



**Mônica Santana Vianna**

**Pesticidas em solos agrícolas de Nova Friburgo,  
RJ: aplicação da metodologia enzimática de  
inibição da AChE e estudos da influência dos  
parâmetros de fertilidade do solo**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Química da PUC-Rio.

Orientadores: Profa. Roberta Lourenço Ziolli  
Prof. Mauro Velho de Castro Faria

Rio de Janeiro  
Abril de 2008



**Mônica Santana Vianna**

**Pesticidas em solos agrícolas de Nova Friburgo,  
RJ: aplicação da metodologia enzimática de  
inibição da AChE e estudos da influência dos  
parâmetros de fertilidade do solo**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Química da PUC-Rio. Aprovada pela  
Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Profa. Roberta Lourenço Ziolli**

Orientadora

Departamento de Química – PUC-Rio

**Prof. Mauro Velho de Castro Faria**

Co-orientador

Depto. de Genética e Biologia Celular – UERJ

**Prof. Josino Costa Moreira**

ENSP / FIOCRUZ

**Profa. Letícia Regina de Souza Teixeira**

Departamento de Química - PUC-Rio

**Dr. Daniel Vidal Pérez**

SNLCS/EMBRAPA

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro  
Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 17 de abril de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Mônica Santana Vianna**

Graduou-se em Ciências Biológicas na UFRJ em 1999. Trabalhou na PESAGRO-RIO durante os anos de 2002 a 2006.

#### Ficha Catalográfica

Vianna, Mônica Santana

Pesticidas em solos agrícolas de Nova Friburgo, RJ : aplicação da metodologia enzimática de inibição da AChE e estudos da influência dos parâmetros de fertilidade do solo / Mônica Santana Vianna ; orientadores: Roberta Lourenço Ziolli, Mauro Velho de Castro Faria. – 2008.

141 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Química) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

CDD:540

Dedico a meu pai, Rubens, e meu marido, Josiel,  
razão de todas as minhas realizações.

## Agradecimentos

Ao meu pai pela compreensão, apoio e cumplicidade em todos os meus momentos.

Ao meu marido pelas horas dedicadas a este trabalho e pelo sentido que deu à minha vida.

À minha orientadora pela confiança em mim depositada.

Ao meu mestre, Mauro Velho, responsável por alimentar o gosto pela pesquisa.

À Claudia Moura pelo profissionalismo, paciência e dedicação.

Aos amigos da PUC-Rio pelo companheirismo.

Ao amigo Felipe pela amizade e ajuda com as fórmulas.

Às amigas do LEA, Danielle e Rachel e do ENZITOX, Fabiana, Carol e Çeixa pelo apoio e amizade.

Às alunas Érika e Amanda pelo apoio e cumplicidade neste trabalho.

À Roberta Lyrio do Santos Neves pelo exemplo de competência e dedicação ao trabalho e aos amigos.

Aos professores da PUC-Rio que souberam ser mais que professores.

Ao CNPq e à PUC-Rio pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos amigos da PESAGRO-RIO pela imprescindível ajuda durante esses seis anos de parceria e amizade.

Ao Daniel pelo apoio com equipamentos, análises e idéias que viabilizaram e alimentaram este trabalho.

## Resumo

Vianna, Mônica Santana; Ziolli, Roberta Lourenço. **Pesticidas em solos agrícolas de Nova Friburgo, RJ: aplicação da metodologia enzimática de inibição da AChE e estudos da influência dos parâmetros de fertilidade do solo.** Rio de Janeiro, 2008. 141p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho visou o desenvolvimento de uma metodologia analítica para a determinação de metomil em solos através da inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE), abordando a influência dos parâmetros de fertilidade do solo. As amostras de solos foram coletadas em áreas agrícolas da microbacia do Córrego de São Lourenço, município de Nova Friburgo, RJ, visando contemplar diferentes categorias de solos e de manejo da região, que é uma das principais produtoras de olerícolas do estado do Rio de Janeiro, com registros de intensa utilização de agrotóxicos. Foi realizado um levantamento das culturas e da utilização de agrotóxicos e seus respectivos modos de aplicação, através de entrevistas com meeiros, produtores e fornecedores, a fim de obter um reconhecimento da área. As metodologias de extração e de determinação enzimática foram otimizadas indicando que não há necessidade de *clean up*, tornando o procedimento de fácil operação, com menor tempo de análise e consumo de reagentes. A utilização de microplacas na medição da atividade enzimática da AChE permitiu o consumo de menores quantidades de enzima e substrato (Acetiltiocolina), reduzindo o tempo de análise. A comparação entre as amostras recentemente contaminadas e as armazenadas por períodos de 24 horas e uma semana, em diferentes condições de temperatura (25°C, 4°C e -15°C), indicou que uma maior estabilidade e conservação das amostras pode ser conseguida a 4°C, porém é dependente da concentração deste metilcarbamato e da composição da matriz. A metodologia otimizada foi aplicada na quantificação de metomil em amostras de solos da região, com sucesso, indicando que pode ser usada em diagnósticos de avaliação ambiental e em programas de

monitoramento de pesticidas anticolinérgicos (carbamatos e/ou organofosforados). A disponibilização de metodologias práticas de baixo custo viabiliza aos órgãos gestores, a implementação efetiva de análises de rotina que poderão, posteriormente, fornecer subsídios para tomadas de decisões governamentais e na elaboração de certificados para o controle fito-sanitário.

### **Palavras-chave**

**Pesticidas, acetilcolinesterase, carbamatos, solos, metomil.**



## Abstract

Vianna, Mônica Santana; Ziolli, Roberta Lourenço. **Pesticides in organic soils of Nova Friburgo RJ: application of the AChE inhibition enzymatic methodology and studies on the influence of soil fertility parameters.** Rio de Janeiro, 2008. 141p. Master's Dissertation – Chemistry Department, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

The objective of this study was to develop an analytical methodology for the determination of metomyl in soils through the inhibition of the enzyme acetylcholinesterase (AChE), also regarding the influence of soil fertility parameters. The soil samples were collected from agricultural areas in the micro-basin of São Lourenço stream, in Nova Friburgo district, RJ, in order to contemplate different soil categories and the areas' agricultural management. This area is one of the main olericole producers in Rio de Janeiro state, with records of intensive use of agrottoxics. A research on the types of cultures and agrottoxic use and their respective application methods was conducted, through interviews with laborers, producers and suppliers, in order to acquaint ourselves with the area. The extraction and enzymatic determination methods were optimized, indicating no need for *clean-up*, which renders the procedure an easy operation, with smaller analysis periods and reagent use. The use of microplates in the measurement of the enzymatic activity of AChE permitted the use of smaller amounts of enzyme and substrate (Acetilcoline), reducing the analysis periods. Comparisons between recently contaminated samples and those stocked for periods varying from 24h to 1 week, in different temperature conditions (25 °C, 4 °C and -15 °C), indicated that a higher sample stability and conservation can be obtained at 4°C, although this is still dependent on the concentration of this methylcarbamate and the matrix constituents. The optimized methodology was applied in the quantification of methomyl in soil samples of the area successfully, indicating that it can be used in environmental evaluation diagnosis and in anticolinergic pesticides (carbamate and/or organophosphates) monitoring programs. The availability of practical and inexpensive

methodologies helps controlling government organs in the effective implementation of routine analysis's that aim to subsidiate government decision-takings and the elaboration of certificates for phyto-sanitary control.

## **Keywords**

Pesticides, acetylcholinesterase, soils, methylcarbamate, methomyl.

## Sumário

1 INTRODUÇÃO	24
1.1. Histórico	24
1.2. Região agrícola de Nova Friburgo, R.J.	30
1.2.1. Caracterização física	30
1.2.2. Dinâmica dos pesticidas no solo	32
1.3. Caracterização da fertilidade	33
1.3.1. Composição granulométrica	33
1.3.2. Complexo Sortivo	33
1.3.3. Potássio Trocável	35
1.3.4. Acidez Potencial	35
1.3.5. pH	37
1.3.6. Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Valor de V (% saturação em bases)	38
1.3.7. P assimilável (fósforo assimilável)	40
1.3.8. Necessidade de Calagem	41
1.4. Comportamento de pesticidas no solo	43
1.5. Metilcarbamatos	49
1.5.1. Metomil	51
1.5.1.1. Toxicidade do metomil	52
1.6. Métodos analíticos	53
1.6.1. Metodologia enzimática de inibição da acetilcolinesterase (AChE)	57
1.7. Princípio	58
1.7.1.1. Acetilcolinesterase como biosensores	59
1.7.1.2. Acetilcolinesterase livre (em solução):	62
2 Objetivos	63
3 PARTE EXPERIMENTAL	65
3.1. Caracterização sócio-econômica	65
3.2. Área de Coleta, amostragem e pré-tratamento dos solos	65
3.2.1. Áreas Agrícolas	66
3.2.2. Mata Primária	69

3.3. Caracterização dos Solos	71
3.3.1. Caracterização do Solo	71
3.3.1.1. Composição granulométrica	71
3.3.1.2. Carbono orgânico	71
3.3.1.3. Nitrogênio total	71
3.3.1.4. pH (em água)	72
3.3.1.5. $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ e $\text{Al}^{3+}$ trocáveis	72
3.3.1.6. $\text{K}^{+}$ e $\text{Na}^{+}$ extraíveis	72
3.3.1.7. Acidez extraível ( $\text{H}^{+}$ + $\text{Al}^{3+}$ )	72
3.3.1.8. $\text{H}^{+}$ extraível	72
3.3.1.9. P assimilável	72
3.3.1.10. Cálculos	73
3.4. Determinação de metomil nas amostras de solos	73
3.4.1. Ajustes das condições experimentais de extração	73
3.4.2. Escolha do solvente de extração	74
3.5. Detecção por inibição da Acetilcolinesterase (AChE)	75
3.5.1. Curva de Inibição da Acetilcolinesterase (AChE) por Lannate (Du Pont)	76
3.6. Variação da concentração do analito (metomil) nas amostras de solos	76
3.7. Análise das amostras de solos agrícolas	77
3.8. Teste de armazenamento e conservação das amostras	77
 4 Resultados	 79
4.1 Caracterização sócio-econômica	79
4.2 Caracterização dos solos	87
4.2.1 Composição granulométrica	87
4.2.2 Complexo Sortivo	88
4.2.2.1 Cálcio + Magnésio	88
4.2.2.2 Potássio	89
4.2.2.3 Acidez Potencial	91
4.2.2.4 pH (Acidez ativa)	92
4.2.2.5 Fósforo assimilável	93
4.2.2.6 Carbono orgânico, Nitrogênio total e Razão C/N	94
4.3 Determinação de metomil	96
4.3.1 Curva de Inibição da AChE por Lannate (Du Pont)	96
4.4 Extração	104
4.4.1 Ajustes das condições experimentais	104

4.4.1.1	Escolha do solvente de extração	104
4.4.1.2	Otimização do volume de solvente para a extração	107
4.4.1.3	Testes da faixa de abrangência do método em relação à variação da concentração de metomil	110
4.4.2	Análises das amostras de solos agrícolas	113
4.5	Teste de armazenamento e conservação das amostras	119
4.5.1	Mata primária (solo florestal)	119
4.5.2	Área agrícola	122
4.5.2.1	Comparação entre as amostras dos dois solos	126
	Conclusões	130
	6 Referências bibliográficas	131

## Lista de figuras

Figura 1 – Representação estrutural dos ciclodienos.	26
Figura 2 – Representação estrutural dos organofosforados.	26
Figura 3 – Representação estrutural genérica dos carbamatos, onde R é um álcool (OH), um grupo oxima (C=NOH), ou anel fenólico, e R' é um H ou grupo metil (–CH).	27
Figura 4 – Representação estrutural genérica dos piretróides.	27
Figura 5 – Fórmula estrutural do Aldicarb (“chumbinho”)	28
Figura 6 – Mapa do estado do Rio de Janeiro com o município de Nova Friburgo em destaque (cor rosa).	30
Figura 7 - Distribuição dos teores de cálcio e magnésio nos solos de Nova Friburgo entre os anos de 2002 e 2006 (Barradas, 2006).	34
Figura 8 – Distribuição dos teores de potássio nos solos de Nova Friburgo entre os anos de 2002 e 2006 (Barradas, 2006).	35
Figura 9 – Distribuição dos teores de $Al^{3+}$ em amostras de solos agrícolas do município de Nova Friburgo (Barradas, 2006).	36
Figura 10 – Distribuição dos valores de pH nas amostras de solo agrícola do município de Nova Friburgo durante os anos de 2002 a 2006 (Barradas, 2006).	37
<b>Figura 11</b> – Distribuição dos valores de V nas amostras de solo agrícola do município de Nova Friburgo entre os anos de 2002 e 2006 (Barradas, 2006).	39
Figura 12 – Distribuição da concentração de fósforo assimilável nas amostras de solo agrícola do município de Nova Friburgo entre 2002 e 2006 (Barradas, 2006).	41
Figura 13 – Necessidade de calagem para os solos da região agrícola de Nova Friburgo, R.J (Barradas, 2006).	42
Figura 14 – Fórmula estrutural do metil-carbamato metomil	52
Figura 15 – Fórmula estrutural do Tiodicarbe.	52
Figura 16 – Degradação da acetilcolina promovida pela ação catalítica da acetilcolinesterase.	58

Figura 17 – Distribuição das bacias hidrográficas no município de N. Friburgo	66
Figura 18 – Vista do leito do rio São Lourenço nas proximidades da área de amostragem.	67
Figura 19 - Vista geral da área de amostragem de solos com mata remanescente à direita.	67
Figura 20 – Vista geral dos pontos de coleta.	69
Figura 21 – Foto do quadrados de solo de 30cm com 50cm de profundidade.	70
Figura 22 – Foto da microplaca com as incubações enzimáticas com adição de substrato e reativo de cor.	75
Figura 23 – Distribuição das culturas de inverno, em porcentagem de área, nas localidades de Campestre e Baixada de Salinas durante o ano de 2007.	80
Figura 24 – Distribuição dos pesticidas por Classe Ambiental.	82
Figura 25 – Distribuição dos pesticidas por classe toxicológica.	83
Figura 26 – Diagrama triangular utilizado para a determinação da classe textural do solo de acordo com a adoção e adaptação da Comissão de Métodos de Trabalho de Campo, as Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.	
Foi empregada a Escala Internacional de fração do solo.	88
Figura 27 – Curva de Inibição da acetilcolinesterase (AchE) por Lannate (Du Pont). A atividade dos controles (100% de atividade enzimática) foi de 0,07. Cada valor de concentração considerou a resposta de triplicatas com as respectivas barras de erro.	97
Figura 28 – Regressão logarítmica da curva de Inibição da AchE por Lannate.	98
Figura 29 – Curva de Inibição da acetilcolinesterase (AChE) por Lannate (Du Pont). A atividade dos controles (100% de atividade enzimática) foi de 0,075. Cada valor de concentração considerou a resposta de triplicatas com as respectivas barras de erro.	99
Figura 30 – Regressão logarítmica da curva de inibição da AchE por Lannate.	100
Figura 31 – Gráfico do Ln da concentração de metomil versus o desvio vertical (resíduo).	101

Figura 32 – Curva de Inibição da acetilcolinesterase (AChE) por Lannate (Du Pont). A atividade dos controles (100% de atividade enzimática) foi de 0,07. Cada valor de concentração considerou a resposta de triplicatas com as respectivas barras de erro.	102
Figura 33 – Regressão logarítmica da curva de inibição da AchE por Lannate.	102
Figura 34 – Gráfico do Ln da concentração de metomil versus o desvio vertical (resíduo).	103
Figura 35 – Gráfico com a porcentagem de recuperação de metomil em solo florestal (40-50 cm) em três diferentes concentrações.	112
Figura 36 – Concentração de compostos anticolinérgicos totais (Lannate- Du Pont) em duplicatas de amostras de solo (não fortificadas) dos 11 pontos de coleta.	114
Figura 37 – Representação da média, desvio e erro padrão da concentração de metomil recuperada nas triplicatas das amostras de solos fortificados.	116
Figura 38 – Gráfico normal de probabilidade evidenciando a distribuição normal dos dados de concentração de metomil encontrados nas amostras de solos.	117
Figura 39 – Gráfico da porcentagem de recuperação de metomil após 24 horas de armazenagem sob as três condições de temperaturas.	121
Figura 40 – Gráfico da porcentagem de recuperação de metomil (Lannate) durante os três dias de conservação nas três temperaturas propostas.	122
Figura 41 – Gráfico das porcentagens de recuperação de metomil (Lannate) nas amostras de solo agrícola fortificadas analisadas no dia 1, após 24 horas e uma semana de armazenamento, sob três temperaturas.	125
Figura 42 – Gráfico da concentração das sub-amostras de solos (sem fortificação) analisadas no dia 1, após 24 horas e uma semana de armazenamento, sob três temperaturas. Barra de erro com 95% de confiança.	126



## Lista de tabelas

Tabela 1 – Propriedades Físico-químicas e valores toxicológicos de alguns metilcarbamatos.	50
Tabela 2 – Valores Toxicológicos de metomil em água potável (EPA e WHO).	53
Tabela 3 – Perfil de manejo das áreas de amostragem dos solos na região de Campestre/Baixada de Salinas.	68
Tabela 4 – Fórmulas dos parâmetros de fertilidade: Valor de S, Valor de T, Valor de V e saturação com alumínio.	73
Tabela 5 – Lista dos inseticidas mais utilizados na região de Campestre e Baixada de Salinas.	81
Tabela 6 – Granulometria e classe textural das amostras de solo.	87
Tabela 7 – Teores dos principais cátions de solo das amostras. Indicação da classe de referencia de fertilidade para $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ onde Mb é muito baixo, A é alto e Ma é muito alto.	89
Tabela 8- Teores de $\text{K}^+$ nas amostras de solo e sua classificação quanto a fertilidade, onde Mb é muito baixo, B é baixo, M é médio e Ma é muito alto.	90
Tabela 9 – Acidez potencial dos solos expressa como teores de $\text{Al}^{+3}$ e $\text{H}^+$ .	91
Tabela 10 – Valores de pH dos solos classificados segundo a classificação de Almeida e Freire (1988), onde Ea significa extremamente ácido, Fa significa fortemente ácido, Pn significa praticamente neutro, Ma significa moderadamente alcalino e Ea significa extremamente alcalino.	93
Tabela 11 – Teores de fósforo nas amostras do solo de Nova Friburgo, R.J.	94
Tabela 12 – Valores de carbono orgânico nos solos coletados e sua razão C/N.	95
Tabela 13 – Valores de porcentagem de inibição da AChE sob concentração de metomil (Lannate) na faixa de 0,1 a 0,8 $\text{mg L}^{-1}$ em solução de incubação de 300 $\mu\text{L}$ . Média de 3 replicatas.	96
Tabela 14 – Tabela logarítmica da reta de regressão do Ln da concentração de metomil versus porcentagem de inibição da AChE.	98
Tabela 15 – Valores de porcentagem de inibição da AChE sob concentração de metomil (Lannate) na faixa de 0,1 a 0,8 $\text{mgL}^{-1}$	

em solução de incubação de 300 µL.	
Média de triplicatas e desvio padrão.	99
Tabela 16 – Tabela da análise de variância (ANOVA) da reta de regressão logarítmica.	100
Tabela 17. Valores de porcentagem de inibição da AChE sob concentração de metomil (Lannate) na faixa de 0,1 a 0,8 mg L <sup>-1</sup> em solução de incubação de 300 µL. Média de triplicatas e desvio padrão.	101
Tabela 18 – Tabela de ANOVA para a equação de regressão da curva de inibição da AChE.	103
Tabela 19 – Equação média da curva de inibição de AChE por metomil (Lannate)	103
Tabela 20 – Determinação de metomil (Lannate-Du Pont) com alíquota de 11 µL.	104
Tabela 21 – Determinação de Metomil (Lannate) com alíquota de 16,4 µL.	105
Tabela 22 – Análise de variância de fator único (ANOVA) para as concentrações de Metomil obtidas na amostra de solo florestal superficial.	105
Tabela 23 – Determinação de metomil (Lannate) em amostras de solo de profundidade, considerando alíquota de 11 µL do extrato bruto.	106
Tabela 24 – Teste F para comparação das variâncias entre as médias das concentrações das amostras das duas profundidades.	106
Tabela 25 – Recuperação obtida com extração (EPA, 1994), EPA modificado (1) e EPA modificado (2) / Alíquota de 12 µL.	107
Tabela 26 – Recuperação obtida com extração (EPA, 1994), EPA modificado (1) e EPA modificado (2) / Alíquota de 30 µL.	108
Tabela 27 – Recuperações de metomil nos três métodos de extração, indicando a média e desvio padrão das sub-amostras.	108
Tabela 28 – Análise de variância das porcentagens de recuperação de metomil encontradas a partir de diferentes alíquotas do extrato de três sub-amostras de solo no método EPA.	108
Tabela 29 – Análise de variância para as porcentagens de recuperação de metomil encontradas a partir de diferentes alíquotas do extrato para três sub-amostras de solo no método EPA modificado(1).	109
Tabela 30 – Análise de variância para as porcentagens de recuperação de Metomil encontradas a partir de	

diferentes alíquotas do extrato para três sub-amostras de solo no método EPA modificado (2)	109
Tabela 31 – ANOVA ( fator duplo) para porcentagem de recuperação de Metomil por três métodos de extração testados em triplicata (sub-amostras).	109
Tabela 32 – Determinação de metomil (Lannate) em alíquotas de 20 µL	110
Tabela 34- Determinação de metomil (Lannate) em alíquota de 40 µL.	110
Tabela 33 – Determinação de metomil (Lannate) em alíquota de 60 µL.	111
Tabela 34 – Valores de porcentagem de recuperação de metomil das três replicatas, considerando as três alíquotas do extrato bruto.	111
Tabela 35 – Valores de porcentagem de recuperação de metomil das três replicatas, considerando as três alíquotas do extrato bruto.	111
Tabela 36 – Valores de porcentagem de recuperação de metomil das três replicatas, considerando as três alíquotas do extrato bruto para a concentração de 0,1 mg Kg <sup>-1</sup> .	112
Tabela 37 – ANOVA (fator único) para as três concentrações de contaminação das amostras de solo.	112
Tabela 38 – Perfil de manejo das áreas de amostragem dos solos na região de Campestre/Baixada de Salinas.	115
Tabela 39 – Concentração de metomil Lannate - Du Pont) nas amostras de solo fortificadas com 1 mg Kg <sup>-1</sup> , indicando média e desvio padrão.	115
Tabela 40 – ANOVA (Fator duplo sem repetição) das concentrações dos 11 tipos de solos fortificados com metomil (Lannate).	117
Tabela 41 – Porcentagem de recuperação de metomil (Lannate) em solo florestal fortificado.	119
Tabela 42 – ANOVA (fator único) das determinações de concentração de metomil (Lannate) na amostra de solo florestal contaminado na determinação antes da conservação.	119
Tabela 43 – ANOVA (fator duplo sem repetição) para recuperações de metomil nas triplicatas das amostras conservadas nas três temperaturas (por 24 horas).	120
Tabela 44 – ANOVA (fator duplo) das recuperações de metomil nas determinações imediatas e após 24 horas	

de armazenagem (nas três temperaturas).	120
Tabela 45 - ANOVA (fator único) das recuperações de metomil das amostras conservadas a três temperaturas durante sete dias.	121
Tabela 46 – ANOVA (fator duplo sem repetição) das recuperações de metomil nas amostras armazenadas por 24 horas e sete dias nas três temperaturas.	122
Tabela 47 – Porcentagem de recuperação de metomil (Lannate) em solo agrícola por triplicata armazenada nas três temperaturas.	123
Tabela 48 – ANOVA (fator único) para comparação das determinações de metomil, imediatamente após a contaminação.	123
Tabela 49 – ANOVA (fator duplo sem repetição) das recuperações de metomil 24 horas de armazenagem em três temperaturas.	123
Tabela 50 – ANOVA (fator duplo sem repetição) das recuperações de metomil em amostra com sete dias de armazenagem	124
Tabela 51 – Concentração de metomil das amostras de solo agrícola (sem fortificação).	126
Tabela 52 – ANOVA (fatorial) para comparação das concentrações de metomil das amostras dos dois solos nas três diferentes temperaturas (no 7º dia).	127

## LISTA DE ABREVIATURAS

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde

OMS – Organização Mundial de Saúde

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Sw – Solubilidade em água

SNC – Sistema Nervoso Central

FAD – Flavina Adenina Dinucleotídeo

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry

K<sub>oc</sub> – Soil organic partition coefficient

Kow – Coeficiente Octanol-água

LMR – Limite máximo de resíduo

EPA – Environmental Protection Agency

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

WHO – World Health Organization

IPCS – The International Programme on Chemical Safety

EFSA – European Food Safety Authority

DT<sub>50</sub> – Tempo de dissipação de 50%

AChE – Acetilcolinesterase

LVA – Latossolo Vermelho-Amarelo

LH – Latossolo Húmico

PVA – Podzólico Vermelho-Amarelo

CA – Cambissolo

CH – Cambissolo Húmico

A – Solo Aluvial

RE – Litossolo

AR – Afloramento rochoso

REBRAF – Rede Brasileira Agroflorestral

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropécuária

CEASA-RJ – Centrais de Abastecimento do Rio de Janeiro

PESAGRO-RIO – Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio de Janeiro.

EENF – Estação Experimental de Nova Friburgo

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

V – Valor de V (% de saturação em bases)

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

SINDAG – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola

PND – Plano Nacional de Desenvolvimento

PARA – Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos

MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Fundação CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro

EC<sub>50</sub> – Concentração efetiva

IEF – Instituto Estadual de Florestais

PESAGRO-Rio – Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio de Janeiro

EENF – Estação Experimental de Nova Friburgo

CL<sub>50</sub> - Concentração Letal (capaz de matar 50% da população exposta)

HA – Lifetime Health Advisory

MASE – Microwave Assisted Solvent Extraction

SFE – Supercritical Fluid Extraction

HPLC – High Performance Liquid Chromatography

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

BuChE – Butirilcolinesterase

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

GC – Cromatografia Gasosa

HPLC-MS – High Performance Liquid chromatography (acoplado a espectrometria de massa)

HLC-F – High Performance Liquid chromatography (acoplado a detector de fluorescência)

HPLC-UV – High Performance Liquid chromatography (acoplado a detector de ultravioleta)

ChO – Colina Oxidase

DTNB – 55'-ditiobis-(Ácido 2-nitrobenzóico)

MOS – Matéria Orgânica do Solo

ANOVA – Análise de Variância

MAE - Microwave-assisted Extraction

“Isso é coisa de biólogo”

Frase de colegas e professores que conviveram comigo durante o mestrado.