunha. Após 15 dias da terceira aplicação esta diferença caiu para 15% e aos 19 dias após a terceira aplicação a incidência da área tratada era igual à testemunha, ou seja 100% de incidência.

Estes dados demonstraram um período de controle da doença pelo fungicida em torno de 10 a 14 dias, concordando com BORGES et al. (2011), que observaram as menores severidades finais obtidas nos seus experimentos foram os tratamentos com aplicações sequenciais nas fases da cultura em (R2>R2+21 dias > R6; R2>R2 + 21 dias; e R3>R3+21 dias).

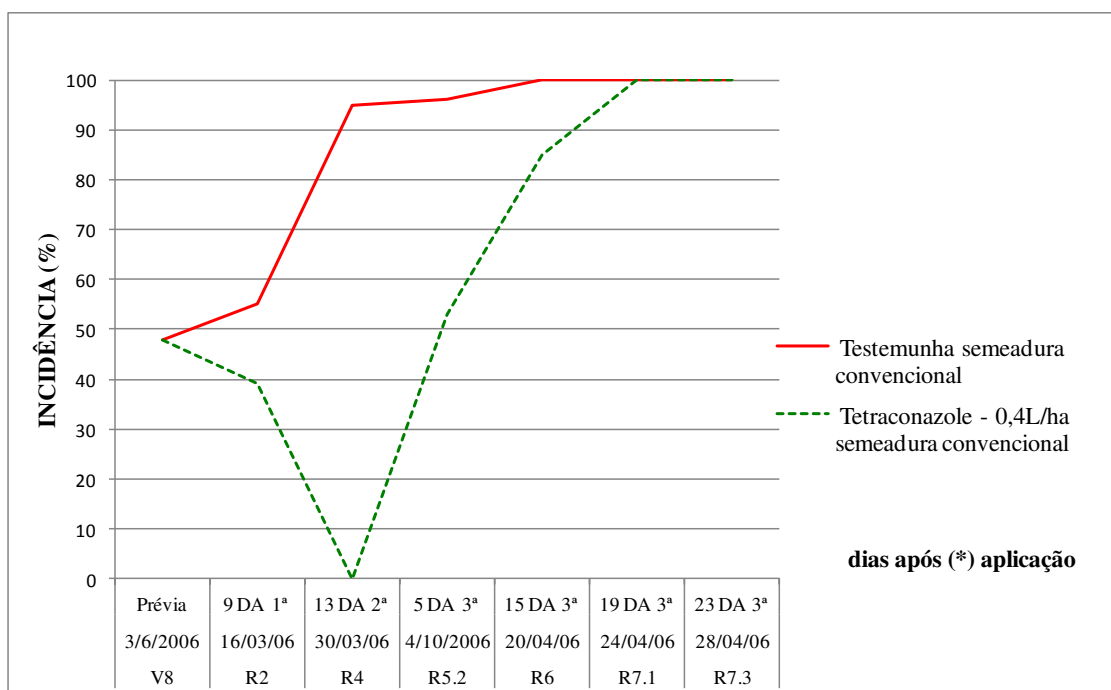


Figura 15 – Incidência (0-100%) da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura convencional, na safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Quando utilizou-se do critério de dados do número de lesões/1cm², os dados obtidos estão expressos no anexo V e representados na figura 16 a seguir. De acordo com os resultados mostrados na Figura 16, pode-se observar que aos 9 dias após a primeira aplicação a área da testemunha sem aplicação de fungicidas estava com 10,12 lesões/1cm², enquanto a área tratada com o tetraconazole permanecia com 2,66 lesões.

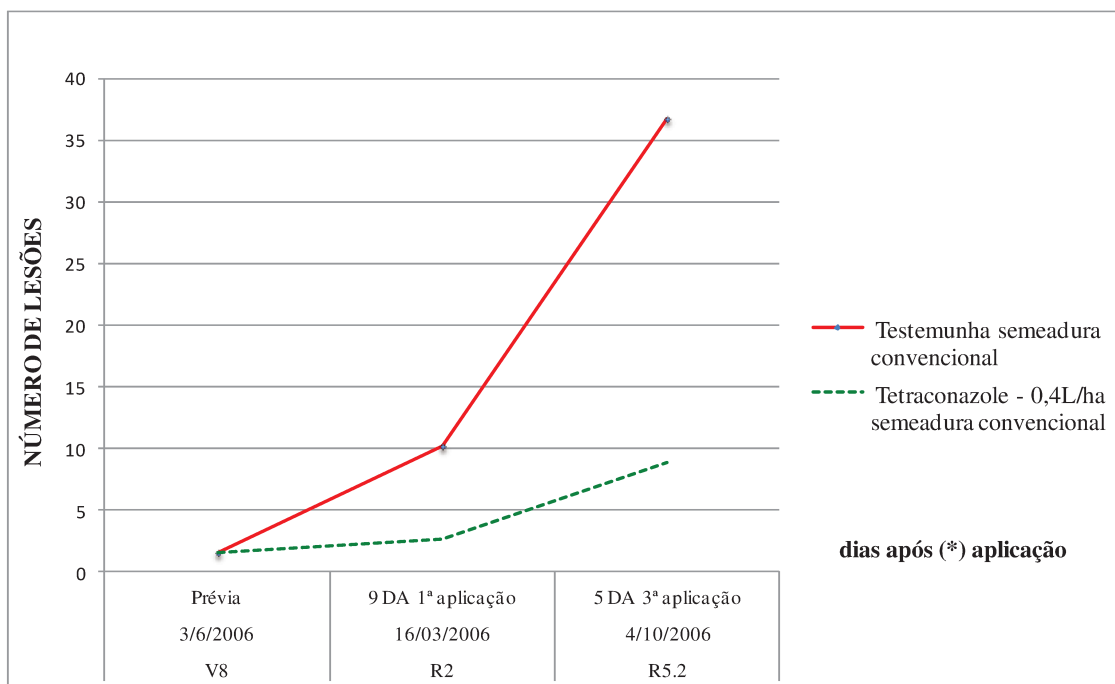


Figura 16 – Número de lesões/1cm² da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura convencional, na safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Na avaliação de 5 DAT (da terceira aplicação) a parcela não tratada (testemunha) apresentava 36,70 lesões /1cm², enquanto a parcela tratada com o fungicida mostrava 8,8 lesões/1cm², ou seja, a eficácia do fungicida correspondia a 76%. Estes resultados estão em concordância com os observados por GODOY (2005b), na qual o fungicida tetraconazole (Eminent 125 EW), apresentou controle eficiente da severidade da ferrugem asiática, com redução da desfolha provocada pela doença.

Com relação à severidade da doença, foram obtidos os dados que estão expressos no anexo VI e representados na figura 17 a seguir.

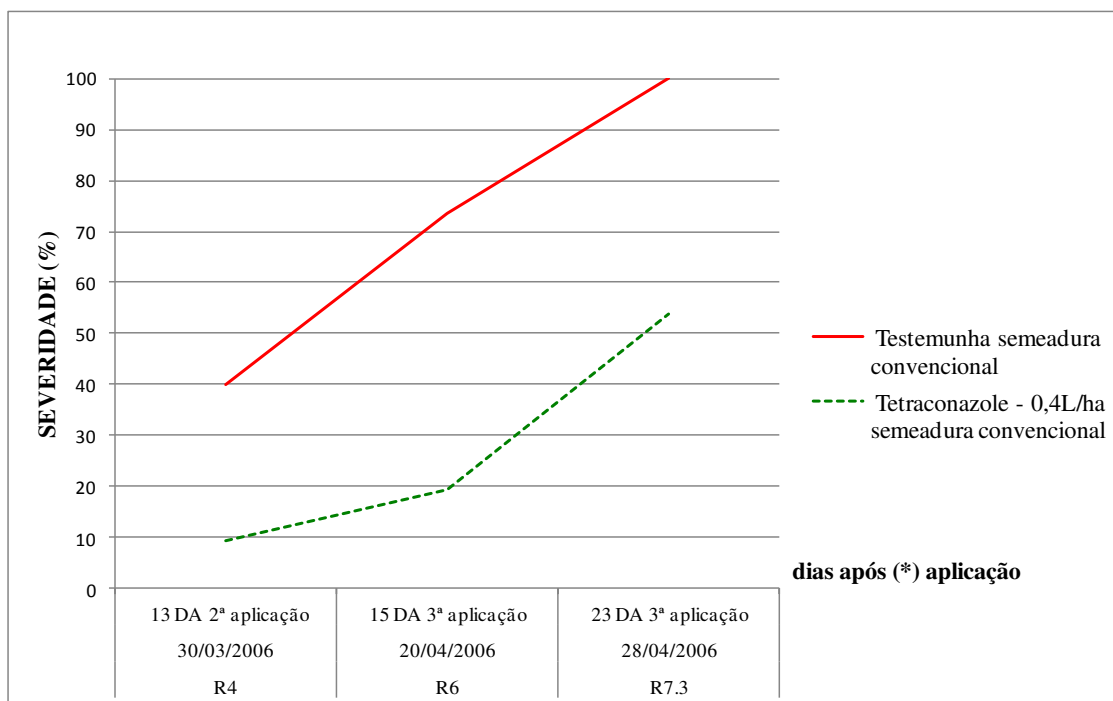


Figura 17 – Severidade da ferrugem asiática baseada na escala diagramática, em folíolos de soja em semeadura convencional, na safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Da visualização da Figura 17 pode –se observar que aos 13 DAT (2ª aplicação) a parcela testemunha apresentava 39,9 % de severidade (aproximadamente 40% do folíolo tomado pela ferrugem), enquanto a parcela tratada mostrava 9,3 %. Na avaliação de 15 DAT (3ª aplicação), esta diferença ficou mais marcante, onde a área tratada com fungicida apresentou-se 19,3% de severidade e a testemunha 73,6 %. Aos 23 DAT (3ª aplicação) as plantas testemunhas estavam completamente tomadas pela ferrugem, com severidade de 100%, enquanto as plantas tratadas apresentavam 53,3%. Estes resultados estão de acordo com os observados por GODOY (2005c), que utilizaram o tetraconazole na forma curativa, na fase fenológica V5 e R1 e obtiveram controle satisfatório da doença.

Nos ensaios de rede na safra 2006/2007, GODOY et al., (2007), em 13 ensaios, de diferentes localidades no Brasil, o fungicida tetraconazole apresentou resultados intermediários para severidade em relação as misturas de tetraconazole+estrobilurinas e outros triazóis+estrobilurinas. Os dados destes ensaios concordam parcialmente com os resultados obtidos no presente trabalho, pois os autores realizaram somente 2 aplicações a intervalos de 21 dias. Caso eles houvessem realizado uma terceira aplicação, diferenças seriam muito mais

acentuadas em relação à testemunha sem fungicida, ficando possivelmente estes dados mais próximos dos resultados obtidos.

4.1.2 Na condição de semeadura direta

Os dados referentes ao controle da doença de ferrugem asiática da soja do sistema semeadura direta estão expressos nas Figuras 18, 19 e 20 a seguir. A presença da ferrugem na semeadura direta foi observada primeiramente na fase V3 da cultura da soja e a primeira aplicação ocorreu somente na fase V8, o que indica que o fungicida foi aplicado de forma curativa, após o aparecimento das primeiras lesões.

Conforme os dados obtidos e tabulados nos anexos IV, V e VI, pode-se notar que houve eficiência no controle da doença ferrugem asiática com 3 aplicações do fungicida tetraconazole na dose de 0,4L/ha do produto comercial.

Considerando-se do critério de incidência (0-100%), ou seja, qualquer lesão de ferrugem, independente do seu tamanho, considerou-se o folíolo atacado. Os resultados obtidos dessa análise estão expressos no anexo IV e representados na Figura 18 a seguir.

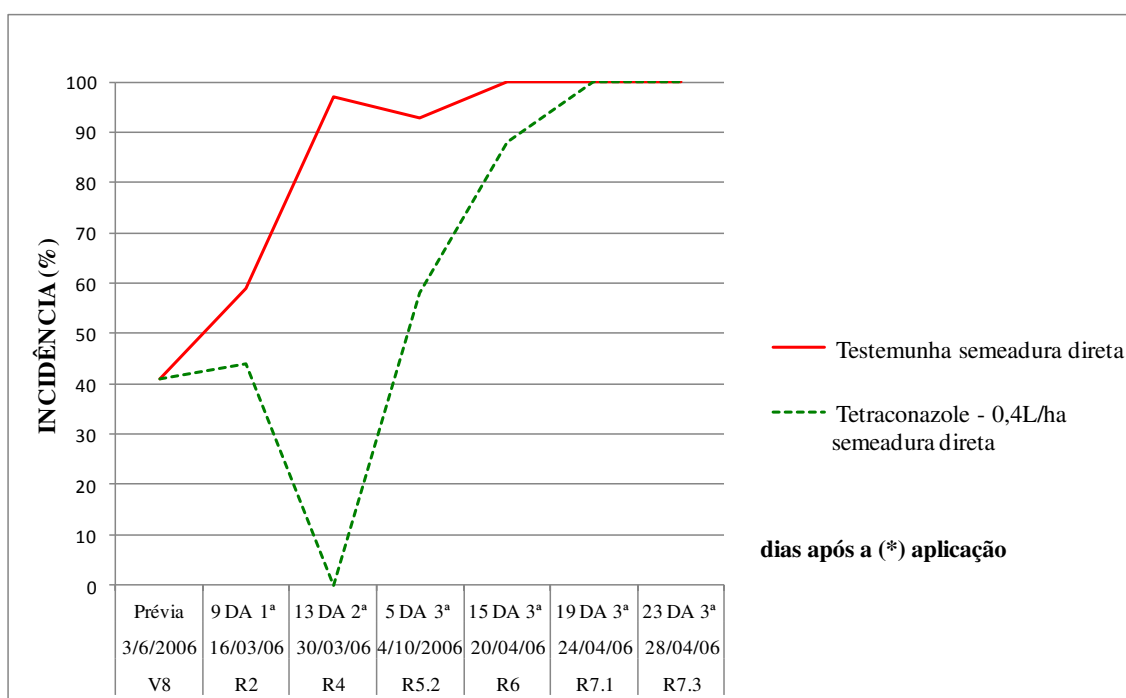


Figura 18 – Incidência (0-100%) da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura direta, na safra 2006, Engenheiro Coelho-SP

Para o critério de incidência (0-100%), expressa na Figura 18, notou-se que até 5 DAT (dias após a terceira aplicação) a área aplicada estava com 58% de incidência, enquanto a testemunha sem aplicação estava com 93%. Para os 15 DAT (3ª aplicação) a testemunha não aplicada foi para 100% e a área tratada com 88% de incidência, com diferença de 12%. Aos 19 DAT (3ª terceira aplicação) a incidência da área tratada era igual á testemunha, ou seja, 100% de incidência. Estes dados demonstram um período de controle da doença pelo fungicida em torno de 10 a 14 dias, o mesmo para ambos os sistemas de semeadura, concordando com BORGES et al. (2011), que ao realizar ensaios visando o controle da doença observaram que as menores severidades finais obtidas, foram pelos tratamentos com aplicações sequenciais nas fases da soja em ($R2 > R2+21$ dias $> R6$; $R2 > R2 + 21$ dias; e $R3 > R3+21$ dias).

Utilizando-se o critério do número de lesões/1cm², os dados obtidos estão expressos no anexo V e representados na Figura 19 a seguir.

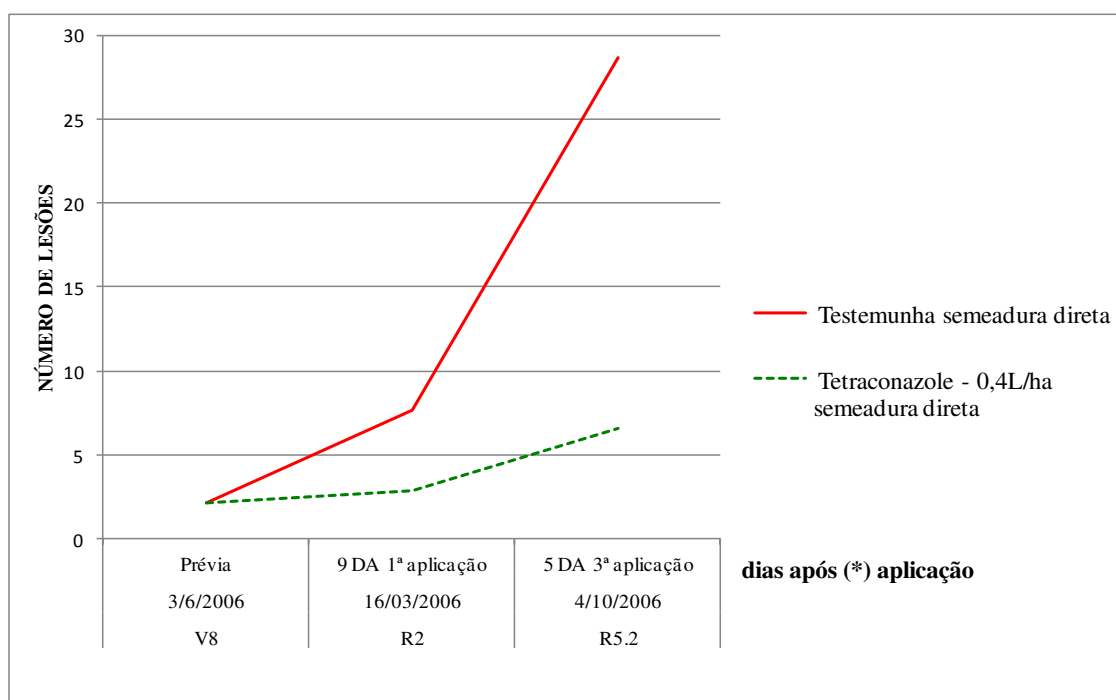


Figura 19 – Número de lesões/1cm² da ferrugem asiática em folíolos de soja em semeadura direta, na safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Através dos dados obtidos e mostrados na figura 19, aos 9 DAT (dias após a primeira aplicação) a área da testemunha sem fungicida estava com 7,68 lesões/1cm², enquanto a área

tratada com o tetraconazole era de 2,82 lesões/1cm². Para os cinco DAT (3^a aplicação do tetraconazole), enquanto a área tratada era de 6,56 lesões/1cm², a área não tratada estava com 28,70 lesões /1cm². Os resultados apresentados neste trabalho estão em concordância com os dados apresentados por GODOY (2005b), que o fungicida tetraconazole (Eminent 125 EW), que apresentou controle eficiente da severidade da ferrugem asiática, com redução da desfolha provocada pela doença.

Com relação à severidade da doença, os dados obtidos estão apresentados no anexo VI e visualizados na Figura 20 a seguir.

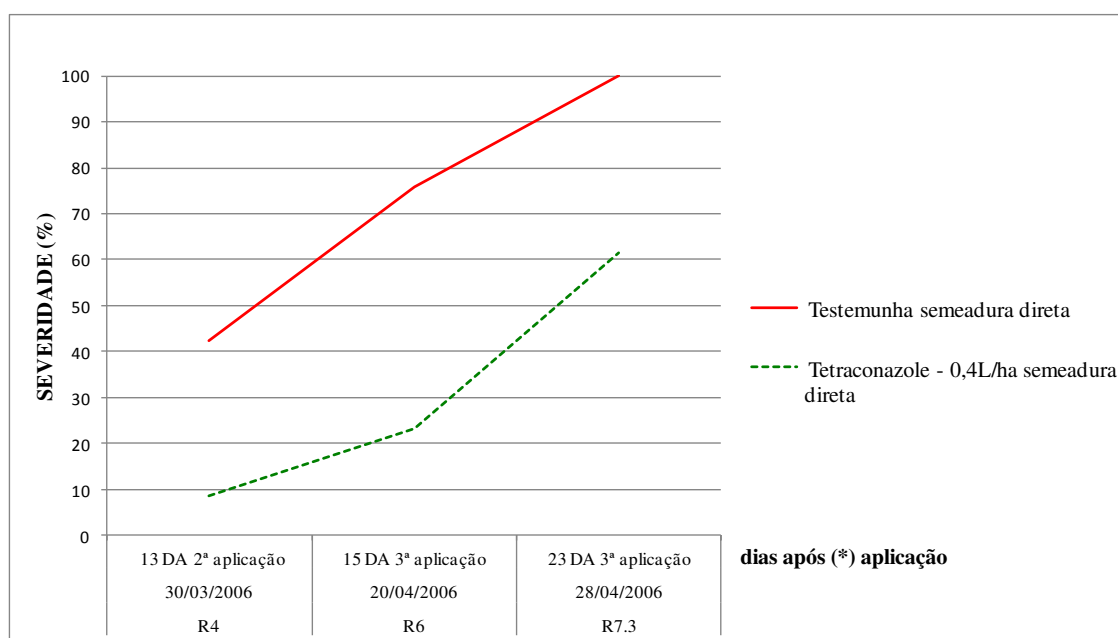


Figura 20 – Severidade da ferrugem asiática baseada na escala diagramática, em folíolos de soja em semeadura direta, na safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Os dados de severidade apresentados na Figura 20, aos 13 DAT (dias após a segunda aplicação), mostraram que a área tratada estava com 8,6% de infecção e a testemunha sem fungicida da semeadura direta com 42,3% de severidade, ou seja mais de 40% do folíolo tomado pela ferrugem. Aos 15 DAT (3^a aplicação) esta diferença acentuou ainda mais, onde a área tratada com fungicida foi de 23,2% de severidade e a testemunha sem fungicida foi para 75,9% de severidade (aproximadamente 70% de controle da doença). Aos 23 DAT (3^a aplicação), enquanto a área tratada ficou com 61,6% de severidade a área testemunha estava

completamente tomada pela ferrugem, com severidade de 100%. Os resultados do presente trabalho corroboram com os ensaios realizados de forma curativa (com a presença da doença) por GODOY (2005c), onde verificou-se o controle eficiente da ferrugem asiática pelo fungicida tetraconazole (Eminent 125 EW), uma vez que os dados obtidos deste trabalho, foram feitos com aplicações de fungicidas realizadas de forma também curativa, cuja a doença foi detectada na área experimental na fase fenológica V3 com a primeira aplicação ocorrida na fase V8.

Nos ensaios de rede na safra 2006/2007, coordenados por GODOY et al. (2007) em 13 ensaios de diferentes localidades no Brasil, o fungicida tetraconazole apresentou resultados intermediários para severidade. Os dados destes ensaios concordam parcialmente com os resultados deste trabalho tanto para o plantio direto como para o plantio convencional, pois os autores realizaram somente 2 aplicações a intervalos de 21 dias. Possivelmente neste caso se os autores houvesse realizado uma terceira aplicação a diferença seria muito mais acentuada em relação à testemunha sem fungicida e os resultados poderiam ser mais próximos com os obtidos no presente trabalho.

Em ensaios realizados por REIS et al. (2007) no controle da ferrugem asiática com o fungicida tetraconazole na dose de 50 g.i.a./ha (Eminent 125 EW na dose de 0,4l/ha) e a mistura de pyraclostrobina (66,5g.i.a./ha)+epoxiconazole (25 g.i.a/ha), em diferentes estádios fenológicos de duas cultivares de soja, verificaram-se que os tratamentos contendo apenas o tetraconazole ou a mistura pyraclostrobin+epoxiconazole, ou seja a mistura de estrobilurinas+triazóis, demonstraram efeito protetor e curativo e apresentaram resultados similares no controle da doença. Estes resultados estão parcialmente de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, onde 3 aplicações do fungicida tetraconazole no sistema de semeadura direta e convencional na dose de 0,4L/ha do produto comercial apresentaram as menores severidade da doenças quando comparados com as testemunhas sem fungicidas de ambos os sistemas de semeadura, com resultados no controle da doença.

De modo geral, baseado em diversos trabalhos determinou-se que a maneira mais segura para obter o controle efetivo da ferrugem asiática é a realização da aplicação com a mistura de dois ingredientes ativos, ou seja utilizando-se de grupos diferentes, com a associação de um fungicida do grupos dos triazóis, com um fungicida do grupo das

estrobilurinas (GODOY et al., 2009; FURLAN et al., 2010; GODOY et al., 2010; FURLAN et al., 2011; GODOY et al., 2011).

4.2 Resultados da produtividade da soja

4.2.1 Sistema de semeadura convencional

Os dados referentes a produtividade obtidas em toneladas de grãos da soja por ha no sistema de semeadura convencional estão descritos no anexo VI e expressos na Figura 21 a seguir.

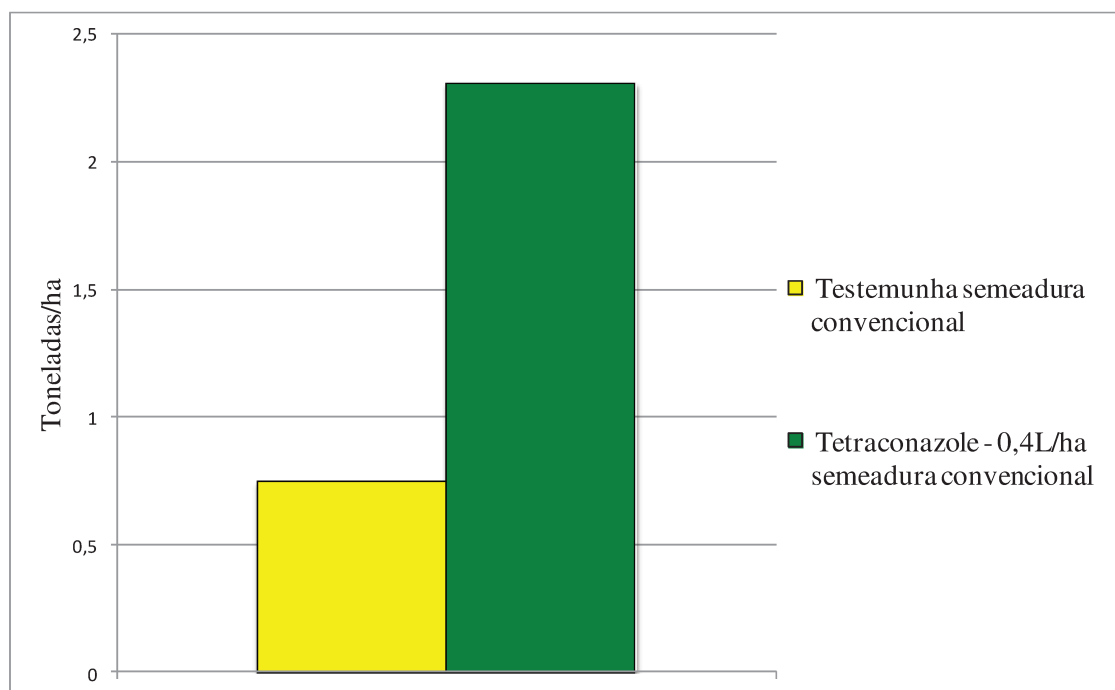


Figura 21 – Produtividade em toneladas/ha de grãos de soja em semeadura convencional, na safra 2006, nas áreas testemunha e tratadas. Engenheiro Coelho-SP.

Os valores de produtividade obtidos na semeadura convencional e visualizados na Figura 21, mostraram que o controle da ferrugem asiática apresentou correlação positiva com o rendimento dos grãos. Na área tratada com três aplicações de tetraconazole na dose 0,4L/ha do produto comercial, a produtividade foi de 2,310 toneladas/ha, enquanto que na área sem

tratamento a produtividade foi somente de 0,746 toneladas/ha, com diferença de 1,564 toneladas ou seja aproximadamente 209%. Estes dados estão em concordância com o obtidos por GODOY (2005b;c), GODOY et al. (2007), REIS et al. (2007) e BORGES et al. (2011),

4.2.2 Sistema de semeadura direta

Os dados referentes a produtividade obtidas em toneladas de grãos da soja por ha no sistema de semeadura direta estão descritos no anexo VI e expressos na Figura 22.

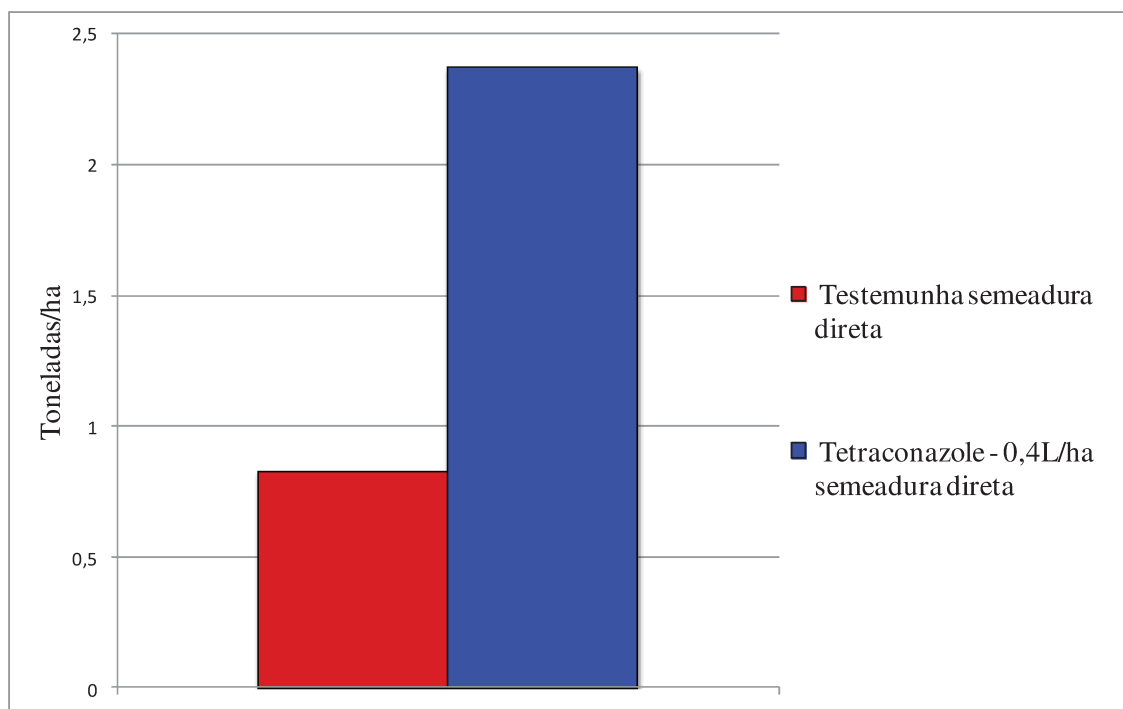


Figura 22 – Produtividade em toneladas/ha de grãos de soja em semeadura direta, na safra 2006, nas áreas testemunha e tratada, Engenheiro Coelho-SP.

Os resultados dos valores de produtividade obtidos na semeadura direta e demonstrados na Figura 22, expressaram que o controle da ferrugem asiática apresentou correlação positiva com o rendimento dos grãos, onde com três aplicações de tetraconazole na dose 0,4L/ha, a produtividade foi de 2,372 toneladas/ha, enquanto que na área sem tratamento o rendimento foi

somente de 0,826 toneladas/ha, com diferença de 1,546 toneladas ou seja aproximadamente 187 %.

Os dados observados nas bibliografias consultadas não discriminam os tipos de sistemas de semeaduras analisadas. A análise dos dados aqui obtidos, em princípio concordam com os observados em sistema de rede relatados por GODOY (2005b;c), GODOY et al. (2007), REIS et al. (2007) e BORGES et al. (2011).

A comparação dos resultados de produtividades observados nos dois sistemas de cultivo, mostram que são semelhantes entre si, onde a testemunha na semeadura convencional apresentou de 0,716 toneladas/ha, enquanto o tratado foi de 2,310 toneladas/ha, já para o sistema de semeadura direta resultou em 0,826 toneladas/ha, contra 2,372 toneladas/ha, respectivamente para a testemunha e a área tratada com tetraconazole.

4.3 Destino ambiental para o tetraconazole obtidos através do modelo de fugacidade

4.3.1 Modelo de fugacidade nível I

Os valores obtidos após a aplicação do modelo matemático de fugacidade nível I (MACKAY, 1991), apresentam os resultados que estão expressos no anexo VII.

Estes resultados descritos no anexo VII, apresentam dados na parte inferior da tabela, que representam os valores para cada compartimento avaliado. Assim, os maiores valores representam os compartimentos preferenciais pelo fungicida avaliado. A seguir estes dados foram plotados na Figura 23 e podem ser melhor observados os compartimentos de maior vulnerabilidade ao tetraconazole.

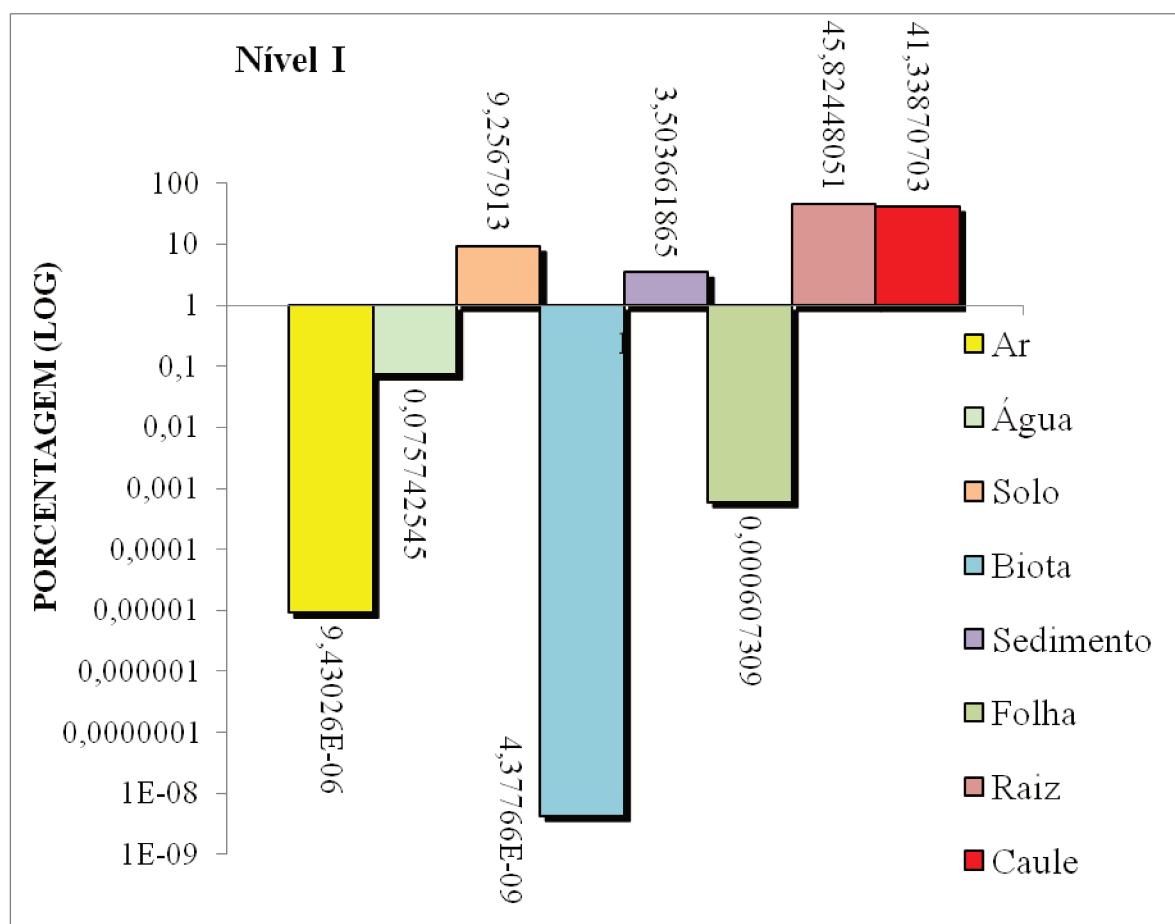


Figura 23– Diagrama da distribuição do fungicida tetraconazole entre os diferentes compartimentos ambientais obtidos na aplicação do modelo de fugacidade nível I, para a cultura da soja.

A apresentação dos resultados obtidos no anexo VII e plotados na Figura 23, ficam mais visíveis para os compartimentos para os quais o tetraconazole tem maior afinidade. As colunas acima da linha horizontal do gráfico em questão, representam os compartimentos preferenciais do fungicida. Já as colunas na parte inferior representam os de menor afinidade, sendo que quanto menor o número, menor será esta afinidade. Assim sendo o compartimento raiz foi o de maior afinidade, sendo seguido muito proximamente pelo compartimento caule e posteriormente a eles vem o compartimento solo e sedimento. De forma análoga o compartimento biota foi o de menor afinidade para o fungicida tetraconazole. Os dados do presente trabalho estão em acordo com os obtidos por SILVA (2004), que ao analisar o

fungicida tetraconazole aplicando o modelo de fugacidade nível I, na cultura do café, verificou a preferência do fungicida em distribuir pelo compartimento solo, sedimento, caule e raiz. Estes resultados corroboram também pelos obtidos por SILVA et al. (2007) que analisar um outro principio ativo do mesmo grupo do tetraconazole, os triazóis, verificaram que este ingrediente apresentou comportamento idêntico ao do tetraconazole, ou seja, o fungicida tebuconazole do grupo dos triazóis mostrou predição pelos compartimentos solo, sedimento, caule e raiz.

NICOLELLA (1998) citou a dificuldade de encontrar, gerar e disponibilizar um banco de dados, em razão da quase inexistência no Brasil de informações detalhadas, tão relevantes para a execução de pesquisas relacionadas à modelagem de movimento de soluto no ambiente.

Em trabalho realizado por PLESE et al. (2004) seguindo os procedimentos descritos por Mackay (1991) para o modelo de fugacidade Nível I na cultura do arroz com os principais herbicidas utilizados na cultura, observaram que os produtos 2,4-D, clomazone, quinclorac, bispyribac-sodium e metsulfuron-methyl apresentaram destino preferencial para a água. O herbicida propanil para a água e para a planta e o herbicida paraquat pelo solo e sedimento.

Em avaliação do destino ambiental dos herbicidas acetochlor, 2,4-D, diuron, clomazone, thidiazuron, paraquat, simazine, fluazifop-p-butyl, clethodim, oxyfluorfen, flumioxazin, carfentrazone-ethyl, ametrina, trifluralin e MSMA em áreas de cultivo de algodão, café e citros, utilizando o modelo de fugacidade nível I PLESE et al. (2009) evidenciaram que o compartimento água foi o mais vulnerável.

FOLONI et al. (2011), trabalhando com 12 herbicidas isolados ou associados, aplicados em pós-emergência na cultura da cana-soca, no sistema cana crua realizaram a avaliação de eficiência dos produtos no controle das plantas daninhas e o risco ambiental. Para quantificar os comportamentos nos quais esses produtos apresentam maior risco utilizaram o modelo de fugacidade nível I. Os autores evidenciaram que o comportamento preferencial dos herbicidas mostraram que todos os 12 produtos avaliados isoladamente ou em mistura tendem a ter maior distribuição no compartimento água.

4.3.2 Através do modelo de fugacidade nível II

Os valores obtidos após a aplicação do modelo matemático de fugacidade nível II (MACKAY, 1991), apresentam os resultados que estão expressos no anexo VIII e pode ser melhor observados na Figura 24.

Os resultados do anexo VIII, apresentam dados na parte inferior da tabela, que representam os valores para cada compartimento avaliado. Assim, os maiores valores representam os compartimentos preferenciais pelo fungicida avaliado. A seguir estes dados foram plotados na Figura 24.

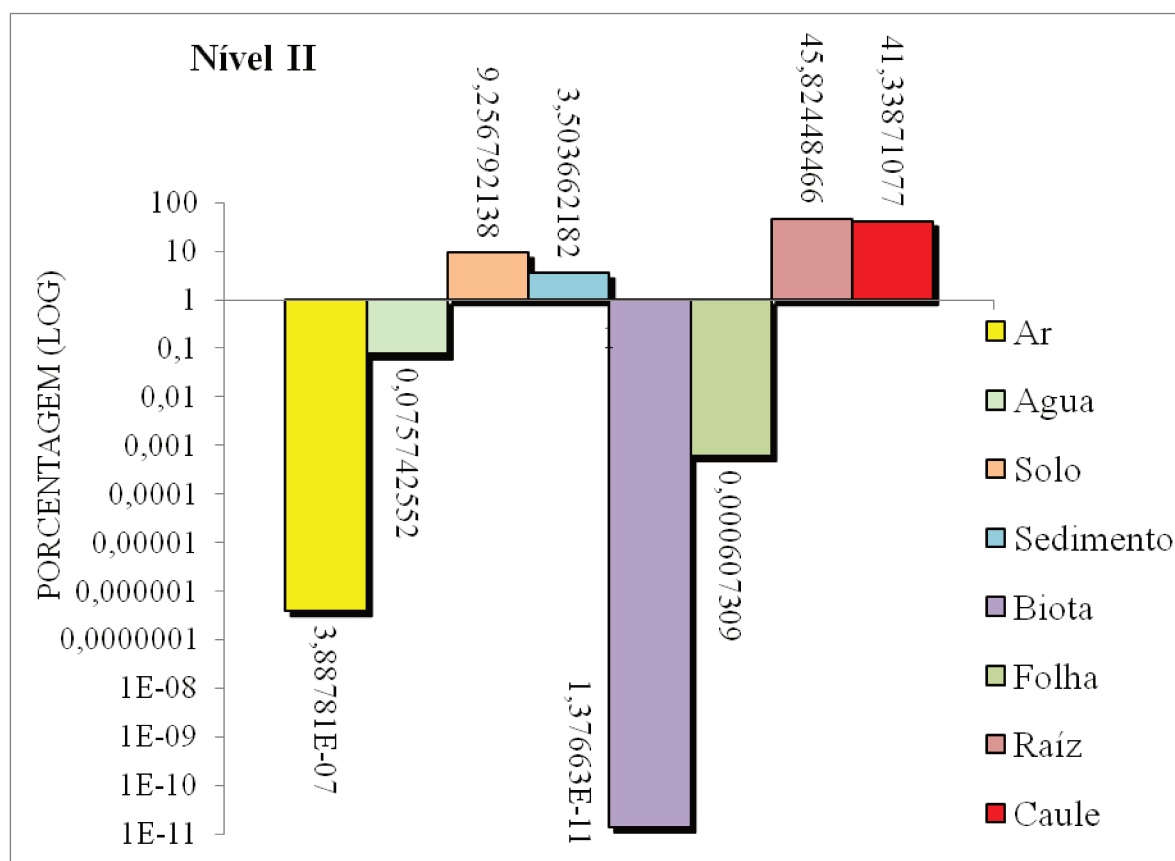


Figura 24 – Diagrama da distribuição do fungicida tetraconazole entre os diferentes compartimentos ambientais obtidos na aplicação do modelo de fugacidade nível II, para a cultura da soja.

A apresentação dos resultados obtidos no anexo VIII e plotados na Figura 24, ficam mais visíveis para os compartimentos para os quais o tetraconazole tem maior afinidade. As

colunas acima da linha horizontal do gráfico em questão, representam os compartimentos de maior preferência pelo fungicida. Para as colunas na parte inferior representam os de menor afinidade, sendo que quanto menor o número, menor será esta afinidade. Assim sendo os compartimentos que mostraram maior afinidade no nível I, também mostraram o mesmo comportamento no nível II. O compartimento raiz foi o de maior afinidade, sendo seguido muito proximamente pelo compartimento caule, e em seguida, pelos compartimentos solo e sedimento. De forma análoga o compartimento biota, seguido do ar foram o de menor afinidade para o fungicida tetraconazole. Os dados do presente trabalho estão em acordo com os obtidos por SILVA (2004) e por SILVA et al. (2007), que embora tenham trabalhado somente com nível I, obtiveram dados semelhantes. Os dados observados nos modelos de fugacidade nível I e nível II explicam de forma simples pelas características físico-químicas do fungicida tetraconazole (como por exemplo Koc-1226,5) (WEBER, 1994), (JENKINS e THOMSON, 1999) e (TOMLIN, 2001), ou por outros fungicidas do mesmo grupo, que tendem a se fixar às partículas do solo e ao sedimento não permitindo a transferência para outro compartimento.

Para o processo de volatilização, o tetraconazole apresenta o valor da constante da lei de Henry em $3,6 \times 10^{-4} \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1}$ o que sugere baixa volatilidade. Modelos matemáticos indicam a presença do tetraconazole no ar, mas é improvável devido ao valor calculado $DT_{50} = 11,7$ horas indicar a rápida degradação por radicais hidroxil (AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERINARY MEDICINES AUTHORITY, 2006).

Com o objetivo de verificar o possível impacto ambiental que os inseticidas organofosforados provocam no meio ambiente, YENIGÜN e SOHTORIK (1995) calcularam através do modelo de fugacidade nível II este dano. Os autores concluíram que dos 20 inseticidas organofosforados analisados, somente 8 destes inseticidas apresentaram baixa tendência de concentrar nos compartimentos ambientais e que 12 destes produtos apresentaram alta tendência de concentrar, persistir e contaminar os compartimentos ar, água, solo, sedimento, planta e biota do meio ambiente. Como forma de averiguar o que se obteve no modelo matemático é o monitoramento ambiental, o qual permite um melhor entendimento da distribuição entre os compartimentos e os processos específicos de concentração no ambiente, e assim podendo extrapolar no espaço e tempo (VIGHI e DI GUARBO, 1995).

YENIGÜN e SOHTORIK (1995), realizando o cálculo do nível II de fugacidade, relataram que neste nível de cálculo, o período de persistência pode ser longo e portanto, os dados completos da cinética da substância são exigidos para correta predição. Assim, as concentrações dos compartimentos e o grau de persistência, calculados para este nível de modelo, podem ser usados somente para estimativas de primeira ordem, e preferencialmente detectam os produtos fitossanitários persistentes e não persistentes.

4.4 Dados obtidos através da análise de resíduos para o tetraconazole

4.4.1 No solo

Os resultados obtidos pelas análises cromatográficas GC/MS para os resíduos do fungicida tetraconazole no solo na profundidade de 0-20 cm, estão sumarizados na Tabela 7, respectivamente para os dois sistemas de semeadura avaliados.

Tabela 7 - Resíduo de tetraconazole detectado no solo na profundidade de 0-20 cm sob plantio de soja em semeadura convencional e direta antes e após a 3ª aplicação ao longo de 1320 horas.

Período de coleta em horas (h)	Resíduo de tetraconazole (mg kg ⁻¹) no solo	
	Convencional	Semeadura direta
4h antes da 3ª aplicação	<LQ*	ND**
4h após da 3ª aplicação	<LQ	<LQ
24h após da 3ª aplicação	<LQ	ND
48h após da 3ª aplicação	ND	ND
120h após da 3ª aplicação	<LQ	ND
192h após da 3ª aplicação	ND	<LQ
360h após da 3ª aplicação	0,015	<LQ
1320h após da 3ª aplicação	<LQ	ND
Testemunha 48h após 3ª aplicação*	ND	ND
Testemunha 120h após 3ª aplicação	ND	ND
Testemunha 360h após 3ª aplicação	ND	ND
Testemunha 1320h após 3ª aplicação	ND	ND

*Limite de Quantificação; **Não Detectável

No solo, pelo processo de fotólise, a degradação do tetraconazole gera moléculas secundárias como ácido-M14360 M14360-difluoroacetico, ácido triazoliacetico, M14360-alcohol, 1,2,4-triazole, e M14360-dihydro-isoquinoline-triazole (EPA, 2005). De acordo com os resultados obtidos para a semeadura convencional expresso na Tabela 7, foi detectado apenas para a amostra 360 horas após a terceira aplicação, com valor de $0,015\text{mg kg}^{-1}$. Para o semeadura direta, nenhum valor foi detectado para todas as amostras analisadas. Os resultados da detecção mínima de resíduo do tetraconazole ser encontrada em semeadura convencional pode ser explicada de forma simples pelas características físico-químicas do fungicida tetraconazole (como por exemplo Koc-1226,5) (WEBER, 1994; JENKINS e THOMSON, 1999; TOMLIN, 2001), pois embora tenha o Koc alto, com tendência em permanecer na superfície do solo, a quantidade de solo amostrada foi diluída, ou seja apenas 5 cm superficiais de solo, onde poderia estar o fungicida foi coletada contra 20 cm de profundidade do solo, onde teoricamente não estaria o tetraconazole, pois o mesmo de acordo com suas características. O ideal neste caso seria ter coletado solo no máximo 5 cm de profundidade.

Embora com existência de falhas na coleta de solo, os resultados do presente trabalho concordam com RONG-CAI et al. (2005) que ao avaliarem um estudo dinâmico de resíduos do tetraconazole em morangos e ALAM et al. (2011) que ao verificarem o comportamento da persistência do fungicida no solo em pomar de manga, também não encontraram nível de resíduos detectáveis (abaixo do nível possível de detecção pelo LC/MS/MS).

Para o compartimento solo, onde a propriedade da meia vida do produto é extremamente importante (MAHAN e MYERS, 2000), o tetraconazole tem a tendência de acumular na camada superficial (EPA, 2005) devido ao valor de Koc (531-1922) (TOMLIN, 2000; EPA, 2005) ser alto e ao teor de matéria orgânica no solo (EPA, 2006), não apresentando a capacidade de lixiviar ao longo do perfil do solo (EPA, 2006; AUSTRALIAN ESTICIDES AND VETERENARY MEDICINES AUTHORITY, 2006). O valor encontrado da fotólise no solo foi de 106 dias (EPA, 2006) classificando como estável. A degradação do tetraconazole no solo em condição aeróbica encontrada foi de 43 a 191 dias, sendo considerado como persistente (AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERENARY MEDICINES AUTHORITY, 2006). Os metabólitos da fotólise encontrados no solo foram M14360-ácido, M14360-difluoroacetico, triazolylacetic ácido, M14360-alcohol, 1,2,4-triazole e M14360-dihydro-isoquinoline-triazole (EPA, 2006).

A meia-vida no compartimento água encontrada pelo processo de fotólise foi 68 a 138 dias (AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERINARY MEDICINES AUTHORITY, 2005) e o tetraconazole é estável à hidrólise em todos os pHs (EPA, 2006; AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERINARY MEDICINES AUTHORITY, 2006). Os metabólitos encontrados na água foram M14360-difluoroacetic ácido, e M14360-álcool, além de ser degradado para forma M14360-ácido e 1,2,4-triazole.

A meia-vida do tetraconazole foi determinada por uma cinética de primeira-ordem para a cultura da abóbora, cujo valor estabelecido foi de 7 dias (KHALFALLAN et al., 1998) e para a cultura da uva foi de 6,3 dias (CABRAS et al., 1998). Este fungicida apresenta valores de meia-vida menores que 10 dias que podem ser classificados como baixos.

As metodologias para determinarem os resíduos do tetraconazole e seus metabólitos em água, solo, grãos, folha, raiz, caule, frutos são as mais diversas possíveis e o custo destas análises são elevadas devido aos equipamentos de cromatografia líquida com e espectrofotometria de massa, utilizados para realizar as leituras. BICCHI et al. (2001) ao estudarem o tetraconazole, verificaram que a onda de luz que se mostrou melhor foi a de 205 nm.

4.4.2 Na palha (sistema de semeadura direta)

Os resultados de resíduos obtidos do GC/MS, na palha presente no sistema semeadura direta, estão representados na Figura 25, oriundos do anexo VIX.

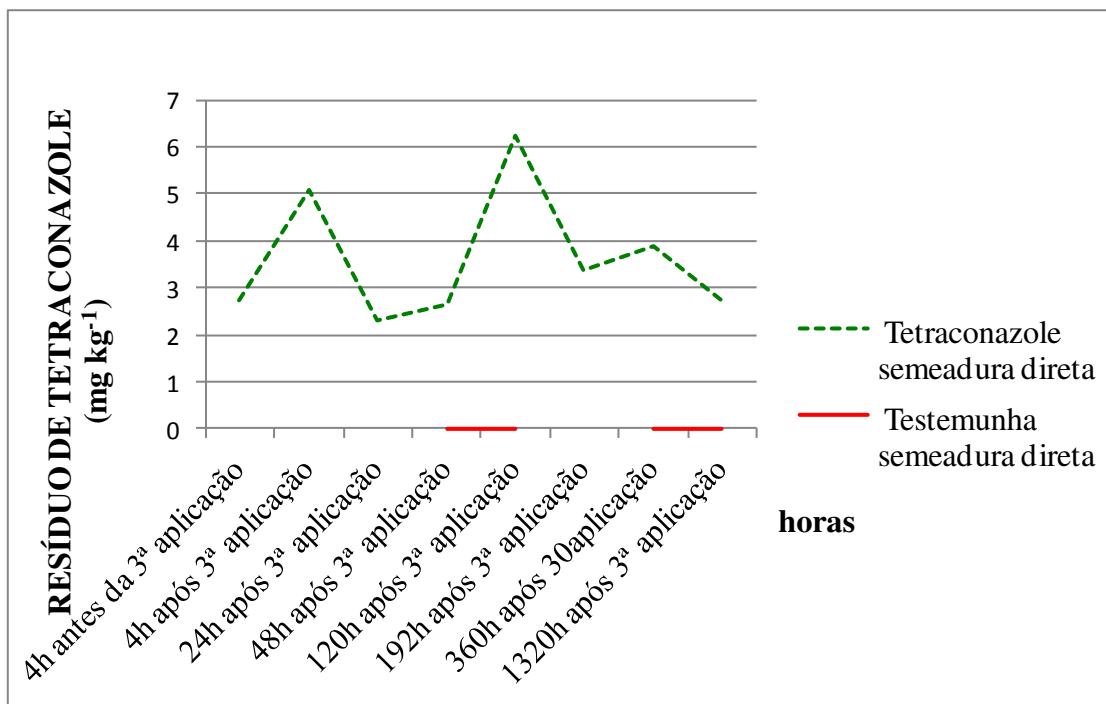


Figura 25 – Resíduos obtidos do tetraconazole na palha no decorrer das horas após a 3ª aplicação no sistema de semeadura direta na cultura da soja, 2006. Engenheiro Coelho-SP.

O nível de resíduo do tetraconazole avaliados nas análise de resíduos após a 2ª aplicação do fungicida na palha (456 horas após a segunda aplicação ou 4 horas após a terceira aplicação), foi de 2,75 mg kg⁻¹. Valor que subiu para 5,063 mg kg⁻¹ às 4 horas após a 3ª aplicação. Estes valores variaram entre 2,313 mg kg⁻¹ após 24 horas da 3ª aplicação até 2,750 mg kg⁻¹ para 1320 horas após a terceira aplicação. Nota-se um ponto fora da curva a 120 horas após a 3ª aplicação, com valor de 6,250 mg kg⁻¹. Este resultado pode ser explicado pela ocorrência de uma precipitação de 5,2 mm aos 4 dias após a 3ª aplicação, além do orvalho e do ponto de molhamento, expressos no anexo II e III. Esta chuva, deve ter lavado parte do fungicida que ficou retido nas folhas da cultura e carregado para o solo, porém interceptado pela palha presente no sistema de semeadura direta ou plantio direto.

4.4.3 Na planta de soja

Como explicado na revisão da literatura, o fungicida tetraconazole é aplicado normalmente na cultura da soja, entre os estados fenológicos de R2 a R5.2, como recomenda o fabricante do fungicida. Porém na prática, devido à alta incidência da doença, em algumas regiões é normal a terceira aplicação, ou seja após a segunda aplicação realizada na fase R5.2, 14 dias após é comum realizar a terceira aplicação. Assim, os dados analisados da planta da soja (raiz, caule e grãos em formação) na semeadura convencional e semeadura direta estão representados na Figura 26. Os dados que possibilitam a confecção desta figura, encontram-se no anexo X.

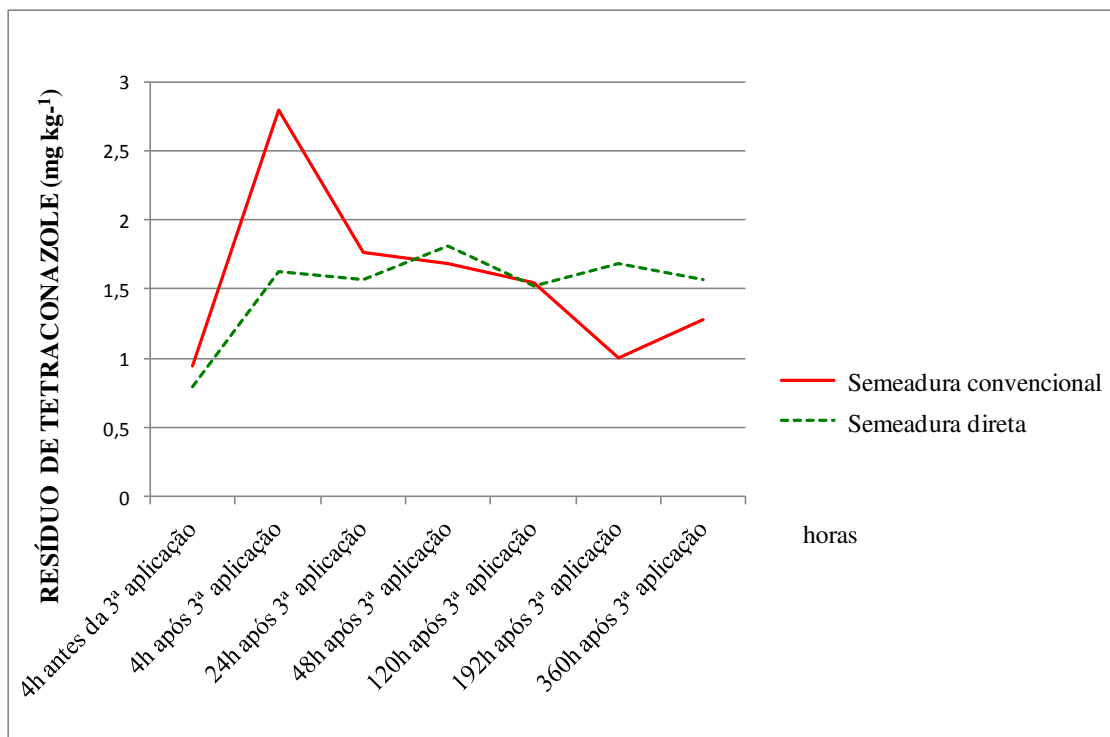


Figura 26– Resíduos obtidos do tetraconazole no decorrer das horas após a 3ª aplicação nas plantas de soja no sistema de semeadura convencional e direta na cultura da soja, 2006. Engenheiro Coelho-SP.

A análise dos resíduos de tetraconazole detectados pelo GC/MS, nas plantas de soja, nos diferentes sistemas de semeadura avaliados estão descritos na Figura 26.

Para a semeadura convencional expressos na Figura 26, a análise da amostra com 4 horas antes da terceira aplicação foi $0,947 \text{ mg kg}^{-1}$ e após 4 horas da terceira aplicação o valor medido foi de $2,792 \text{ mg kg}^{-1}$. Estes valores decresceram com o tempo (possivelmente pela degradação) de $1,762 \text{ mg kg}^{-1}$ nas 24 horas para $1,278 \text{ mg kg}^{-1}$ nas 360 horas após a terceira aplicação. A meia-vida calculada na planta inteira de soja foi de 182 horas, ou seja 7,58 dias, demonstrando ser rapidamente degradado e não deixando resíduo no ambiente. Nas parcelas testemunhas não houve detecção de qualquer nível de resíduos (ND).

Na semeadura direta os dados estão apresentados na Figura 26. Os resultados das amostras da segunda aplicação avaliados 4 horas antes da terceira aplicação, mostraram um valor de $0,794 \text{ mg kg}^{-1}$, com um aumento para $1,623 \text{ mg kg}^{-1}$ nas 4 horas após a terceira aplicação. Estes valores decresceram um pouco nas 24 horas, aumentou nas 48 horas, diminuiu nas 120 horas e aumentou novamente nas 192 horas e diminuiu novamente nas 360 horas após a terceira aplicação. Estas pequenas variações observadas, provavelmente sejam explicadas devido às amostragens. Embora tenham-se tomadas toda as precauções para uma amostragem representativa, como são diferentes plantas, estas podem diferirem de tamanho em desenvolvimento e ou ter recebido uma quantidade maior de produto por ocasião da aplicação do fungicida em estudo.

MENKISSOGLU-SPIROUDI et al. (1998), trabalhando com beterraba açucareira, com 5 aplicações do fungicida tetraconazole nas taxas de 0,05 e 0,10 kg de i.a/ha, observaram resíduos deste fungicida nas plantas que variaram entre 86-111% para raízes e 78-103% para folhas, com limite de detecção de 0,001 e 0,002 mg kg^{-1} , respectivamente. Estes autores relataram que é relativamente rápida a taxa da dissipação dos resíduos do tetraconazole e este valor foi determinada em 5 dias.

4.4.4 Nos grãos de soja

Após a maturação da soja, foi procedida a colheita dos grãos de soja, na parte útil da parcela. Desta após a pesagem para obtenção do rendimento, foi retirada uma alíquota para análise de resíduo do tetraconazole presente nos grãos da soja, tanto para as áreas de semeadura

convencional, como as do sistema de semeadura direta. Os resultados destas análises estão representados na tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Resíduo de tetraconazole nos grãos de soja sob semeadura convencional e semeadura direta, 1344 horas após a 3ª aplicação de tetraconazole.

Descrição das amostras de grãos de soja 1344 horas	Resíduo de tetraconazole (mg kg ⁻¹) nos grãos de soja	
	Semeadura convencional	Semeadura direta
Grãos de soja da testemunha sem aplicação	ND	ND
Grãos de soja após 1344 horas da terceira aplicação	ND	ND*

*ND: Não Detectável

A Tabela 8 representa os resultados analíticos do tetraconazole detectados nos grãos de soja nas 1344 horas ou 56 dias após a terceira aplicação do fungicida nos dois sistemas de semeadura.

Os resultados obtidos mostraram que para ambos os sistemas de cultivo, não apresentaram níveis de resíduos detectáveis. Isto indica que o produto foi completamente degradado no grão de soja após as plantas de soja receberem 3ª aplicações do tetraconazole no sistema convencional e plantio direto. Estes resultados obtidos através de resíduo GC/MS nos grãos de soja demonstram estar de acordo com o teor de resíduo de tetraconazole determinado pela ANVISA e concordam com os observados por RONG-CAI et al. (2005) na cultura do morango e por ALAM et al. (2011) na cultura da manga.

Para FERNÁNDEZ et al. (2001) a cromatografia líquida (LC) usando detectores de ultra-violeta (UV) ou espectrofotometria de massa (MS) foram desenvolvidas e validadas para análise do tetraconazole em urina de humanos. Ambos os métodos foram eficientes linearmente e sensitivos para determinar traços dos níveis de tetraconazole, indicando que a metodologia de análise de resíduo utilizada nesta trabalho já foi validada em outras análises com alta precisão de detecção. Equipamentos e metodologias similares foram utilizados por

CABRAS et al. (1998), CABRAS et al. (1999), CABRAS e ANGIONI (2000) e BICCHI et al. (2001) para determinarem resíduos de tetraconazole em frutas.

CABRAS et al. (1998) e CABRAS e ANGIONI (2001) observaram na cultura da uva utilizada para fabricação de vinho que durante o processo de mistura, o resíduo do tetraconazole foi eliminado e não interferiu na qualidade do vinho.

O limite máximo de resíduo (LMR) do tetraconazole no grão de soja é de $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ e o intervalo de segurança é de 7 dias exigidos pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, [2002]).

KHALFALLAN et al. (1998) determinaram o resíduo do tetraconazole na ordem de $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ para a cultura da abóbora com dissipação do ativo relativamente rápido e meia vida em torno de 7 dias. Para BICCHI et al. (2001) em avaliação para a polpa da maçã e polpa da pera detectaram os valores de $0,005$ e $0,006 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente.

Os níveis de resíduos e as taxas de desaparecimento dos fungicidas são afetados basicamente, pela frequência de aplicação e o estágio da cultura na qual foi pulverizado o produto (SPYNU, 1989). Sendo assim, as legislações de vários países exigem que determinem resíduos dos fungicidas nas culturas que são aplicados e também existe a preocupação dos níveis ecotoxicológicos dos mesmos para o meio ambiente.

4.5 Relação entre os dados de resíduos observados no campo e os dados de predição estimados através do modelo de fugacidade.

O nível de resíduos em plantas, solos, frutos e outros compartimentos obtidos através das análises de resíduos por cromatografia líquida massa/massa, ou por outros equipamentos de altíssima precisão, como EC-ECD ou métodos adaptados para investigação de multirresíduos (detectores de captura de elétrons) com nível de detecção entre $0,01$ a $0,002 \text{ mg kg}^{-1}$, são de difícil execução a nível de campo, transporte e armazenamento de amostras. Estas amostras deverão ser congeladas em gelo seco e mantidas à baixa temperatura (-18°C) desde o campo até a sua análise. Os custos analíticos em função da precisão, demanda de padrões analíticos, com pureza muito próxima de 100%, além de difícil obtenção, são de altíssimos custos, fato que onera todo o processo de análise.

Por outro lado, o uso de modelos matemáticos, tem como objetivo do estudo, fazer a previsão do destino ambiental, porém possível apenas de posse de dados de resíduos gerados por ocasião do desenvolvimento e registro do produto e assim publicados em literatura.

Infelizmente o Brasil não possui um banco de dados de resíduos, pois a legislação brasileira exige 4 amostras de resíduos do fungicida a ser registrado. Ainda, estes dados não são divulgados, ante o fato de serem confidenciais da empresa registrante.

Nos países desenvolvidos, onde existe uma infinidade de banco de dados quer de empresas privadas ou de instituições governamentais e ou universidades, os modelos podem ser testados e ou avaliados quanto a sua acuracidade.

Neste trabalho, embora com todos as limitações de dados, procurou-se avaliar através de modelo matemático de fugacidade a validade com os dados para os níveis de resíduos obtidos em condição de campo.

Os resultados de plotagem dos dados de resíduos obtidos na cultura da soja nas duas condições de semeadura (convencional e direta), bem como os estimados pelo modelo de fugacidade nível II, encontram-se expressos na Figura 27 a seguir.

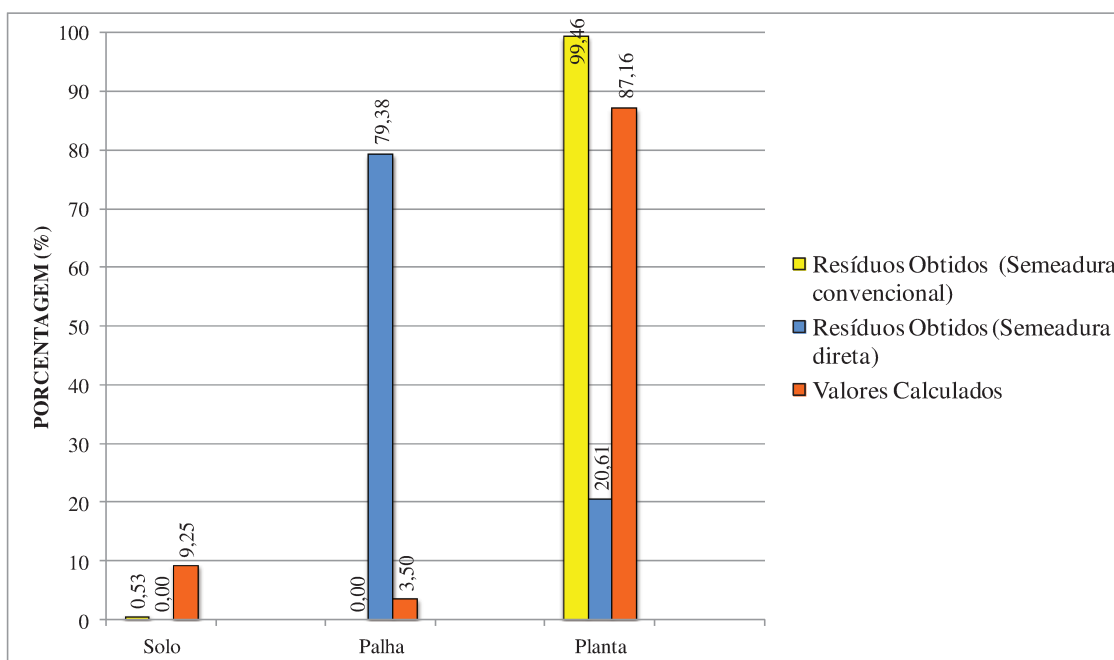


Figura 27 – Correlação dos valores em % de resíduos obtidos nas análises cromatográficas por compartimento (solo e planta) e os valores calculados pela fugacidade em % para os mesmos compartimentos.

A estimativa do destino ambiental através do modelo de fugacidade nível II, possibilitou boa correlação com os níveis de resíduos observados pela cromatografia, pois a soma dos valores determinados nas análises cromatográficas mostraram que o tetraconazole se concentrou preferencialmente nos compartimentos solo, palha e planta. A análise comparativa das quantidades de resíduos estimados e observados não mostrou entretanto bom acerto, pois o nível I e II estudados não possibilitam uma aproximação dos resultados de predição com os resultados analíticos obtidos, uma vez que estes podem ser melhor observados quando se utiliza o nível IV, onde são consideradas outras variáveis, tornando este assim um modelo mais completo. O único valor próximo entre os valor estimado e os obtido foi o compartimento planta para a semeadura convencional, cujo percentual observado foi de 99,4% e o estimado de 81,16%.

As limitações aqui encontradas, provavelmente devem-se ao nível de fugacidade avaliado, PLESE (2005) quando estimou o destino ambiental do inseticida carbofuran utilizando o nível de fugacidade IV, encontrou excelente correlação. Entretanto há que se observar que os compartimentos estimados e observados foram os mesmos em importância, embora diferentes nas porcentagens. Tal fato deve-se à falta da quantidade real de quanto do ingrediente ativo de fugacidade chega em cada compartimento.

Assim, necessário se faz a posteriori futuros estudos como chegar à fugacidade nível IV, para estimar com maior precisão a relação dos valores estimados versus os valores observados.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho propiciaram concluir que:

- ✓ Em condição de campo, a incidência e a severidade da ferrugem asiática foram semelhantes tanto no sistema de semeadura direta e convencional, bem como o controle pelo fungicida tetraconazole;
- ✓ O modelo de fugacidade nível I e II aplicado no estudo do destino ambiental do fungicida tetraconazole mostrou-se viável na avaliação dos principais compartimentos preferenciais na cultura da soja, os quais foram: solo, sedimento e planta (caule e raiz);
- ✓ As análises cromatográficas, mostraram para o sistema de semeadura convencional que os resíduos se concentraram na planta e no sistema de semeadura direta na palha e planta;
- ✓ A análise comparativa dos valores numéricos simulados com valores numéricos determinados experimentalmente (resíduos) nos compartimentos planta, solo, palha e grãos mostrou boa correlação;
- ✓ Os modelos de fugacidade nível I e II demonstraram ser uma ferramenta simples e expedita de previsão da avaliação de risco ambiental na cultura da soja, na determinação dos compartimentos ambientais de maior vulnerabilidade ao tetraconazole;
- ✓ A comparação do percentual do tetraconazole para o valor observado pela cromatografia e o valor calculado através do nível II de fugacidade embora tenha mostrados os mesmos compartimentos preferenciais, apresentou correlação apenas para o compartimento planta no sistema de semeadura convencional;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. B.; AYERS, W. A. Ecology of Sclerotinia species. **Phytopathology**. v.69, p.896-899, 1979.

ALAM, S.; KOLE, R. K.; BHATTACHARYYA, A. Residual fate of the fungicide tetraconazole (4% EW) in mango. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.87, p.444-447, 2001.

ALMEIDA, A. M. R. Apresentação 1. Plantio Direto e Doenças da Soja. In: Workshop Sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo. Campinas, 2005. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. p.52-61, 2007.

ALVES, A.; KOTAKA, E.T.; ZAMBRONE, F.A.D.; MAZOTINI, H.; BRITTO, J.C., FOLONI, L.L., VALADÃO, M.B.; BRAATZ, R.; SCHVARTSMANS, S. Avaliação de Risco de Agrotóxicos, Diretrizes e Conceitos Básicos. ILSI. Brasil, International Life Science Institute do Brasil, 1999. p.43 apud FOLONI, L.L. Impacto sobre o meio ambiente plantio direto. In: SIEMBRA DIRECTA EM EL CONO SUR, 2001. Montevideo. **Documentos...**Montevideo: Procisur, 2001. p.19-42.

ANDREI. Compendio de Defensivos Agrícolas. Guia Prático de Produtos Fitossanitários para Uso Agrícola. 7ª Edição. São Paulo, 2005. p.374.

ANDERSSON, A.; PALSHEDE, H. Multi-residue method for the analysis of pesticides in fruit and vegetables using ethyl acetate extraction, GPC clean-up and GC determination. In: NATIONAL FOOD ADMINISTRATION. **Pesticide Analytical Methods in Sweden**. Uppsala, 1998. Pt.1, p.9-41 (rapport, 17/98)

ART, H. W. Dicionário de ecologia e ciências ambientais. São Paulo. Companhia Melhoramentos, 1998.

AUSTRALIAN PESTICIDES AND VETERINARY MEDICINES AUTHORITY. Evaluation of new active tetraconazole in the product. Domark 40ME. July 2005. Canberra. Austrália. Disponível em:
< <http://www.fluoridealert.org/pesticides/tetraconazole.2005.report.australia.pdf> > . Acesso em: 10 jul 2006.

AZEVEDO, L. A. S. Adjuvantes Agrícolas para a Proteção de Plantas. **Utilização de Adjuvantes para Aplicação de Fungicidas**. Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e Editora, 2011. p.111-143.

BACCI, E. et al. Chlorinated hydrocarbons in lichen and moss samples from the Antarctic Peninsula. **Chemosphere**, Oxford, v.15, p.747-754, 1986.

BACCI, E.; GAGGI, C. Chlorinated hydrocarbon vapors and plant foliage: kinetics and applications. **Chemosphere**, Oxford, v.16, p.2515-2522, 1987.

BALARDIN, R.S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L.J. Epidemiologia da ferrugem da soja. In: **Workshop Brasileiro sobre a Ferrugem Asiática**. 1., JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A. C.; HAMAWAKI, O. T. (Orgs.). Uberlândia: EDUFU, p.39-50, 2005.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.n.1, jan./mar., p.105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, jul./set., p.599-608, 2000.

BBCH. Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and Chemical Industry-BAYER, BASF, CIBA & HOECHST (AGREVO), Limburgerhof, (Alemanha), 1996. BLEIHOLDER, H. Compêndio para la identificación de los estádios fenológicos de espécies mono y dicotiledoneas cultivadas.

BICCHI, C. et al. Simultaneous determination of six triazolic pesticide residues in apple and pears pulp by liquid chromatography with ultravioleta diode array detection. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v.84, n.5, p.1543-1550, 2001.

BORGES, E.; DIAS, A.; OLIVEIRA, J.; GUAZINA, R.; FERREIRA, C.; BORGELT, L.; BALDASSO, T. Hora de aplicar. **CULTIVAR**, n.141, fev., p.16-18, 2011.

BRASIL. Lei nº 7802, de 11 junho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/search.php>>. Acesso em: 05 mai. 2011a.

BRASIL. Ministério da Saúde; Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.SIA - Sistema de Informações sobre Agrotóxicos. [200-]a. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/t46.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, 2003. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 23 jun. 2011b.

BRIGGS, G.G.; BROMILOW, R.H.; EVANS, A.A. Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionized chemicals by barley. **Pesticide Science**, v.13, p.495-504, 1982.

BRIGGS, G.G. et al. Relationships between lipophilicity and the distribution of non-ionized chemicals by barley shoots following uptake by roots. **Pesticide Science**, v.14, p.492-500, 1983.

BRU, R.; CARRASCO, J. M.; PARAÍBA, L. C. Unsteady state fugacity model by a dynamic control system. **Applied Mathematical Modelling**, Guildford, v.22, p.485-494, 1998.

BUCKLEY, E.H. Accumulation of airborne polychlorinated biphenyls in foliage. **Science**, v.216, p.520-522, 1982.

CABRAS, P. et al. Fate of azoxystrobin, fluaziman, kresomim-methyl, mepanipirim, and tetraconazole from vine to wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.46, n.8, p.3249-3251, 1998.

CABRAS, et al. Pesticides in fermentative processes of wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.47, n.9, p.3854-3857, 1999.

CABRAS, P.; ANGIONI, A. Pesticide residues in grapes, wine, and their processing products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.48, n.5, April, 2000.

CALAMARI, D.; VIGHI, M.; BACCI, E. The use of terrestrial plant biomass as a parameter in the fugacity model. **Chemosphere**, Oxford, v.16, n.10-12, p.2359-2364, 1987.

CARDOSO, F.P. Carta Aberta aos Agrônomos. In: Workshop Sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo. Campinas, 2005. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas. p.5-6, 2007.

CASTRO, O.M. de et al. Avaliação da atividade de microrganismos do solo em diferentes sistemas de manejo de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.2, p.212-219, jun./set., 1993.

CHAVES, H.M.L. Efeitos do plantio direto sobre o meio ambiente. In: O meio ambiente e o plantio direto. SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. (Ed.). Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p.57-65.

CNPT-EMBRAPA; FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. Plantio Direto no Brasil. Passo Fundo, Editora Aldeia Norte, 1993. p. 7-15.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos 2010/2011.Nono Levantamento. Junho/2011. <http://www.conab.gov.br/download/safra/SojaSerieHist.xls> (17 de junho de 2011).

CONSORCIO ANTI-FERRUGEM. Palestra Padrão. Parte 1.Histórico. Agosto, 2008a,b,c.

CONSORCIO ANTI-FERRUGEM. Palestra Padrão. Parte 4.Epidemiologia. Agosto, 2008.

CONSORCIO ANTI-FERRUGEM. Palestra Padrão. Parte 5.Controle. Agosto, 2008.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R. S.; MARTINS, M. C.; LOPES, P. V.; BARROSO, A. L. L. Universidade Estadual de Maringá. Apresentação 2. In: Workshop Sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo. Campinas, 2005. **Resumos...** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. p.63-67, 2007.

COOK, G.E.; STEADMAN, J.R., BOOSALIS, M.G. Survival of *Whetzelinia sclerotiorum* and initial infection of dry edible beans in western Nebraska. **Phytopathology**. v.65, p.250-255, 1975.

CORRAZZA, E.J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.425-432, abr./jun., 1999.

COUSINS, T.; MACKAY, D. Strategies for including vegetation compartments in multimedia models. **Chemosphere**, Oxford, v.44, p.643-654, 2001.

CUNHA, J, P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA L. R, Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas, **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.2, p.325-332, 2003.

DEUBER, R. Ciência das plantas daninhas, fundamentos. Jaboticabal. FUNEP, 1992.43.

EMANS, H. J. B.; BEEK, M. A.; LINDERS, J. B. H. J., 1992. Evaluation system for pesticides (ESPE) 1. Bilthoven. Agricultural pesticides. **National Institute of Public Health and Environmental Protection** (RIVM), Rep. No. 679101004.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de Produção de Soja-Paraná. Sistemas de Produção n.8, p.208, 2005.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil. Sistemas de Produção n.9, p.21-34, 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Pesticide Fact Sheet: Tetraconazole**. Disponível em: < <http://www.epa.gov/opprd001/factsheets/tetraconazole.pdf> > . Acesso em: 10 jul 2006.

FAO. Revised Guidelines on environmental criteria for the registration of pesticides. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, December, 1989. p.51 apud FOLONI, L.L. Impacto sobre o meio ambiente plantio direto. In: SIEMBRA DIRECTA EM EL CONO SUR, 2001. Montevideo. Documentos...Montevideo: Procisur, 2001. p.19-42.

FANCELLI, A.L. Apresentação 2. In: Workshop Sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo. Campinas, 2005. **Resumos...** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. p.22, 2007.

FERNÁNDEZ, J.M. et al. Application of restricted-access media column in coupled-column RPLC with UV detection electrospray mass spectrometry for determination of azole pesticides in urine. **Chromatographia**, v.53, n.9-10, p.503-508, may, 2001.

FNP – CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2011**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2011. p.419-420.

FOLONI, L.L. Controle de ervas daninhas em plantio direto: uma abordagem específica. In: Atualização em plantio direto. FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Ed.). Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap. 5. p.89-100.

FOLONI, L.L. Impacto ambiental do uso de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Londrina. Palestra... Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p.49-91.

_____. Impacto sobre o meio ambiente plantio direto. In: SIEMBRA DIRECTA EN EL CONO SUR, 2001, Montevideo. Documentos ...Montevideo: Procisur, 2001. p.19-42.

FOLONI, L. L. Apostila Plantio Direto e Cultivo Mínimo. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP. v.1, 2010.

FOLONI, L. L.; PLESE, L. P. M.; SILVA, C. L.; FILHO, J. T. Avaliação de herbicidas aplicados em pós-emergência sobre e sob a palhada em cana crua e o destino ambiental. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 447-455, 2011.

FURLAN, S. H.; ITO, C. E.; NOSLALLA, S. K.; PERES, P. R.; FRANCO, D. A. S. Aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja, safra 2009/10. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. 32., 2011. **Resumos Expandidos...** São Pedro p. 137-139, 2011.

FURLAN, S. H.; FONTES, J. C.; FRANCO, D. A. S. Aplicações de fungicidas visando o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja, Estado de São Paulo, Safra 2010/11. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. 32., 2011. **Resumos Expandidos...** São Pedro p. 194-196, 2011.

GAGGI, C. et al. Chlorinated hydrocarbons in plant foliage: An indication of the tropospheric contamination level. **Chemosphere**, Oxford, v.14, p.1673-1686, 1985.

GEBLER, L. & SPADOTTO, C. A. Comportamento Ambiental dos Herbicidas. **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. VARGAS, L. & ROMAN, E. S. (in memoriam). 1ª Edição. Passo Fundo: Embrapa Trigo. p.39-69, 2008.

GODOY, C. V. (Org.). Ensaios em rede para controle de doenças na cultura da soja - safra 2004/2005. Londrina: Embrapa Soja, 2005a. (Embrapa Soja. **Documentos**, 266). 183 p.

GODOY, C. V. (Org.). Ensaios em rede para controle de doenças na cultura da soja - safra 2004/2005. Londrina: Embrapa Soja, 2005b. (Embrapa Soja. **Documentos**, 266). 183 p.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira.** , v.31, n.1, p.63-68, 2006.

GODOY, C.V. et al. Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2006/07. Resultados sumarizados dos ensaios em rede. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. **Circular Técnica 42**). 8 p.

GODOY, C.V. et al. Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2008/09. Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2009. (Embrapa Soja. **Circular Técnica 69**). 12 p.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C.; SILVA, L. H.; SIQUERI, F. Eficiência Comparada. **Cultivar**. n.138, p.20-22, nov, 2010.

GODOY, C.V.; SEIXAS, C.; SOARES, R. Trégua Natural. Caderno Técnico Soja. Circular Encartado na Revista Cultivar Grandes Culturas. **Cultivar**. n.145, p.3-6, jun.2011.

GODOY, C.V. et al. Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, safra 200/11: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 32. 2011, **Resumos Expandidos...** São Pedro, p. 157-159, 2011.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v.8, p.339-357, 1989.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, A. P. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.145-154, jan./mar.,1999.

HUNG, H.; MACKAY, D. A novel and simple model of the uptake of organic chemicals by vegetation from air and soil. **Chemosphere**, Oxford, v.35, n.5, p.959-977, 1997.

HUNG, H.; THOMAS, G. O.; JONES, K. C.; MACKAY, D. Grass-air exchange of polychlorinated biphenyls. **Environmental Science & Technology**, Washington, v.35, p.4066-4073, 2001.

IAPAR. **Plantio Direto no Estado do Paraná**. n.23. p.11-17, 1981.

IBGE, 2009.
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm> acesso 18 junho de 2011.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas. **Boletim 200**. IAC Instituto Agrônomo de Campinas. 6ª edição, 1998.

JENKINS, J. J. e THOMSON, P. A. OSU Extension Pesticide. Properties Database. Oregon State University Extension Service, 1999.

KHALFALLAN, S.; MENKISSOGLU-SPIROUDI, U.; CONSTANTINIDOU, H. Dissipation study of the fungicide tetraconazole in greenhouse-grown cucumbers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.46, n.4, p.1614-1617, 1998.

KIIHL, R. A. S. e CALVO, E. S. A soja no Brasil: mais de 100 anos de história, quatro décadas de sucesso. **Agricultura Tropical:quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. ALBUQUERQUE, A. C. S. & SILVA, A. G. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica. p.199-218, 2008.

KOOKANA, R. S.; SIMPSON, B. W. Pesticide Fate in Farming Systems: Research and Monitoring. **Communication Soil Science and Plant Analysis**, v.31, n.11-14, p.641-1659, 2000.

KOPRIVNJAK, J.F.; POISSANT, L. Evaluation and application of a fugacity model to explain the partitioning of contaminants in the ST. Lawrence river. **Water, Air Soil Pollution**, Dordrecht, v.97, n.3-4, p.379-395, 1997.

KOTAKA, E. T.; ZAMBRONE, F.A.D. Contribuições para construção de diretrizes de avaliação de risco toxicológico de agrotóxicos. Campinas. ILSI. 2001. p.1-157.

LAVORENTI, A. Comportamento dos herbicidas no meio ambiente. In: WORKSHOP SOBRE BIODEGRADAÇÃO. Campinas, 1996, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, p.81-115, 1996.

LAVORENTI, A. Comportamento dos herbicidas no solo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., Santa Maria, 1999. **Anais**. Santa Maria, Universidade de Santa Maria, p.21-34, 1999.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J.B. Comportamento de pesticidas em solos-fundamentos. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. v.3, p.291-334, 2003.

LEANDRO, W. M. Plantio Direto Garante Sustentabilidade a Agrossistemas. **Visão Agrícola**. n.5, p.16-20, 2006.

MACKAY, Donald. Finding fugacity feasible. **Environmental Science & Technology**, Washington, v.13, n.10, p.1216-1223, Oct., 1979.

MACKAY, Donald.; PATERSON, Sally. Calculating fugacity. **Environmental Science & Technology**, Washington, v.15, n.9, p.1006-1014, 1981.

_____. Fugacity revisited. **Environmental Science & Technology**, Washington, v.16, n.12, p.654-660, 1982.

MACKAY, Donald. Multimedia environmental models: the fugacity approach. Michigan: Lewis Publishers. 1991. 257p.

- MACKAY, D.; PATERSON, S.; SHIU, W.Y. Generic models for evaluating the regional fate of chemicals. **Chemosphere**, Oxford, v.24, n.6, p.695-717, 1992.
- MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. Química, um curso universitário. São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 2000. 582p.
- MAROCHI, A. I. Avaliação de métodos de controle químico para *Richardia brasiliensis* (poaia-branca) infestando áreas sob plantio direto da região sul do Brasil. In: Zapp: Desafio do novo. São Paulo: **Zeneca Agrícola**. p.175-186, 1996.
- MELHORANÇA, A. L.; VIEIRA, C. P. Efeito da época de dessecação sobre o desenvolvimento e produção da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21. Dourados, 1999. **Resumos...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. p. 224-225, 1998.
- MELLO, I. Apresentação 1. In: Workshop Sobre o Sistema Plantio Direto no estado de São Paulo. Campinas, 2005. **Resumos...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. p.18, 2007.
- MENKISSOGLU-SPIROUDI, U.; XANTHOPOULOU, N. J.; IOANNIDIS, P.M. Dissipation of the fungicide tetraconazole from field-sprayed sugar beets. **Journal of Agriculture Food and Chemistry**, v.46, n.12, p.5342-5346, 1998.
- MIYASAKA, S e MEDINA, J. C. Distribuição da Soja no Mundo. **A Soja no Brasil**. p. 1-2, 1981.
- MONTEIRO, R. T. R. Degradação de pesticidas. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. 1998. (Ed.) Microbiologia ambiental, Jaguariúna: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. p.107-124.
- MORRAL, R. A. A. and DUECK, J. Epidemiology of Sclerotinia stem rot of rapeseed in Saskatchewan. *Can. J. Plant Pathol.* v.4, p.161-168, 1982.
- NASH, R. G. Plant uptake of insecticides, fungicides and fumigants from soils. In: **Pesticides in soil and water**. GUENZI, W.D. (ed), Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, p.257-313, 1974.
- NICOLELLA, Gilberto. **Risco de contaminação do lençol freático, pelo herbicida tebuthiuron em cultura de cana-de-açúcar, utilizando-se o simulador CMLS**. 168p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- OECD. Workshop on the application of simple models for environmental exposure assessment. Berlin, 1991.
- OHL, G. A. Soja Requer Monitoramento para o Manejo de Doenças. **Revista Cultura Milenia**. Ed. 01, p.4-5, 2010.

PARRA, J. R. P. Editorial. **Visão Agrícola**. n.5, p.1, 2006.

PARAÍBA, L. C.; CARRASCO, J. M.; BRU, R. Level IV fugacity model by continuous time control system. **Chemosphere**, Oxford, v.38, n.8, p.1763-1775, 1999.

PATERSON, S., MACKAY, D., TAM, D., SHIU, W.Y. Uptake of Organic Chemicals by Plants: A Review of Processes, Correlations and Models. **Chemosphere**, Oxford, v.2, p.297-331, 1990.

PATERSON, S.; MACKAY, D.; GLADMAN, A. A fugacity model of chemical uptake by plants from soil and air. **Chemosphere**, Oxford, v.23, p.539-565, 1991a.

PATERSON, S., MACKAY, D., BACCI, E., CALAMARI, D. Correlation of the equilibria and kinetics of leaf-air exchange of hydrophobic organic chemicals by leaves. **Environmental Science & Technology**, Washington, v.25, p.866-871, 1991b.

PATERSON, S., MACKAY, D., MCFARLANE, C. A model of organic chemical uptake by plants from soil and the atmosphere. **Environmental Science & Technology**, Washington, v.28, p.2259-2266, 1994.

PAULETTI, V. et al. Rendimento de grãos de milho e soja em sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.491-495, ma./jun., 2003.

PETRIE, G. A. Consequences of survival of *Leptosphaeria maculans* (blackleg) in canola stubble residue through an entire crop rotation sequence. **Canadian Journal Plant Pathology**, v.8, p.356. (Abstr.), 1986.

PINTO, J. J. O.; BORGES, E. S.; AGOSTINETTO, D.; HENN, O. Manejo de herbicidas dessecantes no sistema de cultivo mínimo na cultura do arroz irrigado. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 21., Caxambú, 1997. **Resumos.....** Caxambú: SBCPD. p. 165, 1997.

PHILLIPS, R. E., BLEVINS, R. L., THOMAS, G. W., FRYE, W.W., AND PHILLIPS, S. H. No-tillage agriculture. **Science**, v.208, p.1108-1113, 1980.

PHILLIPS, S. H. e YOUNG JR, H. **No-Tillage Farming**. No-Till Farmer, Inc., Brookfield, Winconsin, 1973.

PLIMMER, J.R. Dissipation of pesticides in the environment. In: SCHNOOR, J. L. **Fate of pesticides & chemicals in the environment**. New York: John Wiley & Sons. p. 79-80, 1992.

PLESE, L. P. M.; SILVA, C. L.; FOLONI, L. L.; PARAÍBA, L. C. Previsão do destino ambiental dos principais herbicidas aplicados na cultura do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro: SBCPD, 2004. CD-ROM.

PLESE, L. P. M.; PARAÍBA, L.C.; FOLONI, L. L.; TREVIZAN, L. R. P. Kinetics of carbosulfan hydrolysis to carbofuran and subsequent degradation of this last compound in irrigated rice fields. **Chemosphere**, v.60, p.149-156, 2005.

PLESE, L. P. M.; SILVA, C. L.; FOLONI, L. L. Distribuição nos compartimentos ambientais dos herbicidas utilizados nas culturas de algodão, café e citros. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 123-132, 2009.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. Métodos de Análise de Solo para Fins de Fertilidade. Campinas: IAC, 1983. 39p. (IAC, Boletim Técnico, 81).

REIS, E. F.; LIMA NETO, V. C.; GODOY, C. V.; ROSA, C. T.; CASTANHO, H. E.; VICENTE, N. G. Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.3, p. 319-327, 2007.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.713-721, out./dez., 1998.

RONG-CAI, D. et al. Study on residue dynamics of tetraconazole in strawberry and soil. **Chinese of Pesticide Science**, 2005. Abstract. Disponível em: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-NYXB200502017.htm. Acesso em: 01. jan. 12.

SALTON, J.C.; HECKLER, J.C. Alternativas de culturas de cobertura e suas implicações no sistema de produção-sistema plantio direto. Tecnologia e Competitividade da Soja no Mercado Global. Cuiabá, 2000. **Anais...** Cuiabá: Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso. p.181, 2007.

SANTOS, H. P. do; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.21-29, jan./fev., 2006.

SCHRAMM, K. M.; REISCHL, A.; HUTZINGER, O. A multimedia compartment model to estimate the fate of lipophilic compounds in plants. **Chemosphere**, Oxford, v.16, n.10-12, p.2653-2663, 1987.

SCHUZ, R. Comparison of spray drift and runoff related input of azinphos-methyl and endosulfan from fruit orchards into the Lourens river, South Afric. **Chemosphere**, Oxford, v.45, p.543-551, 2001.

SEVERN, David J.; BALLARD, Gary. Risk/Benefit and regulations. In: CHENG, H.H. Pesticides in the soil environmental: processes, impacts, and modeling. Madison: **Soil Science Society of America**, 1990. chap.13, p.467-491. (SSSA Book Series, 2).

SILVA, C. L. **Análise da vulnerabilidade ambiental aos principais pesticidas recomendados para os sistemas de produção de algodão, arroz, café, cana-de-açúcar,**

citros, milho e soja. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, C. L. FOLONI, L. L. PARAIBA, L. C. PLESE, L. P. M. Previsão ambiental da distribuição dos pesticidas aplicados na cultura do arroz. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 17, p.75-86, 2007.

SOLOMON, K.R. **Advanced Toxicological Hazard and Risk Assessment for Pesticides in the Environment.** Notes. University of Guelph, 1996. p.65.

SOLOMON, K. R.; STEPHENSON, G. R.; CORRÊA, C. L.; ZAMBRONE, F. A. D. **Praguicidas e o Meio Ambiente**, 2010. p.473.

SPIROUDI, U. M.; XANTHOPOULOU, N. J.; LOANNIDIS, P. M. Dissipation of the fungicide tetraconazole from field-sprayed sugar beets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, n.12, p.5342-5346, 1998.

SPYNU, E.I. Predicting pesticide residues to reduce crop contamination. **Review Environment Contamination and Toxicology**, v.109, p.89-107, 1989.

SUNDBERG, S.E. et al. Accumulation of perchlorate in tobacco plants: development of plant kinetic model. **Journal Environmental Monitoring**, v.5, p.505-512, 2003.

TOMLIN C. D. S., 2000. The pesticide manual. Farnham: British Crop Protection Council. 1250 pp.

TRAPP, S.; MATTHIES, M. Generic one-compartment model for uptake of organic chemicals by foliar vegetation. **Environmental Science & Technology**, Easton, v.29, n.9, p.2333-2338, 1995.

TRAPP, S.; MCFARLANE, C. Plant contamination: Modeling and simulation of organic chemical processes. Lewis Publishers, Boca Raton, 1995.

TRAVIS, C. C.; ARMS, A.D. Bioconcentration of organics in beef, milk and vegetation. **Environmental Science & Technology**, Easton, v.2, n.3, p.271-274, 1988.

VALADÃO, M. B. et al. Avaliação de risco de agrotóxicos. 1999. p.1-43.

VAN DER MOLEN, D.; BREEUWSMA, A.; BOERS, P. C. M. Agricultural nutrient losses to surface water in the Netherlands: impact, strategies, and perspectives. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.27, p.4-11, 1998.

VENCATO, A, Z. et al. Anuário Brasileiro da Soja 2010. Santa Cruz do Sul, Editora Gazeta de Santa Cruz, 2010. p. 30-31.

VIGHI, Marco; DI GUARDO, Antonio. Predictive approaches for the evaluation of pesticide exposure. In: VIGHI, Marco; FUNARI, Enzo. **Pesticide risk in groundwater**. 1995. chap.3, p.73-100.

WEBER, J.B. Properties and behavior of pesticides in soil. In: HONEYCUTT, Richard C.; SCHABACKER, Daniel J. (Eds). **Mecanisms of pesticide movement into ground water**. LewisPublishers. 1994. chap.2, p.15-41.

WOLFE, N.L.; MINGELGRIN, U.; MILLER, G.C. Abiotic transforamtions in water, sediments and soil. In: CHENG, H.H., Ed. **Pesticides in the soil environment**: Processes, impacts, and modeling. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America.1990. p.103-168.

YENIGÜN, O.; SOHTORIK, D. Calculation with the level II fugacity model for selected organophosphorus insecticides. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v.84, p.175-185, 1995.

YORINORI, J. T. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. Encontro brasileiro sobre doenças na cultura da soja. 2. Aldeia Norte Editora. 2002. p. 47-54.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W.M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C.V. ; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v.89, p.675-677, 2005.

ZAMBOLIM, L; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. O que os Engenheiros Agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. 2^a ed. Viçosa-Departamento de Fitopatologia,Univ., p.123, 2003.

ZITKO, V.; MCLEESE, D.W. 1980. Evaluation of hazards of insecticides used in forest spraying to the aquatic environment, Canadian Technical Report of Fisheries aquatic Science, Government of Canada, Canada.

ANEXOS

Anexo I- Fungicidas e doses recomendados pelo Ministério da Agricultura para o controle da ferrugem asiática da soja.

Nome Comercial	Nome Comum	Dose	
		g.ia/ha*	P.C./ha**
Abacus HC	Epoxiconazol+piraclostrobina	48+78	0,3
Adante	Ciproconazol+tiametoxam	45+45	0,15
Alterne	Tebuconazol	100	0,5
Alto 100	Ciproconazol	30	0,3
Aproach Prima	Ciproconazol+picoxistrobina	24+60	0,3
Array 200 EC	Tebuconazol	100	0,5
Artea	Ciproconazol+propiconazol	24+75	0,3
Band	Flutriafol	75	0,6
Battle	Carbendazim+flutriafol	300+50,4	0,6
Biver	Epoxiconazol	50	0,4
Brio	Epoxiconazol+cresoxim-metílico	75+75	0,6
Buran	Flutriafol	75	0,6
Burgon	Ciproconazol+propiconazol	24+75	0,3
Caramba 90	Metconazol	54	0,6
Celeiro	Flutriafol+tiofanato-metílico	60+300	0,6
Constant	Tebuconazol	100	0,5
Cypress 400 EC	Ciproconazol+difenoconazol	45+75	0,3
Decisor	Flutriafol	75	0,6
Domark 100 EC	Tetraconazol	50	0,5
Egan	Tebuconazol	100	0,5
Elite	Tebuconazol	100	0,5
Emerald	Tetraconazol	62,5	0,5
Emerald 230 ME	Tetraconazol	57,5	0,25
Eminent 125 EW	Tetraconazol	62,5	0,5
Envoy	Epoxiconazol+piraclostrobina	43,75+59,5	0,7
Fagot	Ciproconazol+trifloxistrobina	32+75	0,4
Flexin	Flutriafol	75	0,6
Flutriafol Sinon	Flutriafol	75	0,6
Folicur 200 EC	Tebuconazole	100	0,5
Fox	Prothioconazol+trifloxistrobina	70+60	0,4
Guapo	Epoxiconazol+cresoximmetílico	62,5+62,5	0,5
Icarus 250 EC	Tebuconazol	100	0,4
Impact Duo	Flutriafol+tiofanato-metílico	60+300	0,6
Impact 125 SC	Flutriafol	75	0,6
Juno	Propiconazol	125	0,5
Juwel	Epoxiconazol+cresoxim-metílico	75+75	0,6
Keep 125 SC	Epoxiconazol	50	0,4
Konazol 200 EC	Tebuconazol	100	0,5
Nativo	Tebuconazol+trifloxistrobina	100+50	0,5

Opera	Epoxiconazol+piraclostrobina	30+79,8	0,6
Oranis	Picoxistrobina	62,5	0,25
Orius 250 EC	Tebuconazol	100	0,4
Palisade	Fluquinconazol	62,5	0,25
Potenzor	Flutriafol	75	0,6
Priori	Azoxistrobina	50	0,2
Priori Xtra	Azoxistrobina+ciproconazol	60+24	0,3
Proline	Protioconazol	75	0,3
Rival 200 EC	Tebuconazol	100	0,5
Riza	Tebuconazol	100	0,5
Rubigan 120	Fenarimol	36	0,3
Rubric	Epoxiconazol	50	0,4
Score	Difenoconazol	50	0,2
Simboll 125 SC	Flutriafol	75	0,6
Skip 125 SC	Flutriafol	75	0,6
Solist 430 SC	Tebuconazol	99,76	0,232
Soprano 125 SC	Epoxiconazol	50	0,4
Sphere Max	Ciproconazol+trifloxistrobina	32+75	0,2
Stratego 250 EC	Propiconazol+trifloxistroina	50+50	0,4
Systemic	Tebuconazol	100	0,5
Systhane EC	Miclobutanil	125	0,5
Tacora 250 EW	Tebuconazol	100	0,4
Tasker	Flutriafol	75	0,6
Tatico	Tebuconazol	75	0,6
Tebuco Nortox	Tebuconazol	100	0,5
Tebuconazole Nortox	Tebuconazol	100	0,5
Tebuconazole Nortox 200 EC	Tebuconazol	100	0,5
Tebufort	Tebuconazol	100	0,5
Tebuhelm	Tebuconazol	100	0,5
Tebuzim 250 EC	Carbendazim+tebuconazol	100+100	0,8
Tebuzol 200 EC	Tebuconazol	100	0,5
Tornado	Flutriafol	75	0,6
Triade	Tebuconazol	50	0,5
Trinity 250 SC	Flutriafol	75	0,3
Virtue	Epoxiconazol	50	0,4
Virtuoso 250 SC	Carbendazim+tebuconazol	100+100	0,8
Warrior	Epoxiconazol	50	0,4
Zoom	Flutriafol	75	0,6

*i.a: ingrediente ativo: ** P.C: Produto Comercial

Fonte: BRASIL, 2011b.

Anexo II- Dados meteorológicos da estação de monitoramento Quanta do Sistema Radar da Arysta LifeScience do Brasil.

[illegible]

Dados /Estação									
Dia do	Estágio	INÍCIO PMF		FIM PMF		Per. Molhamento Foliar (PMF)**	Temper. Média***	VDPI ****	SVDPI *****
Processamento	Fenol.*	DATA	HORA	DATA	HORA				
30/12/2005									0
30/12/2005			19:20	31/12/05	8:35	13,3	20,6	2	2
31/12/2005			19:30	01/01/06	11:50	16,4	21,2	2	4
1/1/2006			16:50	03/01/06	14:05	45,3	22,4	3	7
2/1/2006								0	7
3/1/2006			18:20	06/01/06	10:45	64,5	21,2	3	10
4/1/2006								0	10
5/1/2006								0	10
6/1/2006			15:55	07/01/06	8:50	17,0	22,0	2	12
7/1/2006			19:15	08/01/06	8:50	13,6	21,5	2	14
8/1/2006			17:55	09/01/06	9:15	15,4	22,0	2	16
9/1/2006			16:35	09/01/06	16:35	-	31,2	0	16
9/1/2006			20:50	10/01/06	7:50	11,0	21,1	2	18
10/1/2006			22:00	11/01/06	2:35	4,6	22,2	0	18
11/1/2006			5:50	11/01/06	7:25	1,6	20,4	0	18
11/1/2006			22:10	12/01/06	8:40	10,5	19,7	1	19
12/1/2006			22:45	13/01/06	8:00	9,3	19,1	1	20
13/1/2006			21:35	14/01/06	7:50	10,3	22,6	1	21

14/1/2006			22:35	14/01/06	23:47	1,2	24,8	0	21
15/1/2006			2:00	15/01/06	7:50	5,9	21,5	0	21
16/1/2006			0:30	16/01/06	8:20	7,9	21,3	1	22
17/1/2006			0:35	17/01/06	7:20	6,8	20,3	0	22
18/1/2006			1:30	18/01/06	7:20	5,9	20,1	0	22
18/1/2006			11:45	18/01/06	12:05	0,4	30,2	0	22
18/1/2006			17:10	18/01/06	17:55	0,8	27,5	0	22
18/1/2006			20:35	19/01/06	8:10	11,6	20,6	2	24
19/1/2006			17:25	20/01/06	8:50	15,5	21,8	2	26
20/1/2006			13:20	20/01/06	13:30	0,2	30,9	0	26
20/1/2006			23:50	21/01/06	7:30	7,7	21,9	1	27
21/1/2006			21:55					0	27
22/1/2006			2:05	22/01/06	7:45	5,7	19,6	0	27
23/1/2006			3:15	23/01/06	8:30	5,3	20,4	0	27
23/1/2006			13:35	23/01/06	15:40	2,1	26,2	0	27
23/1/2006			20:15	24/01/06	8:30	12,3	20,0	2	29
24/1/2006								0	29
25/1/2006	VE		0:40	25/01/06	7:45	7,1	20,7	1	30
25/1/2006	VE		16:15	26/01/06	9:05	16,9	23,9	2	32
26/1/2006	VE		13:30	26/01/06	17:15	3,8	29,1	0	32
26/1/2006	VE		20:05	26/01/06	20:20	0,3	25,9	0	32
26/1/2006	VE		22:55	27/01/06	10:10	11,3	22,6	2	34
27/1/2006	VC		17:20	27/01/06	17:25	0,1	25,6	0	34
27/1/2006	VC		19:30	28/01/06	9:30	14,0	21,6	2	36
28/1/2006	VC		14:05	28/01/06	15:20	1,3	27,3	0	36
28/1/2006	VC		23:00	29/01/06	12:20	13,4	21,2	2	38
29/1/2006	VC-V1		15:15	30/01/06	10:05	18,9	20,5	3	41
30/1/2006	VC-V1		15:55	31/01/06	9:30	17,6	20,2	3	44

31/1/2006	V1		19:30	01/02/06	9:20	13,9	20,0	2	46
1/2/2006	V1-V2		16:35	02/02/06	8:35	16,0	19,7	2	48
2/2/2006	V1-V2		20:35	03/02/06	8:55	12,4	20,6	2	50
3/2/2006	V2		22:10	04/02/06	8:10	10,0	20,8	1	51
4/2/2006	V2		17:30	05/02/06	8:20	14,9	22,0	2	53
5/2/2006	V2		23:20	05/02/06	23:50	0,5	24,4	0	53
6/2/2006	V2-V3		2:10	06/02/06	7:45	5,6	23,3	0	53
6/2/2006	V2-V3		19:50	07/02/06	8:25	12,6	23,3	2	55
7/2/2006	V3		16:00	07/02/06	16:35	0,6	26,6	0	55
7/2/2006	V3		22:25	08/02/06	7:55	9,5	21,8	1	56
8/2/2006	V3		14:30	09/02/06	11:55	21,5	22,8	3	59
9/2/2006	V3		19:40	10/02/06	10:30	14,9	22,9	2	61
10/2/2006	V3		14:10	13/02/06	10:35	68,5	21,3	3	64
11/2/2006	V4							0	64
12/2/2006	V4							0	64
13/2/2006	V4		19:35	14/02/06	10:00	14,5	21,8	2	66
14/2/2006	V4		15:45	14/02/06	15:45	-	26,2	0	66
14/2/2006	V4		19:50	15/02/06	8:10	12,4	21,6	2	68
15/2/2006	V4		18:05	16/02/06	11:25	17,4	20,7	3	71
16/2/2006	V4		19:10	17/02/06	10:00	14,9	22,5	2	73
17/2/2006	V4		13:25	19/02/06	9:05	43,7	22,3	3	76
18/2/2006	V4							0	76
19/2/2006	V5		20:15	20/02/06	9:35	13,4	20,9	2	78
20/2/2006	V5		13:00	20/02/06	13:25	0,5	24,2	0	78
20/2/2006	V5		20:10	21/02/06	9:35	13,5	22,4	2	80
21/2/2006	V5		15:10	22/02/06	10:00	18,9	20,3	3	83
22/2/2006	V5		20:15	23/02/06	9:05	12,9	21,4	2	85
23/2/2006	V5		18:05	23/02/06	18:15	0,2	28,7	0	85

23/2/2006	V5		20:40	24/02/06	10:20	13,7	21,8	2	87
24/2/2006	V6		17:50	25/02/06	9:50	16,0	21,8	2	89
25/2/2006	V6		20:00	26/02/06	10:25	14,5	21,2	2	91
26/2/2006	V6		19:55	27/02/06	10:05	14,2	20,1	2	93
27/2/2006	V6		15:55	28/02/06	10:00	18,1	22,4	3	96
28/2/2006	V7		21:30	01/03/06	9:20	11,9	21,4	2	98
1/3/2006	V7		17:25	01/03/06	17:25	-	25,8	0	98
1/3/2006	V7		20:40	02/03/06	9:15	12,6	21,5	2	100
2/3/2006	V7		20:10	03/03/06	8:50	12,7	22,4	2	102
3/3/2006	V7		20:30	04/03/06	8:30	12,0	22,5	2	104
4/3/2006	V7		20:15	05/03/06	10:10	14,0	21,8	2	106
5/3/2006	V7		19:25	06/03/06	10:25	15,0	23,3	2	108
6/3/2006	V8		13:00	06/03/06	13:10	0,2	29,2	0	108
6/3/2006	V8		19:25	07/03/06	11:40	16,3	20,4	2	110
7/3/2006	V8		16:25	07/03/06	16:45	0,4	25,6	0	110
7/3/2006	V8		19:00	08/03/06	10:10	15,2	20,8	2	112
8/3/2006	V8		19:30	09/03/06	9:50	14,4	21,1	2	114
9/3/2006	R1		19:25	10/03/06	9:40	14,3	22,0	2	116
10/3/2006	R1		15:20	11/03/06	9:15	18,0	20,4	3	119
11/3/2006	R1		21:35	12/03/06	8:50	11,3	19,2	1	120
12/3/2006	R1		21:05	13/03/06	9:25	12,4	19,6	1	121
13/3/2006	R1		21:40	14/03/06	9:45	12,1	19,0	1	122
14/3/2006	R1		19:30	15/03/06	9:55	14,5	21,4	2	124
15/3/2006	R1		20:05	16/03/06	9:15	13,2	21,8	2	126
16/3/2006	R2		14:55	16/03/06	14:55	-	30,4	0	126
16/3/2006	R2		19:00	17/03/06	10:05	15,1	21,1	2	128
17/3/2006	R2		19:15	18/03/06	9:55	14,7	21,5	2	130

18/3/2006	R2-R3		19:35	19/03/06	9:05	13,5	21,1	2	132
19/3/2006	R3		15:05	19/03/06	16:25	1,4	24,7	0	132
19/3/2006	R3		18:30	20/03/06	10:10	15,7	21,7	2	134
20/3/2006	R3		18:35	21/03/06	11:20	16,8	22,3	2	136
21/3/2006	R3		19:10	22/03/06	10:25	15,3	22,0	2	138
22/3/2006	R3		15:05	23/03/06	10:10	19,1	21,1	3	141
23/3/2006	R3		16:55	24/03/06	10:20	17,5	22,2	3	144
24/3/2006	R3		17:20	25/03/06	10:55	17,6	22,1	3	147
25/3/2006	R3		15:00	26/03/06	13:40	22,7	22,2	3	150
26/3/2006	R3		18:50	27/03/06	10:25	15,6	19,8	2	152
27/3/2006	R3		20:05	28/03/06	10:05	14,0	21,1	2	154
28/3/2006	R4		18:45	30/03/06	13:45	43,0	21,1	3	157
29/3/2006	R4							0	157
30/3/2006	R4		16:50	31/03/06	10:50	18,0	19,9	3	160
31/3/2006	R4		20:05	01/04/06	9:30	13,5	19,3	1	161
1/4/2006	R4		20:40	02/04/06	10:00	13,4	19,3	1	162
2/4/2006	R4		20:55	03/04/06	9:50	13,0	18,8	1	163
3/4/2006	R5.1		20:35	04/04/06	9:35	13,0	16,7	1	164
4/4/2006	R5.1		18:50	05/04/06	10:35	15,8	17,8	2	166
5/4/2006	R5.1		18:05	06/04/06	11:05	17,0	20,7	2	168
6/4/2006	R5.1		15:10	07/04/06	14:35	23,5	21,1	3	171
7/4/2006	R5.1		17:05	08/04/06	10:05	17,0	20,7	2	173
8/4/2006	R5.2		17:40	09/04/06	11:05	17,5	20,9	3	176
9/4/2006	R5.2		16:50	10/04/06	11:05	18,3	20,3	3	179
10/4/2006	R5.2		18:35	11/04/06	10:30	16,0	20,5	2	181
11/4/2006	R5.3		18:45	12/04/06	10:50	16,1	18,8	2	183
12/4/2006	R5.3		18:40	13/04/06	10:40	16,0	18,6	2	185
13/4/2006	R5.3		18:40	14/04/06	10:40			2	187

						16,0	17,5		
14/4/2006	R5.3		18:50	15/04/06	10:25	15,6	17,4	2	189
15/4/2006	R5.4		18:25	17/04/06	11:50	41,5	19,7	3	192
16/4/2006	R5.4							0	192
17/4/2006	R5.4		18:50	18/04/06	9:05	14,3	16,2	2	194
18/4/2006	R5.5		19:45	19/04/06	9:45	14,0	16,0	2	196
19/4/2006	R5.5		20:00	20/04/06	10:10	14,2	15,1	2	198
20/4/2006	R6		17:40	21/04/06	10:25	16,8	14,9	2	200
21/4/2006	R6		18:50	22/04/06	9:45	15,0	17,4	2	202
22/4/2006	R6		18:50	23/04/06	10:35	15,8	19,2	2	204
23/4/2006	R6		18:55	24/04/06	10:25	15,5	14,1	2	206
24/4/2006	R7.1		19:05	25/04/06	10:25	15,4	17,1	2	208
25/4/2006	R7.1		18:50	26/04/06	10:00	15,2	18,8	2	210
26/4/2006	R7.2		19:10	27/04/06	9:50	14,7	17,1	2	212
27/4/2006	R7.2		20:50	28/04/06	10:15	13,5	15,6	1	213
28/4/2006	R7.3		20:10	29/04/06	10:15	14,1	16,2	2	215
29/4/2006	R7.3		18:40	30/04/06	10:45	16,1	16,1	2	217
30/4/2006	R7.3		20:10	01/05/06	10:35	14,5	14,5	2	219
1/5/2006	R8.1		18:55	02/05/06	8:50	14,0	16,7	2	221
2/5/2006	R8.1							0	221
3/5/2006	R8.1		1:30	03/05/06	9:50	8,4	8,4	0	221
3/5/2006	R8.1		21:10	04/05/06	10:25	13,3	7,0	0	221
4/5/2006	R8.1		21:50	05/05/06	10:05	12,3	7,6	0	221
5/5/2006	R8.1		20:05	06/05/06	10:25	14,4	12,8	2	223
6/5/2006	R8.1		21:30	07/05/06	9:55	12,5	13,3	1	224
7/5/2006	R8.1							0	224
8/5/2006	R8.1		12:10	08/05/06	8:50	8,7	15,5	1	225
8/5/2006	R8.1		20:30	09/05/06	10:25	14,0	15,3	2	227
	R8.1		21:35	10/05/06	10:25			1	228

9/5/2006						12,9	13,9		
10/5/2006	R8.2		18:35	10/05/06	18:40	0,1	20,1	0	228
10/5/2006	R8.2		23:25	11/05/06	10:10	10,8	11,0	0	228
11/5/2006	R8.2		21:20	12/05/06	9:40	12,4	12,4	1	229
12/5/2006	R8.2		19:35	13/05/06	10:45	15,2	12,6	2	231
13/5/2006	R8.2		21:40	14/05/06	10:25	12,8	11,6	1	232
14/5/2006	R8.2		21:00	15/05/06	10:35	13,6	12,5	1	233
15/5/2006	R8.2		20:35	16/05/06	10:30	14,0	13,3	1	234
16/5/2006	R8.2		20:40	17/05/06	10:45	14,1	13,2	2	236
17/5/2006	R8.2		18:50	18/05/06	10:05	15,3	11,9	2	238
18/5/2006	R8.2		18:50	19/05/06	9:45	15,0	12,9	2	240
19/5/2006	R8.2		18:55	20/05/06	8:30	13,6	12,7	1	241
20/5/2006	R8.2		13:20	20/05/06	13:50	0,5	20,7	0	241
20/5/2006	R8.2		16:20	21/05/06	9:10	16,9	14,9	2	243
21/5/2006	R8.2		15:55						

*Estágio fenológico da cultura baseado da escala BBCH,1996

**Período de molhamento foliar (Somatória de orvalho e chuva)

*** Temperatura média do dia

****Valores diários de período para ocorrer a infecção da doença ferrugem a soja

***** Somatória dos valores diários de período para ocorrer a infecção da doença ferrugem a soja

Anexo III- Dados meteorológicos da Estação Agro Cosmos-Engenheiro Coelho-SP.

Dados Meteorológicos - Janeiro / 2006

Estação Meteorológica: Engenheiro Coelho - SP

Latitude: 22° 30' 20"

Longitude: 47° 10' 32"

Altitude: 647 m

Dia	Tempo			Temperatura(°C)				Umidade Relativa(%)		Chuva (mm)	Irrig. (mm)
	manhã	tarde	noite	09:00	15:00	mínima	máxima	09:00	15:00		
1	N	N	C	20,0	26,0	20,0	28,0	95,0	60,0	10,2	
2	C	N	C	22,0	26,0	20,0	26,0	95,0	70,0	7,1	
3	C	C	C	21,0	27,0	21,0	27,0	95,0	68,0	28,0	
4	N	C	C	22,0	22,0	19,0	24,0	90,0	90,0	29,3	
5	N	N		20,0	22,0	18,0	22,0	93,0	80,0		
6	N	N		22,0	26,0	18,0	28,0	80,0	65,0		
7	E	E		26,0	30,0	20,0	30,0	60,0	45,0		
8	E	E	C	28,0	34,0	20,0	34,0	60,0	35,0	0,5	
9	E	E		28,0	32,0	20,0	32,0	60,0	40,0		
10	E	E		30,0	34,0	22,0	34,0	45,0	25,0		
11	E	E		30,0	34,0	22,0	34,0	45,0	30,0		
12	E	E		26,0	31,0	20,0	31,0	55,0	35,0		
13	E	E		28,0	33,0	20,0	34,0	50,0	30,0		
14	E	E		28,0	34,0	24,0	34,0	50,0	25,0		
15	E	E		28,0	34,0	22,0	35,0	60,0	25,0		
16	E	E		30,0	34,0	22,0	35,0	50,0	30,0		
17	E	E		30,0	36,0	21,0	36,0	55,0	22,0		
18	E	E		30,0	34,0	20,0	34,0	55,0	35,0		
19	E	E	C	28,0	34,0	20,0	34,0	55,0	32,0	2,3	
20	E	E		26,0	34,0	22,0	34,0	65,0	25,0		
21	E	E		28,0	34,0	22,0	34,0	40,0	25,0		
22	E	E		26,0	36,0	20,0	36,0	50,0	20,0		
23	E	C		30,0	26,0	22,0	34,0	55,0	75,0	4,1	
24	E	E		30,0	34,0	19,0	36,0	40,0	30,0		
25	E	E		32,0	36,0	21,0	36,0	40,0	20,0		
26	E	E		26,0	26,0	22,0	32,0	65,0	80,0		
27	E	E		24,0	28,0	22,0	28,0	85,0	55,0		
28	E	E		24,0	28,0	21,0	30,0	80,0	50,0		
29	N	N	C	21,0	26,0	20,0	26,0	95,0	60,0	50,2	
30	E	C	C	22,0	26,0	20,0	29,0	95,0	70,0	31,1	
31	E	E		22,0	30,0	19,0	30,0	95,0	45,0		
				26,1	30,5	20,6	31,5	66,2	45,1	162,8	0,0

E : Ensolarado , N : Nublado , C : Chuvas

Dados Meteorológicos - Fevereiro / 2006

Estação Meteorológica: Engenheiro Coelho - SP

Latitude: 22° 30' 20"

Longitude: 47° 10' 32"

Altitude: 647 m

Dia	Tempo			Temperatura(°C)				Umid. Relat.(%)		Chuva (mm)	Irrigaç ão (mm)
	manhã	tarde	noite	09:00	15:00	mínima	máxima	09:00	15:00		
1	E	E	C	24,0	32,0	19,0	32,0	80,0	35,0	4,3	
2	E	E	C	22,0	30,0	18,0	32,0	90,0	40,0	2,3	
3	E	E		24,0	32,0	20,0	32,0	80,0	35,0		
4	E	E	C	22,0	33,0	20,0	34,0	80,0	35,0	1,2	
5	E	E		22,0	34,0	21,0	34,0	95,0	30,0		
6	E	E	C	26,0	34,0	24,0	34,0	50,0	30,0	3,1	
7	E	E		28,0	27,0	23,0	32,0	70,0	50,0		
8	E	N	C	28,0	24,0	22,0	32,0	60,0	90,0	65,2	
9	N	E	C	22,0	28,0	21,0	29,0	95,0	65,0	3,5	
10	N	C	C	22,0	28,0	21,0	28,0	95,0	70,0	31,4	
11	N	C	C	20,0	22,0	20,0	22,0	95,0	95,0	18,6	
12	C	N	C	20,0	24,0	20,0	24,0	95,0	80,0	9,2	
13	N	E		24,0	30,0	20,0	30,0	75,0	45,0		
14	E	E		26,0	26,0	20,0	30,0	70,0	80,0		
15	E	E	C	26,0	32,0	20,0	32,0	75,0	45,0	56,2	
16	E	E		20,0	28,0	20,0	28,0	93,0	60,0		
17	E	C	C	22,0	22,0	22,0	27,0	93,0	93,0	13,2	
18	C	N		21,0	22,0	20,0	24,0	93,0	93,0	2,0	
19	E	E		22,0	32,0	20,0	32,0	93,0	50,0		
20	N	E		27,0	30,0	20,0	30,0	60,0	40,0		
21	E	E	C	26,0	22,0	20,0	30,0	80,0	90,0	18,0	
22	N	E		23,0	30,0	18,0	30,0	75,0	40,0		
23	E	E		26,0	31,0	20,0	31,0	70,0	35,0		
24	E	E		22,0	28,0	21,0	28,0	92,0	55,0		
25	C	E		24,0	28,0	20,0	28,0	92,0	50,0	1,2	
26	E	E		22,0	28,0	20,0	29,0	92,0	50,0		
27	E	E		22,0	32,0	20,0	32,0	93,0	45,0		
28	E	E		22,0	32,0	20,0	32,0	93,0	40,0		
29											
30											
31											
				23,4	28,6	20,4	29,9	83,0	55,9	229,4	0,0

E : Ensolarado , N : Nublado , C : Chuvas

Dados Meteorológicos - Março / 2006

Estação Meteorológica: Engenheiro Coelho - SP

Latitude: 22° 30' 20"

Longitude: 47° 10' 32"

Altitude: 647 m

Dia	Tempo			Temperatura(°C)				Umid. Relat.(%)		Chuva (mm)	Irrigaç ão (mm)
	manhã	tarde	noite	09:00	15:00	mínima	máxima	09:00	15:00		
1	E	E		24,0	34,0	20,0	34,0	80,0	35,0		
2	E	E		22,0	34,0	20,0	34,0	93,0	35,0		
3	E	E		22,0	34,0	22,0	35,0	93,0	35,0		
4	E	E	C	22,0	34,0	22,0	36,0	93,0	40,0	21,0	
5	N	E		22,0	30,0	22,0	30,0	95,0	58,0		
6	N	E	C	26,0	31,0	23,0	31,0	90,0	50,0	28,6	
7	N	E		20,0	26,0	18,0	26,0	95,0	70,0		
8	E	E		24,0	31,0	20,0	31,0	95,0	45,0		
9	E	E		26,0	33,0	20,0	33,0	75,0	35,0		
10	E	C	C	26,0	30,0	20,0	33,0	70,0	65,0	25,4	
11	E	E		22,0	29,0	19,0	29,0	80,0	43,0		
12	E	E		22,0	30,0	18,0	30,0	80,0	40,0		
13	E	E		24,0	30,0	19,0	30,0	55,0	38,0		
14	E	E	C	24,0	32,0	18,0	32,0	55,0	35,0	1,0	
15	E	E		22,0	31,0	20,0	31,0	85,0	40,0		
16	E	E		22,0	28,0	22,0	30,0	85,0	60,0		
17	E	E		22,0	30,0	20,0	30,0	50,0	45,0		
18	E	E		22,0	30,0	20,0	31,0	90,0	40,0		
19	E	E		22,0	32,0	21,0	32,0	90,0	45,0		
20	E	E	C	24,0	32,0	22,0	32,0	55,0	40,0	9,8	
21	N	E		25,0	30,0	22,0	30,0	75,0	40,0		
22	E	E	C	30,0	24,0	21,0	31,0	50,0	90,0	4,0	
23	E	E		28,0	26,0	20,0	32,0	60,0	73,0		
24	E	N		28,0	30,0	21,0	32,0	60,0	55,0		
25	E	E	C	26,0	30,0	20,0	31,0	75,0	55,0	22,4	
26	N	E		23,0	26,0	20,0	26,0	85,0	60,0		
27	E	E	C	24,0	30,0	19,0	31,0	75,0	45,0	3,8	
28	E	E	C	26,0	32,0	20,0	32,0	55,0	35,0	3,6	
29	C	C		24,0	20,0	20,0	24,0	90,0	95,0	54,8	
30	N	E		20,0	28,0	20,0	28,0	95,0	50,0		
31	E	E		22,0	30,0	18,0	30,0	93,0	42,0		
				23,7	29,9	20,2	30,9	78,0	49,5	174,4	0,0

E : Ensolarado , N : Nublado , C : Chuvas

Dados Meteorológicos - Abril / 2006

Estação Meteorológica: Engenheiro Coelho - SP

Latitude: 22° 30' 20"

Longitude: 47° 10' 32"

Altitude: 647 m

Dia	Tempo			Temperatura(°C)				Umid. Relat.(%)		Chuva (mm)	Irrigaç ão (mm)
	manhã	tarde	noite	09:00	15:00	mínima	máxima	09:00	15:00		
1	E	E		22,0	31,0	18,0	31,0	80,0	35,0		
2	E	E		22,0	30,0	18,0	30,0	85,0	40,0		
3	E	E		24,0	28,0	18,0	28,0	55,0	40,0		
4	E	E		22,0	28,0	14,0	28,0	60,0	35,0		
5	E	E		22,0	28,0	16,0	28,0	70,0	45,0		
6	E	C	C	22,0	24,0	20,0	28,0	85,0	80,0	29,0	
7	E	E		20,0	26,0	19,0	26,0	92,0	60,0		
8	N	E	C	24,0	27,0	19,0	27,0	75,0	58,0	1,0	
9	E	E	C	20,0	30,0	18,0	30,0	93,0	35,0	4,2	
10	E	E		24,0	28,0	18,0	30,0	80,0	50,0		
11	E	E		24,0	28,0	20,0	29,0	60,0	35,0		
12	E	E		24,0	30,0	18,0	30,0	55,0	33,0		
13	E	E		24,0	30,0	17,0	30,0	45,0	35,0		
14	E	E		22,0	30,0	15,0	30,0	65,0	30,0		
15	E	E		22,0	30,0	16,0	30,0	70,0	35,0		
16	N	N	C	20,0	20,0	19,0	24,0	95,0	95,0	5,6	
17	E	E		20,0	21,0	19,0	22,0	80,0	65,0		
18	E	E		18,0	24,0	16,0	24,0	60,0	45,0		
19	E	E		18,0	26,0	14,0	26,0	85,0	40,0		
20	E	E		18,0	26,0	14,0	28,0	90,0	30,0		
21	E	E		18,0	30,0	12,0	30,0	95,0	25,0		
22	E	E		18,0	30,0	18,0	30,0	93,0	43,0		
23	E	E		20,0	30,0	18,0	30,0	95,0	30,0		
24	E	E		22,0	30,0	13,0	30,0	55,0	25,0		
25	E	E		26,0	31,0	16,0	31,0	65,0	30,0		
26	E	E		24,0	30,0	18,0	30,0	65,0	28,0		
27	E	E		22,0	28,0	16,0	28,0	60,0	35,0		
28	E	E		18,0	28,0	14,0	28,0	85,0	30,0		
29	E	E		20,0	30,0	14,0	30,0	80,0	33,0		
30	E	E		18,0	28,0	14,0	28,0	95,0	30,0		
31											
				21,3	28,0	16,6	28,5	75,6	41,0	39,8	0,0

E : Ensolarado , N : Nublado , C : Chuvas

Dados Meteorológicos - Maio / 2006

Estação Meteorológica: Engenheiro Coelho - SP

Latitude: 22° 30' 20"

Longitude: 47° 10' 32"

Altitude: 647 m

Dia	Tempo			Temperatura(°C)				Umid. Relat.(%)		Chuva (mm)	Irrigaç ão (mm)
	manhã	tarde	noite	09:00	15:00	mínima	máxima	09:00	15:00		
1	E	E		20,0	30,0	14,0	30,0	90,0	25,0		
2	E	E		20,0	30,0	16,0	30,0	80,0	30,0		
3	E	E		14,0	24,0	8,0	24,0	85,0	18,0		
4	E	E		12,0	24,0	6,0	24,0	95,0	18,0		
5	E	E		10,0	24,0	6,0	24,0	95,0	20,0		
6	E	E		12,0	26,0	10,0	26,0	95,0	20,0		
7	E	E		12,0	26,0	12,0	26,0	95,0	32,0		
8	E	N		18,0	24,0	16,0	25,0	80,0	48,0		
9	E	E		16,0	25,0	14,0	25,0	90,0	35,0		
10	E	E		14,0	24,0	12,0	24,0	95,0	45,0		
11	E	E		14,0	24,0	10,0	24,0	95,0	27,0		
12	E	E		14,0	20,0	10,0	20,0	95,0	60,0		
13	E	E		12,0	23,0	10,0	23,0	95,0	30,0		
14	E	E		12,0	26,0	10,0	26,0	95,0	30,0		
15	E	E		16,0	26,0	10,0	26,0	90,0	30,0		
16	E	E		17,0	25,0	11,0	25,0	90,0	34,0		
17	E	E		16,0	27,0	10,0	27,0	95,0	28,0		
18	E	E		18,0	28,0	11,0	28,0	90,0	23,0		
19	E	E		14,0	28,0	11,0	28,0	90,0	20,0		
20	N	E		16,0	21,0	13,0	21,0	80,0	53,0		
21	E	E		16,0	26,0	15,0	26,0	95,0	40,0		
22	N	E		18,0	20,0	16,0	20,0	98,0	96,0		
23	E	E		18,0	18,0	15,0	18,0	83,0	83,0		
24	E	E		18,0	22,0	14,0	22,0	73,0	60,0		
25	E	E		18,0	25,0	13,0	25,0	70,0	48,0		
26	E	E		14,0	26,0	12,0	27,0	95,0	35,0		
27	E	E		16,0	28,0	12,0	28,0	75,0	25,0		
28	E	E		14,0	28,0	11,0	28,0	95,0	23,0		
29	E	E		18,0	30,0	12,0	30,0	70,0	20,0		
30	E	E		18,0	31,0	12,0	31,0	75,0	22,0		
31	E	E		19,0	30,0	14,0	30,0	75,0	23,0		
				15,6	25,5	11,8	25,5	87,7	35,5	0,0	0,0

E : Ensolarado , N : Nublado , C : Chuvas

Dados Meteorológicos - Junho / 2006

Estação Meteorológica: Engenheiro Coelho - SP

Latitude: 22° 30' 20"

Longitude: 47° 10' 32"

Altitude: 647 m

Dia	Tempo			Temperatura(°C)				Umid. Relat.(%)		Chuva (mm)	Irrigaç ão (mm)
	manhã	tarde	noite	09:00	15:00	mínima	máxima	09:00	15:00		
1	E	E		17,0	27,0	15,0	27,0	75,0	35,0		
2	E	E		14,0	26,0	11,0	26,0	90,0	22,0		
3	E	E		14,0	27,0	11,0	27,0	95,0	28,0		
4	E	E		14,0	28,0	12,0	28,0	90,0	22,0		
5	E	E		16,0	24,0	11,0	24,0	60,0	40,0		
6	E	E		16,0	27,0	12,0	27,0	95,0	33,0		
7	E	E		14,0	27,0	13,0	27,0	95,0	26,0		
8	E	E		16,0	28,0	12,0	28,0	80,0	20,0		
9	E	E		14,0	27,0	11,0	27,0	80,0	23,0		
10	E	E		14,0	28,0	13,0	28,0	95,0	25,0		
11	E	E		13,0	27,0	13,0	27,0	95,0	28,0		
12	E	E		22,0	25,0	13,0	27,0	55,0	50,0		
13	E	E		23,0	27,0	11,0	28,0	40,0	38,0		
14	E	E		24,0	26,0	11,0	27,0	35,0	30,0		
15	E	E		22,0	27,0	9,0	28,0	35,0	28,0		
16	E	E		19,0	25,0	9,0	26,0	50,0	30,0		
17	E	E		20,0	25,0	11,0	26,0	45,0	32,0		
18	E	E		18,0	28,0	12,0	28,0	65,0	23,0		
19	E	E		21,0	28,0	13,0	28,0	65,0	23,0		
20	E	E		22,0	26,0	11,0	27,0	40,0	23,0		
21	E	E		20,0	28,0	11,0	28,0	55,0	22,0		
22	E	E		19,0	29,0	12,0	29,0	45,0	18,0		
23	E	E		17,0	28,0	13,0	28,0	90,0	35,0		
24	E	E		17,0	28,0	14,0	28,0	85,0	22,0		
25	E	E		19,0	28,0	14,0	28,0	65,0	35,0		
26	C	N		19,0	20,0	17,0	20,0	85,0	80,0	16,2	
27	E	E		15,0	20,0	11,0	20,0	75,0	33,0		
28	E	E		13,0	21,0	8,0	21,0	75,0	33,0		
29	E	E		12,0	24,0	8,0	24,0	70,0	27,0		
30	E	E		14,0	27,0	10,0	27,0	95,0	25,0		
31											
				17,3	26,2	11,7	26,5	70,7	30,3	16,2	0,0

E : Ensolarado , N : Nublado , C : Chuvas

Anexo IV - Incidência (0-100%) da ferrugem asiática em folíolos de soja sobre a cultivar Conquista, em 5 plantas coletadas ao acaso no centro da parcela, safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Tratamentos	SVDPI na aplicação*	Datas das Aplicações	Estádios fenológicos da cultura da soja e data das avaliações						
			V8	R2	R4	R5.2	R6	R7.1	R7.3
			6/03/06	16/03/06	30/03/06	10/04/06	20/04/06	24/04/06	28/04/06
			Prévia	(9DA 1 ^a ap.)**	(13DA 2 ^a ap.)	(5DA 3 ^a ap.)	(15DA 3 ^a aplic.)	(19DA 3 ^a aplic.)	(23DA 3 ^a aplic.)
1-Testemunha_ Sem. convencional	--	--	48	55	95	96	100	100	100
2-Tetraconazole- 0,4L/ha Sem. convencional	83/101/139	V8/R2/R5.1** *	48	39	71,3	53	85	100	100
3-Testemunha_ Sem. Direta	--	--	41	59	97	93	100	100	100
4- Tetraconazole- 0,4L/ha Sem. direta	83/101/139	V8/R2/R5.1	41	44	66,3	58	88	100	100

*SVDPI (Somatória dos valores diários do período para ocorrer a infecção), baseado nos dados da Estação Meteorológica de Monitoramento Agrícola Quanta em anexo.

** Dias após a 1^a, 2^a e 3^a aplicação do fungicida tetraconazole (Eminent 125 EW) na dose de 0,4 L/ha do produto comercial.

***Datas das aplicações de acordo com o estágio da cultura: V8 (07/03/2006), R2 (17/03/2006) e R5.1(05/04/2006).

Anexo V - Número de lesões /1cm² da ferrugem asiática em folíolos de soja sobre a cultivar Conquista, em 5 plantas coletadas ao acaso no centro da parcela, safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Tratamentos	SVDPI na aplicação*	Datas das Aplicações	Estádios fenológicos da cultura da soja e data das avaliações		
			V8	R2	R5.2
			6/03/2006	16/03/2006	10/04/2006
			Prévia	(9DA 1 ^a aplicação)**	(5DA 3 ^a aplicação)
1-Testemunha_ Semeadura convencional	--	--	1,58	10,12	36,70
2-Tetraconazole- 0,4L/ha_ Semeadura convencional	83/101/139	V8/R2/R5.1***	1,58	2,66	8,80
3-Testemunha_ Semeadura direta	--	--	2,09	7,68	28,70
4- Tetraconazole- 0,4L/ha_ Semeadura direta	83/101/139	V8/R2/R5.1	2,09	2,82	6,56

*SVDPI (Somatória dos valores diários do período para ocorrer a infecção), baseado nos dados da Estação Meteorológica de Monitoramento Agrícola Quanta em anexo.

** Dias após a 1^a, 2^a e 3^a aplicação do fungicida tetraconazole (Eminent 125 EW) na dose de 0,4 L/ha do Produto Comercial.

***Datas das aplicações de acordo com o estágio da cultura: V8 (07/03/2006), R2 (17/03/2006) e R5.1(05/04/2006).

Anexo VI - Severidade da ferrugem asiática baseado na escala diagramática GODOY et al. (2006) em folíolos de soja sobre a cultivar Conquista, em 5 plantas coletadas ao acaso no centro da parcela e produtividade (toneladas/ha), na safra 2006, Engenheiro Coelho-SP.

Tratamentos	SVDPI na aplicação*	Datas das Aplicações	Estádios fenológicos da cultura da soja e data das avaliações			Produtividade Toneladas/ha
			R4	R6	R7.3	
			30/03/2006 (13DA 2 ^a ap.)**	20/04/2006 (15DA3 ^a ap.)	28/04/2006 (23DA3 ^a ap.)	
1-Testemunha_ Semeadura convencional	--	--	39,9	73,6	100	0,746
2-Tetraconazole- 0,4L/ha_ Semeadura convencional	83/101/139	V8/R2/R5.1***	9,3	19,3	53,7	2,310
3-Testemunha_ Semeadura direta	--	--	42,3	75,9	100	0,826
4- Tetraconazole- 0,4L/ha_ Semeadura direta	83/101/139	V8/R2/R5.1	8,6	23,2	61,6	2,372

*SVDPI (Somatória dos valores diários do período para ocorrer a infecção), baseado nos dados da Estação Meteorológica de Monitoramento Agrícola Quanta em anexo.

** Dias após a 1^o, 2^o e 3^o aplicação do fungicida tetraconazole (Eminent 125 EW) na dose de 0,4 L/ha do Produto Comercial.

***Datas das aplicações de acordo com o estágio da cultura: V8 (07/03/2006), R2 (17/03/2006) e R5.1(05/04/2006).

Anexo VII – Valores em quantidade de mol expressos em % gerados através do modelo de fugacidade nível I, para os diferentes compartimentos ambientais.

Propriedades das fases e composição								
fases	Ar	Água	Solo	Biota	Sedimento	Folha	Raiz	Caule
volume (m ³)	6E+09	7000000	45000	7	22000	920	3700	4600
densidade (kg/m ³)		989	1550		1200	820	820	850
fração org. carbono (%)			0,02		0,02			
Z (mol/m ³ Pa)	0,0004035	2777,7778	52808472	160,54619	40884167	169464,11	3,179E+09	2,307E+09
VZ (mol/Pa)	2420913,4	1,944E+10	2,376E+12	1123,8233	8,995E+11	155906979	1,176E+13	1,061E+13
Fugacidade (Pa)	3,895E-12	3,895E-12	3,895E-12	3,895E-12	3,895E-12	3,895E-12	3,895E-12	3,895E-12
conc. (mol/m ³)	1,572E-15	1,082E-08	0,0002057	6,254E-10	0,0001593	6,601E-07	0,012385	0,0089867
conc (g/m ³)	5,848E-13	4,026E-06	0,0765434	2,327E-07	0,0592597	0,0002456	4,6084565	3,3439419
quantidade de mol	9,43E-06	0,0757425	9,2567913	4,378E-09	3,5036619	0,0006073	45,824481	41,338707
quantidade (%)	Ar	Água	Solo	Biota	Sedimento	Folha	Raiz	Caule
	9,43E-06	0,0757425	9,2567913	4,378E-09	3,5036619	0,0006073	45,824481	41,338707
								100 %

Anexo VIII – Valores em quantidade de mol expressos em % gerados através do modelo de fugacidade nível II, para os diferentes compartimentos ambientais.

Características	Valor	Unidades							
temperatura (T)	6829	K							
massa molecular (MM)	372,1	g/mol							
pressão de vapor (PV)	0,00018	Pa							
solubilidade (S)	157	g/m3							
solubilidade (S)	0,421929589	mol/m3							
constante da lei de Henry (H)	0,00034	Pa m3/mol							
log Kow	3,56						3630,780548		
Koc	1226,5								
taxa de emissão	100	mol/h							
fugacidade (f)		Pa							
total VZ	2,71819E+13								
quantidade total do produto	1879366,516	mol							
Propriedades dos compartimentos, composição e taxa									
	ar	água	solo	sedimento	BIOTA	FOLHA	RAIZ	CAULE	
volume (m3)	6000000000	7000000	45000	22000	7	920	3700	4600	
densidade (kg/m3)		989	1550	1200		820	820	850	
fração do carbono	0	0	0,02	0,02	0	0	0	0	

orgânico									
Z (mol/m ³ Pa)	1,7613E-05	2941,17647	55914853	43289118	0,534564	179432,5849	3366472372	2442745858	
fluxo de advecção (m ³ /h)	10000000	1000							
advecção residencial (h)	600	7000							
inflow concentração (mol/m ³)	0,000001	0,01							
inflow (mol/h)	10	10	-	-					
reação da meia-vida (h)	0	189,6	2736	648	4,8	72	0	0	
taxa de reação (c.h-1)	0	0,00365506	0,000253	0,0010694	0,144375	0,009625	0	0	
VZ (mol/Pa)	105677,8861	2,0588E+10	2,52E+12	9,524E+11	3,741948	165077978,1	1,24559E+13	1,12366E+13	
fugacidade (Pa)	6,91405E-08	6,914E-08	6,91E-08	6,914E-08	6,914E-08	6,91405E-08	6,91405E-08	6,91405E-08	
concentração (mol/m ³)	1,21777E-12	0,00020335	3,865979	2,9930297	3,696E-08	0,012406052	232,7594651	168,8925845	
concentração (g/m ³)									
concentração (ug/m ³)									
quantidade (mol)	0,007306618	1423,48016	173969,1	65846,654	2,5872E-07	11,41356816	861210,021	776905,8886	
D reação (mol/Pa h)	176,1298102	2941176,47	0	0	0	0	0	0	
D advecção (mol/Pa h)	0	75251303,1	6,37E+08	1,018E+09	0,54024374	1588875,539	0	0	
taxa de reação (mol/h)	1,21777E-05	0,20335431	0	0	0	0	0	0	
taxa de advecção (mol/h)	0	5,20291008	44,06453	70,419338	3,7353E-08	0,109855594	0	0	

reação (%)									
adveção (%)									
Valor D da adveção total	1732655885								
Valor D da reação total	2941352,6								
Valor de D total	1735597237								
Entrada total do produto (mol/h)	120								
Saída total do produto (mol/h)	120								
Saída pela reação (mol/h)									
Saída pela adveção (mol/h)									
Tempo de residencia total (h)	15661,38764								
Tempo de residencia da reação (h)	0,638946353								
Tempo de residencia da adveção (h)	0,001084674								
Quantidade do produto	1879366,516								
Quantidade (mol)	0,007306618	1423,48016	173969,1	65846,654	2,5872E-07	11,41356816	861210,021	776905,8886	
	3,88781E-07	0,07574255	9,256792	3,5036622	1,3766E-11	0,000607309	45,82448466	41,33871077	100
	Ar	Agua	Solo	Sedimento	Biota	Folha	Raíz	Caule	
	3,88781E-07	0,07574255	9,256792	3,5036622	1,3766E-11	0,000607309	45,82448466	41,33871077	

ANEXO VIX - Resíduo de tetraconazole detectado na palha sob semeadura direta ao longo de 1320 horas.

Período de coleta em horas (h)	Resíduo de tetraconazole (mg kg ⁻¹) na palha
	Semeadura direta
4h antes da 3 ^a aplicação	2,750
4h após da 3 ^a aplicação	5,063
24h após da 3 ^a aplicação	2,313
48h após da 3 ^a aplicação	2,625
120h após da 3 ^a aplicação	6,250
192h após da 3 ^a aplicação	3,375
360h após da 3 ^o aplicação	3,875
1320h após da 3 ^a aplicação	2,750
Testemunha 48h após 3 ^a aplicação	ND*
Testemunha 120h após 3 ^a aplicação	ND
Testemunha 360h após 3 ^a aplicação	ND
Testemunha 1320h após 3a aplicação	ND

*Não Detectável

ANEXO X - Resíduo de tetraconazole detectado nas plantas de soja (folhas, vagens, caule e raiz) sob semeadura convencional e semeadura direta ao longo de 360 horas.

Período de coleta em horas (h)	Resíduo de tetraconazole (mg kg ⁻¹) na Planta	
	Semeadura Convencional	Semeadura direto
4h antes da 3ª aplicação	0,947	0,794
4h após da 3ª aplicação	2,792	1,623
24h após da 3ª aplicação	1,762	1,563
48 após da 3ª aplicação	1,686	1,813
120 após da 3ª aplicação	1,546	1,527
192 após da 3ª aplicação	0,997	1,683
360 após da 3ª aplicação	1,278	1,571
Testemunha 48h após 3ª aplicação	ND**	< LQ***
Testemunha 120h após 3ª aplicação	ND	ND
Testemunha 360h após 3ª aplicação	ND	ND

* Horas após a terceira aplicação

**Não Detectável

*** Limite de Quantificação