

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**VALORAÇÃO ECONÔMICA PELO MÉTODO CUSTO DE  
REPOSIÇÃO DO EFEITO DA EROSÃO EM SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**ADRIANE CRISTINE VASCONCELOS PUGLIESI**

CAMPINAS  
AGOSTO 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**VALORAÇÃO ECONÔMICA PELO MÉTODO CUSTO DE  
REPOSIÇÃO DO EFEITO DA EROÇÃO EM SISTEMAS DE  
PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

Dissertação de Mestrado submetida à banca  
examinadora para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Agrícola, na área de  
concentração em Água e Solo.

**ADRIANE CRISTINE VASCONCELOS PUGLIESI**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Mara de Andrade Marinho Weill**

CAMPINAS  
AGOSTO 2007

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

P96v Pugliesi, Adriane Cristine Vasconcelos  
Valoração econômica pelo método custo de reposição  
do efeito da erosão em sistemas de produção agrícola /  
Adriane Cristine Vasconcelos Pugliesi. --Campinas, SP:  
[s.n.], 2007.

Orientador: Mara de Andrade Marinho Weill  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Plantio direto. 2. Milho. 3. Solos – erosão. 4.  
Solos – Degradação. 5. Solos – Esgotamento. I. Weill,  
Mara de Andrade Marinho. II. Universidade Estadual de  
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.  
Título.

Título em Inglês: Economical valuation of the erosion effect in management  
agricultural systems using the replacement cost method

Palavras-chave em Inglês: Direct drilling, Conventional systems, Corner, Soil  
loss, Nutrients loss

Área de concentração: Água e solo

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora: João Fernando Marques, Jenner Fernando Leite de  
Moraes e Bernardo van Raij

Data da defesa: 27/08/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Adriane Cristine Vasconcelos Pugliesi**, aprovada pela Comissão Julgadora em 27 de agosto de 2007, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mara de Andrade Marinho Weill**  
**FEAGRI/UNICAMP**



---

**Dr. João Fernando Marques - Membro Titular**  
**EMBRAPA/Jaguaruna**



---

**Prof. Dr. Jener Fernando Leite de Moraes - Membro Titular**  
**IAC/Campinas**



---

**Dr. Bernardo Van Raij - Membro Titular**  
**IAC/Campinas**

Faculdade de  
**Engenharia Agrícola**  
Unicamp

*“A degradação dos recursos da terra pode ser atribuída à ignorância, incerteza ou a falta de alternativa mas, essencialmente, é fruto de usar a terra no presente sem o olhar voltado para o futuro”.*

*FAO (1996)*

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu esposo José e ao meu filho Gianluca pelo amor e compreensão, e aos meus pais, Joaquim e Mercedes, pelo amor, oportunidade e sacrifícios.

## AGRADECIMENTOS

À Profa. Dr<sup>a</sup> Mara de Andrade Marinho Weill, minha orientadora, pela oportunidade concedida, pela incansável e valiosa orientação e principalmente pelo apoio, amizade e confiança, depositados em mim, sem os quais esse trabalho não teria sido realizado.

À Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), pela confiança e por me dar condições para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr João Fernandes Marques pela inestimável ajuda e esclarecimentos de dúvidas sempre que precisei.

Ao Prof. Dr Bastian Philip Reydon e Prof. Dr Ademar Ribeiro Romeiro, professores do Instituto de Economia da UNICAMP por sempre me terem incentivado e enriquecido com seus conhecimentos e sua experiência acadêmica.

Aos professores da FEAGRI pelo apoio e desenvolvimento deste trabalho e por terem contribuído para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico, em especial ao Prof. Dr. Roberto Testezlaf e ao Prof. Dr Edson Eiji Matsura.

Aos técnicos e amigos do laboratório de solos, Junior e Célia, e ao supervisor do Campo Experimental Lucarelli pelo apoio técnico e auxílio.

Aos funcionários de apoio da pós-graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI).

Ao Instituto de Economia Agrícola, em especial aos pesquisadores Célia Murad e Benedito Freitas, economistas, a Dr<sup>a</sup> Celma da Silva Lago Baptistella, Socióloga e a Vagner Azarias Martins, Estatístico que além de disponibilizarem dados necessários, me apoiaram tecnicamente.

À pesquisadora Elizabeth Nogueira, amiga com que pude contar quando em dificuldades.

À todos os amigos de pós-graduação, que ajudaram no desenvolvimento deste trabalho e pela alegria do convívio em especial a minha amiga Cristina por sua ajuda e incentivo para a realização deste trabalho.

A todos aqueles, que de uma forma ou de outra, fizeram com que o trabalho chegasse ao fim e fosse apresentado.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. HIPÓTESE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. SUSTENTABILIDADE NAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2. A EROSÃO ACELERADA DO SOLO E SEUS IMPACTOS.....</b>	<b>7</b>
3.2.1. Caracterização do processo da erosão acelerada.....	7
<b>3.3. SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA.....</b>	<b>11</b>
3.3.1. Sistemas Convencionais de Produção Agrícola .....	12
3.3.2. Sistemas Conservacionistas de Produção Agrícola.....	15
<b>3.4. CONSEQÜÊNCIAS ECONÔMICAS DA EROSÃO ACELERADA DO SOLO.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5. VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS RECURSOS NATURAIS.....</b>	<b>23</b>
3.5.1. Valor Econômico .....	25
3.5.2. Métodos de Valoração .....	26
3.5.2.1. Métodos Diretos.....	27
3.5.2.2. Métodos Indiretos.....	31
<b>3.6. VALORAÇÃO DA EROSÃO E SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA.....</b>	<b>37</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1. LOCAL DA PESQUISA.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2. CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO DA PRIMEIRA FASE (1990 A 1996) .....</b>	<b>42</b>
<b>4.3. CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO ATUAL (2003 A 2005) .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4. VALORAÇÃO ECONÔMICA DA EROSÃO DO SOLO.....</b>	<b>46</b>
4.4.1. Método de Valoração Custo de Reposição .....	46
4.4.1.1. Cálculo dos valores de perdas de nutrientes em kg ha <sup>-1</sup> para o período da safra de milho.....	47
4.4.1.2. Cálculo das quantidades de fertilizantes necessárias para repor às perdas de nutrientes.....	49
4.4.1.3. Obtenção dos preços dos fertilizantes, (R\$ Mg <sup>-1</sup> ) .....	50
4.4.1.4. Custo de aplicação dos fertilizantes (R\$ ha <sup>-1</sup> ) .....	50
<b>4.5 CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO .....</b>	<b>51</b>
4.5.1 Ensaio Atual 2003 a 2005 .....	51
4.5.1.1 Cálculo da Produtividade Relativa – Uniformização dos ensaios .....	53
<b>4.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....</b>	<b>53</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>5.1. PRODUTIVIDADE DO MILHO NA ÁREA DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS.....</b>	<b>54</b>
<b>5.2. PERDAS DE TERRA POR EROSÃO NAS PARCELAS EXPERIMENTAIS NO ENSAIO ANTERIOR E NO ENSAIO ATUAL .....</b>	<b>60</b>
<b>5.3. PERDA DE TERRA VERSUS PRODUTIVIDADE (ENSAIO ANTERIOR 1990/96).....</b>	<b>69</b>
5.3.1 Perda de nutrientes por safra em função da perda de terra - ensaio anterior (1990 a 1996).....	72
5.3.2. Perda de nutrientes por safra em função da perda de terra ensaio atual (2003 a 2005).....	77

5.4. CUSTO DE REPOSIÇÃO .....	80
6. CONCLUSÕES .....	88
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
9. ANEXOS .....	106
10. APÊNDICES.....	118

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Vista aérea das oito parcelas experimentais do Campo Experimental da FEAGRI/UNICAMP, Campinas (SP).	40
Figura 2. Detalhe dos tanques coletores do Campo Experimental da FEAGRI/UNICAMP, Campinas (SP).	41
Figura 3. Variação da produtividade de milho pipoca nas parcelas experimentais corrigidas para a umidade 14,5% no período entre 1990 a 1996.	56
Figura 4. Perdas de terra no Ensaio Anterior (Médias por tratamento no período entre 1990 – 1996).	63
Figura 5. Perdas médias de terra nas parcelas experimentais do ensaio atual (2003/04 a 2004/05), comparação entre tratamentos (sistema plantio direto com plantio convencional).	68
Figura 6. Perdas médias de terra x Produtividade nas parcelas experimentais do ensaio anterior (1990 – 1996).	69
Figura 7. Perdas médias de terra x Produtividade nas parcelas experimentais do ensaio atual, Safras 2003 a 2004, comparação entre tratamentos (sistema plantio direto com plantio convencional).	70
Figura 8. Perdas médias de terra x Produtividade nas parcelas experimentais do ensaio atual, Safras 2004 a 2005, comparação entre tratamentos (sistema plantio direto com plantio convencional).	70
Figura 9. Comparação entre Tratamentos Custo Reposição de Nutrientes perdidos do ensaio anterior (1990 – 1996 ).	82
Figura 10. Média Custo Reposição de Nutrientes Perdidos do ensaio atual 2003/04 e 2004/05, <sup>(2)</sup> Tratamento: SPD (sistema de plantio direto); PC (plantio convencional ).	87

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Correspondência entre Unidades.	47
Tabela 2. Produtividade de milho pipoca nas parcelas experimentais no ensaio anterior (1990 – 1996), corrigida para 14,5% de umidade.	55
Tabela 3. Estatísticas descritivas da produtividade de milho pipoca do ensaio anterior (1990 – 1996).	56
Tabela 4. Produtividade de milho no ensaio atual (2003 – 2005) após correção para 14,5% de umidade.	58
Tabela 5. Estatísticas descritivas da produtividade de milho (Variedade SHS 4050) no ensaio atual para duas safras.	59
Tabela 6. Perdas totais de terra nas parcelas experimentais do ensaio anterior (1990 – 1996).	61
Tabela 7. Estatísticas descritivas das Perdas de terra do ensaio anterior (1990 - 1996).	62
Tabela 8. Perdas totais de terra nas parcelas experimentais do ensaio atual (2003 – 2005).	64
Tabela 9. Estatísticas descritivas das Perdas de terra nas parcelas experimentais do ensaio atual (2003 a 2005).	67
Tabela 10. Perda de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio anterior (1990 -1996).	74
Tabela 11. Estatísticas descritivas das Perdas de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio anterior (1990 – 1996).	76
Tabela 12. Perda de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio atual (2003 – 2005).	77
Tabela 13. Estatísticas descritivas das Perdas de nutrientes por tratamento (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio atual (2003 - 2005).	79
Tabela 14. Total do custo de reposição de nutrientes <sup>(1)</sup> perdidos por tratamento dos ensaio anterior (1990 – 1996).	81
Tabela 15. Estatísticas descritivas do custo de reposição de nutrientes(1) perdidos por tratamento do ensaio anterior (1990 - 1996).	83
Tabela 16. Total do custo de reposição de nutrientes <sup>(1)</sup> perdidos por tratamento do ensaio atual (2003 - 2005).	86

Tabela 17. Estatísticas descritivas do custo de reposição de nutrientes <sup>(1)</sup> perdidos por tratamento do ensaio atual (2003 - 2005).	87
---	----

Anexos:

Tabela A.1. Características físicas e químicas do perfil 1245. Unidade Barão Geraldo.	107
---	-----

Tabela B.1. Resultados dos valores dos macronutrientes no material erodido - (média) análise química da perda de terra nas safras de 1990/91 a 1995/96.	108
---	-----

Tabela B.2. Resultados dos valores dos macronutrientes no material erodido - análise química da perda de terra nas safras de 2003 a 2004.	109
---	-----

Tabela B.3. Somatória de unidades dos macronutrientes perdidos na safra 2003/04.	110
--	-----

Tabela B.4. Resultados dos valores dos macronutrientes no material erodido – Análise química da perda de terra na safra 2004/05 (resultados apresentados pelo laboratório).	111
---	-----

Tabela B.5. Somatória de unidades dos macronutrientes perdidos na safra 2004/05.	114
--	-----

Tabela C.1. Preços médios mensais da tonelada de calcário dolomítico, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	113
---	-----

Tabela C.2. Preços médios mensais de cloreto de potássio, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	114
---	-----

Tabela C.3. Preços médios mensais de superfosfato simples, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	115
--	-----

Tabela C.4. Preços médios mensais de uréia, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	116
---	-----

Tabela D.1. Valores correntes e corrigidos de diaristas, estado de São Paulo, de abril de 1990 a novembro de 2005.	117
--	-----

Apêndices:

Tabela A.1. Conversão de dados obtidos (macronutrientes perdidos) nas determinações em centímol <sub>c</sub> para miligramas por quilo (mg kg <sup>-1</sup> ) ou gramas por kg <sup>-1</sup> nas safras de 1990/91 a 1995/96.	118
---	-----

Tabela A.2. Conversão de dados obtidos (macronutrientes perdidos) nas determinações em centímol <sub>c</sub> para miligramas por quilo (mg kg <sup>-1</sup> ) ou gramas por kg <sup>-1</sup> na safra 2003/04.	120
--	-----

Tabela A.3. Conversão de dados obtidos (macronutrientes perdidos) nas determinações em centímol <sub>c</sub> para miligramas por quilo (mg kg <sup>-1</sup> ) ou gramas por kg <sup>-1</sup> na safra 2004/05.	120
Tabela A.4. Quantidade de macronutrientes perdidos junto com o material erodido relativo às safras de 1990/91 a 1995/96.	121
Tabela A.5. Quantidade de macronutrientes perdidos junto com o material erodido relativo as safras 2003/04 e 2004/05.	123
Tabela B.1. Preços <sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de calcário dolomítico, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	124
Tabela B.2. Preços <sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de cloreto de potássio, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	124
Tabela B.3. Preços <sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de superfosfato simples, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	125
Tabela B.4. Preços <sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de uréia, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.	125
Tabela B.5. Custos Médios em Reais (R\$/2005) de Fertilizantes.	126
Tabela B.6. Custos Médios Reais (R\$/2005) de Aplicação de Fertilizantes para a cultura do Milho para o Estado de São Paulo – hectare/ano.	126
Tabela C.1. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1990/91	127
Tabela C.2. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1990/91.	127
Tabela C.3. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1990/91.	128
Tabela C.4. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1990/91.	128
Tabela C.5. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1990/91	129
Tabela C.6. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1990/91	129
Tabela C.7. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1990/91.	130
Tabela C.8. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1990/91.	130

Tabela C.9. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1991/92.	131
Tabela C.10. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1991/92.	131
Tabela C.11. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1991/92.	132
Tabela C.12. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1991/92.	132
Tabela C.13. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1991/92.	133
Tabela C.14. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1991/92.	133
Tabela C.15. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1991/92.	134
Tabela C.16. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1991/92.	134
Tabela C.17. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1992/93.	135
Tabela C.18. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1992/93.	135
Tabela C.19. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1992/93.	136
Tabela C.20. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1992/93.	136
Tabela C.21. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1992/93.	137
Tabela C.22. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1992/93.	137
Tabela C.23. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1992/93.	138
Tabela C.24. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1992/93.	138
Tabela C.25. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1993/94.	139

Tabela C.26. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1993/94.	139
Tabela C.27. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1993/94.	140
Tabela C.28. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1993/94.	140
Tabela C.29. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1993/94.	141
Tabela C.30. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1993/94.	141
Tabela C.31. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1993/94.	142
Tabela C.32. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1993/94.	142
Tabela C.33. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1994/95.	143
Tabela C.34. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1994/95.	143
Tabela C.35. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1994/95.	144
Tabela C.36. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1994/95.	144
Tabela C.37. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1994/95.	145
Tabela C.38. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1994/95.	145
Tabela C.39. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1994/95.	146
Tabela C.40. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1994/95.	146
Tabela C.41. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1995/96.	147
Tabela C.42. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1995/96.	147

Tabela C.43. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1995/96.	148
Tabela C.44. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1995/96.	148
Tabela C.45. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1995/96.	149
Tabela C.46. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1995/96.	149
Tabela C.47. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1995/96.	150
Tabela C.48. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1995/96.	150
Tabela C.49. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (SPD1) na safra 2003/04.	151
Tabela C.50. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (SPD2) na safra 2003/04.	151
Tabela C.51. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (SPD3) na safra 2003/04.	152
Tabela C.52. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (SPD4) na safra 2003/04.	152
Tabela C.53. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (PC5) na safra 2003/04.	153
Tabela C.54. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (PC6) na safra 2003/04.	153
Tabela C.55. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (PC7) na safra 2003/04.	154
Tabela C.56. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (PC8) na safra 2003/04.	154
Tabela C.57. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (SPD1) na safra 2004/05.	155
Tabela C.58. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (SPD2) na safra 2004/05.	155
Tabela C.59. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (SPD3) na safra 2004/05.	156

Tabela C.60. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (SPD4) na safra 2004/05.	156
Tabela C.61. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (PC5) na safra 2004/05.	157
Tabela C.62. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (PC6) na safra 2004/05.	157
Tabela C.63. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (PC7) na safra 2004/05.	158
Tabela C.64. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (PC8) na safra 2004/05	158

## RESUMO

A erosão acelerada do solo constitui um processo importante de degradação da qualidade das terras agrícolas e do ambiente circundante. A avaliação dos efeitos da erosão em sistemas de produção agrícola, com ênfase nos aspectos econômicos da produção, representa uma valiosa ferramenta de análise para obtenção de subsídios ao planejamento do uso agrícola em bases sustentáveis. Este trabalho teve por objetivo valorar do ponto de vista econômico a erosão do solo agrícola a partir de diferentes sistemas de cultivo de milho em parcelas experimentais. A pesquisa foi desenvolvida no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP (SP), na área correspondente às parcelas experimentais, conduzidas com diferentes sistemas de manejo em duas fases designadas por Ensaio Anterior (1990 a 1996) e Ensaio Atual (2003 a 2005). Foram avaliados dados de produtividade das culturas, de perdas de terra e de nutrientes por erosão e calculados os custos de reposição dos nutrientes. Para o Ensaio Anterior, os resultados em termos de produtividade de milho pipoca, indicam o melhor tratamento como tendo sido T1– Grade Aradora e o pior T8– Enxada Rotativa, sendo o rendimento do primeiro 54% superior em relação ao segundo. Para perda de terra, os resultados revelam que houve significância estatística entre tratamentos sendo que as perdas médias foram menores para os tratamentos conservacionistas, com destaque para o tratamento T4– Plantio Direto. As perdas de nutrientes também diferiram significativamente entre tratamentos, qualificando-as como um importante parâmetro na avaliação econômica do efeito da erosão sobre a qualidade do solo. Com relação ao custo reposição dos nutrientes, as parcelas sob tratamento convencional apresentaram, como esperado, os maiores custos em função das maiores perdas. Para o Ensaio Atual, na safra 2003/04, a produtividade média de grãos das parcelas manejadas sob sistema plantio direto foi de 9.053,33 kg ha<sup>-1</sup>, contra 8.062,03 kg ha<sup>-1</sup> das parcelas sob sistema convencional e na safra 2004/05, os valores foram respectivamente de 8.440,00 kg ha<sup>-1</sup> e 7.346,25 kg ha<sup>-1</sup>. Embora, não tenha sido caracterizada significância estatística entre tratamentos, produtividades superiores em 12% e em 15%, obtidas nas parcelas manejadas sob sistema plantio direto nas duas safras, representam um ganho significativo de receita para o produtor. Em termos absolutos, as perdas de terra por erosão e as perdas de nutrientes foram maiores para o plantio convencional (PC) em relação ao sistema plantio direto (SPD), mas não foi caracterizada significância estatística em função dos

elevados coeficientes de variação. Em termos médios, os resultados do custo reposição indicam valores mais baixos nas duas safras para as parcelas sob SPD. A valoração econômica da degradação do solo pela erosão acelerada, utilizando o método de custo reposição dos nutrientes perdidos devido aos processos erosivos, demonstrou ser uma alternativa promissora para avaliação da sustentabilidade de sistemas agrícolas. Embora no presente trabalho apenas parte do custo de degradação por erosão tenha sido valorada, pôde-se observar uma tendência de superioridade em termos dos sistemas agrícolas mais conservacionistas em relação aos sistemas convencionais, no que refere ao controle da erosão e, por conseguinte, à diminuição dos custos de reposição de nutrientes. No presente trabalho, não foi possível comprovar a ocorrência de degradação temporal do solo por erosão, que poderia ser medida pela variação da produtividade da terra, tendo em vista se tratar de um solo resiliente, de baixa erodibilidade, cujo manejo com nutrientes por meio de adubação compensa os efeitos da erosão, mantendo a produtividade do sistema no período analisado.

## ABSTRACT

Soil erosion is an important process of land and environment degradation. The evaluation of the erosion effects on agricultural production systems, with emphasis in economical aspects of production process, constitutes a valuable tool to acquire useful subsidies to the agricultural use planning in a sustainable basis. The main objective of this work was to apply an economic valuation method, as a manner of including part of the costs due to erosion in the agricultural production process. The study was conducted in the Experimental Area of the Agricultural Engineering College of UNICAMP (SP), in plots used with different management systems. The work was performed in two stages, referred by Previous Essay (1990 to 1996) and Present Essay (2003 to 2005). They were analyzed data of corn yield, soil and nutrients losses. In economic evaluation, the replacement cost approach was used. For Previous Essay (1990 to 1996), the obtained results showed that the biggest value of corn productivity occurred in T1- Heavy harrow treatment and the minor value in T8- Rotary tiller treatment. The yield of the first treatment was 54% larger than that of the second. In relation to soil losses, the differences between treatments were significant. The soil losses were smaller in conservationist treatments, especially in the T4- Direct drilling treatment. Soil nutrient losses were also significantly different between treatments, qualifying them as an important parameter for economic evaluation of the erosion effect on soil quality. The plots under conventional treatments presented the biggest nutrients replacement costs, probably due the major soil losses occurred in these plots. For Present Essay, in the first year (2003/04), the corn average yield from plots under Direct-drilling system was 9,053.33 kg ha<sup>-1</sup>, against 8,062.03 kg ha<sup>-1</sup> obtained from plots under Heavy harrow system. In the second year (2004/05), the values were respectively of 8,440.00 kg ha<sup>-1</sup> and 7,346.25 kg ha<sup>-1</sup>. Although significant differences between treatments were not characterized, gains of 12% and 15% on corn yields from plots under Direct-drilling system represent important increases of income to the producer. The soil and nutrients losses were larger in plots managed under conventional system (heavy harrow); however, significant differences were not characterized in this case, probably due to the high coefficients of variation. The nutrients replacement costs were smaller for the plots under Direct-drilling system. The valuation of soil degradation by erosion using the replacement cost approach is a promising alternative to the economic sustainability evaluation of agricultural

systems. Even though in present work only part of the cost of soil degradation due to erosion had been studied, a tendency of advantage of the conservationist systems comparing with the conventional systems could be observed in relation to erosion control and, consequently, to diminishing of nutrients replacement costs. It was not possible to prove the occurrence of temporal soil degradation by erosion, once the soil of experimental plots is productive and has a low erodibility. In this case, the nutrient management with fertilizers is able to mask the erosion effects, maintaining crop productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

A erosão acelerada do solo é tão antiga quanto a própria agricultura, originando-se, quando o homem deixou de ser nômade e passou a cultivar a terra. Na prática agrícola, o agricultor elimina a vegetação natural introduzindo o plantio de culturas, o que condiciona o desnudamento do solo e possibilita a ação da água da chuva e do vento, iniciando assim sua degradação.

Na história da humanidade, encontram-se relatos de civilizações que surgiram, cresceram e prosperaram enquanto o solo foi mantido fértil, e declinaram e pereceram quando os terrenos perderam seu potencial produtivo, principalmente devido à falta de controle da erosão. Dentre as muitas áreas que nunca mais se recuperaram, são exemplos as planícies da Arábia e da Síria hoje desérticas.

No Brasil, a erosão acelerada decorrente da atividade agrícola é um grave problema em diferentes regiões. Um exemplo relevante se refere à expansão da atividade agropecuária na parte alta da bacia do rio Taquari, no Pantanal, que intensificou o assoreamento do leito do rio e contribuiu para a inundação permanente, nas últimas décadas, de milhares de km<sup>2</sup> de terras na planície do seu baixo curso, constituindo-se em grave problema socioeconômico do Pantanal. Por outro lado, a implantação de sistemas de manejo conservacionistas, como no caso do sistema plantio direto, tem promovido o controle da erosão acelerada em várias áreas de produção.

Nesse contexto, a valoração econômica dos efeitos da erosão decorrente do uso agrícola, apresenta-se como uma valiosa ferramenta de análise e avaliação dos diferentes sistemas de manejo, por trazer informações que subsidiam a tomada de decisões no planejamento do uso agrícola em bases sustentáveis. Este trabalho teve por objetivo a seleção e aplicação de um método de valoração econômica para avaliação do custo da degradação do solo por erosão em diferentes sistemas de produção agrícola.

## **1.1. Justificativa**

Os preços dos produtos não refletem os diversos efeitos ambientais proporcionados pelos sistemas de produção. Assim, tanto do ponto de vista privado quanto do ponto de vista da sociedade a degradação dos recursos não é devidamente valorada. Desta forma tanto na planilha de custos individuais quanto na contabilidade utilizada atualmente, conforme definido por DALY (1996), os preços refletem, na maioria das vezes, a disponibilidade de cada recurso independentemente de seu estoque total, não evidenciando sua degradação ou depleção.

A valoração econômica dos recursos naturais é uma ferramenta essencial de análise para dimensionar os impactos decorrentes do uso agrícola do solo possibilitando a incorporação dos valores na contabilização dos custos e benefícios associados aos sistemas de produção, tanto do ponto de vista do agricultor quanto do ponto de vista da sociedade.

## **1.2. Hipótese**

A valoração econômica da degradação do solo pela erosão acelerada se constitui um critério objetivo de avaliação comparativa dos impactos “on site” advindos de sistemas convencionais e conservacionistas de produção agrícola.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral do trabalho consiste na mensuração do ponto de vista econômico dos efeitos da erosão acelerada do solo decorrentes do uso agrícola sob diferentes sistemas de manejo.

### **2.2 Objetivos Específicos**

a) Caracterizar a condição do solo, das perdas de solo por erosão e as produções obtidas em condições experimentais incluindo sistemas conservacionistas e convencionais de manejo agrícola.

b) Selecionar, a partir da consulta à literatura especializada, o método de valoração econômica que melhor se adapte ao objetivo geral do trabalho e aos dados disponíveis.

c) Aplicar o método de valoração econômica previamente selecionado na avaliação de sistemas convencionais e conservacionistas de manejo agrícola, com base em dados de produção e de perda de solo por erosão.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1. Sustentabilidade nas Atividades Agrícolas**

A idéia de sustentabilidade na utilização dos recursos naturais está associada à capacidade de manutenção dos fluxos ambientais ao longo do tempo. O Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (BRUNDTLAND REPORT, 1987), ao definir desenvolvimento sustentável como a busca do atendimento das necessidades presentes sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades, estabelece a noção geral de sustentabilidade nas atividades produtivas.

Mais que o sentido de continuidade e permanência numa perspectiva de longo prazo, ao termo sustentabilidade atribui-se uma conotação ética, onde equidade intra e intergerações e preservação ambiental são colocadas como objetivos intrínsecos do desenvolvimento sustentável (JACOBS, 1991; TOMAN, 1994; BUARQUE, 1997).

Quando aplicado ao setor agrícola, o conceito de desenvolvimento sustentável, reflete a idéia básica de que a agricultura deve ser não apenas economicamente eficiente, mas também ecologicamente aceitável e socialmente justa. Segundo interpretado por ROMEIRO (1998), estes preceitos são claramente explicitados, por exemplo, no conceito de agricultura (e desenvolvimento) sustentável proposto pela FAO (1991) A agricultura sustentável se baseia no manejo e conservação dos recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais de tal maneira a assegurar a satisfação de necessidades humanas de forma continuada para as gerações presentes e futuras. Tal desenvolvimento sustentável conserva o solo, a água e recursos genéticos animais e vegetais; não degrada o meio ambiente; é tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável.

Segundo MERICO (2002), uma vez que sustentabilidade significa tornar as coisas permanentes ou duráveis, desenvolvimento sustentável significa discutir a permanência ou durabilidade da estrutura de funcionamento de todo o processo produtivo.

Há, portanto, a necessidade de compatibilizar os processos econômicos e sociais com os limites biofísicos dos ecossistemas e da própria biosfera. Atualmente observa-se redução

nos estoques de água, solo e biodiversidade, assim como, dos serviços ambientais que a natureza nos proporciona como assimilação de resíduos. (CAVALCANTI, 2001).

Na visão de CAVALCANTI (2001) do ponto de vista econômico, um possível crescimento deve ser definido de acordo com a capacidade de suporte dos ecossistemas, devendo haver simultaneamente um maior aumento da eficiência dos processos produtivos minimizando resíduos e poluição e maximizando a utilização de recursos escassos. Segundo o autor desenvolvimento não pode ser tratado como sinônimo de crescimento, a natureza se desenvolve, há evolução dos ecossistemas, mas nada cresce indefinidamente na natureza física.

LAL (1999) afirma que o objetivo da agricultura sustentável é manter uma tendência de crescimento a produtividade per capita, mas simultaneamente preservando a capacidade produtiva dos solos e o equilíbrio do meio ambiente. Para que isso possa ocorrer são necessários planejamentos que incluam conservar os recursos ambientais, caracterizar e quantificar os principais processos degradativos, identificar características de resiliência e restauração dos recursos solo e água e identificar opções de manejo compatíveis com seu potencial e suas limitações, definindo políticas de encorajamento para o uso sustentável do recurso natural.

Para ALTIERI (1983), sustentabilidade agrícola é a capacidade de um agroecossistema de manter a produção através do tempo na presença de repetidas restrições ecológicas e pressões socioeconômicas.

Segundo LAL (1999), a obtenção de alta produtividade e a manutenção ou melhoria da qualidade ambiental não são mutuamente excludentes nem difíceis de serem alcançadas. Segundo o autor, a avaliação econômica da sustentabilidade é feita após uma série de safras, enquanto que a avaliação dos aspectos sociais e biofísicos pode requerer décadas ou até séculos. Assim, a avaliação dos aspectos ambientais da sustentabilidade deveria considerar a escala de tempo correspondente para que pudesse produzir resultados confiáveis.

Diversos autores evidenciam a importância de expressar sustentabilidade como critério *operacional* para guiar mudanças nas atividades agrícolas, avaliar os sistemas de produção ou orientar pesquisas em conservação ambiental (HANSEN, 1996; KRUSEMAN et al., 1996; PARK e SEATON, 1996 e WEILL, 1999).

A caracterização da sustentabilidade deve ser orientada para o sistema agrícola, comportando limites, componentes, contexto no qual opera, e escalas temporais e espaciais específicas, resultando em objetividade essencial para permitir comparação e produzir as mudanças necessárias. Uma vez que sustentabilidade tem pouco significado após o fato, sua caracterização deve permitir o estabelecimento de predições (caráter prognóstico) (HANSEN, 1996).

Enfatizando os aspectos biofísicos, PEARCE e TURNER (1990) e O'RIORDAN (1993) utilizam princípios termodinâmicos para estabelecer como condição para a sustentabilidade a manutenção da eficiência, capacidade, fluxos, volumes e taxas de mudanças ambientais constantes no tempo. A partir desses princípios, os autores estabelecem como regras básicas para a manutenção da eficiência e da capacidade ambiental dos recursos naturais renováveis: a) manutenção da taxa de retirada do recurso menor ou igual à sua taxa de regeneração; b) manutenção do fluxo de resíduo para o ambiente menor que a sua capacidade de assimilação, ou igual.

Ao contrário do padrão convencional de agricultura baseado no uso intensivo de fertilizantes e pesticidas químicos, motomecanização e irrigação, a agricultura sustentável tem como palavra de ordem o manejo adequado dos recursos internos da unidade produtiva (TORESAN, 1998) . Seu processo produtivo fundamenta-se na diversificação e integração de atividades, produção de biomassa, reaproveitamento dos recursos orgânicos, manejo de pragas, doenças e planta invasoras, manejo da água e do solo envolvendo os aspectos físicos, químicos e biológicos (RODALE, 1990; DULLEY e MIYASAK, 1994; PRETTY, 1995 e TORESAN, 1998).

No que diz respeito ao solo, recurso não renovável e finito (JENNY, 1980; FAO, 1974; DREGNE, 1982; SKIDMORE, 1982, SCHERTZ, 1983), distribuído de forma desigual pelo planeta, sua degradação é um problema grave, sendo um dos principais efeitos negativos das práticas agrícolas. Principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, o aumento da pressão demográfica, o cultivo de terras marginais e o uso e manejo incorretos são fatores determinantes da degradação e do esgotamento da fertilidade natural do solo (LAL, 1999).

Diversas pesquisas estimam perdas de solo por erosão em diferentes condições de clima e solo e sistemas de cultivo (DERPSCH et al., 1991; MONTOYA et al., 1993; MELO

FILHO e SILVA, 1993). As maiores perdas estão quase sempre associadas a sistemas de manejo com técnicas de base mecânica, definindo o que atualmente se denomina "manejo convencional do solo", que consiste em fertilização química, queima ou incorporação de restos de culturas, preparo com aração seguida de duas gradagens e plantio em solo descoberto.

Segundo ALTIERI (2000), o modelo convencional de agricultura, após três décadas de implantação, mostrou-se insustentável não só pelo aumento da pobreza e do aprofundamento das desigualdades sociais, mas também pelos impactos ambientais negativos causados pelo desmatamento continuado, pela redução dos padrões de diversidade preexistentes, pela intensa degradação dos solos agrícolas e pela contaminação química dos recursos naturais, entre outros impactos.

## **3.2. A erosão acelerada do solo e seus impactos**

### **3.2.1. Caracterização do processo da erosão acelerada**

A erosão é um processo físico decorrente, do qual há realização de um trabalho de desprendimento de material do solo, em dado local, e seu transporte. O processo erosivo começa com o impacto das gotas de chuva ou de irrigação na superfície do solo descoberto, o que destrói os agregados. O processo continua e finaliza com as três etapas seguintes: a) as partículas do solo se soltam; b) o material desprendido é transportado; c) esse material é depositado (LAFLEN e ROOSE, 1997).

A erosão do solo é um fenômeno natural e contínuo que se mantém normalmente em equilíbrio com o processo de formação dos solos. Este fenômeno decorre da tendência natural dos sistemas de atingir níveis sempre menores de energia, sendo que a intensidade do processo é função da interação de fatores climáticos, edáficos e biológicos. Entretanto, a ação antrópica pode acelerar o processo, rompendo o equilíbrio. Quando a camada original de vegetação que protege o solo é modificada ou removida há uma forte aceleração do processo erosivo comprometendo a qualidade multifuncional do solo (BLUM, 1997).

Os principais fatores condicionantes da aceleração do processo erosivo se relacionam com o desmatamento ou remoção da cobertura vegetal original, com o manejo inadequado dos solos produtivos, com a exploração inadequada de terras marginais, com a pressão de

ocupação das terras por usos competitivos, com o uso intensivo de áreas com elevado potencial natural de erosão e pela falta de planejamento da ocupação (DREGNE, 1982; PINTO, 1991).

De acordo com SMITH e WISCHMEIER (1962), quatro fatores e suas inter-relações são considerados determinantes da taxa da erosão hídrica: o clima, principalmente a precipitação pluviométrica; o solo, com sua resistência à dispersão; o comprimento da encosta e a declividade; e a cobertura do solo.

Os principais agentes de erosão são a água (erosão hídrica), o vento (erosão eólica) e o gelo (erosão glaciária), portanto, a erosão hídrica é a erosão causada pela ação da água, proveniente de chuva, irrigação ou enxurrada (LAFLEN e ROOSE, 1997).

Na erosão hídrica, a perda do solo é função da exposição da sua superfície à ação do impacto da gota, ou do desprendimento de material devido à ação da enxurrada. Assim de acordo com o processo, a erosão hídrica é subdividida em dois sub-tipos a) erosão entre-sulcos ou areolar; e, b) erosão em sulcos ou linear (LAFLEN e ROOSE, 1997).

A erosão entre-sulcos é melhor descrita como sendo um processo de desprendimento de partículas do solo pelo impacto das gotas de chuva ou da água de irrigação em um solo descoberto. Esta forma de erosão também chamada de erosão laminar remove camadas delgadas e uniformes do solo. Ela é considerada uma das formas mais danosas porque arrasta as partículas mais leves (mais ativas e mais ricas) e é pouco perceptível (LAFLEN e ROOSE, 1997).

O material liberado pela erosão entre-sulcos tem como característica fundamental, uma maior concentração das frações mais finas, comparativamente à granulometria do solo original. Estas partículas mais leves se mantêm suspensas e são facilmente transportadas, mesmo com uma quantidade limitada de água. A erosão laminar é constante ao longo da encosta onde o solo, as características da superfície do terreno, a cobertura vegetal e o tamanho das gotas de água, se mantêm constantes (LAFLEN e ROOSE, 1997).

A erosão em sulcos é o processo de desprendimento e transporte de solo devido à enxurrada. Esta erosão é visível no campo e aumenta com o aumento do volume da enxurrada.

O volume da enxurrada é uma função não apenas da intensidade da precipitação, mas da posição na paisagem, do tipo de solo e da cobertura vegetal, e do comprimento e inclinação da encosta. Onde os terrenos apresentam encostas curtas, a maior parte de erosão é constituída

pela erosão laminar, à medida que as encostas se alongam, o processo de erosão em sulcos passa a ser dominante (LAFLEN e ROOSE, 1997).

Por serem processos distintos, os métodos de avaliação e de controle da erosão em sulcos e entre-sulcos são diferentes e seus efeitos na degradação do solo também são distintos (LAFLEN e ROOSE, 1997).

A erosão laminar (entre-sulcos) é considerada como sendo a maior fonte de poluição não pontual das águas superficiais, muito embora possa haver contribuição de sedimentos da erosão em sulcos. A erosão em sulcos é de maior importância localmente, na área de produção (LAFLEN e ROOSE, 1997).

Conforme descrito por BERTONI e LOMBARDI NETO (1999) no controle da erosão laminar, busca-se prevenir o impacto da gota de água sobre o solo descoberto, assim um solo com cobertura constante (cobertura morta, adubação verde, culturas) é pouco afetado por ela.

Pelo processo erosivo, ocorrem perdas da porção superficial do solo, que é onde se concentram a matéria orgânica e os nutrientes. A erosão, portanto, condiciona a perda progressiva da porção mais fértil do solo. A espessura do solo diminui e podem se formar sulcos, cuja frequência e dimensões no terreno, restringem ou impedem a motomecanização. Assim, a potencialidade da terra decresce.

Na erosão em sulcos, o agente é a enxurrada. O controle visa 1) prevenir a concentração da enxurrada; 2) diminuir seu volume e energia cinética associada; e 3) favorecer a infiltração da água ou sua rápida drenagem, para fora da área de produção. Além de degradar nosso mais importante recurso natural, o solo, o processo erosivo tem causado problemas na qualidade e disponibilidade da água devido à poluição com agrotóxicos, eutrofização e assoreamento de mananciais, que aumentam os riscos de enchentes no período das chuvas e escassez de água no período de estiagem. De acordo com BELLINAZZI JUNIOR et al. (1981), o processo erosivo além de degradar a qualidade do solo, ocasiona outros problemas que levam à baixa produtividade e ao empobrecimento do meio rural.

A erosão acelerada é um dos principais fatores de degradação do solo promovendo alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas, características responsáveis pelo desempenho de múltiplas funções no ambiente, limitando ou reduzindo essa habilidade (LAL, 1997; BLUM, 1997).

A diminuição da qualidade multifuncional do solo, mais a ocorrência de dano físico ou destruição de plantas, podem ser considerados impactos diretos da erosão no agrossistema (LAL, 1997; LAL, 1994; CLARK II et al., 1985). Do ponto de vista ambiental, a erosão acelerada dos solos, especificamente a erosão entre-sulcos, é reconhecidamente a principal fonte não pontual de degradação das águas superficiais por nitratos, fosfatos e agroquímicos (CLARK II et al., 1985).

A erosão laminar é de importância nos estudos de poluição ambiental, à medida que sedimentos liberados, enriquecidos com argila, matéria orgânica, moléculas e íons adsorvidos, são transportados em suspensão nas enxurradas para as partes mais baixas, atingindo os canais fluviais e reservatórios, onde promovem assoreamento, eutrofização e poluição. Estes seriam os principais efeitos indiretos da erosão das terras agrícolas sobre o ambiente (WEILL, 1999). Os impactos associados são de natureza biológica (os ecossistemas aquáticos são seriamente afetados por sedimentos e outros contaminantes associados) e recreacional (a turbidez da água afeta a pesca; o assoreamento limita as atividades como velejar ou nadar; o crescimento de plâncton diminui o prazer associado àquelas atividades, em rios e lagos poluídos). Outros impactos se associam com o aumento dos custos de tratamento da água e diminuição de sua disponibilidade, com o impedimento à navegação dos cursos d'água, e ainda com aumento dos riscos de inundação (CLARK II et al., 1985).

Algumas estimativas americanas apontam que as fontes não-pontuais são os principais focos de poluição hídrica, cujas cargas representam 73% da demanda biológica por oxigênio (DBO) total, 99% dos sólidos suspensos, 83% dos sólidos dissolvidos, 82% do nitrogênio, 84% do fósforo e 98% das bactérias encontradas nos cursos d'água americanos (CLARK II et al., 1985). Estudos da agência de proteção americana (Environmental Protection Agency – EPA) indicam que a erosão do solo em regiões agrícolas é a principal preocupação em 47% das 367 mil milhas de cursos d'água americanos.

A erosão acelerada do solo tem sido amplamente reconhecida como um sério problema global de degradação de terras e uma ameaça ao bem-estar da humanidade (LAL e STEWART, 1990). Estima-se que a erosão acelerada tenha destruído irreversivelmente algo em torno de 430 milhões de hectares de terras produtivas em diferentes países (LAL, 1990).

No início dos anos 80, estimava-se que a degradação de terras agrícolas por erosão do solo e outros fatores conduzia a uma perda irreversível na produtividade de cerca de 6 milhões

de hectares de terra fértil anualmente em todo o mundo (LAL, 1994). Para América do Sul, foi associada a cifra de 18% de degradação as área ocupada, contra 12% na América do Norte, 26% na Europa, 27% na África, 31% na Ásia e 19% na Oceania. A extensão de terras da América do sul, então afetadas pela erosão hídrica, atingia a cifra de 123 milhões de hectares, e pela erosão eólica, 42 milhões de hectares (LAL, 1994).

No Brasil, de acordo com dados apresentados por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), a perda anual de solo por erosão acelerada é de cerca de 500 milhões de toneladas, sendo que o estado de São Paulo responde por cerca de 25% da perda nacional, ou por 130 milhões de toneladas de terra, perdidas por erosão decorrente do uso intensivo ou indevido.

No momento em que o sistema econômico criado pelo ser humano não é mais compatível com o sistema ecológico, ocasionando perdas irreversíveis e desperdício de recursos escassos, surge a necessidade de nova adaptação das relações entre homem e a natureza. A avaliação econômica do meio ambiente, não tem por objetivo dar um “preço” ao recurso (no caso o solo), mas, sim mostrar o valor econômico que este pode ter e sua eventual depreciação (FIGUEROA, 1996).

### **3.3.Sistemas de Produção Agrícola**

Segundo CASTRO (1988) o preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química ou biológica do solo, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação e emergência das sementes, assim como o estabelecimento das culturas. Os diversos sistemas de preparo se diferenciam basicamente pelo grau de movimentação do solo e pelo montante de cobertura morta deixada na superfície (TORESAN, 1998).

De acordo com CASTRO (1988), o preparo do solo pode ser dividido em preparo primário e preparo secundário. No preparo primário do solo são efetuadas as operações mais profundas e rústicas que visam, retirar a vegetação natural, eliminar ou enterrar ervas daninhas, incorporar restos de culturas anteriores e, eliminar camadas compactadas. As principais operações nesta fase incluem desmatamento, subsolagem, aração entre outras.

No preparo secundário do solo ocorrem as operações superficiais subseqüentes ao preparo primário, visando, por exemplo, o destorroamento e nivelamento do terreno, a

incorporação de herbicidas, a eliminação de ervas daninhas, a semeadura, produzindo um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura implantada.

Após o plantio, as operações de cultivo do solo visam o controle de ervas daninhas, adubações, irrigações, etc.

Segundo SIQUEIRA (1999), a mecanização agrícola é um componente básico na maioria das estratégias de desenvolvimento rural e no aumento da produtividade, mas com sua introdução desordenada, sem adaptação prévia aos diferentes tipos de solos, pode ocasionar uma rápida e contínua degradação desse recurso natural.

### **3.3.1. Sistemas Convencionais de Produção Agrícola**

As técnicas de preparo do solo desenvolvidas na Europa, sob clima temperado ou frio, em topografia pouco acidentada e chuvas caracterizadas por energia cinética baixa, foram introduzidas nos trópicos sem modificações. Essas técnicas caracterizam o sistema convencional de preparo do solo (*Conventional Tillage*), ainda muito utilizado em todo o mundo e que se consiste na aração (operação primária) com arado de disco, aiveca ou grade aradora pesada, seguida de pelo menos duas gradagens niveladoras (operações secundárias). O sistema se caracteriza por intensa mobilização do solo, com revolvimento ou inversão da camada superficial e incorporação quase total dos restos culturais (CARVALHO et al., 1991; BLEVINS e FRYE, 1993). O controle de plantas daninhas é feito principalmente através das operações mecânicas.

A seguir são descritos os principais implementos de preparo do solo, de acordo com MAZUCKOWSKY e DERPCH (1984).

#### **Grade pesada ou aradora**

Este implemento tem tido o seu uso aumentado nos últimos anos, principalmente nas áreas de expansão da agricultura, em função da possibilidade de se obter um maior rendimento do serviço, além de ser possível fazer aração e gradagem somente com este implemento.

Em áreas recém-desbravadas, onde ainda existem troncos e raízes, o seu emprego permite um trabalho satisfatório, pois seus discos passam por cima dos obstáculos. Também onde há grande quantidade de massa vegetal (plantas invasoras, restos de culturas), esta grade funciona bem, pois consegue picar o material, embora sua incorporação seja mais superficial. Na grade pesada, o peso do implemento é usado para penetrar no solo e, dessa forma, após sucessivos anos de cultivo, forma-se uma camada compactada numa profundidade de 10-15 cm, logo abaixo do corte da grade, denominada “pé de grade”. Em função dessa compactação ocorre uma redução da infiltração da água no solo, que condiciona maior escoamento superficial e, conseqüentemente, maior erosão.

A grade aradora é responsável pela pulverização do solo, que é tanto maior quanto maior for o número de gradagens. Ainda a incorporação concomitante de corretivos e fertilizantes acaba sendo mais superficial, não ultrapassando a camada compactada, o que determina desenvolvimento superficial do sistema radicular das culturas que passam a explorar menor volume de solo, ficando as plantas mais expostas à deficiência hídrica.

Entretanto as vantagens que justificam a utilização deste implemento se relacionam com alto rendimento do trabalho, baixo consumo de combustível por unidade de área, possibilidade de utilização em áreas desfavoráveis, como em locais com alta infestação de plantas daninhas, plantas trepadeiras ou com grande quantidade de resíduos.

### **Arado de disco**

Este implemento tem uma utilização generalizada, principalmente pela sua adaptabilidade aos vários tipos e condições do solo. Trabalha numa profundidade média de 20 cm, incorporando até esta profundidade os restos vegetais.

Para áreas com muita massa vegetal não se mostra um implemento adequado, sendo necessária a trituração prévia da massa vegetal, para que o arado não apresente problemas de embuchamento.

Abaixo da zona revolvida pelo arado, quando se fazem várias arações a uma mesma profundidade, há o aparecimento de uma camada compactada denominada “pé de arado”, cuja

influência é semelhante à do “pé-de-grade”. O consumo de combustível é alto e, geralmente a penetração não é boa quando há restevras úmidas na superfície do solo.

### **Arado de aiveca**

Foi o primeiro implemento criado para utilização no preparo do solo. No Brasil seu uso é muito limitado, embora existam trabalhos mostrando efeitos positivos no solo e nas plantas. Esse arado consegue penetrar no solo em maiores profundidades (20-40 cm) em função das características dos elementos de corte, não necessitando de peso adicional. Faz melhor a inversão da camada de solo que o arado de disco, promovendo um melhor enterrio de restos vegetais e sementes de invasoras. O arado de aiveca é um implemento impróprio para áreas recém desbravadas e também para terrenos muito argilosos devido à pegajosidade. Nesse caso, recomenda-se o uso de arados com aiveca recortada, próprios para este tipo de solo.

Este é o implemento mais utilizado na Europa e nos Estados Unidos, pois consegue inverter a leiva de forma perfeita. No Brasil, tem-se proposto seu uso em substituição ao arado de discos, por ter como vantagem a quebra de camadas compactadas que ocorrem em solos com mecanização intensiva, como nos LATOSSOLOS VERMELHOS e NITOSSOLOS, melhorando a infiltração de água. Apresenta qualidade de serviço em áreas planas, notadamente nas várzeas drenadas. Como desvantagens incluem-se a má performance em solos com o teor de argila superior a 30 %, a regulagem mais difícil de fazer em comparação ao arado de disco, e pelo fato de deixar a superfície do solo livre de vegetais favorecendo a erosão.

### **Grade de disco**

Diferentes implementos podem ser utilizados para se fazer à operação de gradagem, sendo que nas áreas de mecanização intensiva o mais difundido é a grade de disco. Este implemento usa uma série de discos montados sobre um eixo, permitindo ângulo de corte variável, sendo puxados através da superfície do solo. Vários conjuntos de discos podem ser montados, seja em forma de V ou “off-set”, ou em forma de X. A regulagem da profundidade

de trabalho e da intensidade de mistura é efetuada através do ângulo do trabalho do conjunto de discos.

Segundo alguns autores (CASTRO et al., 1986; BERTOLINI et al 1993), os sistemas convencionais de preparo utilizados em áreas de culturas anuais são muito agressivos ao solo, contribuindo de forma decisiva para sua degradação. A pulverização excessiva do solo, torna-o mais suscetível ao selamento superficial e ao transporte de partículas pela enxurrada.

A compactação em subsuperfície dificulta o movimento da água no perfil e o desenvolvimento das raízes.

Quando o solo permanece descoberto (sem resíduos na superfície), há um aquecimento excessivo, acelerando a decomposição / mineralização da matéria orgânica e reduzindo a atividade biológica a médio e longo prazo. Em conjunto, esses fatores intensificam as perdas de solo por erosão, com conseqüente empobrecimento do solo. CASTRO et al. (1986) evidencia que sistemas de preparo do solo afetam de modo diferente o processo erosivo, modificando-o de acordo com os implementos utilizados, a intensidade e o número de aplicações e a quantidade de resíduos que permanecem na superfície. Em função desses fatores ocorrerá uma maior ou menor quantidade de solo e água perdidos.

### **3.3.2. Sistemas Conservacionistas de Produção Agrícola**

Por sistema de preparo conservacionista (*Conservation Tillage*) se denomina toda forma de preparo que reduz a movimentação do solo, em relação ao sistema convencional, e que mantém após o plantio pelo menos 30% dos restos de cultivos anteriores sobre a superfície (LAL e STEWART, 1990; CARVALHO et al., 1991). A redução do número de operações mecânicas e a manutenção de boa parte do solo coberto com resíduos vegetais é a característica principal dos sistemas conservacionistas de preparo do solo. Nestes sistemas, o emprego de herbicidas e rolos-faca exerce importante papel no controle de plantas invasoras e/ou de cobertura.

São três as designações comumente atribuídas aos sistemas conservacionistas de preparo do solo: Preparo Reduzido, Cultivo Mínimo e Plantio Direto (DERPSCH et al, 1991; CARVALHO et al., 1991; BLEVINS e FRYE, 1993). O termo Preparo Reduzido (*Reduced Tillage*) é utilizado para designar formas de preparo que reduzem a superfície afetada, a profundidade trabalhada e o número de operações em relação ao sistema convencional. Normalmente é realizado através de escarificadores, que não revolvem o solo, deixando-o com maior rugosidade e, em boa parte, coberto com restos de culturas.

Segundo MAZUCKOWSKY e DERPSCH (1984), o escarificador consta de cinco a nove hastes estreitas e pontiagudas, distribuídas num chassi de duas ou três barras, de modo a deixar um espaçamento entre sulcos de 20-50 cm. Pode atuar a uma maior profundidade, o que é suficiente para romper camadas compactadas, como o “pé-de-grade”. O escarificador de sete hastes apresenta uma eficiência operacional de 70 a 80% em relação a grade pesada, pois tem uma maior resistência à tração. No preparo do solo, ele somente afrouxa o solo, quebrando sua estrutura sem, contudo, revolvê-lo muito e preservando os agregados. A umidade do solo para escarificação é a mesma da aração convencional, mas como o equipamento não tende a formar compactação, pode-se trabalhar com o solo mais úmido, de SPD e que não prejudique a tração e se consiga quebrar suficientemente o solo para o preparo secundário.

Esse implemento proporciona um maior rendimento que os arados, além de permitir um bom desenvolvimento radicular, boa infiltração de água e proteção superficial do solo, pois grande parte dos resíduos vegetais permanece sobre a sua superfície.

Outras vantagens da utilização deste implemento são fácil regulagem, e operação de campo; a economia de combustível e de tempo quando comparado com a aração; a não formação de áreas compactadas (pé-de-arado, pé de grade); a possibilidade de utilização em solos secos; a não movimentação lateral da terra, como no caso da aração, evitando acúmulo de terra nos terraços; a manutenção de até 70% de resíduos na superfície, protegendo o solo das intempéries; a menor pulverização do solo do que no preparo convencional com arado e/ou grade.

O escarificador, no entanto, não é próprio para áreas recém-desbravadas, assim como o arado de aiveca, e também não é próprio para áreas com grande massa vegetal, pois, sua utilização acarretará em embuchamento.

Nesses casos, o uso de uma grade para picar o material (ou um rolo faca) é o mais indicado, facilitando assim a operação, com o escarificador. Este implemento não consegue substituir totalmente o arado e a grade pesada; tem menor eficiência no controle de plantas daninhas; sendo impróprio para áreas infestadas com plantas trepadeiras, como a corda de viola.

O Sistema plantio direto (*No-Till, Zero Tillage, Direct Drilling*) é o mais pesquisado e difundido sistema conservacionista de produção agrícola, pois pode diminuir a erosão e resultar em pronunciadas mudanças nas propriedades químicas, biológicas e físicas do solo (TORESAN, 1998). É um sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, utilizando-se máquinas especiais. Somente é aberto um pequeno sulco, de profundidade e largura suficiente para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo, o controle e extermínio de plantas daninhas é feito com herbicidas (CASTRO et al., 1986; CASTRO et al., 1987).

O sistema plantio direto consiste numa seqüência de três operações fundamentais: colher e esparramar os restos da cultura (palhada), pulverizar herbicidas e plantar com equipamentos apropriados ao plantio direto. O plantio direto hoje é considerado o sistema ideal para controle de erosão em razão da manutenção dos restos vegetais na superfície e da mínima mobilização do solo.

Para instalação e sucesso do sistema plantio direto alguns fatores são extremamente relevantes. O agricultor deve ser qualificado e conhecer e dominar todas as fases do sistema; e a mão de obra deve ser treinada e gerenciada. Preferencialmente, deve haver boa drenagem em solos úmidos com lençol freático alto. Antes da implantação do sistema, a compactação ou adensamento do solo, que afetam o rendimento das culturas, deve ser eliminada. A superfície do terreno deve ser nivelada (sem sulcos ou valetas) e feita a correção da acidez do solo. Os níveis de fertilidade devem se situar na faixa média a alta. A palhada deixada na superfície deve cobrir pelo menos 70% do solo, correspondente a cerca de 6 MG. ha<sup>-1</sup> matéria seca.

Deve-se ainda, nunca efetuar queimadas, usar o picador e o distribuidor de palha nas colheitadeiras, antes do plantio e procurar eliminar eficazmente o banco de sementes de plantas daninhas. Estas além de serem de difícil controle, afetam o crescimento e o rendimento das lavouras. A infestação com plantas daninhas muito agressivas eleva o custo do sistema plantio direto, pela necessidade de se usar grandes quantidades de herbicidas. É necessário efetuar o mapeamento das plantas daninhas antes de iniciar o sistema e proceder ao controle específico se necessário. (CASTRO et al., 1986; CASTRO et al., 1987).

Muitas são as vantagens, enumeradas por vários autores, adoção do sistema de plantio direto tanto para o agricultor, como para o recurso solo (MULLINS, 1995; FOLONI, 1985; FANCELLI e TORRADO, 1985; MUZILLI, 1985, DERPSCH et al, 1991). Assinalam-se maiores rendimentos em anos secos, devido à maior retenção de água no solo; a necessidade de menor volume de chuvas para se iniciar o plantio; nas culturas de inverno, e menor consumo de água na irrigação; a economia de combustível atinge 70% em relação ao plantio convencional; há o aumento da vida útil das máquinas, devido à menor utilização e operações mais leves; aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo, com acumulação na camada superficial (0 a 5 cm), principalmente de P e K, matéria orgânica, carbono e N; aumenta a atividade biológica, devido ao aumento da matéria orgânica e há menor oscilação térmica do solo. O sistema é considerado o mais eficiente no controle da erosão, reduzindo em até 90% as perdas de solo e água em relação ao convencional.

Como já comentamos, o sistema de plantio direto depende da capacitação prévia do agricultor, que dever ter bom conhecimento do uso de herbicidas, adotar rotação de culturas para facilitar o controle de manejo das pragas e diminuir o custo com fertilizantes (adubação verde).

Este sistema não deve ser confundido como prática de recuperação de solos erodidos, compactados ou degradados, ou infestados de plantas daninhas, e também não é um sistema adequado a qualquer situação. Em regiões com outono-inverno seco, se torna difícil produzir boa palhada, em decorrência do déficit hídrico.

No Brasil, o sistema de plantio direto teve seu início em 1972 nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul e, atualmente estima-se que o cultivo de grãos e plantas de cobertura alcancem uma área aproximada de 25 milhões de hectares.

Segundo a FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (2006), O SPDP tem o seu fundamento na ausência do revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas, trazendo com isto benefícios como: diminuição da erosão, aumento da fertilidade do solo, maior retenção de umidade, aumento da produtividade, diminuição de mão-de-obra e, conseqüentemente, dos custos de produção, entre outros benefícios diretos e indiretos à sociedade. Ainda salienta que as implicações ambientais do plantio direto são: redução significativa dos níveis de contaminação dos cursos das águas, com proteção dos mananciais e dos reservatórios hídricos; estabilidade ecológica da região; alteração da composição da flora e fauna, garantindo um equilíbrio entre as espécies benéficas e maléficas ao sistema produtivo; eliminação das queimadas e mais recentemente a pesquisa tem nos mostrado que há redução de emissões de gases do efeito estufa, do solo para a atmosfera, e também transferência (seqüestro) de carbono da atmosfera para o solo, quando se adota o PD, contribuindo para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas globais.

### **3.4. Conseqüências econômicas da erosão acelerada do solo**

O aumento da demanda por alimentos exige a ocupação de maiores áreas com atividades agropecuárias, passando o meio ambiente a sofrer cada vez mais alterações, sendo afetado de maneira cada vez mais expressiva (MENCK, 1993).

A degradação do meio ambiente pela prática agrícola vem ganhando cada vez maior atenção no cenário mundial.

A erosão acelerada é um dos efeitos negativos da agricultura que afeta os sistemas ecológicos naturais.

Segundo MARQUES (1995) podemos considerar os impactos causados pelos processos erosivos em duas categorias: os impactos a nível de propriedade agrícola, geralmente chamados *on farm, on site*, intrínsecos ou internos e os impactos verificados fora dos limites das explorações agrícolas: *off farm, off site*, extrínsecos ou externos.

Os impactos da erosão acelerada que ocorrem na área de produção ou propriedade também denominados de impactos diretos produzem conseqüências econômicas conhecidas como custos diretos ou custos privados da erosão. Os impactos da erosão acelerada fora da área de produção ou propriedade denominados também de indiretos são aqueles cujas conseqüências econômicas transcendem os limites da unidade de produção agrícola, afetando outros agricultores e/ou atividades econômicas, tanto de produção como de consumo estes impactos externos são também classificados como externalidades.

Encontram-se na literatura alguns trabalhos com o propósito de analisar os impactos econômicos da erosão do solo dentro da unidade produtiva (custos privados). WALKER (1982), HERTZLER et al. (1985), GARDNER e BARROWS (1985), KING e SINDEN (1988) e PALMIQUIST e DANIELSON (1989) estudaram o efeito da erosão e da conservação do solo sobre os valores das terras agrícolas. PEARCE et al. (1984), KOOTEN et al. (1990), DREGNE (1990) e XU e PRATO (1995) analisaram os custos da erosão do solo em termos de perda de produtividade. SWANSON e MACCALLUM (1969), POPE et al. (1983) e BARBIER (1990) estudaram o impacto da erosão e da conservação do solo sobre a receita e o lucro do agricultor.

Em um estudo realizado no México, a degradação do solo e seu impacto negativo sobre a retenção de água (maior escoamento superficial ou *runoff*), demonstrou ser um problema ambiental dos mais graves. Os custos privados (dentro das próprias fazendas) gerados pela erosão são as colheitas prejudicadas, a terra removida da produção agrícola ou usada para fins menos produtivos (SEROA DA MOTTA e MAY, 1995).

Os impactos externos (externalidades) foram avaliados em alguns trabalhos, porém são mais escassos e se referem normalmente a um determinado tipo de impacto ou a um grupo específico de impactos. FORSTER et al. (1987) e HOLMES (1988) estudaram o impacto econômico da erosão de solo sobre o tratamento de água para uso doméstico, VELOZ et al. (1985) e SOUTHGATE e MACKE (1989) analisaram os benefícios da conservação do solo em relação à produção de hidroeletricidade, CROWDER (1987) analisou o custo da sedimentação em reservatórios com fins recreativos e para uso doméstico e industrial da água. ROBERTSON e COLLETTI (1994) determinaram os impactos econômicos da erosão do solo no uso recreativo do lago reservatório Red Rock, em Iowa, Estados Unidos.

No Brasil, há alguns trabalhos que tratam das implicações econômicas da erosão do solo dentro da unidade produtiva. KITAMURA et al., (1982) e MENCK (1993); avaliaram economicamente o uso de diferentes sistemas de conservação do solo, BASTOS FILHO (1995), LOPEZ (1997) e OLIVEIRA (2004) estimaram o valor econômico dos nutrientes perdidos pela erosão do solo. Nas avaliações econômicas dos impactos externos da erosão do solo, MARQUES (1995) estudou o custo provocado pelo assoreamento em usinas hidroelétricas a fio d'água no Estado de São Paulo.

Dentre os trabalhos que abordam simultaneamente os efeitos internos e externos da erosão do solo destacam-se os de SORRENSON e MONTOYA (1989), que estimaram os custos internos da erosão do solo no Paraná, mencionando o valor do custo adicional do tratamento de água causado pela erosão. MARQUES (1998), que realizou um estudo na região da Bacia do Rio Sapucaí, Minas Gerais, para estimar o denominado custo reposição (HUFSCHMIDT et al. 1983; DIXON e HUFSCHMIDT, 1986). Por este método, as necessidades nutricionais de acordo a cultura e o tipo de solo, são computadas para avaliar economicamente o custo dos solos perdidos por erosão. Os custos ambientais externos foram estimados para duas situações, com o cálculo dos custos de geração de energia elétrica *com e sem* efeitos do assoreamento do rio Sapucaí. No caso do assoreamento do rio as usinas têm maiores custos (serviços de manutenção, reposição de peças, dragagem, etc).

COLACCICO e colaboradores (1989) calcularam os custos internos da erosão do solo para dez regiões dos estados Unidos, utilizando o *Erosion Productivity Index Calculator (EPIC)* e compararam essas estimativas com as estimativas dos custos externos apresentadas por CLARK II et al. (1985). A conclusão deste trabalho é que em oito das dez regiões pesquisadas, os custos externos eram maiores que os custos internos.

No estudo realizado por PRATO e WU (1991) foi feita uma comparação entre o sistema de manejo convencional e o sistema cultivo mínimo, no qual a taxa de erosão diminuiu 1,5 vez a taxa tolerável (T). Também foi estimado o custo dos danos causados pelos sedimentos na Bacia Tom Beall do Estado Idaho, Estados Unidos. Os resultados indicam que o retorno líquido dos produtores agrícolas aumenta 16% (de U\$ 406 para U\$ 473 por hectare) quando o preparo convencional do solo foi substituído pelo cultivo mínimo.

LOPEZ (1997) realizou um estudo na Bacia do Rio Corumbataí, na cidade de Piracicaba (SP) visando determinar o efeito da erosão no rendimento da cana-de-açúcar (custo

privado) e também o custo operacional total do tratamento de água, evidenciando a parcela do custo causada pela erosão (custo externo ou social). Os resultados indicaram uma perda de produtividade nos ARGISSOLOS de 18,86 Mg. ha<sup>-1</sup>, equivalente a R\$ 431,65/ha, em média. O custo operacional adicional do tratamento de água devido à erosão atingiu em média, R\$ 548.318,00 por ano (isso implica que cada família abastecida estaria pagando R\$ 0,62/mês a mais devido à erosão). Concluiu que se as perdas de solo se restringissem aos limites toleráveis, os custos da erosão diminuiriam em 84%.

Dentre os trabalhos que abordam o custo da perda de produtividade causada pela erosão do solo, destacam-se os trabalhos de WALKER (1982) e HERTZLER et al. (1985) que incorporam o conceito de “*user cost*” da erosão do solo nas suas estimativas.

WALKER (1982) desenvolveu uma função de dano (*damage function*) da erosão do solo, que lhe permitiu obter o valor da diferença de rendimento entre plantio convencional e plantio com práticas conservacionistas. A diferença da função considera a dos custos de produção entre os dois manejos, o custo da quantidade adicional de fertilizantes necessária para remediar a queda da fertilidade do solo e a renda futura perdida devido à queda no rendimento.

No estudo efetuado por HERTZLER et al. (1985), o *user cost* da erosão foi dividido em três partes: custo da perda física do solo; custo da perda de fósforo, e o custo da perda de potássio. Neste estudo, as informações obtidas foram baseadas no rendimento da cultura, na umidade média anual do solo, na profundidade inicial do solo, no estoque de fósforo e potássio na camada superior do solo (horizonte A) e no preço de fertilizantes fosfatados e potássicos. Realizado para a Bacia do Estado de Iowa, Estados Unidos, o estudo mostrou que um solo com alta erodibilidade, o *user cost* marginal da perda de solo é de aproximadamente US\$ 70 por centímetro de solo perdido por hectare, ou seja, menos de US\$ 0,50 por tonelada de solo perdido. Este valor comparado com outros custos da produção não é muito significativo e, por isto pode estar sendo negligenciado, pelos agricultores que estão produzindo num ambiente econômico complexo.

A maioria dos trabalhos que utilizam métodos de valoração para quantificar monetariamente a erosão acelerada se baseiam em dados de erosão obtidos por modelagem da perda do solo, o que representa uma simplificação da realidade. A disponibilidade de dados de

perda de solo obtidos em condições reais e controladas a partir de diferentes sistemas de produção agrícola é um diferencial importante para aplicação dos métodos de valoração.

### **3.5. Valoração Econômica dos Recursos Naturais**

Um bem ou serviço ambiental qualquer tem grande importância para suporte às funções que garantem a sobrevivência das espécies (ORTIZ, 2003). Todas as espécies de animais e vegetais dependem dos serviços ecossistêmicos dos recursos naturais para sua existência. Podemos traduzir esta importância em valores associados aos bens ou recursos ambientais, que podem ser valores morais, éticos ou econômicos.

Todo recurso ambiental tem um valor intrínseco que, por definição, é o valor que lhe é próprio, interior, inerente ou peculiar. Este é o valor que reflete direitos de existência e interesses de espécie não-humanas e objetos inanimados (ORTIZ, 2003).

Enfocando a visão econômica, o valor relevante de um recurso ambiental é aquele valor que define uma tomada de decisão; neste contexto, o valor do recurso ambiental é a contribuição do mesmo para o bem-estar social.

Portanto, a valoração econômica ambiental busca avaliar o valor econômico de um recurso ambiental através da determinação do que é equivalente, em termos de outros recursos na economia, que estaríamos (os seres humanos) dispostos a abrir mão de maneira a obter uma melhoria de qualidade ou quantidade do recurso ambiental.

Segundo ORTIZ (2003) as técnicas de valoração econômica ambiental buscam medir as preferências das pessoas por um recurso ou serviço ambiental e, portanto, o que está recebendo “valor” não é o meio ambiente ou recurso ambiental, mas as preferências das pessoas em relação às mudanças de qualidade ou quantidade ofertada do recurso ambiental.

A valoração ambiental tem como objetivo alocar recursos escassos de maneira a obter o maior benefício social a partir desses recursos. Os recursos ambientais são finitos. Assim a valoração econômica procura estimar os custos sociais de se usar os recursos ambientais escassos ou, ainda, incorporar os benefícios sociais advindos do uso destes recursos. A valoração ambiental objetiva estimar valores ambientais em termos monetários de forma que possibilite comparar com outros valores de mercado, auxiliando a tomada de decisões envolvendo recursos ambientais.

Sem a utilização da valoração econômica ambiental os bens e serviços proporcionados pela natureza e as funções gerais dos ecossistemas não podem ser comprados ou vendidos em nenhum mercado, assim, a tendência será de exaurir, estressar ou romper o equilíbrio do ambiente natural. PEARCE e TURNER (1990) mencionam que se algo é proporcionado à preço zero, sua demanda será maior do que se tivesse um preço positivo, favorecendo uma demanda além da capacidade de suporte do recurso.

De acordo com MARQUES e COMUNE (1995) é fundamental avaliar corretamente os recursos ambientais, pois os preços dos bens econômicos não refletem o verdadeiro valor da totalidade dos recursos usados na sua produção. Isto porque os mercados falham em alocar eficientemente os recursos, ou dito de outra forma, há uma divergência entre os custos privados e sociais. As decisões tomadas somente com base nos custos privados, assumindo custo zero para o recurso ambiental, fazem com que a demanda pelo fator de custo zero fique acima do nível de eficiência econômica, podendo levar aquele recurso à completa exaustão ou degradação irreversível.

A internalização dos custos ambientais no preço dos bens e serviços é uma etapa importante para o controle do uso dos recursos e serviços naturais, e tem por objetivo levar os consumidores a pagarem o custo real do que adquirirem, em vez de repassar indiscriminadamente esses custos à sociedade.

De acordo com SACHS (1986):

*...“Os atuais padrões de uso de recursos, sob o domínio do mercado, orientam-se pela maximização do lucro econômico a curto prazo. Os recursos e os espaços são considerados exclusivamente do ponto de vista de disponibilidade e preço. Os desequilíbrios ecológicos só preocupam na medida em que criam externalidades negativas nos processos de produção, sendo por conseguinte, tratados gradualmente e em base remediadora”.*

Quando os custos da degradação ecológica não são pagos por aqueles que o geram, estes custos são externalidades para o sistema econômico. Na verdade esses custos são gerados por um agente poluidor e afetam terceiros, sem a devida compensação. Por exemplo; quando um rio é assoreado por agricultores que não utilizam técnicas conservacionistas, toda a população ribeirinha paga de alguma forma por este assoreamento (diminuição da pesca, aumento no custo tratamento de água, enchentes, etc). Atividades econômicas são, deste modo, planejadas sem levar em conta as externalidades ambientais e, conseqüentemente os

padrões de consumo das pessoas são forjados sem nenhuma internalização dos custos ambientais (SEROA DA MOTTA, 1998). Como resultado, o padrão de apropriação do capital natural dá benefícios para alguns usuários de recursos ambientais sem que estes compensem os custos incorridos por usuários excluídos. Nesse processo, evidencia-se que as gerações futuras serão deixadas com um estoque de capital natural resultante das decisões das gerações atuais, e arcarão com os custos e conseqüências destas decisões.

### **3.5.1. Valor Econômico**

Estimar o valor (econômico) monetário de um recurso ambiental consiste em estimar o valor (econômico) monetário do recurso ambiental em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia (SEROA DA MOTTA, 1998; YOUNG, 1992). De acordo com MARQUES (1998) o meio ambiente desempenha funções econômicas e têm valor econômico positivo. Portanto, não é correto tratá-lo como se tivesse valor zero, correndo o risco de uso excessivo ou, até mesmo, de sua completa degradação.

Podemos observar que grande parte dos bens e serviços ambientais não possuem preço de mercado. Na ausência de mercado, é difícil estabelecer um valor monetário para esses bens e serviços. Quando não é possível obter indicadores de valor que normalmente são usados no mercado, os mesmos devem ser obtidos de forma indireta.

O termo valor de um bem e serviço ambiental é entendido como sendo a expressão monetária dos benefícios obtidos de sua provisão do ponto de vista pessoal de cada indivíduo (CASIMIRO FILHO, 1999). Esses benefícios poderão advir do uso direto e do uso passivo de tais bens e serviços. O valor de uso direto da amenidade é mensurado pelo valor de uso; enquanto o uso passivo é medido através do valor de opção e do valor de existência (PEARCE e TURNER, 1990). Assim o valor econômico total dos bens e serviços ambientais é composto por formas distintas de valores, descritas a seguir:

**Valor de uso:** refere-se ao valor atribuído pelos indivíduos pela participação numa determinada atividade, ou uso atual da amenidade ambiental (ADAMOVICZ, 1991), ou ainda a apropriação direta de recursos ambientais, via extração, visitação ou outra atividade de produção de consumo direto (SEROA DA MOTTA, 1998);

**Valor de uso indireto:** quando o benefício atual do recurso deriva de suas funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a proteção do solo e a estabilidade climática decorrente da preservação das florestas (SEROA DA MOTTA, 1998);

**Valor de opção:** diz respeito à disposição em pagar dos indivíduos para conservar um determinado recurso ou amenidade ambiental, que poderá ser usado no futuro e cuja substituição seria difícil ou impossível. Ex. valor que as pessoas pagariam para conservar as florestas tropicais, para utilização da fauna e da flora, através de descobertas científicas futuras;

**Valor de existência<sup>1</sup>:** quando os indivíduos obtêm benefícios pelo simples conhecimento de que determinada amenidade ambiental ou certa espécie existe, sem que haja a intenção de apreciá-las ou usá-las de alguma forma. Este valor independe do uso direto, seja no presente, seja no futuro (DIXON e SHERMAM, 1990). Ex. A sociedade se importa com a extinção do Mico-leão-dourado, ou do boto cor de rosa, ou se sente beneficiada pela existência das baleias.

Um tipo de uso pode excluir outro tipo de uso do recurso ambiental. Por exemplo, o uso de áreas do Pantanal para pastagens, exclui seu uso para conservação da vegetação que cobria o solo.

Valorar economicamente um recurso ambiental consiste em determinar quando melhor ou pior estará o bem estar das pessoas devido às mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não (SEROA DA MOTTA, 1998).

### 3.5.2. Métodos de Valoração

Encontra-se na literatura diversos métodos de valoração capazes de fazer uma conexão entre provisão dos recursos naturais e estimativa econômica de seus benefícios. Alguns estimam o preço do recurso natural através de uma função de produção, relacionando a disponibilidade do recurso natural e o preço de uma mercadoria no mercado. Por exemplo, a perda de nutrientes do solo causada por desmatamento pode afetar a produtividade agrícola.

---

<sup>1</sup> Há muita controvérsia na literatura sobre o que realmente representa valor de existência de recurso ambiental. O interesse de preservação do indivíduo pode se confundir com a expectativa de consumo futuro de suas próximas.

Ou a redução do nível de sedimentação numa bacia, por conta de um projeto de revegetação, pode aumentar a vida útil de uma hidrelétrica e sua produtividade (SEROA DA MOTTA, 1998).

PEARCE e TURNER (1990) consideram três correntes para determinar a valoração dos recursos naturais e ambientais sobre a perspectiva da sustentabilidade:

- a) valoração com base na identificação das preferências individuais;
- b) valoração por meio da expressão das preferências públicas; e,
- c) valoração por meio dos processos biofísicos.

As diferentes técnicas de valoração se relacionam com correntes (preferências individuais, públicas e os processos biofísicos).

Nesta pesquisa será abordada somente a valoração com base em princípios econômicos, que são classificados por diferentes autores de diversas formas, porém em termos gerais, seguem a mesma classificação descrita por MERICO (2002).

### **3.5.2.1. Métodos Diretos**

Os métodos de valoração direta se relacionam diretamente aos preços de mercado ou produtividade. São também baseados nas relações físicas que formalmente descrevem causa e efeito. Estes métodos em geral são utilizados para valoração do consumo de capital natural, principalmente quando há enfoque na contabilidade de estoques de recursos naturais e sua dedução da contabilidade de renda (nacional ou regional).

#### **Método do Preço Líquido**

Utiliza o princípio simples, porém eficiente, de considerar o preço líquido de mercado de recursos naturais multiplicado pelas unidades físicas desses recursos, como valor do recurso. Só pode ser aplicado para recursos que possuam preço de mercado, fornecendo uma boa noção de valor e exigindo, apenas, dados atuais de preços e custos de extração. Neste método, a idéia básica está dentro do princípio de sustentabilidade forte, é a de que os recursos

exauríveis ou não renováveis, como minérios, petróleo e gases naturais, constituem um patrimônio natural que não pode ser recuperado após sua extração. Portanto, o esgotamento desses recursos implica numa diminuição do capital natural da economia e que por isso deve ser tratada como uma forma de depreciação (SEROA DA MOTTA e YOUNG, 1995). REPETTO et. al., (1989) adotaram este método para avaliar as perdas de riquezas resultantes da extração de petróleo e madeira na Indonésia.

### **Método de mudanças na produtividade**

Este método, também conhecido como produtividade marginal, atribui um valor ao uso da biodiversidade relacionando a quantidade, ou qualidade, de um recurso ambiental diretamente à produção de outro produto com preço definido no mercado. O papel do recurso ambiental poderá ser representado por uma função dose-resposta, que relaciona o nível de provisão do recurso ambiental ao nível de produção respectivo do produto no mercado. Assim, esta função irá medir o efeito no sistema produtivo dada a variação marginal na provisão do bem ou serviço ambiental e, a partir desta variação, estimar o valor econômico de uso do recurso ambiental.

Trata-se de um método para se medir os custos ambientais do processo de desenvolvimento. Assim, queda de produtividade agrícola, associada às perdas de solo, pode demonstrar o custo ambiental da degradação do solo, por exemplo.

O custo da erosão é medido pela quantidade de produto agrícola que deixou de ser produzido em função da ação da erosão. Neste exemplo uma das limitações é comprovar que a variação negativa da produtividade é decorrente da perda de solo, e não de qualquer outro fator, visto que diversos fatores influenciam a produtividade agrícola, dificultando assim o isolamento do efeito da erosão.

Como outro exemplo de função dose-resposta, cita-se a contaminação de um rio, sendo o nível de contaminação de água a dose de poluição e queda da produção pesqueira a resposta.

### **Método de Produção Sacrificada**

De acordo com o descrito por SEROA DA MOTTA (1995) quando os efeitos ambientais são localizados ou específicos, pode-se medir de forma direta os impactos negativos em termos de produção sacrificada ou perdida. Um exemplo é a perda da produção pesqueira devido ao descarte de material tóxico de determinada fábrica (agente poluidor) em um determinado rio, ou a perda de produção agrícola ocasionada pela poluição atmosférica de uma fábrica vizinha.

Segundo o mesmo autor, até em casos mais complexos, é possível medir diretamente alguns impactos ambientais que por si só justifiquem as medidas de controle. Como exemplo, os custos de reparos devidos à corrosão resultante da poluição do ar podem ser suficientemente elevados para compensar o controle de emissão de certos elementos tóxicos, mesmo não considerando os efeitos à saúde das pessoas e outros impactos.

### **Método de custos de doenças**

É um método utilizado para valorar os custos de poluição, relacionando-os com a morbidade. O nível de exposição à poluição é associado ao nível de saúde humana. São contabilizadas perdas de produtividade resultantes de doenças, custos médicos, custos hospitalares, custos de medicamentos e de qualquer outro fator que implique despesas. No Brasil, SEROA DA MOTTA e MAY (1995) aplicaram este método para estimar os gastos médicos gerados pela incidência de doenças associadas à poluição hídrica doméstica.

### **Métodos de custos de mitigação**

Baseia-se na utilização de preços de mercado de gastos potenciais, relacionando-os com o bem natural, ao estabelecer padrões de qualidade ambiental e estimar o custo monetário para se manter ou alcançar esses padrões estabelecidos. Uma vez escolhido o padrão ambiental a ser utilizado, são examinados os vários meios de se atingirem esses padrões, avaliando-se os custos de capital e de operação de diferentes tecnologias e métodos de controle ambiental.

Este método, também classificado como de custo de controle, enfoca a garantia da qualidade dos benefícios gerados à população. É o caso do tratamento de esgoto para evitar a poluição dos rios, de colocar filtros em uma indústria para se evitar a poluição atmosférica ou mesmo a construção de terraços em uma propriedade agrícola para se evitar a erosão e seus impactos externos.

Por limitar o consumo presente de capital natural, o controle da degradação contribui para manter um nível sustentável de exploração, permitindo o aproveitamento dos recursos naturais pelas gerações futuras (MAIA et. al., 2004).

As dificuldades deste método estão relacionadas com a estimação dos custos marginais do controle ambiental e dos benefícios gerados pela preservação.

Os investimentos de controle ambiental tendem a gerar diversos benefícios de difícil mensuração, necessitando de um estudo rigoroso para determinação destes. Como também não há um consenso quanto ao nível de sustentabilidade, é extremamente complexo ajustar os custos e os benefícios marginais e determinar o nível ótimo de provisão do recurso natural.

### **Métodos dos custos de reposição**

Este método se baseia na avaliação dos gastos que seriam necessários para repor a capacidade reprodutiva de um recurso natural que tenha sido degradado. Esses custos podem ser interpretados como o valor da degradação ambiental. Seriam, então, os valores reais, a preços de mercado, de alternativas tecnológicas capazes de, pelo menos em parte, restaurar serviços ambientais que eventualmente tenham sido destruídos, provocando a diminuição no fluxo desses serviços. (HUFSCHMIDT et al. 1983; DIXON e HUFSCHMIDT, 1986).

Como afirmou PEARCE (1993), o método é freqüentemente utilizado como medida do dano causado, sendo comum a estimativa do custo de restauração do ambiente danificado após ocorrência do prejuízo.

O reflorestamento em áreas desmatadas (matas ciliares, florestas nativas) e a aplicação de fertilizantes no solo para restauração ou para manutenção da produtividade agrícola são exemplos de ações restauradoras cujos custos podem ser estimados. Em estudos realizados no Brasil, destacam-se CASTRO (1987), VERGARA (1991), BASTOS FILHO (1995), CAVALCANTI (2001) e OLIVEIRA (2004) que estimaram o valor econômico dos

nutrientes perdidos pela erosão do solo através do método custo reposição. Esse mesmo princípio está presente quando uma decisão judicial obriga a parte responsável pelo dano a pagar pela reposição das condições de modo a se assemelharem com as originais do ambiente. Por exemplo, alguns litígios sobre desmatamento em áreas costeiras tem sido resolvidos através da obrigação de replantio de manguezais ou restingas com espécies nativas, de forma a compensar o dano original. A vantagem de uma solução deste tipo é que elimina a necessidade de um estudo específico de valoração de danos, desde que a área recuperada possua a mesma importância ecológica da área degradada.

Assim, quem ocasionou a externalidade negativa (dano ou custo social) deve ser responsável pela compensação da mesma à sociedade, internalizando o custo da degradação no processo produtivo que degradou o recurso natural.

No caso da aceleração da erosão hídrica provocada pela utilização de práticas agrícolas segundo MARQUES (1998), o método de custo reposição pode ser aplicado, utilizando-se as necessidades em termos de nutrientes de acordo com a cultura e o tipo de solo, e então quantificar economicamente a perda de solo com base nos preços de fertilizantes. Deste modo, os custos internos são estimados pela necessidade de reposição de nutrientes que são carregados pela enxurrada.

MARQUES e PEREIRA (2004) concluíram, num trabalho aplicando o método custo reposição nas bacias hidrográficas dos rios Atibaia e Jaguari, que resultados obtidos com este métodos de valoração econômica apresentaram valores não somente relevantes para avaliar perdas econômicas e danos ambientais, mas também para subsidiar políticas de conservação dos recursos naturais, solo e água..

### **3.5.2.2. Métodos Indiretos**

Os métodos indiretos são aplicados quando um impacto ambiental, ou um determinado elemento do ecossistema, ou mesmo todo um ecossistema não pode ser valorado pelo comportamento do mercado.

Uma das alternativas, nesse caso, consiste na construção de mercados hipotéticos, perguntando-se diretamente a uma amostra de pessoas quanto elas estariam dispostas a pagar

pelo ambiente com qualidade (bem estar social), ou pela redução da degradação desse ambiente. Esses métodos se utilizam de um mercado substitutivo definido pela análise dos comportamentos reais. Nos métodos indiretos são evidenciadas as preferências individuais, que estão relacionadas às funções de utilidade. Dentre os métodos indiretos, citam-se o método de valoração contingente, o método de custos de viagem e o método de valores hedônicos.

### **Método de valoração contingente**

Esse método utiliza o processo de perguntar às pessoas o quanto elas estariam dispostas a pagar por um benefício, pela restauração ou preservação do ambiente natural, ou quanto elas estariam dispostas a receber como compensação para tolerar uma determinada queda na qualidade ambiental (MÉRICO, 2002; SEROA DA MOTTA, 1998; ORTIZ, 2003).

Através de pesquisas amostrais, identifica-se, em termos monetários, as preferências individuais em relação a bens que não são comercializados em mercados. Neste método são criados mercados hipotéticos do recurso ambiental, ou cenários envolvendo mudanças no recurso, e as pessoas expressam suas preferências através da disposição em pagar (DAP) para evitar a alteração na qualidade ou quantidade de um recurso ambiental. Também é possível perguntar ao indivíduo sobre sua disposição em aceitar (DAA) alterações no recurso ambiental. Por exemplo, pode-se perguntar à população de uma cidade, quanto ela está disposta em pagar a mais em sua conta de água, para que as matas ciliares dos cursos de d'água que abastecem a cidade sejam preservadas, diminuindo o risco futuro de falta de água e de contaminação da mesma.

A grande vantagem do método de valoração contingente sobre os demais métodos de valoração ambiental é que este método é o único que permite a estimação de valores de existência do recurso natural. Isto porque não é observado o comportamento do indivíduo em mercado correlato ao do recurso, mas é criado um cenário hipotético em que os indivíduos expressam suas preferências, sendo que este cenário não depende do uso ou conhecimento prévio do indivíduo. Assim, é possível obter as preferências individuais sobre os recursos

ambientais que nunca foram ou serão utilizados pelas pessoas, obtendo-se neste caso, o valor de não-uso ou o valor de existência.

A utilização deste método foi sendo reconhecida à medida que novos estudos aprimoraram a técnica e forneceram a base para validação dos resultados. Atualmente é um método aceito e utilizado por diversos organismos nacionais e internacionais, normalmente sendo aplicado para avaliação de projetos de grande impacto ambiental.

A aplicação do método no caso do acidente do navio petroleiro Exxon Valdez em 1989, que derramou cerca 41.635.000 litros (11.000.000 galões<sup>2</sup>) de óleo cru nas águas que banham a parte Centro-sul do Alasca (Prince William Sound), foi decisiva para reconhecimento do mesmo como cientificamente válido (SEROA DA MOTTA, 1998).

Apesar de esse método ser bastante utilizado atualmente, para atribuir valores às amenidades ambientais, diversos autores têm enfatizado a mensuração de alguns problemas decorrentes de seu uso (SCHULZE et. al., 1981; HUFSCHMIDT et. al., 1983; CUMMINGS et. al., 1986). Os problemas que ocorrem podem ser classificados como de viés estratégico, viés de informação, viés de instrumento e viés hipotético.

O problema de viés estratégico ocorre quando os indivíduos percebem que suas respostas podem influenciar as decisões de tal forma que os custos irão diminuir e/ou seus benefícios irão aumentar, em relação ao resultado esperado num mercado normal (CASIMIRO FILHO, 1999). Por exemplo, se um indivíduo é questionado sobre sua disposição a pagar por uma melhoria ambiental próximo à sua residência, e ele sabe que não vai pagar, pois o projeto será pago por outros indivíduos, sua disposição a pagar terá um valor muito maior, do que se ele souber que terá mesmo que pagar quando então irá declarar um valor muito menor.

O viés de informação pode resultar da maneira como as alternativas são colocadas aos entrevistados. Informações minuciosas podem ser de extrema importância para se expor o que se quer valorar, o que é essencial em razão da natureza hipotética do método. Este viés pode ser atenuado pelo uso de recurso visual (fotos), especialmente se os indivíduos não conhecem a amenidade que está sendo valorada. No caso do derramamento de óleo do Exxon Valdez, foram mostradas fotos da área atingida e dos animais mortos no acidente.

---

<sup>2</sup>Galão americano corresponde a 3,785 litros.

Um outro tipo de viés associado ao método é o viés de instrumento, que pode ser resultado da escolha da técnica usada para coletar a disposição a pagar. Algumas taxas são mais altas que outras e o uso delas influenciará as respostas dos entrevistados, ou mesmo a forma que o entrevistador usa, pode induzir as respostas do entrevistado.

E, por último, o viés hipotético, inevitável num processo em que o comportamento do mercado não é observado, principalmente se os entrevistados têm pouca ou nenhuma familiaridade com a amenidade que está sendo valorada (CASIMIRO FILHO, 1999).

Relata-se ainda, mais algumas limitações, como a restrição orçamentária dos entrevistados, que podem não levar em conta no momento de responder a disposição a pagar, por se tratar de uma situação hipotética. Outra limitação, seria o alto custo para sua realização e também a temporalidade. Por exemplo, quando a pesquisa é realizada logo após o acidente, as pessoas estão mais sensibilizadas, o que pode aumentar sua disposição a pagar. Com o passar do tempo e a evolução do caso, esta disposição pode se alterar.

Mesmo com as limitações descritas acima, o método de avaliação contingente, apresenta ótimos resultados quando bem conduzido e adaptado às condições onde será aplicado, ou quando utilizado em conjunto com outros métodos, sendo o único meio disponível em muitos casos de se obter estimativas de valores (DIXON e SHERMANN, 1990).

### **Método do custo de viagens**

O preço obtido por esse método pode ser considerado uma expressão da disposição a pagar pelo direito de consumir o bem ou a utilidade recebida dele. É aplicado geralmente na valoração de ambientes protegidos, parques, áreas de lazer, etc. Segundo CASIMIRO FILHO (1999), este é o método indireto mais utilizado para valoração de amenidades ambientais. Basicamente, o método utiliza os custos incorridos pelos indivíduos quando viajam para um determinado local de recreação, como substituto do bem ou serviço que é explorado pela referida atividade (TISPDELL, 1991). O método consiste em estimar os benefícios gerados por uma determinada atividade recreacional, com base nos custos incorridos para se utilizar às amenidades que são exploradas pela referida atividade. Uma praia limpa, por exemplo, possui

características suficientes para motivar os indivíduos a se deslocarem até ela para usufruir de seus atributos naturais - a premissa básica é a de que os indivíduos estão dispostos a gastar mais, quanto maiores forem os atributos ambientais do local em questão.

Basicamente o método aplica questionários aos usuários da área recreacional, com a finalidade de coletar informações sobre custos de viagem, taxas de visitação (parques, museus), características socioeconômicas, etc.

O método estabelece uma função relacionando a taxa de visitação às variáveis de custo de viagem, tempo, taxa de entrada e outras que possam explicar a visita ao patrimônio natural. Os dados são obtidos através de questionários aplicados a uma amostra da população no local de visitação (MAIA et.al, 2004).

As entrevistas devem ser feitas nos diversos períodos do ano (verão e inverno, diurno e noturno), evitando-se assim um viés sazonal na amostra. A taxa de visitação pode ser expressa em número de visitas pela população (por exemplo, visitas para cada mil habitantes), ou visitas por indivíduo num determinado horizonte de tempo (visitas para cada indivíduo durante um ano, por exemplo). Segundo MAIA et. al. (2004) não há consenso na literatura de qual seja a mais adequada, porém alguns estudos demonstram que os benefícios para um sítio natural possam variar substancialmente de acordo com a técnica empregada.

Apesar do método de custo de viagem ser o mais utilizado para valorar atividades recreacionais, seu uso pode gerar alguns problemas que podem ser decorrentes de falhas nas pressuposições do método, ou de uma especificação deficiente do modelo (CASIMIRO FILHO, 1999). Segundo TISPDEL (1991), os principais problemas do método se relacionam com não homogeneidade de atributos relevantes da população de diferentes zonas, o método assume a mesma forma de demanda por visita para um determinado atrativo; implicitamente, pressupõe-se que a visitação do local tem um objetivo único; no entanto, na prática as viagens possuem vários objetivos; pressupõe-se que os indivíduos não obtêm utilidade durante o processo de viagem; os dados referentes a uma determinada área são limitados a uma amostra; a questão é saber se amostra é representativa da população. Por exemplo, se a frequência de visita é sazonal e os dados foram coletados num período de alta estação (férias) e a demanda é projetada para demanda anual, estará super estimada; o oposto ocorre se os dados forem coletados na baixa estação. Existe o problema de se escolher a função apropriada para ajustar os dados. Frequentemente, o valor econômico de um recurso ambiental não depende apenas

das visitasões; há também os benefícios externos, decorrentes do valor de existência e valor de opção. Neste caso o método de Valoração Contingencial é mais apropriado para mensurar estes últimos.

As principais vantagens desse método são descritas por ADAMOWICZ (1991), são que estima valores usando dados *cross-section*, da mesma forma que a abordagem econômica “tradicional” para estimativa de função de demanda e valoração e bens; permite ao pesquisador a formulação de modelos que podem ser testados (resultados preliminares); permite a formulação de hipóteses com relação aos parâmetros dos respectivos modelos.

### **Método dos valores hedônicos<sup>3</sup>**

Esse método utiliza preços de mercado para bens e serviços ambientais a fim de estimar um valor ambiental embutido no preço observado. Um exemplo bastante comum é a identificação de diferenças em valores de propriedades para estimar o valor paisagístico de determinados ambientes, ou para estimar o valor de um ambiente livre de poluentes. É possível a utilização deste método para estimar o valor econômico da erosão do solo. Através da utilização de métodos estatísticos, estima-se o diferencial de preço ou aluguel de propriedades que apresentam taxas de erosão distintas. Este tipo de abordagem exige dados sobre os preços das propriedades e um mercado para propriedades rurais bem desenvolvido, restringindo assim a sua aplicabilidade em países em desenvolvimento (SEROA DA MOTTA, 1998).

É muito comum, em aplicações do método de preços hedônicos, o surgimento de problemas econométricos, como variáveis omitidas na função de preços hedônicos, multicolinearidade entre os atributos do bem de mercado e problemas de especificação funcional da função de preços hedônicos (MAY et al., 2003). Outras limitações se referem a necessidade de um mercado imobiliário competitivo; demanda um número bastante elevado de informações.

Um estudo realizado em São Paulo por ORTIZ (2003) mensurou o custo da poluição atmosférica através da técnica de preços hedônicos, avaliando o efeito da poluição atmosférica

---

<sup>3</sup> Esse nome é uma referência ao hedonismo, corrente filosófica ou doutrina que considera que o prazer individual e imediato é o único bem possível, princípio e fim da vida moral.

sobre o valor dos imóveis novos na cidade. Algumas qualidades dos imóveis são independentes da região onde se localizam - área, acabamento, vagas na garagem, etc. Já outras qualidades são determinadas pela localização do imóvel, como a acessibilidade ao transporte, as características da vizinhança e a poluição do ar. Se o valor do imóvel é afetado por estas características de alguma maneira, então se pode dizer que as pessoas estão dispostas a pagar por elas e é possível, através de técnicas estatísticas, estimar o preço dessas qualidades. Os resultados obtidos, neste estudo, indicam que uma redução de 10% na média anual geométrica de concentração de partículas inaláveis provocaria uma elevação entre US\$ 3.735 e US\$ 11.037 no valor dos imóveis de São Paulo, conforme a forma funcional da função de preços hedônicos considerada.

Do exposto, conclui-se que cada método de valoração apresenta vantagens e desvantagens. Compreender suas limitações e procurar avanços na compreensão dos fenômenos e do entendimento econômico orientados pelo objetivo maior que é o desenvolvimento sustentável é o desafio colocado a todas as correntes de pensamento (MARQUES, 1998).

### **3.6. Valoração da erosão e sustentabilidade na agricultura**

A preocupação com a valorização dos recursos internos dos sistemas produtivos é a fundamentação básica da maioria dos autores ao definirem sustentabilidade na agricultura (LAL, 1999). De acordo com CONSTANZA et al. (1991), a garantia de sustentabilidade dos sistemas econômicos depende de nossa capacidade para traçar objetivos locais de curto prazo e para criar incentivos consistentes com os objetivos globais e de longo prazo (como a sustentabilidade e a qualidade de vida mundial).

Para isto é necessário estabelecer uma hierarquia de objetivos para o gerenciamento e o planejamento econômico ecológico a nível local, nacional, global; desenvolver melhores capacidades de modelagem ecológica econômica regional e global, de forma a permitir uma visão das possíveis conseqüências de nossas atividades atuais; ajustar preços e outros incentivos locais para que reflitam os custos ecológicos globais a longo prazo, *inclusive a incerteza*; desenvolver programas que não levem ao declínio contínuo do estoque de capital natural (recursos naturais). Independentemente da adoção de um método ou outro de valoração

econômica, pode-se aumentar a eficiência da gestão ambiental com a utilização complementar de um critério econômico.

Segundo CAMPOS (2000, p. 17), “...do ponto de vista econômico, o custo da erosão não depende da quantidade física de terra perdida, mas dos efeitos econômicos dessas perdas”. Assim os dados físicos representam a grandeza qualitativa do processo erosivo, mas isolados não indicam as conseqüências econômicas deste fenômeno. Utilizando os métodos de valoração é possível conhecer o valor monetário do rendimento perdido, que pode ser estimado através do custo de reposição (HUFSCHMIDT et al. 1983; DIXON e HUFSCHMIDT, 1986) de nutrientes, produtividade marginal ou renda sacrificada, conforme descreve o mesmo autor.

Em um estudo realizado por MARQUES et al. (2003) em duas áreas distintas da Microbacia do Córrego Taquara Branca, Sumaré (SP), uma área de Assentamento com agricultura familiar e uma área com agricultura de nível empresarial (denominada Microbacia no estudo), os custos foram calculados utilizando-se perdas de solo estimadas pela EUPS transformadas em perdas de nutrientes, de acordo com a composição do solo e sua correspondência em perdas de fertilizantes.

Neste estudo, foi aplicado o método de valoração custo reposição (HUFSCHMIDT et al. 1983; DIXON e HUFSCHMIDT, 1986), que associa diretamente alterações na qualidade do ambiente com as ocorridas na produtividade e no produto final da atividade econômica.

O estudo concluiu que os benefícios oriundos da construção de terraços, por meio da redução nos custos de reposição, seria em torno de 200% para a Microbacia e 272% para área do Assentamento. A redução dos custos de reposição de nutrientes de R\$50,00/ha para a Microbacia e R\$ 72,00/ha para o Assentamento, geraria uma economia de cerca de R\$ 120.000,00 (custos evitados ao ano), evidenciando que a adoção de práticas conservacionistas, além de evitar a degradação e o desperdício do recurso natural seria extremamente lucrativa para o produtor e para a população da Microbacia e do Assentamento. Além do benefício parcial relativo à redução de gastos com fertilizantes pelos agricultores, deve-se ainda considerar a redução dos impactos externos provenientes da redução das taxas de erosão, deste modo os benefícios totais superam em muito, os custos totais das medidas conservacionistas.

OLIVEIRA (2004) estimou os custos privados decorrentes da erosão para o município de Santo Antônio do Jardim - SP, sua análise valorou o custo de perdas de

nutrientes e também o custo da perda de água, que deixou de infiltrar no solo devido à degradação pelo processo erosivo. Segundo o autor, a obtenção de estimativas monetárias da degradação do solo tem uma representatividade razoável para auxiliar mecanismos de políticas de controle e recuperação do solo, diante da escassez de informações mais precisas para formular outras abordagens de avaliação.

De acordo com BASTOS FILHO (1995), o maior problema encontrado no estudo da mensuração dos recursos ambientais é a falta de dados estatísticos para o seu desenvolvimento.

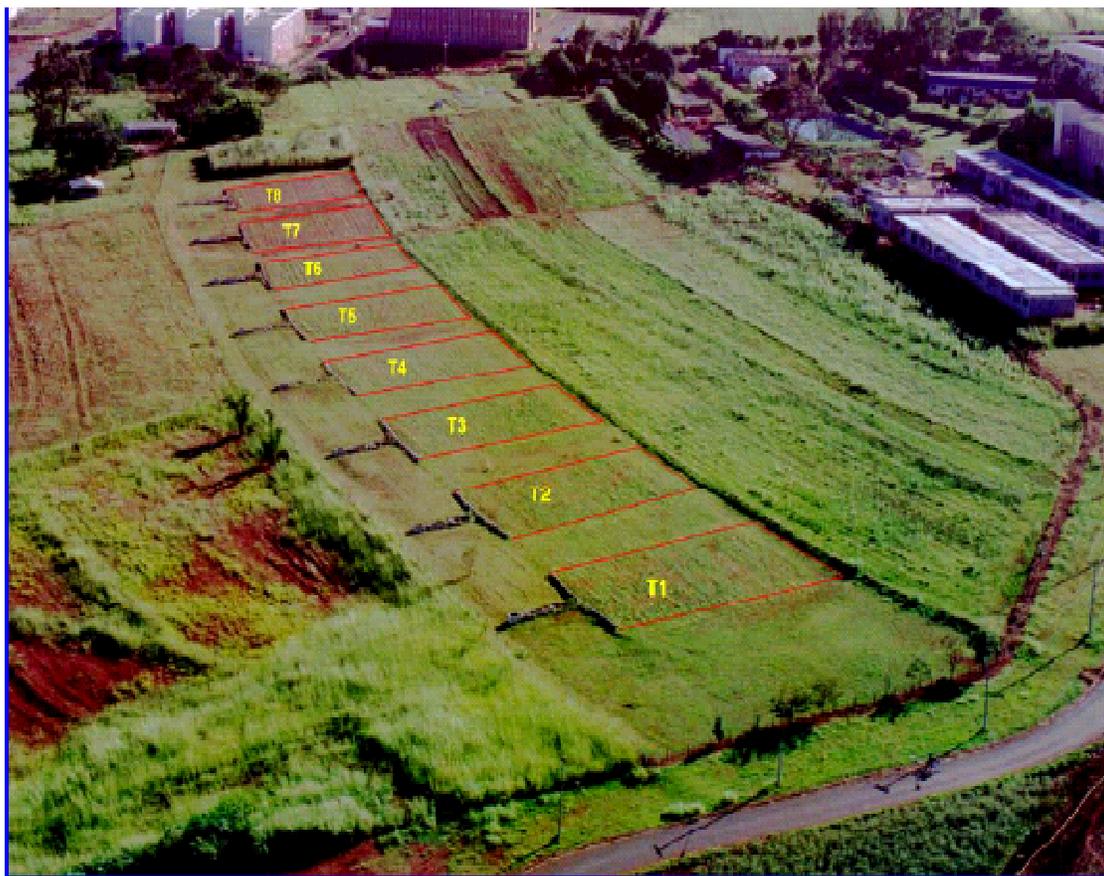
Neste contexto, a valoração econômica ambiental dá uma importante contribuição ao desenvolvimento sustentável, por atribuir valores econômicos aos bens e serviços ambientais, trazendo à tona questões socioeconômicas que não seriam evidenciadas pelos critérios ambientais ou ecológicos isolados sendo um indicador adicional à tomada de decisão e também uma forma de ordenar prioridades. Desta forma, internalizar no processo produtivo o preço do recurso natural limitaria o uso predatório e desordenado (SEROA DA MOTTA e MAY, 1995) sendo uma importante ferramenta para garantir um desenvolvimento sustentável.

A revisão de literatura permitiu definir para os objetivos do presente trabalho, tendo em vista a disponibilidade de dados, o método de custo reposição pareceu ser o indicado para aplicação, avaliando-se a degradação da fertilidade do solo.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Local da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas – SP, na área correspondente às parcelas experimentais com sistemas coletores da enxurrada (Figura 1).



**Figura 1.** Vista aérea das oito parcelas experimentais do Campo Experimental da FEAGRI/UNICAMP, Campinas (SP).

O clima regional pela classificação de Köppen é uma transição entre os tipos Cwa e Cfa, descrito por clima tropical de altitude com inverno seco e verão úmido. As temperaturas do mês mais quente (fevereiro) são superiores a 22°C e as do mês mais frio (junho) inferiores a 18°C. A precipitação média anual é de 1.382 mm, com ocorrência do período chuvoso entre os meses de outubro a março, que concentra 75% do total anual de precipitação (1.048 mm).

O período mais seco ocorre nos meses de junho a setembro, quando há deficiência hídrica no solo de cerca de 7 mm (NIMER, 1989).

Cada parcela experimental, num total de oito, possui uma área de 600 m<sup>2</sup>, sendo 20 m de largura e 30 m de comprimento, com 9 % de declividade, exposição oeste e orientação norte-sul.

Em cada parcela o sistema coletor das perdas de terra e de água por erosão consta de uma soleira concentradora e de três tanques de alvenaria, dispostos em seqüência, com capacidades decrescentes de armazenamento da enxurrada (Figura 2).



**Figura 2.** Detalhe dos tanques coletores do Campo Experimental da FEAGRI/UNICAMP, Campinas (SP).

O primeiro tanque possui uma tela na parte central para retenção do material de maior porte e dos restos de cultura e é denominado *tanque de decantação*. O segundo e o terceiro tanques são denominados *tanques de armazenamento*. Os tanques são interligados por divisores de janelas do tipo Geib para coleta de uma fração da enxurrada de 1/11 (do 1º para o 2º) e 1/7 (do 2º para o 3º). O número ímpar de janelas retangulares permite o fracionamento da enxurrada, tendo um igual escoamento em todas as janelas. Assim, quando o primeiro tanque transborda, somente a janela do meio, conduz a enxurrada para a calha e desta para o segundo tanque, sendo que as outras janelas descartam a enxurrada excedente. A alíquota recolhida é a base para o cálculo da perda de terra e de água por erosão, e de onde se extraem amostras para as determinações analíticas necessárias, tais como granulometria e os teores de nutrientes e de

matéria orgânica. O volume restante é desprezado para efeitos de amostragem, mas é computado no volume da enxurrada. Na pesquisa, a quantificação das perdas de terra por erosão, expressa em kg foi efetuada de acordo com os procedimentos descritos por BERTONI e LOMBARDI NETO (1999). A qualificação das perdas de terra foi efetuada pela determinação dos teores de Ca, Mg, K e P, pelo método da resina trocadora de íons, todos descritos em EMBRAPA (1997 b) e RAIJ et al. (2001).

As estimativas foram efetuadas mensalmente, a partir da data de plantio, acompanhando o desenvolvimento da cultura e, posteriormente, integralizadas para a safra agrícola. Foram feitas coletas aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio. Sendo que na primeira safra devido a uma chuva muito intensa ocorreu uma coleta intermediária em 19/11/2003.

O solo das parcelas experimentais pertence à classe dos Latossolos Vermelhos Distroféricos típico, da unidade de manejo Barão Geraldo, de acordo com levantamento semi-detalhado de solo (OLIVEIRA et al., 1979). Esse tipo de solo apresenta pequena diferenciação entre horizontes, textura muito argilosa e elevado teor de óxidos de ferro, devido ao material de origem derivado de diabásio. Na área da pesquisa, o manejo com calagem e adubação mineral condiciona caráter eutrófico na parte superficial do solo. Para fins de caracterização do solo em sua condição original; são apresentados no anexo A, Tabela A.1; a descrição morfológica e a caracterização analítica de perfil representativo sob vegetação natural de mata tropical subcaducifólia, descrito por OLIVEIRA e MENK (1984).

#### **4.2. Caracterização do Ensaio da Primeira Fase (1990 a 1996)**

A pesquisa na área das parcelas coletoras do Campo Experimental da FEAGRI foi iniciada em 1986, época em que o uso na área era de reflorestamento com eucalipto. Nos anos agrícolas de 1986/87, 1987/88, 1988/89 e 1989/90, todas as parcelas experimentais receberam o mesmo preparo do solo, que consistiu de subsolagens a 0,50 m profundidade, para remoção de camadas compactadas, seguidas de aração e gradagens de destorroamento e de nivelamento (LUCARELLI, 1997; MEDEIROS, 2002). Após o preparo do solo, no ano agrícola de 1986/87 foi semeada crotalária, seguida da cultura do milho (1987/88), soja (1988/89) e milho (1989/90) em todas as parcelas.

No período subsequente, objeto de análise deste trabalho, englobando os anos agrícolas de 1990/91, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95 e 1995/96 (ensaios I, II, III, IV e V), ocorreu a diferenciação do manejo do solo. Em cada parcela foi implantado um sistema de preparo, manejo e ou uso conforme tratamentos descritos abaixo:

**T1. Sistema Convencional com Grade Aradora:** preparo do solo com duas gradagens pesadas a 20 cm de profundidade, com grade de 16 discos de 24", seguida de uma gradagem de destorroamento / nivelamento à época de semeadura;

**T2. Sistema Alternado de Equipamentos:** preparo do solo no primeiro ano com grade aradora; no segundo ano com arado de discos; no terceiro ano com arado de aivecas e no quarto ano com escarificador. A cada quatro anos essa alternância determinou um ciclo. As condições operacionais com cada equipamento são idênticas às dos demais tratamentos similares;

**T3. Sistema Reduzido com Escarificador:** Inicialmente para incorporação de plantas daninhas foi utilizada uma grade aradora de dezesseis discos de 24", a 10 cm de profundidade. À época da semeadura, foi realizada a operação com escarificador de cinco hastes flexíveis a 30 cm de profundidade, seguida de uma gradagem leve de destorroamento/nivelamento;

**T4. Sistema Plantio Direto:** antes da semeadura, o controle de plantas daninhas foi realizado aplicando-se 1,5 l.ha<sup>-1</sup> de Paraquat, seguido de uma roçada dez dias após. A semeadura foi realizada com semeadora adubadora para sistema plantio direto, sem que houvesse mobilização prévia do solo;

**T5. Sistema Convencional com Arado de Discos:** Preparo do solo com arado reversível de três discos de 26" com uma aração de incorporação a 20 cm de profundidade. À época da semeadura, realizou-se uma segunda aração a 25 cm de profundidade, seguida de duas gradagens leves para destorroamento e nivelamento;

**T6. Parcela Roçado sem Mobilização:** esta parcela experimental foi mantida como testemunha de área sem qualquer tipo de mobilização adicional do solo. A vegetação espontânea que surgiu, predominantemente capim-colonião, foi controlada por roçadas.

**T7. Parcela Mobilização "morro abaixo":** Preparo de solo com arado reversível de três discos de 26", com aração no sentido da pendente, o mesmo ocorrendo com a aração e as gradagens de destorroamento e nivelamento prévias à semeadura.

**T8. Sistema de Rotavação:** o preparo do solo foi realizado com uma única operação de rotavação a 18 cm de profundidade, com uma enxada rotativa de rotor fixo, cuja operação promove a incorporação de plantas daninhas, destorroamento e nivelamento.

As parcelas foram cultivadas com milho pipoca. Na parcela **T4** (plantio direto) foi implantada aveia preta para produção de palha. Anualmente, o solo foi adubado com NPK, de maneira idêntica em todas as parcelas experimentais, com base no resultado médio das análises químicas, para reposição dos nutrientes extraídos nas colheitas. A cada 4 anos foi efetuada calagem para correção do pH, mantendo-o na faixa de maior disponibilidade de nutrientes, entre 6,0 e 6,5.

Considerando a disponibilidade de dados foram avaliados os seguintes atributos edáficos: teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Foram também analisados os dados de produtividade do milho pipoca e das perdas de terra por erosão relativo às oito parcelas experimentais.

#### **4.3. Caracterização do ensaio atual (2003 a 2005)**

Em julho de 2003, antes da implantação do ensaio, procedeu-se à extração de amostras deformadas e indeformadas das oito parcelas, para a caracterização física e química do solo.

Foram extraídas 5 amostras por parcela, nas camadas 0-20 cm, 20-40 cm, 40 – 60 cm, e 5 amostras indeformadas em anéis volumétricos de cerca de 50 cm<sup>3</sup> nas profundidades de 10 cm, 30 cm e 50 cm.

Foram determinadas a granulometria, a estabilidade de agregados, a densidade do solo, a porosidade e a curva de retenção de água de acordo com os métodos descritos em KIEHL (1979) e EMBRAPA (1997 a).

As análises físicas foram efetuadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola.

Para fins de fertilidade, o solo também foi amostrado, uma vez por ano, para realização de análise química de rotina, após o florescimento da cultura. Foram extraídas três amostras compostas nos terços superior, médio e inferior da parcela, a partir de 15 sub-amostras cada. O solo foi amostrado na profundidade de 0 – 20 cm.

Foram determinadas as análises de Na, pelo método do acetato de amônia a H 7,0, do Al, pelo método do K Cl 1N, da acidez total, pelo método do acetato de cálcio 1N pH 7,0, do pH em água e em CaCl<sub>2</sub> (relação 1:2,5), do carbono orgânico, pelo método do dicromato de potássio em meio sulfúrico, e da matéria orgânica, pelo método colorimétrico.

Após a caracterização do solo, em agosto de 2003 as parcelas foram escarificadas a 0,30m de profundidade visando a uniformização do solo das parcelas, antes da aplicação dos tratamentos.

Foram implantados dois sistemas de manejo: sistema plantio direto (SPD) e plantio convencional (PC) com grade aradora em nível, com quatro repetições.

No primeiro ano agrícola, safra 2003/04, foi implantada a cultura do milho, variedade SHS 4050 (verão), sendo a semeadura em 05/11/2003. Nas parcelas sob sistema plantio direto, em 23/10/2003 foi semeada aveia preta, nabo forrageiro e crotalária, como plantas de cobertura.

No segundo ano agrícola, safra 2004/05, foi semeada aveia preta como planta de cobertura em agosto de 2004 e em 22/11/2004 feito o plantio do milho da mesma variedade do ano anterior.

A variedade SHS 4050 da Santa Helena Sementes, é um híbrido duplo, com tipo de grão duro, laranja tendo um ciclo superprecoce, com florescimento masculino em 60 dias e maturação fisiológica média de 115 dias. Apresenta plantas com altura de 2,10 m em média, tendo um bom empalhamento, sendo recomendado o plantio de 50 mil plantas/ha, ou seja, 3000 plantas/600m<sup>2</sup> (área da parcela experimental). A produtividade potencial desta variedade é de 8.245 kg ha<sup>-1</sup> ou de cerca de 138 sc. 60 kg/ha. (dados fornecidos pelo produtor – Fazenda Cachoeira – Patrocínio, MG).

## 4.4. Valoração econômica da erosão do solo

### 4.4.1. Método de Valoração Custo de Reposição

Neste trabalho, após análise de diferentes métodos de valoração econômica, foi utilizado o método Custo Reposição, que se caracteriza pelos cálculos das perdas de solo, transformadas em perdas de nutrientes que devem ser proporcionalmente repostos por meio de adubação com fertilizantes comerciais. Por este método, a necessidade de adubação, que é determinada em função das exigências nutricionais da cultura e dos teores de nutrientes presentes no solo, permite avaliar economicamente o custo da degradação da fertilidade do solo. Isto porque o sistema de manejo influenciando as perdas de solo por erosão conseqüentemente condiciona a quantidade de nutrientes perdidos que deverão ser repostos.

Para valoração econômica da erosão acelerada do solo no processo produtivo agrícola, foram avaliados e relacionados dados de produção, dados de perda de solo e atributos edáficos.

Foi considerado conveniente, para a finalidade da pesquisa, a análise de um período mais longo, representativo da história do uso do solo na área do experimento, sendo utilizados dados de pesquisas realizadas anteriormente.

Utilizando o conceito de custo-reposição (HUFSCHMIDT et al. 1983; DIXON e HUFSCHMIDT, 1986) foram avaliadas comparativamente as perdas de nutrientes (Ca, Mg, K, P, N) devidas à erosão do solo ocorrida nos diferentes sistemas de manejo.

Foram calculados os custos internos (“on site”) da erosão, utilizando a equação (1) abaixo, extraída de MARQUES (1998); adaptada para a pesquisa<sup>4</sup>:

$$C I = Qn (Pn + Ca) \quad (1)$$

Sendo:

CI = custos internos da erosão, expressos em reais (R\$) ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup>

Qn = fertilizantes carreados pela erosão, em kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup>

Pn = preço dos fertilizantes, em reais (R\$) / kg

---

<sup>4</sup> Os valores se referem exclusivamente às perdas ocorridas durante o período da safra de milho (120 dias em média).

Ca = custo de aplicação dos fertilizantes, em reais (R\$) ha<sup>-1</sup>

Para aplicação da equação 1, para os dados do período entre 1990 a 1996 foi utilizada a perda de terra por tratamento. As perdas de nutrientes (N, P, K e Ca+Mg) foram calculadas com base em análise de fertilidade de uma amostra composta.

Para o período do ensaio atual (2003 a 2005) também foi utilizada a perda de terra por tratamento. As perdas de nutrientes (N, P, K e Ca+Mg) foram calculadas pela somatória dos nutrientes perdidos por coleta da perda de terra durante a safra.

As quantidades de nutrientes foram convertidas em quantidades dos respectivos fertilizantes, através de uma relação técnica de equivalência e, a partir dos preços médios dos fertilizantes e da estimativa dos custos de aplicação, foram calculados os custos de reposição em reais (R\$) ha<sup>-1</sup>.

Os cálculos das quantidades de nutrientes e dos fertilizantes são demonstrados nos itens 4.4.1.1 e 4.4.1.2.

#### 4.4.1.1. Cálculo dos valores de perdas de nutrientes em kg ha<sup>-1</sup> para o período da safra de milho

Os resultados das análises químicas de fertilidade relevantes para o cálculo do custo-reposição se referem aos teores dos macronutrientes (Ca, Mg, K, P e N). Quando necessário, efetuou-se a conversão dos resultados das análises para as unidades do Sistema Internacional, de acordo com os fatores de conversão da Tabela 1, extraída de IAC (1996).

**Tabela 1.** Correspondência entre Unidades.

Unidade antiga (A)	Unidade nova (N) (N=AxF)	Fator de conversão (F)
%	g/kg, g/ dm <sup>-3</sup> , g/L	10
ppm (massa/massa)	mg/kg, mg/dm <sup>3</sup> , mg/L, g/kg	1
mEq/100 cm <sup>3</sup>	mmolc/dm <sup>3</sup> , mmolc/kg	10
mEq/100 cm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup> , cmol <sub>c</sub> /kg	1

Fonte: Boletim Técnico 100 – IAC – Campinas (SP) 1996

Os resultados dos valores dos macronutrientes Ca, Mg, e K no material erodido estão expressos  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e o P (resina) em  $\text{mg}/\text{dm}^{-3}$ . Quanto ao nitrogênio, não foi determinado diretamente na análise. Seu valor foi calculado com base no teor de matéria orgânica, considerando que a mesma contém cerca de 5% N (TOME JUNIOR, 1997).

Os valores de Ca, Mg, K, P e N perdidos por erosão foram convertidos para  $\text{kg ha}^{-1}$ , com base no valor da perda de solo, para a conversão foram realizadas as etapas descritas a seguir:

O cálculo das perdas no caso Ca, Mg e K, expressos em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  foi realizado utilizando a expressão abaixo (LOPES e GUILHERME, 1992):

$$E = PA \div V \div 100 \quad (2)$$

Sendo:

E = teor do íon ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ou  $\text{K}^+$ ) em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;

PA = peso atômico do elemento em gramas;

V = valência do elemento;

Exemplo de cálculo para a obtenção do valor do Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), conforme LOPES e GUILHERME (op. cit.):

$$1 \text{ centimol}_c \text{ Ca}^{2+} = PA \div V \div 100$$

$$1 \text{ cmol}_c \text{ Ca}^{2+} = 40,089 \text{ g} \div 2 \div 100$$

$$1 \text{ cmol}_c \text{ Ca}^{2+} = 0,2004 \text{ g ou } 200,4 \text{ mg}$$

Portando, 200,4 mg de  $\text{Ca}^{2+}$  deslocam 10 mg de  $\text{H}^+$  e 1  $\text{cmol}_c$  de  $\text{Ca}^{2+}$  ou 1 centimol<sub>c</sub>  $\text{Ca}^{2+}$  equivale a 200,4 mg.

Com base nesta conversão os dados obtidos nas determinações foram convertidos em miligramas por quilo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

O mesmo cálculo foi aplicado para a conversão de Mg e K (magnésio e potássio):

$$\text{Potássio} = 39,102 \div 1 \div 100 = 391,02 \text{ mg}$$

$$\text{Magnésio} = 24,312 \div 2 \div 100 = 121,56 \text{ mg}$$

Para o cálculo do Nitrogênio, foram seguidas as seguintes etapas:

a) Conversão de C (carbono) em MO (matéria orgânica) pela expressão (EMBRAPA, 1997):

$$\text{Matéria Orgânica (g/kg)} = \text{C (g/kg)} \times 1,724 \quad (3)$$

b) Com base na percentagem de matéria orgânica, calculou-se a percentagem de Nitrogênio pela expressão (Tomé Jr., 1997):

$$\text{N\%} = \text{Matéria Orgânica \%} \times 0,05 \quad (4)$$

c) Para calcular o teor de N perdido por tratamento, multiplicou-se o valor obtido em *b)* por quilo pelo total de quilos de terra erodida por tratamento, estes resultados constam do Apêndice A.

No caso do fósforo P, expresso em ppm (partes por milhão), em algumas análises, não foi necessária a transformação pelo valor de ppm ser de mesma grandeza que  $\text{mg kg}^{-1}$ . Neste caso, a somatória do fósforo perdido por parcela foi convertida em quilos e multiplicada pelo total de quilos de terra perdida do respectivo tratamento.

#### **4.4.1.2. Cálculo das quantidades de fertilizantes necessárias para repor às perdas de nutrientes**

O cálculo das quantidades de fertilizantes necessárias para repor às perdas de nutrientes foram realizados utilizando o conceito de custo de reposição de fertilizantes e podem ser encontrados em BASTOS FILHO (1995); CAVALCANTI (1995); FERNADES (1997); MARQUES (1998) e ORTIZ LÓPEZ (1997).

Os resultados analíticos das análises químicas das perdas de terra (média) para o período do ensaio anterior (1990/96) estão apresentados na Tabela B.1 e para o período do ensaio atual nas Tabelas B.2 (2003/04) e B.4 (2004/05), sendo as somatórias destes resultados apresentada nas tabelas B.3 (2003/04) e B.5 (2004/05) do Anexo B. Posteriormente, efetuaram-se a conversão de dados obtidos nas determinações em centimol de carga por quilo ( $\text{cmol}_c$ ) para miligramas por quilo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ou gramas por quilo ( $\text{kg}^{-1}$ ).

Os dados convertidos são apresentados nas tabelas A1 (1990/96), A2 (2003/04) e A3 (2004/05) do Apêndice A. Utilizando-se os resultados obtidos desta primeira conversão, foram calculados os valores de nutrientes perdidos em  $\text{kg ha}^{-1}$  safra<sup>-1</sup>, apresentados nas Tabelas A4 (1990/96) e A5 (2003/04 e 2004/05) do Apêndice A.

#### **4.4.1.3 Obtenção dos preços dos fertilizantes, (R\$ Mg<sup>-1</sup>)**

Para se calcular o custo de reposição foi necessário o custo de fertilizantes. Para esta finalidade, foram escolhidos alguns dos fertilizantes mais comuns utilizados atualmente, sendo Uréia ( fonte de N) Superfosfato Simples (fonte de P) , Cloreto de potássio (fonte de K) e Calcário Dolomítico ( fonte de Ca e Mg).

A série histórica de preços, apresentada no Anexo C nas Tabelas C1, C2, C3 e C4, foi cedida pelo IEA. Entre 1990 a 1994 tivemos troca de moeda no país, de 01/1992 em Cr\$ (Cruzeiro): de 07/1993 em CR\$ (Cruzeiro Real); de 06/1994 em R\$ (Real).

Utilizando fatores de conversão, os valores foram convertidos para R\$ (real) e depois deflacionados pelo índice IGP-DI, sendo o ano Base: Dez./2005 = 100. Estando os valores apresentados em Reais de dezembro de 2005, corrigido pelo índice 2, de Conjuntura Econômica, Disponibilidade Interna, da Fundação Getúlio Vargas, estes valores apresentam-se no Apêndice B nas seguintes Tabelas B1, B2, B3 e B4.

#### **4.4.1.4 Custo de aplicação dos fertilizantes (R\$ ha<sup>-1</sup>)**

Considerou-se que a mão-de-obra necessária para adubação de cobertura de um hectare de milho é de um trabalhador despendendo uma diária e meia (em média 12 horas). No ensaio foram realizadas duas adubações de cobertura da cultura de milho computando o custo do valor de três diárias / hectare como o valor do custo de aplicação de fertilizantes.

Apresentados no Anexo D, Tabela D1, os valores correntes e corrigidos da mão-obra “diarista” para o estado de São Paulo que foram fornecidos pelo IEA. Foi utilizado o valor da média anual da diária para o trabalhador do campo no estado de São Paulo apresentado no Apêndice B, Tabela B5.

## 4.5 Caracterização da Produção

### 4.5.1 Ensaio Atual 2003 a 2005

A avaliação da cultura de milho foi realizada ao final do ciclo em março de 2004 e em abril de 2005 por meio de ensaio biométrico, logo antes da colheita, onde foram obtidos produtividade e medidas biométricas: número de espigas, peso de grãos, planta; altura da planta, estande, índice de plantas acamadas e quebradas, conforme recomendado por DUARTE e PATERNIANI (2000). Foram avaliadas sessenta plantas por parcela experimental, escolhidas ao acaso.

Para a determinação da altura, as plantas foram medidas a partir da superfície do solo até a extremidade das inflorescências masculinas.

A colheita foi realizada manualmente na segunda quinzena de março de 2004 e na primeira quinzena de abril de 2005. De posse dos valores obtidos nas pesagens, efetuou-se a correção dos pesos em função do grau de umidade, equação 5, considerando-se a umidade padrão igual a 14,50%, pela aplicação da fórmula:

$$Pf = [Pi(100-Ui)]/(100-Uf) \quad (5)$$

Sendo:

Pf= peso final da amostra (corrigida para umidade de 14,50%)

Pi= peso inicial da amostra

Ui= umidade inicial da amostra (determinada em laboratório)

Uf= umidade final da amostra = a umidade padrão de 14,50%

O valor obtido ( $\text{kg} * 600 \text{ m}^{-2}$ ) foi ajustado para hectare, obtendo-se as produtividades em  $\text{kg ha}^{-1}$ , tanto para safra de 2003/04, quanto para a de 2004/05.

Como apontado em alguns trabalhos (SCHMIDT et al., 2001; VENCOVSKY e CRUZ, 1991) a desuniformidade de estandes em unidades experimentais é um dos problemas básicos na análise e interpretação de resultados experimentais. Para se obter estandes mais uniformes, efetuou-se o desbaste no estágio inicial das plantas. Entretanto, mesmo utilizando-

se esta prática as parcelas apresentaram falhas, procedendo ao ajuste das produtividades, tomando por base o estande ideal, segundo recomendado para a variedade.

No presente trabalho foi realizado o ajuste da produtividade, corrigindo a produção de milho para um estande com valor recomendado pela variedade (50 mil plantas por hectare / safra - dados fornecidos pelo produtor – Fazenda Cachoeira – Patrocínio, MG).

Através da análise biométrica foi obtida a quantidade de plantas por tratamento/ hectare e a quantidade produzida em  $\text{kg ha}^{-1}$ , tomando-se um hectare com número de 50.000 plantas como a de estande ideal, os rendimentos foram corrigidos pelos procedimentos abaixo:

a) Obtenção da produtividade por planta / tratamento através da expressão:

$$V = P \div Q \quad (6)$$

Sendo:

V= a produção por planta em  $\text{kg ha}^{-1}$

P= a produtividade da parcela em  $\text{kg ha}^{-1}$

Q= número de plantas da parcela por hectare

b) Obtenção da produtividade ajustada para 50.000 plantas / $\text{ha}^{-1}$  através da seguinte expressão:

$$PC = PN + (PF * V) \quad (7)$$

Sendo:

PC= produtividade final (corrigida);

PN= produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$  de acordo com a quantidade de plantas sem ajuste das falhas da parcela;

PF= quantidade de plantas faltantes ou excesso (tomando como base 100 = 50.000);

V= produção por planta em  $\text{kg ha}^{-1}$ , de acordo com cada parcela.

#### **4.5.1.1 Cálculo da Produtividade Relativa – Uniformização dos ensaios**

No primeiro ensaio foi utilizado milho pipoca e no segundo ensaio milho para grão. A comparação da evolução temporal da produtividade na área de ensaio foi realizada por meio da produtividade relativa. Assim, foi atribuído valor 100 para a parcela com maior produtividade no ensaio anterior (1990 a 1996) e 100 para o estande com valor mais próximo ao recomendado pela variedade no ensaio atual (2003 a 2005), estabelecendo-se assim uma série de números índices relativos.

#### **4.6. Análises Estatísticas**

Para caracterização dos ensaios, os dados experimentais de produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), perda de terra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e dos valores dos atributos de fertilidade do solo (Ca, Mg, K, P e N) foram tabulados e analisados, sendo calculados a média aritmética, o desvio padrão, o coeficiente de variação, mínimos e máximos valores observados. Os dados foram avaliados por tratamento e por ano para o período de cinco anos (ensaio anterior) e para as duas safras de verão do ensaio atual.

Os dados foram analisados utilizando delineamento inteiramente casualizado. Foi efetuada a análise exploratória e verificada a normalidade dos dados pelo teste de SHAPIRO-WILK (1965).

Também foi realizada análise de variância pelo teste F, com comparação de médias pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Para realização das análises, foi utilizando o programa computacional SAS (SAS Institute, 1990).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Produtividade do Milho na Área das Parcelas Experimentais

A produtividade do milho por tratamento do ensaio anterior (1990/96) é apresentada na Tabela 2, e na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise estatística descritiva desse atributo. A Figura 3 ilustra a variação da produtividade de milho pipoca, corrigida para 14,5% de umidade, para o período do ensaio anterior.

No ano agrícola 1990/91, o tratamento que deteve a maior produtividade foi o T1– Grade Aradora com valor de 3.469,79 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de perto pelo tratamento T5– Arado de Disco em Nível, com produtividade de 3.430,80 kg ha<sup>-1</sup>. As menores produtividades ocorreram nos tratamentos T8– Enxada Rotativa e T7– Arado de Disco Morro Abaixo, respectivamente com valores de 2.163,74 kg ha<sup>-1</sup> e 2.397,66 kg ha<sup>-1</sup>.

No segundo ano do ensaio anterior, safra 1991/92, novamente a maior produtividade, de 3.750,00 kg ha<sup>-1</sup> ocorreu no tratamento T1– Grade Aradora, seguido pelo tratamento T2– Sistema alternado, com o valor 3.450,00 kg ha<sup>-1</sup>. A menor produtividade ocorreu no tratamento T4– Sistema Plantio Direto, com o valor de 2.200,00 kg ha<sup>-1</sup>.

Em termos gerais, 1992/93 foi o pior ano agrícola para a maioria dos tratamentos, detendo as menores produtividades do ensaio anterior. A produtividade do tratamento T3– Preparo com Escarificador foi de apenas de 614,00 kg ha<sup>-1</sup>, seguida pelos tratamentos T8– Enxada Rotativa, com valor de 621,00 kg ha<sup>-1</sup>, e pelo T7– Arado de Discos Morro Abaixo, com 703,33 kg ha<sup>-1</sup>. A maior produtividade, de 1.798,83 kg ha<sup>-1</sup>, mais uma vez ocorreu no tratamento T1– Grade Aradora, e a segunda maior produtividade, de 1.000,17 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu no tratamento T4– Sistema Plantio Direto.

Nos anos que se seguiram, houve uma recuperação gradual das produtividades do ensaio anterior, entretanto os valores são sensivelmente mais baixos, em comparação com os resultados obtidos nas safras 1990/91 e 1991/92. A Figura 3 ilustra graficamente a variação da produtividade dos diferentes tratamentos no período do ensaio anterior, onde a tendência de mais baixas produtividades a partir da safra 1992/93 pode ser claramente observada. De notável apenas que o tratamento T4– Sistema Plantio Direto deteve o melhor resultado na

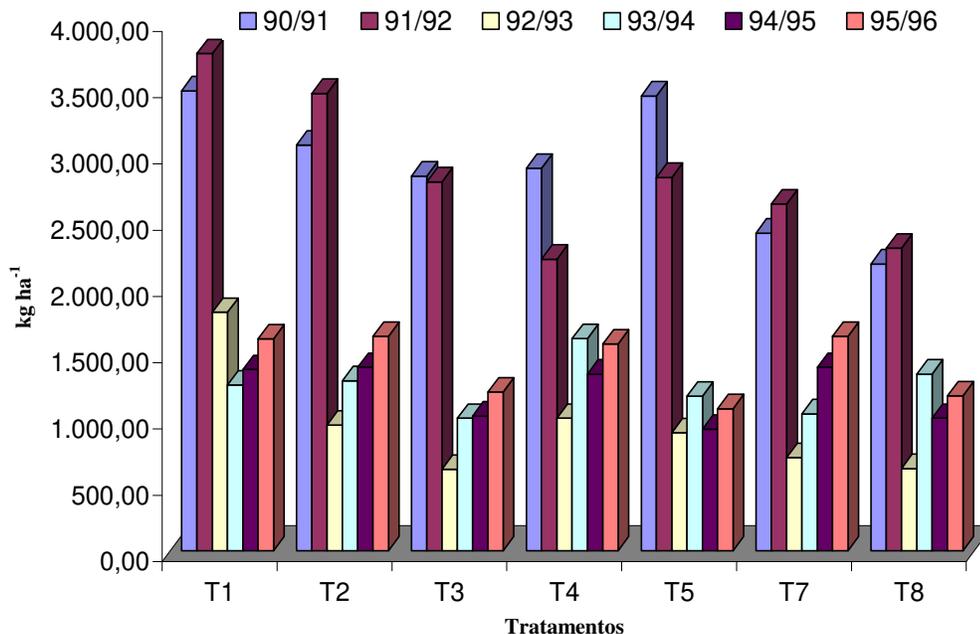
safrá 1993/94, com a produtividade de 1.600,00 kg ha<sup>-1</sup>, superior inclusive ao tratamento T1– Grade Aradora e T2– Sistema Alternado. Este último tratamento, T2, foi o que apresentou a melhor performance, em termos de produtividade, nas duas últimas safras, 1994/95 e 1995/96, superando os tratamentos T1– Grade Aradora e T4– Sistema Plantio Direto.

Avaliando a produção total no período (Tabela 2), observa-se que o tratamento T1– Grade Aradora foi o que obteve o melhor resultado global, enquanto que o tratamento T8– Enxada Rotativa deteve o pior. Os valores médios de produtividade por tratamento no período (Tabela 3), entre 1.400,00 kg ha<sup>-1</sup> e 2.200,00 kg ha<sup>-1</sup> estão abaixo ou próximos à produtividade mínima esperada para a variedade plantada (milho pipoca), entre 2.000,00 kg ha<sup>-1</sup> e 6.000,00 kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados dos testes de médias indicam que as diferenças observadas entre tratamentos não são, no entanto, significativas pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade. Os elevados coeficientes de variação, entre 38,3% (T4) e 64,8% (T5), indicam, segundo Pimentel Gomes (1985), grande irregularidade da produção anual no período avaliado, podendo ser a razão para que não se tenha caracterizado diferenças significativas entre tratamentos. Do ponto-de-vista do produtor, no entanto, as diferenças observadas representariam ganhos diferenciados. Considerando do melhor para o pior resultado, tem-se que T1 > T2 > T4 > T5 > T7 > T3 > T8, podendo-se dizer que em termos de rendimento para o produtor, o melhor tratamento foi T1– Grade Aradora e o pior T8– Enxada Rotativa, uma vez que a adoção do primeiro representaria um rendimento superior em 54% em relação ao último.

**Tabela 2.** Produtividade de milho pipoca nas parcelas experimentais no ensaio anterior (1990-1996), corrigida para 14,5% de umidade.

Trat. <sup>(1)</sup>	Ano Agrícola						Total Período
	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	
	kg ha <sup>-1</sup>						
T1	3.469,79	3.750,00	1.798,83	1.250,00	1.366,67	1.598,44	13.233,73
T2	3.060,43	3.450,00	947,33	1283,33	1.383,33	1.617,93	11.742,35
T3	2.826,51	2.783,33	614,00	1000	1.016,67	1.198,08	9.438,59
T4	2.884,99	2.200,00	1.000,17	1.600,00	1.333,33	1.559,45	10.577,94
T5	3.430,80	2.816,67	891,00	1166,67	916,67	1.072,12	10.293,93
T6	-	-	-	-	-	-	-
T7	2.397,66	2.616,67	703,33	1033,33	1.383,33	1.617,93	9.752,25
T8	2.163,74	2.283,33	621,00	1333,33	1.000,00	1.169,59	8.570,99

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento; <sup>(1)</sup>Tratamento: T1 (grade aradora), T2 (sistema alternado), T3 (escarificador), T4 (plantio direto), T5 (arado de disco em nível), T6 (roçado), T7 (arado de disco morro abaixo), T8 (enxada rotativa).



**Figura 3.** Variação da produtividade de milho pipoca nas parcelas experimentais corrigidas para a umidade 14,5% no período entre 1990 a 1996.

**Tabela 3.** Estatísticas descritivas da produtividade de milho pipoca do ensaio anterior (1990 - 1996).

Safras 1990 a 1996					
Trat <sup>(1)</sup>	Média	Min	Max	s	CV
	kg ha <sup>-1</sup>				%
T1	2205,62 A	1250,00	3750,00	1107,65	50,22
T2	1957,06 A	947,33	3450,00	1035,75	52,92
T3	1573,10 A	614,00	2826,51	973,06	61,86
T4	1762,99 A	1000,17	2884,99	675,92	38,34
T5	1715,66 A	891,00	3430,80	1112,47	64,84
T6	-	-	-	-	-
T7	1625,38 A	703,33	2616,67	753,45	46,36
T8	1428,50 A	621,00	2283,33	660,77	46,26

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento; <sup>(1)</sup>Tratamento: T1 (grade aradora), T2 (sistema alternado), T3 (escarificador), T4 (plantio direto), T5 (arado de discos), T6 (roçado), T7 ("morro abaixo"), T8 (enxada rotativa); s - desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.;

Os resultados de produtividade de milho, variedade SHS 4050, do ensaio atual obtidos por tratamento nos dois primeiros anos de implantação (2003/04 e 2004/05) são apresentados na Tabela 4. A coluna referente à produtividade Original relaciona os valores originais de produtividade obtidos no ensaio, quando se verificou a ocorrência de diferenças nos estandes relativos às parcelas experimentais. A coluna produtividade Corrigida corresponde às produtividades descontando o efeito da diferença dos estandes, para permitir a comparação e avaliação do efeito dos tratamentos. Os valores de produtividade do ensaio atual são muito superiores aos rendimentos obtidos em 2005 nas principais regiões produtoras de milho no Estado de São Paulo, de acordo com dados do IBGE (2006), que apontam uma produtividade média de 3.039,00 kg ha<sup>-1</sup>. Possivelmente, o melhor desempenho no caso do ensaio atual se deva ao uso de sementes de boa qualidade (híbrido resistente) e de adubação efetuada de acordo com a necessidade do solo de cada parcela, identificada por meio da análise de fertilidade.

Para a safra 2003/04 a maior produtividade, de 10.798,18 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu na parcela 4 manejada no sistema plantio direto (SPD4), e a menor produtividade, de 7.810,59 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu na parcela 5 manejada no sistema convencional com grade aradora (PC5). Já para a safra 2004/05, a melhor produtividade ocorreu justamente na parcela 5 (PC5), com 9.135,00 kg ha<sup>-1</sup>, seguida de perto pela parcela 4 (SPD4), com 8.910,00 kg ha<sup>-1</sup>.

De modo geral, os resultados foram melhores para todas as parcelas dos dois tratamentos no primeiro ano agrícola (2003/04). Possivelmente, distribuição irregular das chuvas e ocorrência de déficit hídrico por ocasião do florescimento tenha sido a razão dos piores resultados obtidos no ensaio na safra 2004/05. No entanto, as parcelas manejadas sob plantio direto mantiveram uma performance superior às parcelas sob sistema convencional (grade aradora), apresentando produtividades médias superiores em 12,3% e em 14,8%, respectivamente para as safras 2003/04 e 2004/05 (Tabela 5).

Na safra 2003/04, a produtividade média de grãos das parcelas manejadas sob sistema plantio direto foi de 9.053,33 kg ha<sup>-1</sup> e de 8.062,03 kg ha<sup>-1</sup> nas parcelas sob sistema convencional, resultados bem maiores que a média de produtividade do Estado de São Paulo. Na safra 2004/05, os valores médios de produtividade para os dois tratamentos foram de respectivamente 8.440,00 kg ha<sup>-1</sup> e 7.346,25 kg ha<sup>-1</sup>. Embora, os testes de médias indiquem que as diferenças entre tratamentos não são significativas (Tabela 5), do ponto-de-vista do

produtor, o aumento em 12% e em quase 15% nas produtividades das parcelas manejadas sob sistema plantio direto representam efetivamente um aumento significativo de receita.

Na Tabela 5, além das produtividades médias para os dois tratamentos e para as duas safras avaliadas, são apresentados os valores de desvio padrão, coeficiente de variação e valores mínimos e máximos. Os coeficientes de variação, entre 6,65% e 12,95% para o sistema plantio direto e entre 2,18% e 17,37% para o sistema convencional, são classificados como médios a baixos, de acordo com a classificação de Pimentel Gomes (1985).

**Tabela 4.** Produtividade de milho no ensaio atual (2003 - 2005) após correção para 14,5% de umidade.

Parcela	Trat. <sup>(1)</sup>	Saфра					
		2003/04			2004/05		
		Produtividade					
		Original <sup>(2)</sup>	Corrigida <sup>(3)</sup>	Relativa <sup>(4)</sup>	Original <sup>(2)</sup>	Corrigida <sup>(3)</sup>	Relativa <sup>(4)</sup>
		kg ha <sup>-1</sup>					
1	SPD1	8.669,00	8.533,13	104	7.199,00	8.395,00	92
2	SPD2	7.966,00	8.611,57	105	6.653,00	7.665,00	84
3	SPD3	8.011,00	8.270,44	101	7.559,00	8.790,00	96
4	SPD4	11.248,00	10.798,18	131	7.700,00	8.910,00	98
5	PC5	8.183,00	7.810,59	95	8.781,00	9.135,00	100
6	PC6	8.363,00	8.220,32	100	6.961,00	7.295,00	80
7	PC7	7.546,00	8.098,40	99	6.331,00	6.770,00	74
8	PC8	7.168,00	8.118,79	99	5.862,00	6.185,00	68

Fonte: Dados da Pesquisa; <sup>(1)</sup> Tratamento: SPD (sistema de semeadura); PC (plantio convencional); <sup>(2)</sup> Dados originais do ensaio; <sup>(3)</sup> Dados corrigidos para 50.000 pés ha<sup>-1</sup>; <sup>(4)</sup> Percentagem em relação à parcela com estande mais próximo ao recomendado para a variedade.

Pode-se supor que parte da variação observada na produtividade das parcelas experimentais, com certa vantagem para o SPD, pode ser atribuída a melhores condições de qualidade física do solo, uma vez que a parte química foi repostada adequadamente de acordo com as exigências da variedade e teores presentes no solo.

A esse respeito, vale ressaltar que na safra 2003/04, o valor mínimo de produtividade das parcelas manejadas sob sistema plantio direto, de 8.270,44 kg ha<sup>-1</sup>, foi superior ao valor máximo, de 8.220,3244 kg ha<sup>-1</sup>, produzido pelas parcelas sob sistema convencional. Ainda, a máxima produtividade do ensaio, de 10.798,1844 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu na parcela 4, manejada desde o ensaio anterior e no ensaio atual sob sistema plantio direto, e a produtividade mínima, de 7.810,5944 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu na parcela 5, manejada sob sistema convencional com grade

aradora no ensaio atual e com arado de disco em nível no ensaio anterior. Na safra 2004/05, paradoxalmente, a produtividade máxima do ensaio, de 9.135,0044 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu na parcela 5 e a produtividade mínima, de 6.185,0044 kg ha<sup>-1</sup>, ocorreu na parcela 8, ambas manejadas no sistema convencional, sendo esta última manejada com enxada rotativa no ensaio anterior.

**Tabela 5.** Estatísticas descritivas da produtividade de milho (Variedade SHS 4050) no ensaio atual para duas safras.

Safra 2003/04					
Tratamento <sup>(1)</sup>	Média	Min	Max	s <sup>(2)</sup>	CV
kg ha <sup>-1</sup>					%
SPD	9.053,33A	8.270,44	10.798,18	1.172,34	12,95
PC	8.062,025A	7.810,59	8.220,32	175,90	2,18
Safra 2004/05					
kg ha <sup>-1</sup>					%
SPD	8.440,00A	7.665,00	8.910,00	561,56	6,65
PC	7.346,25A	6.185,00	9.135,00	1275,78	17,37

Fonte: Dados da Pesquisa; <sup>(1)</sup>Tratamento: SPD (sistema plantio direto); PC (plantio convencional); <sup>(2)</sup> Desvio Padrão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.;

Observando em conjunto os resultados do ensaio anterior e atual, coube ao tratamento sistema plantio direto as parcelas correspondentes aos tratamentos T1– Grade Aradora, T2– Sistema Alternado, T3– Escarificador e T4– Sistema Plantio Direto. Dessas quatro parcelas, T1, T2 e T4 foram as que detiveram as melhores performances no período compreendido pelo ensaio anterior, sendo que todos esses tratamentos podem ser considerados mais conservacionistas em comparação com T5– Arado de Disco em Nível, T7– Arado de Disco Morro Abaixo e T8– Enxada Rotativa. Nesse sentido, destaca-se que a parcela 4 (SPD4) vem sendo mantida sob sistema plantio direto desde 1990.

Por outro lado, evidencia-se também o fato de que a parcela 6 (PC6), manejada no sistema convencional com grade aradora no ensaio atual, foi mantida em pousio com cobertura de gramíneas durante todo o período da ensaio anterior. Não por acaso, este fato talvez explique a performance superior dessa parcela em relação às demais manejadas sob sistema convencional, a não ser na safra 2004/05, quando foi superada pela parcela 5(PC5), como já comentado. Embora a análise estatística da influência do ensaio anterior nos resultados do

ensaio atual não tenha sido objetivo deste trabalho, tais considerações não poderiam deixar de ser efetuadas.

Em função dos resultados, pode-se sugerir que os sistemas que mantêm ou melhoram a qualidade física do solo tendem a produzir mais e com menor risco de degradação das terras, embora outros fatores como a disponibilidade de água, de nutrientes (fertilizantes) e a qualidade da semente utilizada afetem também a produtividade. Diversas pesquisas realizadas no Brasil demonstram resultados concordantes com os desta pesquisa, com superioridade dos sistemas conservacionistas de preparo do solo, em relação aos convencionais. CANELL e HAWES (1994) relatam um grande número de pesquisas nos EUA, Canadá e Europa, comparando o rendimento das culturas entre sistemas conservacionistas e convencionais, com ênfase para o plantio direto. Resultados obtidos por ALBUQUERQUE et al., (1995) e MELO FILHO & SILVA, (1993) também demonstraram melhor índice de produtividade para o sistema plantio direto, embora alguns autores, como CRUZ et al. (2003) não observaram efeitos benéficos no sistema plantio direto após três anos de implantação do sistema.

Segundo HERNANI et al. (2002) os efeitos dos sistemas conservacionistas resultam da proteção ao solo obtida por adequada cobertura morta e pela ação de diferentes sistemas radiculares, que influenciam a atividade microbiana, a dinâmica de nutrientes e de água e a agregação do solo. Os efeitos benéficos nas condições de disponibilidade de nutrientes e na dinâmica da água e do ar induzem a uma maior produtividade e a um menor custo de produção.

## **5.2. Perdas de terra por erosão nas parcelas experimentais no Ensaio Anterior e no Ensaio Atual**

Na Tabela 6 são apresentadas as perdas médias de terra em  $\text{kg ha}^{-1}$  safra<sup>-1</sup> para o ensaio anterior, correspondente ao período compreendido entre 1990 a 1996. Os valores constantes da tabela se referem ao período do ciclo da cultura no campo, de cerca de 120 dias. No período restante do ano, a erosão não foi computada. A Tabela 7 apresenta os resultados da análise exploratória e dos testes de média das perdas de terra por erosão nesse mesmo período.

Na safra 1990/91, a análise dos dados permite reconhecer três grupos que, nas condições do ensaio, distinguem tratamentos com perdas de terra excepcionalmente elevadas,

da ordem de milhares de quilogramas por hectare, representados por T7- Arado de Disco Morro Abaixo > T8- Enxada Rotativa; perdas de terra em quantidades intermediárias, da ordem de centenas de quilogramas por hectare, representados por T1- Grade Aradora > T3- Escarificador > T2- Sistema Alternado > T5- Arado de Disco Morro Abaixo; e, perdas de terra baixas, da ordem de dezenas de quilogramas por hectare, representados por T4- Sistema Plantio Direto > T6- Roçado.

Este padrão de resultados se manteve por todo o período do ensaio anterior. Uma primeira observação a ser feita a partir de tais resultados é que nos tratamentos onde foi mantida cobertura superficial no solo (T4 e T6) houve controle efetivo da erosão por todo período da ensaio anterior.

**Tabela 6.** Perdas totais de terra nas parcelas experimentais do ensaio anterior (1990 - 1996).

Trat <sup>(1)</sup>	Ano Agrícola						Total do período
	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	
	kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>						kg ha <sup>-1</sup>
T1	659,23	714,55	604,55	598,55	620,78	543,04	3740,70
T2	583,59	625,45	565,35	598,56	556,35	582,74	3512,04
T3	598,25	600,35	520,35	500,45	517,58	417,04	3154,02
T4	154,58	136,56	122,25	112,58	100,45	101,74	728,16
T5	565,35	650,36	508,56	589,15	650,35	677,57	3641,34
T6	81,25	72,45	70,68	69,45	72,55	73,00	439,38
T7	4365,26	5506,25	4855,23	4256,88	4752,63	4331,09	28067,34
T8	1859,45	1582,25	1256,89	1379,88	1483,25	1293,38	8855,10

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento; <sup>(1)</sup> Tratamento: T1 (Grade Aradora), T2 (Sist. Alternado.), T3 (Escarificador), T4 (Plantio Direto), T5 (Arado de Disco em nível), T6 (Roçado) , T8 (Arado de Disco morro abaixo) e T8 (Enxada Rotativa).

Com base nos valores de perda de terra por tratamento considerando o período total do ensaio anterior, observa-se que a eficiência dos diferentes sistemas de manejo no controle da erosão decresce na seqüência T6 > T4 > T3 > T2 > T5 > T1 > T8 > T7. Excluindo o tratamento T6- Roçado, onde não ocorreu o cultivo do milho, e comparando a seqüência acima com a seqüência decrescente de produtividade do milho (p.56), observa-se que os tratamentos T1 e T2, que detiveram as maiores produtividades, aparecem em 6º lugar e em 4º lugar, respectivamente, no que se refere ao controle da erosão. Assim, as produtividades foram elevadas nesses dois sistemas de manejo, mas as perdas de terra também o foram.

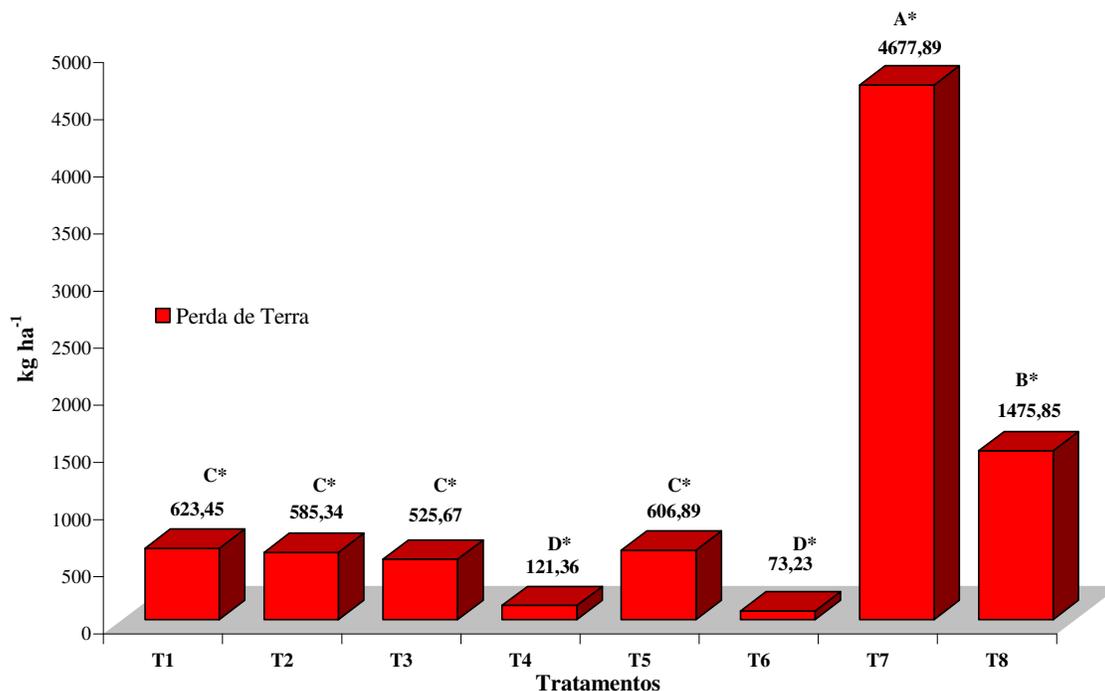
Já foi comentado na literatura, que para afetar a produtividade das culturas as perdas de terra por erosão devem ser muito acentuadas (SPAROVEK et al., 1991; CLARK II, HAVERKAMP e CHAPMAN, 1985). Isto ocorre possivelmente em virtude de que o manejo com fertilizantes e corretivos consegue neutralizar ou mascarar até certo limite a perda de fertilidade do solo degradado por erosão. Também já foi apontado na literatura (PIERCE e LAL, 1994) que muito antes de que a erosão represente um fator mensurável associado ao decréscimo de produtividade das culturas, os danos promovidos pela erosão no ambiente circundante às áreas de produção agrícola, especialmente no que se refere à qualidade e quantidade das águas superficiais, são observados muito mais rapidamente, podendo ser facilmente mensuráveis.

Na Tabela 7, os resultados estatísticos revelam que houve significância estatística entre tratamentos quanto às perdas de solo por erosão. Os valores registrados demonstram perdas médias menores para os tratamentos conservacionistas, com destaque para o tratamento plantio direto (T4) que apresenta a menor média de perda de terra, de 121,36 kg ha<sup>-1</sup>, para os tratamentos com produção, seguido pelo Escarificador (T3), com valor de 525,67 kg ha<sup>-1</sup>. O tratamento roçado (T6), mantido com gramínea, sem produção e sem mobilização do solo, foi o tratamento que apresentou o menor valor de perda de terra, de 73,23 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 7.** Estatísticas descritivas das Perdas de terra do ensaio anterior (1990 - 1996).

Safras 1990 a 1996					
Trat <sup>(1)</sup>	Perda de Solo Média	Min	Max	s	CV
	kg ha <sup>-1</sup>				%
T1	623,45 C	543,04	714,55	58,36	9,36
T2	585,34 C	556,35	625,45	24,63	4,21
T3	525,67 C	417,04	600,35	68,37	13,01
T4	121,36 D	100,45	154,58	21,14	17,42
T5	606,89 C	508,56	677,57	64,00	10,55
T6	73,23 D	69,45	81,25	4,15	5,67
T7	4677,89 A	4256,88	5506,25	472,96	10,11
T8	1475,85 B	1256,89	1859,45	223,15	15,12

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento; <sup>(1)</sup>Tratamento: T1 (grade aradora), T2 (sistema alternado), T3 (escarificador), T4 (plantio direto), T5 (arado de discos), T6 (roçado), T7 ("morro abaixo"), T8 (enxada rotativa); s - desvio padrão; CV-coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.;



\* - colunas seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Turkey (5%)

**Figura 4.** Perdas de terra no Ensaio Anterior (Médias por tratamento no período entre 1990 - 1996).

As perdas médias anuais variaram bastante nos diferentes tratamentos. Na Figura 4, observa-se que o tratamento T7- Arado de disco morro abaixo deteve a maior perda média de terra, no valor de 4677,89 kg ha<sup>-1</sup>, seguido pelo tratamento T8- Enxada Rotativa, com média de 1475,85 kg ha<sup>-1</sup>, e pelos tratamentos T1 Grade Aradora e T5 Arado de Disco em nível, respectivamente com valores médios de 623,45 kg ha<sup>-1</sup> e 606,89 kg ha<sup>-1</sup>. Estes resultados podem ser explicados pelo fato desses tratamentos considerados convencionais mobilizarem o solo de maneira mais intensiva, deixando-o desprovido de cobertura nos períodos de chuvas altamente erosivas. Estes resultados confirmam os resultados da maioria dos pesquisadores estudados, como CASTRO et al. (1986) e BERTOLINI et al. (1993), demonstrando que sistemas convencionais de preparo utilizados em áreas de culturas anuais são muito agressivos ao solo, contribuindo de forma decisiva para sua degradação. A pulverização excessiva do solo, torna-o mais suscetível ao selamento superficial e ao transporte de partículas pela enxurrada.

**Tabela 8.** Perdas totais de terra nas parcelas experimentais do ensaio atual (2003 - 2005).

Parcela	Trat <sup>(1)</sup>	Safra	
		2003/04	2004/05
		kg ha <sup>-1</sup>	
1	SPD1	206,21	144,80
2	SPD2	280,77	339,02
3	SPD3	548,88	278,36
4	SPD4	483,34	475,23
5	PC5	810,53	637,30
6	PC6	246,00	628,85
7	PC7	2.694,35	4.418,68
8	PC8	4.642,92	11.732,24

Fonte: Dados da Pesquisa; <sup>(1)</sup> Parcela: SPD (Sistema de Plantio Direto), PC (Plantio Convencional).

Na Tabela 8 são apresentados os resultados das perdas totais de terra em kg ha<sup>-1</sup> para o ensaio atual, correspondente às safras 2003/04 e 2004/05. Assim como na primeira fase, os valores apresentados se referem ao período do ciclo da cultura no campo, de cerca de 06 meses. No período restante do ano, a erosão não foi computada.

Embora com diferenças não significativas estatisticamente (Tabela 9), fica evidenciado que as perdas de terra por erosão foram maiores no PC quanto comparados ao SPD, este resultados não significativos podem ser explicados, segundo PIMENTEL (1987), pelo fato de ensaios de campo terem pouca precisão e normalmente um coeficiente de variação acima de 25 %.

Resultados semelhantes foram também encontrados por LUCARELLI (1997) trabalhando na mesma área. Observa-se portanto, a importância da mínima perturbação do solo para a produção agrícola e da manutenção da cobertura vegetal sobre o solo como fatores de proteção contra a erosão (NUNES FILHO et al., 1987; ALVES et al., 1998; CURY, 2000; FANCELLI, 2000; DENARDIN & KOCHLANN, 2003, SATURNINO e LANDERS, 1997; BERTOL et al., 1987; LOPES et al., 1987; ALVES et al., 1995; LOMBARDI NETO et al., 1988; BERTOL et al., 1989; KEIN et al., 1995; SIDIRAS et al., 1984). Por outro lado, as maiores perdas no sistema convencional no período estudado, evidenciam o efeito do manejo do solo (LEVIEN e COGO, 2001; LEVIEN et al., 1990).

No PC umas das parcelas que compõem este tratamento, que no ensaio anterior era o tratamento Roçado (T6), apresentou os menores valores de perdas, indicando um possível efeito de cultivo anterior evidenciado pela importância da cobertura vegetal sobre o solo como fator de proteção (DEDECEK et al., 1986; CASOL et al., 1999) e o melhor estado de agregação proporcionado pelas raízes das gramíneas (DECHEN et al., 1981; FARIA et al., 1998). Para a safra 2003/04, a parcela 6 apresentou a menor perda de terra, de 246 kg ha<sup>-1</sup>. Na safra 2004/05, a perda de solo para esta parcela foi maior no valor de 628,85 kg ha<sup>-1</sup> provavelmente já evidenciando mudanças na característica física do solo em decorrência do manejo utilizado (plantio convencional).

As parcelas 7 e 8 do ensaio atual, sob plantio convencional, apresentaram as maiores perdas de terra, respectivamente de 4642,92 kg ha<sup>-1</sup> e 11.732,24 kg ha<sup>-1</sup>, podendo ter ocorrido efeito residual dos tratamentos do Ensaio Anterior com “Arado de disco morro abaixo” (T7) e “enxada rotativa” (T8), no sentido de degradação do solo. Comparando as perdas da parcela SPD3 (Tratamento 3- Escarificador, no Ensaio Anterior) com a da parcela PC8 (Tratamento 8- Enxada rotativa), observa-se que o tratamento PC8 teve uma perda 42 vezes maior que SPD3.

O valor médio das perdas nas parcelas sob sistema plantio direto é de 0,345 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e de 4,27 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o plantio convencional, refletindo que a perda média nas parcelas sob plantio convencional foi 1.137,68% maior do que a perda média nas parcelas sob sistema plantio direto. Esses valores de perda de terra são resultados inferiores aos encontrados em pesquisas semelhantes de CASTRO (1987) de 8,68 t/ha, MENCK (1993) de 21, 67 t/ha, BASTOS FILHO (1995) de 4,75 t/ha, CAVALCANTI (1995) de 6,77 t/ha, LOPEZ (1997) 32,52 t/ha e OLIVEIRA (2004) 12,00 t/ha. Isso pode ser devido ao fato de a pesquisa ter sido realizada em parcelas experimentais onde as condições são controladas e mais precisas e de estarmos trabalhando somente com o valor da erosão no período da cultura no campo (por safra), e de alguns destes autores trabalharem com modelagem, através da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) e outros, por exemplo como CASTRO e BASTOS FILHO, terem utilizados as perdas médias por tipo de uso da terra geradas para condições experimentais específicas e as extrapolaram para todo estado de São Paulo. Além disso podemos citar variações nas condições naturais (solo, condições climáticas, etc) e de uso e manejo diferentes das áreas estudadas.

Outras pesquisas também demonstraram menores perdas de terra para os tratamentos conservacionistas, como as de KITAMURA (1981), que estimou perdas de solo por erosão de 26 t/ano no cultivo convencional, de 12,40 t/ano no cultivo mínimo e de 9,50 t/ano no plantio direto, ou seja, perdas 62% menores que o cultivo convencional e 24% menor que o cultivo mínimo. Vários trabalhos comparativos de perda de solo e água entre sistemas de manejo do solo foram realizados no Brasil (DE MARIA, 1999). ELTZ et al. (1984) encontraram grande diferença nas perdas de solo entre os sistemas conservacionistas caracterizados pelo mínimo revolvimento do solo e manutenção de cobertura, onde o sistema convencional superou o plantio direto em 3,26 vezes com perdas superiores a  $150 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em Latossolo.

Na Tabela 9 são apresentados os valores de perda média de terra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) por tratamento do ensaio atual, valores mínimo e máximo de perda de terra por tratamento, desvios-padrão e coeficientes de variação. Na safra 2003/04 houve uma perda média menor para as parcelas com plantio direto. Para a safra 2003/04 o valor mínimo de perda de terra foi de  $206,21 \text{ kg ha}^{-1}$  para o tratamento plantio direto e o valor máximo  $4.642,92 \text{ kg ha}^{-1}$  para o tratamento plantio convencional, ou seja, plantio convencional perdeu 22,51 vezes a quantidade perdida pelo plantio direto ou 2.151,55 % a mais. Para a safra seguinte, o valor mínimo de perda de terra foi de  $144,8 \text{ kg ha}^{-1}$  para as parcelas sob plantio direto e o valor máximo  $11.732,24 \text{ kg ha}^{-1}$  para as parcelas sob tratamento convencional. Comparando esses valores no plantio convencional as perdas foram de 81 vezes a quantidade perdida pelo plantio direto ou 8002,38 % a mais. Estes resultados demonstram que de acordo com o manejo do solo, embora a degradação possa ser em parte revertida na parte química, restituindo parte da fertilidade, as características físicas do solo vão se deteriorando e agravando com o passar do tempo podendo degradar e culminar na completa depleção do recurso.

De acordo com dados apresentados por BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), no Brasil a perda anual de solo por erosão acelerada é de cerca de 500 milhões de toneladas, sendo que o estado de São Paulo responde por cerca de 25% da perda nacional, ou por 130 milhões de toneladas de terra, perdidas por erosão decorrente do uso intensivo ou indevido.

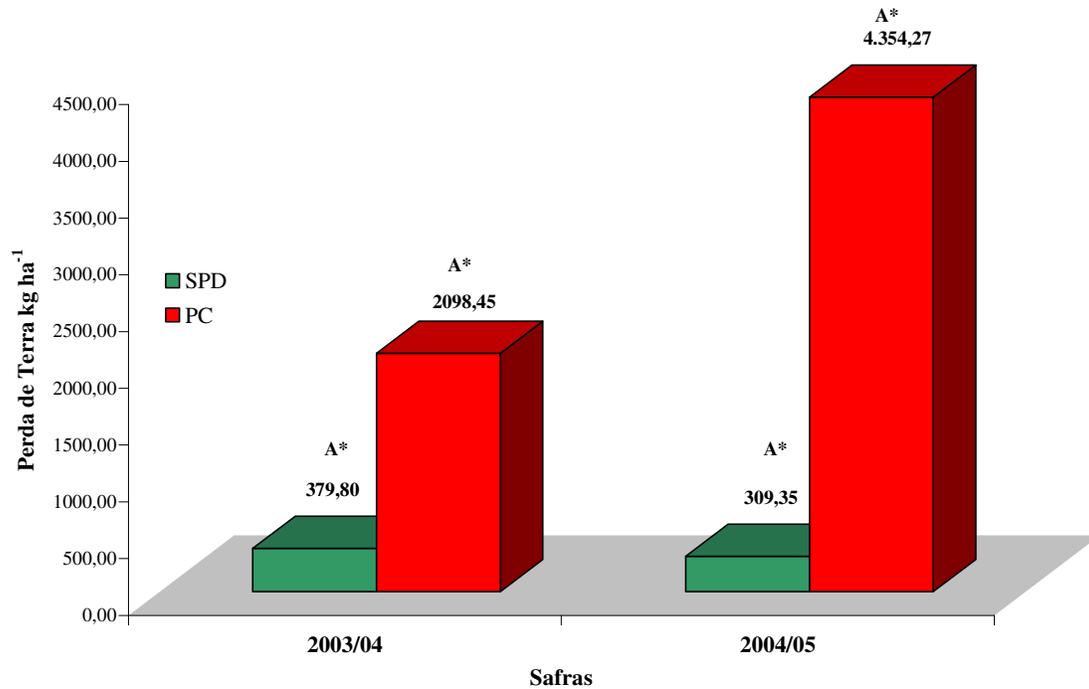
**Tabela 9.** Estatísticas descritivas das Perdas de terra nas parcelas experimentais do ensaio atual (2003 a 2005).

<b>Safra 2003/04</b>					
<b>Tratamento<sup>(1)</sup></b>	<b>Média</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>s<sup>(2)</sup></b>	<b>CV</b>
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>				<b>%</b>
SPD	379,80A	206,21	548,88	162,53	42,79
PC	2098,45A	246,00	4.642,92	1993,3	94,99
<b>Safra 2004/05</b>					
SPD	309,35A	144,8	475,23	137,15	44,34
PC	4.354,27A	628,85	11732,24	5232,37	120,17

Fonte: Dados da Pesquisa; <sup>(1)</sup>Tratamento: SPD (sistema de semeadura); PC (plantio convencional); <sup>(2)</sup> Desvio Padrão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se na Figura 5 que as perdas de terras no sistema convencional foram expressivamente superiores em relação ao sistema plantio direto. Apenas a adoção da prática conservacionista reduziu as perdas de solo em 80% quando comparado com as perdas observadas no sistema convencional. Resultados semelhantes foram relatados por diversos autores, como SEGANFREDO et al. (1997), que encontraram reduções superiores a 99%; BENATTI et al, para uma declividade de 6,3% encontraram redução em 59%; SCHICK et al. (2000) constataram redução de 68%; DE MARIA (1999), observou uma redução de 75%; ELTZ et al. (1984) constataram uma redução de 69,30%.

Esta redução se deve ao fato do sistema plantio direto propiciar um amortecimento das gotas de chuva, com conseqüente diminuição do desprendimento das partículas de solo e da velocidade do escoamento e transporte do material erodido. De acordo com PAULA et al. (2006) a manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo é de extrema importância para garantir a sua proteção contra erosão hídrica, o que também foi constatado por SIDIRAS et al. (1984), COGO et al. (2003), LOPES et al (1987), ALVES et (1995), LOMBARDI NETO et al. (1988), MARGOLIS et al. (1980), UHDE et al. (1986). CARVALHO et al. (1990), AMADO et al. (1989), BERTOL et a. (1989), CASSOL et al. (1989).

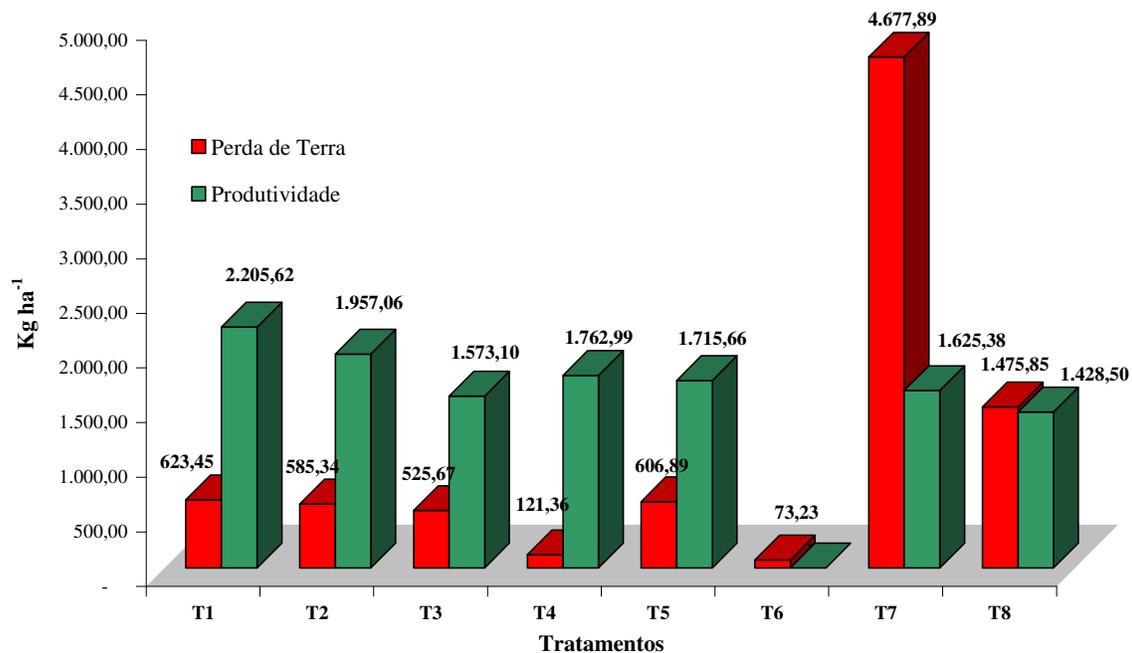


\* - colunas seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Turkey (5%)

**Figura 5.** Perdas médias de terra nas parcelas experimentais do ensaio atual (2003/04 a 2004/05), comparação entre tratamentos (sistema plantio direto com plantio convencional).

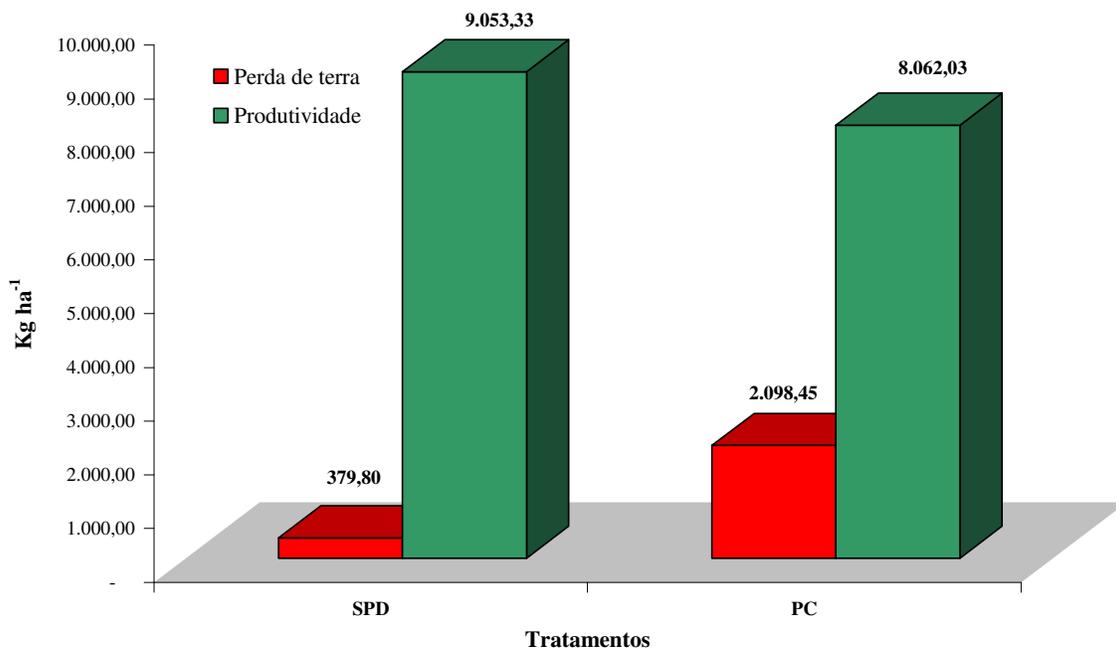
### 5.3. Perda de terra versus Produtividade (ensaio anterior 1990/96)

As Figuras 6, 7 e 8 mostram os valores de perda de solo e de produtividade de milho, respectivamente para o ensaio anterior, ensaio atual (2003/04) e ensaio atual (2004/05).

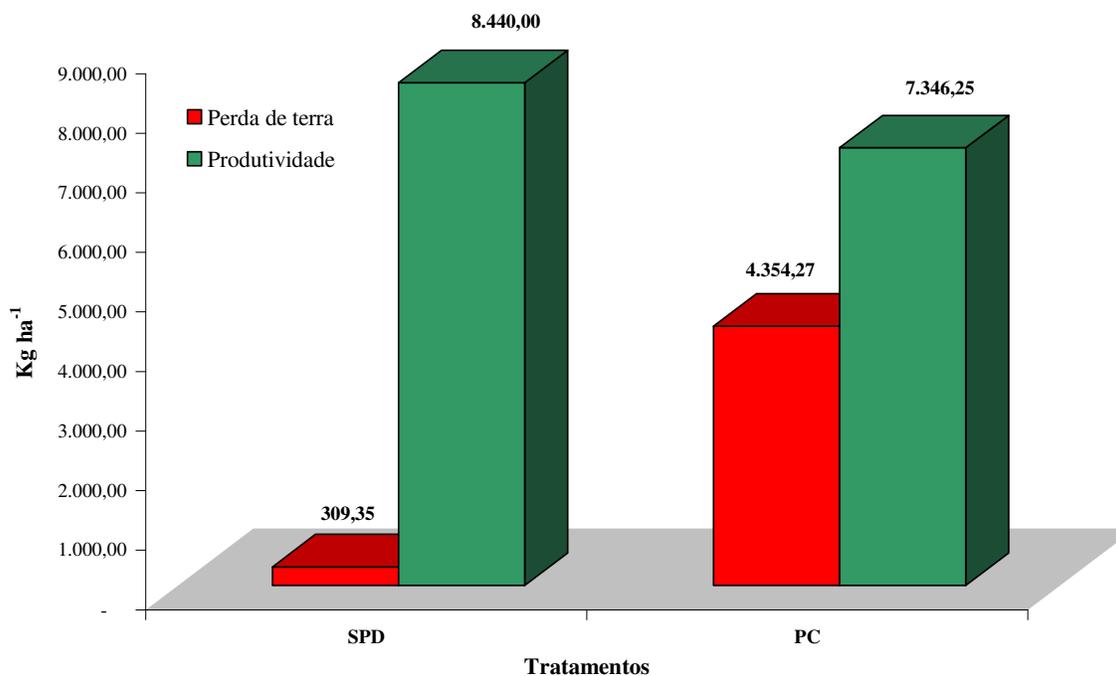


**Figura 6.** Perdas médias de terra x Produtividade nas parcelas experimentais do ensaio anterior (1990 - 1996).

Fonte: Elaborada pela autora, com base nos dados do ensaio anterior.; Tratamento: T1 (Grade Aradora), T2 (Sist. Alternado.), T3 (Escarificador), T4 (Plantio Direto), T5 (Arado de Disco em nível), T6 (Roçado), T7 (Arado de Disco morro abaixo) e T8 (Enxada Rotativa).



**Figura 7.** Perdas médias de terra x Produtividade nas parcelas experimentais do ensaio atual, Safras 2003 a 2004, comparação entre tratamentos (sistema plantio direto com plantio convencional).



**Figura 8.** Perdas médias de terra x Produtividade nas parcelas experimentais do ensaio atual, Safras 2004 a 2005, comparação entre tratamentos (sistema plantio direto com plantio convencional).

Apesar das elevadas perdas médias de terra dos tratamentos convencionais, observa-se que os resultados de produtividade desses tratamentos, embora inferiores em relação aos tratamentos conservacionistas, são ainda satisfatórios do ponto de vista do agricultor, não refletindo degradação do recurso. Resultados semelhantes foram encontrados por ORRUTÉA et al., (2004) em um estudo de resposta do milho à adubação nitrogenada em manejos mecanizados, onde o processo erosivo mesmo com taxas elevadas, não afetou, a curto prazo, a produtividade do milho, que foi adubado com doses crescentes de nitrogênio. Em um estudo conduzido no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, CARVALHO (2000) verificou que não houve diferença significativa na produtividade do milho em função do sistema de manejo (de plantio direto e convencional), mas que o plantio convencional foi mais promissor do que o plantio direto. Quatro anos depois, na mesma área de estudo, SUZUKI e ALVES (2004) obtiveram resultados divergentes demonstrando que, após quatro anos o plantio direto se igualou ao convencional, evidenciando evolução quanto às condições internas do solo.

No Ensaio Atual (Figuras 7 e 8), nos resultados apresentados pelo plantio convencional (PC), observa-se que as condições de solos explorados intensivamente por longos períodos e submetidos à excessiva mobilização da camada arável, além de não possuírem resíduos na superfície, acabam por perderem cada vez maior quantidade de terra se tornando física e quimicamente degradados, em diferentes graus de intensidade. LUCARELLI (1997), trabalhando nesta mesma área experimental, já havia observado resultados semelhantes. Assim os tratamentos que mobilizaram mais o solo, desestruturando-o no ensaio anterior, como os tratamentos T7 – Arado de disco morro abaixo e T8 – enxada rotativa, e neste ensaio sendo manejados com plantio convencional, apresentam uma perda de terra crescente.

Segundo DE MARIA (1999), a redução nas perdas de solo do Sistema Plantio Direto comparada ao preparo convencional é de cerca de 75%; CASSOL e LIMA (2003) observaram redução em torno de 90% nas taxas de perdas de solo por erosão pelo sistema sem preparo do solo em relação ao solo descoberto e ao preparo convencional do solo com incorporação de resíduos. Estes resultados reforçam o que já foi apresentado em vários trabalhos que tratamentos conservacionistas além de preservar as características do solo podem ainda em

alguns casos recuperá-los, e que tratamentos convencionais com técnicas mais agressivas tendem a aumentar a degradação do recurso.

### **5.3.1 Perda de nutrientes por safra em função da perda de terra - ensaio anterior (1990 a 1996)**

Sistemas de cultivo e de manejo do solo podem alterar propriedades químicas do solo. Após seis anos (1990 a 1996) de experimento onde a fertilidade foi avaliada, num Latossolo Vermelho Distroférrico Típico, em oito tipos de manejo diferenciados, os resultados estão apresentados na Tabela 10. Os tratamentos denominados conservacionistas, incluindo T4 – plantio direto, T3 – escarificador, T2 – Sistema alternado de equipamentos e T5 – Arado de disco em nível, obtiveram as menores perdas de nutrientes em relação a preparos convencionais do solo (T1 – Grade Aradora, T7 – Arado de disco morro abaixo e T8 - Enxada rotativa). Se compararmos o valor total de perda de Nitrogênio para o tratamento T4 - plantio direto, de  $9,39 \text{ kg ha}^{-1}$ , com o valor total de perda para o tratamento T7 – Arado de disco morro abaixo, de  $44,26 \text{ kg ha}^{-1}$ , verifica-se que o tratamento convencional perdeu 4,71 vezes a quantidade perdida deste nutriente no sistema plantio direto.

Os teores de nutrientes perdidos foram todos inferiores nos tratamentos conservacionistas, graças provavelmente a menor mobilização do solo e à permanência dos resíduos culturais na superfície; conforme KIEHL (1979), num sistema sob mata, a matéria orgânica está em equilíbrio e em nível mais alto, o qual cai após a ação antrópica, ficando em equilíbrio em um nível inferior, podendo melhorar pela adição de adubações orgânicas, restabelecendo um equilíbrio que permanece entre estes dois níveis, no caso do solo em questão.

Os resultados dos coeficientes de variação foram de médio a muito alto, o que já era esperado quando analisamos atributos edáficos.

Segundo os resultados abaixo, como já observado por LUCARELLI (1997), as maiores perdas de nutrientes ocorreram no tratamento “Arado de Disco morro abaixo”, salientando a importância do cultivo em nível, que propicia menor velocidade de escoamento superficial e, com isso, menor arraste de partículas. Conforme BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), o simples cultivo em nível reduz em até 50 % as perdas de solo em relação ao

cultivo morro abaixo, fato este comprovado por LUCARELLI (1997), e apresentado nos resultados dos tratamentos T7 (arado morro abaixo) e T5 (arado em nível), sendo as diferenças de nutrientes entre os dois tratamentos bem elevadas.

Os resultados negativos em relação aos sistemas convencionais podem ser atribuídos em função do alto grau de mobilização, desestruturação e formação de camadas superficiais compactadas que tais sistemas promovem, o que acaba proporcionando elevadas perdas de terra e água e, por conseqüência, de matéria orgânica e nutrientes, fato observado por vários autores LUCARELLI (1997) e MAIA (1999) na mesma área experimental (VIEIRA et al. (1978); CHICHESTER e RICHARDSON (1992)). Com a utilização de práticas conservacionistas e, principalmente, do sistema plantio direto há uma redução da perda de solo, água e nutrientes. Estes resultados já demonstrados por vários autores podem ser comprovados se verificarmos a média de perda de nutrientes do tratamento T4 – sistema plantio direto que é inferior a todos os demais tratamentos produtivos.

Para o cálcio, observa-se que as menores perdas ocorreram nos tratamentos conservacionistas (T6– Roçado e T4– Sistema plantio direto). FALLEIRO et al. (2003) e MERTEN e MIELNICZUK (1991) constataram maiores teores de cálcio para a camada 0,00-0,05m em áreas cultivadas sob plantio direto quando comparadas com áreas sob sistema convencional. No entanto, observando o teor de cálcio em um solo sob mata tropical subcaducifolia (perfil 1245), de  $150 \text{ mmolc dm}^{-3}$ , constata-se que todos os valores encontrados na área experimental estão abaixo deste valor de referência apesar do manejo agrícola com calagem.

O teor de fósforo apresentou comportamento semelhante aos demais nutrientes mencionados, onde os tratamentos mais conservacionistas mantiveram valores mais elevados (Tabela 9). DE MARIA & CASTRO (1993) e FALLEIRO et al. (2003) relataram em seus estudos maiores teores de fósforo em Sistema plantio direto quando comparado ao Sistema Convencional.

Para os tratamentos Morro abaixo (T7) e Enxada Rotativa (T8), o baixo teor de fósforo pode estar relacionado com maior mobilização e perda de solo em ambos os tratamentos. LUCARELLI (1997), encontrou resultados semelhantes na mesma área. Para o tratamento Roçado (T6), o baixo teor do nutriente fósforo é explicado pelo fato de não ter havido aporte de fertilizantes durante o período.

**Tabela 10.** Perda de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio anterior (1990 – 1996).

Nutrientes	Tratamento <sup>(1)</sup> T1 a T8					
	Ano agrícola					
	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>						
<b>T1</b>						
N	1,81	1,71	1,75	1,44	1,43	1,25
P	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	0,04
K	0,13	0,1	0,15	0,07	0,1	0,14
Mg	0,16	0,14	0,15	1,27	0,62	0,48
Ca	1,55	1,43	1,57	3,81	2,24	1,56
<b>T2</b>						
N	1,2	1,53	1,3	1,17	1,22	1,19
P	0,07	0,07	0,07	0,04	0,05	0,04
K	0,09	0,09	0,14	0,06	0,13	0,09
Mg	0,11	0,11	0,12	0,81	0,85	0,52
Ca	1,1	1,28	1,31	2,46	2,62	1,69
<b>T3</b>						
N	1,29	1,44	1,72	0,9	1,14	1,21
P	0,06	0,04	0,06	0,03	0,03	0,04
K	0,08	0,11	0,17	0,05	0,09	0,1
Mg	0,1	0,11	0,24	0,59	0,44	0,31
Ca	1,15	1,59	2,29	1,75	1,72	1,3
<b>T4</b>						
N	0,58	0,45	0,39	0,37	0,37	0,21
P	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
K	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,01
Mg	0,04	0,03	0,04	0,65	0,3	0,1
Ca	0,4	0,34	0,32	1,6	0,99	0,33
<b>T5</b>						
N	1,07	1,59	1,12	1,12	1,33	2,17
P	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03	0,07
K	0,06	0,08	0,09	0,04	0,07	0,16
Mg	0,1	0,09	0,11	1,57	0,64	2,03
Ca	1,04	1,2	1,12	3,83	2,24	7,89
<b>T6</b>						
N	0,33	0,26	0,23	0,27	0,22	0,25
P	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0
K	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Mg	0,02	0,02	0,02	0,79	0,22	0,22
Ca	0,2	0,17	0,16	0,28	1,45	0,65

**(continuação) Tabela 10.** Perda de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio anterior (1990 – 1996).

Nutrientes	Tratamento <sup>(1)</sup> T1 a T8					
	Ano agrícola					
	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>						
	<b>T7</b>					
N	8,29	9,64	6,55	8,3	7,84	3,63
P	0,08	0,07	0,06	0,08	0,06	0,1
K	0,27	0,45	0,44	0,2	0,35	0,42
Mg	0,58	0,6	0,65	2,07	2,37	2,05
Ca	3,5	3,97	5,25	6,57	6,76	7,55
	<b>T8</b>					
N	4,28	4,51	1,89	4,42	8,45	3,88
P	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
K	0,13	0,12	0,13	0,08	0,09	0,15
Mg	0,25	0,15	0,17	0,74	0,79	0,53
Ca	2,46	1,59	2,39	2,93	2,94	2,75

Fonte: Valores calculados a partir de dados básicos extraídos da Tabela A1 do Apêndice A (dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento); <sup>(1)</sup> Tratamento: T1 (Grade Aradora), T2 (Sist. Alternado.), T3 (Escarificador), T4 (Plantio Direto), T5 (Arado de Disco em nível), T6 (Roçado), T7 (Arado de Disco morro abaixo) e T8 (Enxada Rotativa).

Os resultados da Tabela 11 apresentaram diferenças estatísticas entre si. A verificação da ocorrência de diferenças qualifica as perdas de nutrientes como um importante parâmetro na avaliação das condições do recurso solo, principalmente quando se pretende comparar diferentes tipos de mobilizações. Por exemplo, no caso do Nitrogênio, os tratamentos T1 – Grade Aradora, T2 - Sistema Alternado, T3 – Escarificador, T4 – Sistema Plantio Direto, T5 – Arado de Disco em nível, T6 – Roçado foram considerados iguais, entre si, sendo que os tratamentos T7 – Arado de Disco morro abaixo e T8 – Enxada Rotativa se diferenciaram entre si e dos demais.

**Tabela 11.** Estatísticas descritivas das Perdas de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio anterior (1990 – 1996).

Nutrientes	Tratamento <sup>(1)</sup> T1 a T8					
	Ano agrícola					
	Soma	Média	Min	Max	s	CV %
Kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>						
<b>T1</b>						
N	9,39	1,57C	1,25	1,81	0,23	14,41
P	0,39	0,06AB	0,04	0,09	0,02	33,49
K	0,68	0,11B	0,07	0,15	0,03	24,26
Mg	2,82	0,47AB	0,14	1,27	0,44	93,81
Ca	12,16	2,03BC	1,43	3,81	0,92	45,49
<b>T2</b>						
N	7,61	1,27C	1,17	1,53	0,14	10,78
P	0,34	0,06ABC	0,04	0,07	0,01	20,69
K	0,61	0,1BC	0,06	0,14	0,03	30,95
Mg	2,52	0,42B	0,11	0,85	0,36	84,93
Ca	10,46	1,74BC	1,1	2,62	0,65	37,14
<b>T3</b>						
N	7,69	1,28C	0,9	1,72	0,28	21,66
P	0,26	0,04BC	0,03	0,06	0,02	35,9
K	0,59	0,1BC	0,05	0,17	0,04	41,92
Mg	1,79	0,3B	0,1	0,59	0,19	64,09
Ca	9,8	1,63BC	1,15	2,29	0,4	24,59
<b>T4</b>						
N	2,37	0,39C	0,21	0,58	0,12	30,68
P	0,09	0,02D	0,01	0,03	0,01	63,69
K	0,15	0,03CD	0,01	0,04	0,01	34,58
Mg	1,15	0,19B	0,03	0,65	0,25	129,29
Ca	3,98	0,66BC	0,32	1,6	0,52	79,18
<b>T5</b>						
N	8,41	1,4C	1,07	2,17	0,42	30,21
P	0,27	0,05BC	0,03	0,07	0,01	31,8
K	0,5	0,08BCD	0,04	0,16	0,04	46,33
Mg	4,53	0,76AB	0,09	2,03	0,85	112,09
Ca	17,32	2,89B	1,04	7,89	2,67	92,56
<b>T6</b>						
N	1,55	0,26C	0,22	0,33	0,04	14,8
P	0,04	0,01D	0	0,01	0	40,12
K	0,09	0,01D	0,01	0,02	0	19,77
Mg	1,28	0,21B	0,02	0,79	0,3	139,15
Ca	2,92	0,49C	0,16	1,45	0,51	104,2
<b>T7</b>						
N	44,26	7,38A	3,63	9,64	2,08	28,24
P	0,44	0,07A	0,06	0,1	0,01	18,13
K	2,14	0,36A	0,2	0,45	0,1	28,5
Mg	8,33	1,39A	0,58	2,37	0,86	61,81
Ca	33,61	5,6A	3,5	7,55	1,63	29,09

(continuação) **Tabela 11.** Estatísticas descritivas das Perdas de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio anterior (1990 – 1996).

Nutrientes	Tratamento <sup>(1)</sup> T1 a T8					
	Ano agrícola					
	Soma	Média	Min	Max	s	CV %
	<b>Kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>					
	<b>T8</b>					
N	27,41	4,57B	1,89	8,45	2,14	46,76
P	0,2	0,03CD	0,02	0,04	0,01	23,84
K	0,7	0,12B	0,08	0,15	0,03	24,89
Mg	2,64	0,44AB	0,15	0,79	0,29	65,57
Ca	15,06	2,51BC	1,59	2,94	0,51	20,25

Fonte: Valores calculados a partir de dados básicos extraídos da Tabela A1 do Apêndice A (dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento); <sup>(1)</sup> Tratamento: T1 (Grade Aradora), T2 (Sist. Alternado.), T3 (Escarificador), T4 (Plantio Direto), T5 (Arado de Disco em nível), T6 (Roçado), T7 (Arado de Disco morro abaixo) e T8 (Enxada Rotativa). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

### 5.3.2. Perda de nutrientes por safra em função da perda de terra ensaio atual (2003 a 2005)

**Tabela 12.** Perda de nutrientes por safra (erosão hídrica) em função da perda de terra do ensaio atual (2003 – 2005).

Tratamento <sup>(1)</sup>	Safras 2003/04 e 2004/05				
	Ca	Mg	K	P(Res)	N
	<b>kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>				
	<b>Safra 2003//04</b>				
SPD1	1.28	0.12	0.09	0.04	1.53
SPD2	1.60	0.15	0.13	0.05	2.12
SPD3	4.23	0.40	0.30	0.14	5.38
SPD4	3.86	0.41	0.27	0.16	4.49
PC5	6.53	0.76	0.42	0.22	8.85
PC6	1.66	0.20	0.11	0.08	2.52
PC7	21.00	2.13	1.16	0.25	29.43
PC8	33.87	4.29	2.03	0.45	54.30
	<b>Safra 2004/05</b>				
SPD1	1.02	0.07	0.10	0.02	1.08
SPD2	2.34	0.14	0.20	0.06	2.51
SPD3	1.88	0.12	0.16	0.05	2.20
SPD4	3.44	0.23	0.27	0.20	3.92
PC5	3.98	0.35	0.42	0.14	4.99
PC6	4.64	0.47	0.38	0.19	5.52
PC7	21.87	2.52	2.11	0.34	38.38
PC8	55.72	7.70	5.60	1.29	94.84

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup> Tratamento: SPD (sistema plantio direto), PC (plantio convencional).

Na tabela 13 são apresentadas as estatísticas descritivas de perdas de nutrientes por tratamento do Ensaio Atual, com valores da média, desvio padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo, para os dois tratamentos, plantio direto e plantio convencional.

Os resultados da análise de variância dos testes de médias e dos teores de nutrientes do material erodido (Tabela 13) mostram haver diferenças significativas entre os tratamentos para N, Mg e K, sendo que os teores de nitrogênio e magnésio no material erodido foram maiores do que no material originário do tratamento convencional e o potássio foi maior no material erodido originário do sistema plantio direto.

Todos os valores dos atributos analisados no material erodido estão abaixo dos valores encontrados para estes mesmos atributos no solo sob mata tropical subcaducifólia (OLIVEIRA & MENK, 1984), porém estes estão mais próximos, indicando enriquecimento dos nutrientes em relação ao solo original.

Observando os resultados da Tabela 13, constata-se que em média o Nitrogênio é o nutriente mais perdido. Os valores médios de perda deste nutriente evidenciam que o plantio convencional, que apresenta um valor médio de  $23,78 \text{ kg ha}^{-1}$ , perde 603,55 % acima do plantio direto, com valor médio de  $3,38 \text{ kg ha}^{-1}$ . O valor mínimo de perda deste nutriente foi de  $1,53 \text{ kg ha}^{-1}$  para o plantio direto e de  $2,52 \text{ kg ha}^{-1}$  para o plantio convencional e os valores máximos de  $5,38 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $54,3038 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Os valores dos coeficientes de variação da Tabela 13 evidenciam a enorme variação da perda de nutrientes de um ano para outro.

Conforme LEMAIRE e GASTAL, (1997) para a cultura do milho, o Nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade, sendo o que mais frequentemente limita o rendimento de grãos. Em solos tropicais, o teor de N frequentemente baixo, reduz a produtividade das culturas, pois o N afeta não só o rendimento das culturas como também a disponibilidade e absorção de outros elementos como Ca, S, Fe, Cu, Mn e Zn (FERREIRA, et al., 2001).

Esses resultados estão diretamente relacionados com a quantidade de terra perdida. Assim, os sistemas conservacionistas conservam melhor a estrutura física do solo e mantendo a superfície do solo coberta há redução da perda de terra, conseqüentemente da perda de nutrientes.

Na safra 2004/05, a perda média de Nitrogênio do solo no plantio convencional, de 35,93 kg ha<sup>-1</sup>, foi 1.378,60% acima daquela no plantio direto, cujo valor médio foi de 2,43 kg ha<sup>-1</sup>. Nessa safra, o valor mínimo de perda deste nutriente foi de 1,08 kg ha<sup>-1</sup> para o plantio direto e de 4,99 kg ha<sup>-1</sup> para o plantio convencional e os valores máximos de 3,92 kg ha<sup>-1</sup> e 117,62 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Vários autores observaram resultados de perdas bem menores de nutrientes em sistemas conservacionistas quando comparados com sistemas convencionais. (LUCARELL, 1997; BLEVINS e FRYE, 1993; TAYLOR et al., 1987; MISHRA e RAMAKRISHNAN, 1983, GOMES, 1990; TORESAN, 1998; PROCHNOW, 2003). Os tratamentos que são mantidos com as coberturas vegetais são muito eficientes no controle da erosão, reduzindo a perda de nutrientes, e ainda condicionam maior disponibilidade dos nutrientes para as plantas, uma vez que as condições de umidade e condutividade na camada superficial do solo favorecem a absorção e a eficiência nutricional.

Na Tabela 13 a média de perda do nutriente cálcio na safra 2003/04 é de 2,74 kg ha<sup>-1</sup> para o sistema plantio direto e de 15,77 kg ha<sup>-1</sup> para o convencional permitindo concluir que nesta safra a utilização do plantio direto reduziu em 475,54 % as perdas deste nutriente. Na safra de 2004/05, a média de perda do nutriente cálcio é de 2,17 kg ha<sup>-1</sup> para o sistema plantio direto e de 21,55 kg ha<sup>-1</sup> para o condicional, indicando nessa safra a utilização do plantio direto reduziu em 893,08 % a perda de cálcio.

**Tabela 13.** Estatísticas descritivas das Perdas de Nutrientes por tratamento em função das perdas de terra do ensaio atual (2003 - 2005).

Safra 2003/04										
Nutriente	SPD					PC				
	Média	Min	Max	s <sup>(1)</sup>	CV	Média	Min	Max	s <sup>(1)</sup>	CV
	kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>					%				
N	3,38A	1,53	5,38	1,85	54,67	23,78	2,52	54,30	23,37	98,29
P	0,10A	0,04	0,16	0,06	62,88	0,25	0,08	0,45	0,15	61,01
K	0,20A	0,09	0,30	0,10	52,19	0,93	0,11	2,03	0,86	91,98
Mg	0,27A	0,12	0,41	0,16	57,93	1,85	0,20	4,29	1,82	98,67
Ca	2,74A	1,60	4,23	1,52	55,32	15,77	1,66	33,87	14,60	92,61
Safra 2004/05										
N	2,43A	1,08	3,92	1,169	48,17	35,93	4,99	94,84	42,26	117,62
P	0,08A	0,02	0,2	0,08	97,16	0,49	0,14	1,29	0,54	110,22

**(continuação) Tabela 13.** Estatísticas descritivas das Perdas de Nutrientes por tratamento em função das perdas de terra do ensaio atual (2003 - 2005).

<b>K</b>	0,18A	0,10	0,27	0,071	39,10	2,13	0,38	5,6	2,451	115,22
<b>Mg</b>	0,14A	0,07	0,23	0,067	47,74	2,76	0,35	7,7	3,441	124,66
<b>Ca</b>	2,17A	1,02	3,44	1,008	46,45	21,55	3,98	3,98	24,24	112,46

Fonte: Dados da Pesquisa; valores calculados a partir de dados básicos da Tabela A.5 do Apêndice A; <sup>(1)</sup> Desvio Padrão; Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

#### 5.4. Custo de Reposição

Os resultados do ensaio anterior (1990 a 1996), descritos na Tabela 14 e representados na Figura 9, demonstram que no primeiro ano agrícola, (1990/91) o menor resultado foi apresentado pelo tratamento T6 - Roçado com valor de R\$ 39,19 ha<sup>-1</sup> (nesse ensaio esta parcela não foi utilizada para produção), seguido pelo tratamento T4 - Sistema Plantio direto, que deteve o menor custo de reposição dos tratamentos produtivos, com o valor de R\$ 40,18 ha<sup>-1</sup>. Os maiores custos ocorreram nos tratamentos T7 – Arado de disco morro abaixo e T8 – Enxada Rotativa, respectivamente com os valores de R\$ 64, 78 ha<sup>-1</sup> e R\$ 52,10 ha<sup>-1</sup>. Neste ano agrícola se compararmos o valor do custo de reposição de nutrientes do tratamento T4 – Sistema plantio direto com o do tratamento T7 – Arado de disco morro abaixo obtemos para este último tratamento um custo 61% superior.

No segundo ano do ensaio anterior, safra 1991/92, novamente os menores custos foram observados nos tratamentos T6 – Roçado e T4 – Sistema plantio direto com os valores de R\$ 30,86 ha<sup>-1</sup> e R\$ 31,61 ha<sup>-1</sup> respectivamente. Embora com valores um pouco mais baixos que a safra anterior os maiores custos de reposição de nutrientes ocorreram novamente nos tratamentos T7 – Arado de disco morro abaixo, com o valor de R\$ 62,06 ha<sup>-1</sup>, e T8 – Enxada Rotativa, com o valor de R\$ 44,58 ha<sup>-1</sup>.

Nas safras correspondentes aos anos 1992/93 e 1993/94 novamente os resultados mais favoráveis foram para os tratamentos mais conservacionistas. Assim, o menor custo em 1992/93 foi apresentado pelo tratamento T6 – Roçado, com valor de R\$ 33,91 ha<sup>-1</sup>, seguido pelos tratamentos T4 – Sistema plantio direto, com o valor de R\$ 34,51 ha<sup>-1</sup>, e pelo tratamento T5 – Arado de disco, com valor de R\$ 36,76 kg ha<sup>-1</sup>. Os maiores custos foram apresentados pelos tratamentos T7 – Arado de disco morro abaixo e T8 – Enxada Rotativa, respectivamente

com os valores de R\$ 51,77 ha<sup>-1</sup> e R\$ 38,95 ha<sup>-1</sup>. Para o ano agrícola de 1993/94 os resultados se mantiveram com vantagens para os tratamentos conservacionistas tendo pouca variação do ano anterior.

Nos anos seguintes, pode ser observada uma elevação dos custos de reposição. No ano agrícola 1994/95, os tratamentos T6 – Roçado e T4 – Sistema plantio direto apresentaram os menores custos de R\$ 44,69 ha<sup>-1</sup> e R\$ 44,95 ha<sup>-1</sup> respectivamente, valores sensivelmente mais altos se comparados aos dos anos anteriores. Os maiores custos foram registrados para os tratamentos T7 – Arado de disco morro abaixo com o valor de R\$ 64,02 ha<sup>-1</sup> e T8 – Enxada Rotativa com o valor de R\$ 53,03 ha<sup>-1</sup>.

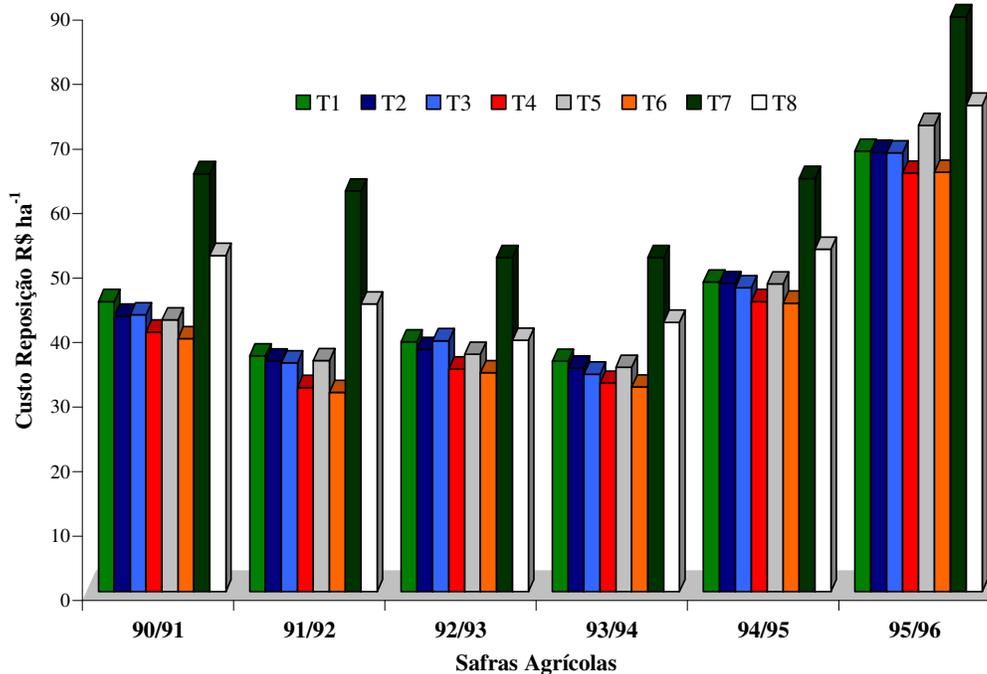
No ano agrícola 1995/96 ocorreram os valores máximos do custo de reposição de nutrientes para todos os tratamentos. Provavelmente, este ano deve ter tido um volume maior de chuvas erosivas, o que ocasionou uma maior perda de nutrientes. O tratamento T4 – sistema plantio direto apresentou o menor custo com o valor de R\$ 40,18 ha<sup>-1</sup> seguido pelos tratamentos T6 – Roçado e T3 – Escarificador, com os valores de R\$ 44,69 ha<sup>-1</sup> e R\$ 42,90 ha<sup>-1</sup> respectivamente. Os maiores custos foram novamente registrados para os tratamentos T7 – Arado de disco morro abaixo, com o valor de R\$ 64,78 ha<sup>-1</sup>, e T8 – Enxada Rotativa com o valor de R\$ 75,38 ha<sup>-1</sup>.

Comparando a Tabela 6 (p.62) e a Tabela 14, pode-se observar que nem sempre a maior perda de terra condiciona o maior custo; o que ocorre pois há variação de preços de fertilizantes.

**Tabela 14.** Total do custo de reposição de nutrientes<sup>(1)</sup> perdidos por tratamento do ensaio anterior (1990 - 1996).

Tratamento <sup>(2)</sup>	Ano Agrícola					
	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
	R\$ ha <sup>-1</sup>					
T1	44,95	36,52	38,7	35,7	47,97	68,25
T2	42,69	35,75	37,53	34,62	47,73	68,07
T3	42,90	35,43	38,86	33,69	47,1	68,00
T4	40,18	31,61	34,51	32,29	44,95	64,85
T5	42,09	35,81	36,76	34,75	47,65	72,24
T6	39,19	30,86	33,91	31,69	44,69	65,01
T7	64,78	62,06	51,77	51,78	64,02	89,11
T8	52,10	44,58	38,95	41,75	53,03	75,38

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento, detalhamento dos cálculos no Apêndice C e D (total custo fertiliz + total custo aplicação) <sup>(1)</sup> Custos Médios Reais (R\$2005); <sup>(2)</sup> Tratamento: T1 (Grade Aradora), T2 (Sist. Alternado Equip.), T3 (Escarificador), T4 (Plantio Direto), T5 (Arado de Disco), T6 (Roçado), T7 (Arado de disco Morro Abaixo) e T8 (Enxada Rotativa).



**Figura 9.** Comparação entre Tratamentos Custo Reposição de Nutrientes Perdidos do ensaio anterior - (1990 – 1996).

Os resultados estatísticos do ensaio anterior (1990 a 1996), descritos na Tabela 15, demonstram que dos tratamentos produtivos, o tratamento T4 - Sistema Plantio direto teve o menor custo reposição, com o valor mínimo de R\$ 31,61 ha<sup>-1</sup>, seguido pelo tratamento T3 – Escarificador, com valor mínimo de R\$ 33,69 ha<sup>-1</sup>, e pelo tratamento T5 - Arado de disco, com o valor mínimo de R\$ 34,75 ha<sup>-1</sup>, demonstrando vantagem econômica do ponto de vista privado. Quando o tratamento T4 – Sistema plantio direto é comparado ao sistema convencional “Morro Abaixo” (T7), que apresenta o valor mínimo de R\$ 51,77 ha<sup>-1</sup>, nota-se que custo foi em média 64 % superior, demonstrando a grande vantagem de se optar por manejos conservacionistas, por preservarem a qualidade do solo e conterem o processo erosivo.

Os valores máximos são semelhantes para os tratamentos T1- Grade Aradora, T2- sistema Alternado de equipamentos e T3- Escarificador, com custos em torno de R\$68,00 ha<sup>-1</sup>.

Na mesma Tabela, observa-se que os maiores custos de reposição de nutrientes (valores máximos) ocorreram para os tratamentos convencionais T7 - Arado de disco Morro Abaixo e T8 - Enxada Rotativa, respectivamente de R\$ 89,11 ha<sup>-1</sup> e R\$ 75,38 ha<sup>-1</sup>. O menor valor máximo ocorreu para o tratamento T4 – sistema plantio direto, com valor de 64,85 ha<sup>-1</sup>.

Comparando-se o custo médio de reposição da parcela T4 – Sistema plantio direto, de R\$ 41,40 ha<sup>-1</sup>, com o valor apresentado pela parcela T7 - Arado de disco Morro Abaixo, que é de R\$ 89,11 ha<sup>-1</sup>, tem-se um custo de 115 % a mais para o plantio convencional e comparando-se com a parcela T8 - Enxada Rotativa de R\$ 75,38 ha<sup>-1</sup>, o custo a mais seria em média de 82 %. Essas diferenças estão diretamente valores estão diretamente relacionados com a drástica redução das perdas por erosão, no tratamento sob sistema plantio direto. As parcelas sob tratamento convencional apresentaram os maiores custos e obtiveram produtividades inferiores aos tratamentos conservacionistas.

Os resultados descritos na Tabela 15 confirmam a tendência de que tratamentos convencionais com o passar do tempo vão se tornando menos rentáveis economicamente em relação aos tratamentos conservacionistas, pois embora a degradação química do solo possa ser mitigada através de reposição de nutrientes, a degradação física e biológica permanece e, como nos manejos convencionais a qualidade ambiental do recurso não é resguardada ou restabelecida, o problema tende a se agravar ocasionando empobrecimento do recurso, selamento superficial, perda de nutrientes por erosão, compactação, etc.

**Tabela 15.** Estatísticas descritivas do custo de reposição de nutrientes<sup>(1)</sup> perdidos por tratamento do ensaio anterior (1990 - 1996).

Safras 1990 a 1996					
Trat <sup>(1)</sup>	Média	Min	Max	s <sup>(2)</sup>	CV
	R\$ kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>				%
T1	45,35A	35,7	68,25	12,22	26,95
T2	44,40A	34,62	68,07	12,59	28,35
T3	44,33A	33,69	68	12,59	28,4
T4	41,40A	31,61	64,85	12,57	30,37
T5	44,88A	34,75	72,24	14,25	31,74
T6	40,89A	30,86	65,01	12,91	31,57
T7	63,92A	51,77	89,11	13,67	21,38
T8	50,96A	38,95	75,38	13,2	25,91

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento, detalhamento dos cálculos no Apêndice C e D; <sup>(1)</sup> Custos Médios Reais (R\$2005); <sup>(2)</sup> Tratamento: T1 (Grade Aradora), T2 (Sist. Alternado Equip.), T3 (Escarificador), T4 (Plantio Direto), T5 (Arado de Disco), T6 (Roçado), T7 (Arado de disco Morro Abaixo) e T8 (Enxada

Rotativa). <sup>(2)</sup> Desvio Padrão; Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O custo reposição do milho por tratamento do ensaio atual obtidos nos dois primeiros anos de implantação (2003/04 e 2004/05) são apresentados na Tabela 16, e na Tabela 17 são apresentados os resultados da análise estatística descritiva, representados na Figura 10 (médias).

No primeiro ano agrícola desse ensaio (2003/04), a parcela que deteve o menor custo reposição foi SPD1 com o valor de R\$ 56,76 ha<sup>-1</sup>, seguida pela parcela SPD2 com valor de R\$ 58,81 ha<sup>-1</sup>, ambas manejadas sob sistema plantio direto. A parcela PC6 obteve o terceiro valor mais baixo, de R\$ R\$ 60,23 ha<sup>-1</sup>, que embora cultivada sob sistema convencional. No ensaio atual, foi mantida em pousio (Roçado) no ensaio anterior, o que provavelmente explica o valor favorável obtido. Como já comentado anteriormente, esta parcela obteve uma performance superior em relação às demais manejadas com sistema convencional com grade aradora. O maior valor de custo de reposição ocorreu na parcela 8 (PC8) de R\$ 228,78 ha<sup>-1</sup>, que se comparado ao valor obtido pela parcela 1 (SPD1) representa um custo 303,07% superior para este último tratamento. Essa este tratamento foi observado como o mais agressivo com maior perda de terra, o que explica o alto valor do custo de reposição de nutrientes, foi seguido pela parcela 7 (PC7) com valor de R\$ R\$ 148,18 ha<sup>-1</sup> ambas manejadas com plantio convencional.

No segundo ano deste ensaio, safra 2004/05, novamente o menor custo reposição, de R\$ 55,95 ha<sup>-1</sup> ocorreu na parcela 1 (SPD1), seguida pela parcelas 3 (SPD3), 2 (SPD2) e 4 (SPD4) com os respectivos valores de R\$ 59,57 ha<sup>-1</sup>, R\$ 60,73 ha<sup>-1</sup> e R\$ 66,12 ha<sup>-1</sup> evidenciando os melhores resultados para as parcelas manejadas com o plantio direto. Os valores mais elevados ocorreram nas parcelas manejadas com plantio convencional, assim a parcela 8 (PC8) obteve o maior custo com valor de RS 352,46 ha<sup>-1</sup>, sendo este último valor 529,96 % superior ao valor obtido pela parcela 1 (SPD1) nesta safra agrícola, seguida pela parcela 7 (PC7) com valor de R\$ 171,88 ha<sup>-1</sup>.

Os resultados do custo reposição indicam em termos médios, as parcelas de SPD apresentaram custos mais baixos nas duas safras. A média geral de custo reposição para SPD em 2003/04 foi de R\$ 63,35 ha<sup>-1</sup> e de R\$ 129,79 ha<sup>-1</sup> para o PC, ou seja as parcelas manejadas com plantio convencional obtiveram um custo médio 104,87 % superior em 2003/04, este resultado pode ser explicado pelo fato de que os tratamentos convencionais tiveram uma perda de terra superior as parcelas de plantio direto, com maior perda de nutrientes e

consequentemente tendo o custo maior com a reposição dos mesmos. Os valores médios do custo reposição do segundo ano foi de R\$ 60,59 ha<sup>-1</sup> para as parcelas SPD e de R\$ 166,13 ha<sup>-1</sup> para as de plantio convencional podemos observar nestes valores que os custos médios para SPD foram inferiores aos do ano anterior enquanto do plantio convencional foram superiores, estes valores estão representados na Figura 10.

Pode-se afirmar que a variação observada no custo reposição, com vantagem econômica para o plantio direto tem relação direta com o controle da erosão, que é reduzida devido as condições de manejo deste sistema.

Os coeficientes de variação do custo reposição na safra 2003/04 foi de 10,37 % para o sistema plantio direto, considerado médio, e de 65,91 % para o plantio convencional considerado extremamente alto, de acordo com a classificação PIMENTEL (1987), evidenciado irregularidade da produção anual no período avaliado e também justificando a não significância estatística. Para a safra 2004/05 os valores foram de 6,95 % para o plantio direto, considerado baixo e de 80,15 % (alto) para o plantio convencional.

Na safra 2003/04 o valor mínimo do custo reposição para o tratamento plantio direto foi de R\$ 56,76 ha<sup>-1</sup> e o valor máximo de R\$ 70,23 ha<sup>-1</sup>, enquanto que para o plantio convencional o custo mínimo foi de R\$ 60,23 ha<sup>-1</sup> e o valor máximo de R\$ 228,78 ha<sup>-1</sup>.

Para a safra seguinte 2004/05 o plantio direto obteve o valor mínimo de R\$ 55,95 ha<sup>-1</sup>, inferior ao do primeiro ano do ensaio, e o valor máximo de R\$ 66,12 ha<sup>-1</sup>.

O plantio convencional com um custo superior obteve o valor mínimo de R\$ 69,16 ha<sup>-1</sup> e o valor máximo de R\$352,46 ha<sup>-1</sup>, mais uma vez evidenciando a irregularidade do custo de reposição para o PC, esta irregularidade pode ser atribuída ao fato do PC ser mais susceptível as condições pluviométricas (maior perda de terra de acordo com o volume e intensidade das chuvas).

Várias autores apresentaram resultados com vantagem econômica para os tratamentos conservacionistas.

Segundo, MELO FILHO e MENDES (2000), que compararam o sistema plantio direto com o plantio convencional de solo, em valores praticados na região de Dourados, em 4 milhões de hectares com milho, obtiveram um incremento no lucro da ordem de R\$288 milhões.

O mesmos autores apresentaram estimativas de custos para o ano de 2000 indicando percentuais menores em 6,9%, 10% e 5,0% respectivamente para o cultivo de soja, milho e trigo, no sistema plantio direto quando comparado ao preparo convencional de solo. LOPEZ PEREIRA (1994), em um estudo em Honduras, após vários anos de observação considerando variações nos rendimentos das culturas concluiu que práticas de controle da erosão propiciaram melhoria de renda aos agricultores. ALVAREZ E HERRUZO (1995), compararam o sistema plantio convencional e o plantio direto, incorporando variáveis como taxa de erosão, produtividade e custos, e seus resultados apontaram vantagem econômica do plantio direto frente ao preparo convencional. LANZER e MATTUELLA (1988), simularam os efeitos econômicos da conservação do solo nos três estados do Sul do Brasil e também obtiveram vantagem econômica para o plantio direto. KITAMURA (1981), em seus resultados quando avaliou o valor presente, de lucros líquidos obteve uma vantagem econômica de 27% a 38% ao plantio direto em relação ao cultivo convencional e de 10% a 12% em relação ao cultivo mínimo. BASTOS FILHO (1995) em sua pesquisa obteve uma perda econômica estimada de US\$ 36,50 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para reposição dos nutrientes perdidos ao solo através do processo erosivo, considerando custo dos fertilizantes, custo de aplicação e maquinário.

**Tabela 16.** Total do custo de reposição de nutrientes<sup>(1)</sup> perdidos por tratamento do ensaio atual (2003 - 2005).

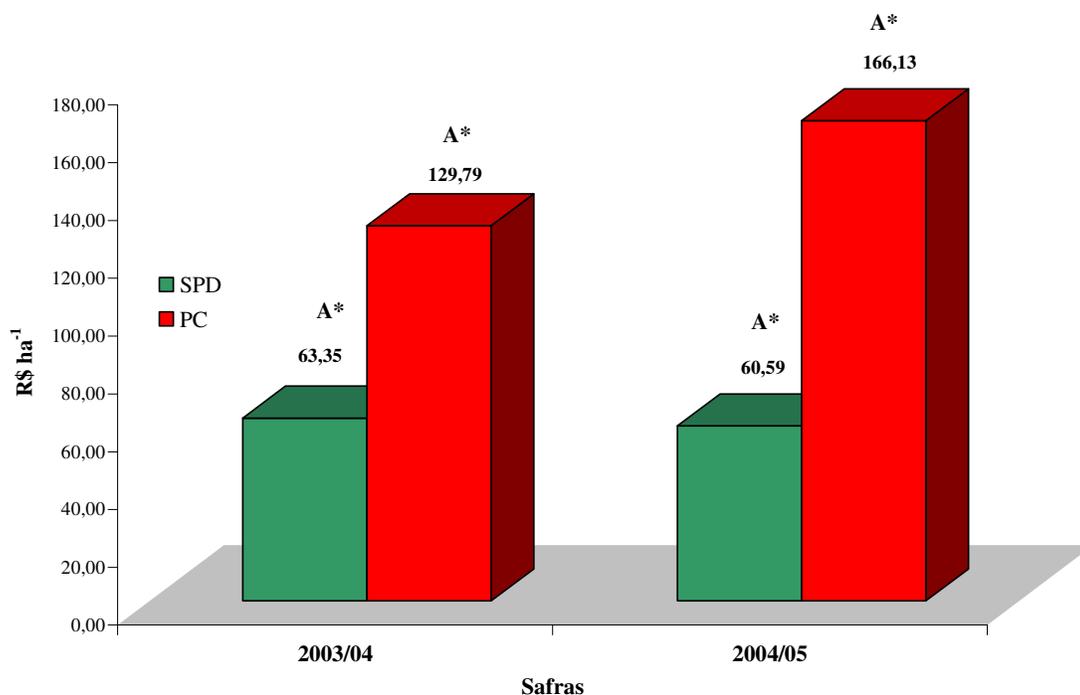
Parcela	Trat <sup>(1)</sup>	Safrá	
		2003/04	2004/05
		R\$ kg ha <sup>-1</sup>	
1	SPD1	56,76	55,95
2	SPD2	58,81	60,73
3	SPD3	70,23	59,57
4	SPD4	67,61	66,12
5	PC5	81,98	69,16
6	PC6	60,23	71,02
7	PC7	148,18	171,88
8	PC8	228,78	352,46

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Custos Médios Reais (R\$/2005);  
<sup>(2)</sup>Tratamento: SPD (sistema de plantio direto); PC (plantio convencional).

**Tabela 17.** Estatísticas descritivas do custo de reposição de nutrientes<sup>(1)</sup> perdidos por tratamento do ensaio atual (2003 - 2005).

Safrs 2003/04					
Tratamento <sup>(2)</sup>	Média	Min	Max	s <sup>(3)</sup>	CV
R\$ kg ha <sup>-1</sup>					%
SPD	63,35A	56,76	70,23	6,57	10,37
PC	129,79A	60,23	228,78	75,85	65,91
Safrs 2004/05					
SPD	60,59A	55,95	66,12	4,21	6,95
PC	166,13A	69,16	352,46	133,17	80,15

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Custos Médios Reais (R\$/2005); <sup>(2)</sup>Tratamento: SPD (sistema de plantio direto); PC (plantio convencional). <sup>(3)</sup> Desvio Padrão; Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.



\* - colunas seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Turkey (5%)

**Figura 10.** Média Custo Reposição de Nutrientes Perdidos do ensaio atual 2003/04 e 2004/05, <sup>(2)</sup>Tratamento: SPD (sistema de plantio direto); PC (plantio convencional).

## 6. CONCLUSÕES

A valoração da degradação do solo pela erosão acelerada, utilizando o método de custo reposição demonstrou nesta pesquisa ser um importante indicador de sustentabilidade. A valoração ambiental realmente se constitui em um critério objetivo de avaliação comparativa da sustentabilidade econômica de sistemas convencionais e conservacionistas de produção agrícola, podendo ser utilizada como um instrumento acessório na interpretação de dados e na avaliação de resultados.

Embora considerando apenas a parte do custo da degradação por erosão devida à reposição dos nutrientes perdidos, pode-se verificar uma tendência de superioridade dos sistemas agrícolas mais conservacionistas, pelo controle da erosão em relação aos sistemas convencionais e, por conseguinte, menor custo de reposição de nutrientes enfatizando não só vantagens ambientais mas também econômicas.

O trabalho demonstrou que a aplicação do método de valoração econômica dos recursos naturais, referido por Custo Reposição, forneceu dados relevantes (indicadores) que permitiram a análise comparativa de diferentes sistemas de manejo, quanto ao custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão. No entanto, o método apresenta limitações, valora apenas uma parte da degradação e pode não refletir a real degradação devido a variações econômicas nos preços dos fertilizantes utilizados

Não se conseguiu comprovar a degradação temporal do solo em função da erosão, tendo em vista a produtividade da cultura. O tipo de solo utilizado no experimento, Latossolo Vermelho, profundo e de baixa erodibilidade, consegue manter a produtividade satisfatoriamente em função do manejo com insumos, caso da adubação por exemplo, mascarando o efeito da erosão. No entanto, o custo reposição sugere melhor relação custo/benefício para os sistemas conservacionistas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema Plantio Direto é uma forma de manejo do solo, água e culturas extremamente conservacionista. Segundo FREITAS (2002), sua adoção é o caminho mais adequado na busca da competitividade, sustentabilidade e da equidade com qualidade ambiental. Comprovadamente no Sistema Plantio Direto há uma redução de perda de solo, água e nutrientes por erosão. A ausência do revolvimento do solo, a rotação de culturas e a permanente cobertura do solo com plantas ou restos culturais melhoram a condição estrutural do solo (FREITAS et al., 1998), melhoria também observada nas características químicas e biológicas.

Mesmo sob o enfoque puramente privado, sem considerar as externalidades positivas ou negativas, ou seja, sem incluir na análise os custos e benefícios sociais advindos de cada uma das práticas, os resultados mostram que os sistemas mais rentáveis são os que utilizam técnicas conservacionistas, com ênfase para o Sistema Plantio Direto.

Vantagens adicionais se relacionam com a melhoria da qualidade do solo e do controle da erosão, com efeito sobre a qualidade do meio ambiente externo à propriedade, fatores não mensurados no presente trabalho.

O Sistema de Plantio Direto possui inúmeras vantagens econômicas que não foram abordadas nesta pesquisa, tais como menor gasto com combustíveis, uma vez que o número de operações realizadas é menor que nos manejos convencionais, menor desgaste de máquinas agrícolas, pois seu uso é menos intenso, e um período maior para realização do plantio, em razão da menor dependência de disponibilidade hídrica. As futuras pesquisas devem ser dedicadas ao estudo desses fatores.

A consulta à literatura para a realização deste trabalho demonstrou que ainda é limitado o uso no Brasil de métodos de valoração econômica ambiental. Uma das maiores restrições ao uso mais generalizado se refere à disponibilidade de dados básicos, tais como, perda de solo avaliada diretamente e não por modelos, no caso específico do método utilizado neste trabalho. Isto tem impedido avanços na exploração de oportunidades de avaliar a relevância das vantagens e deficiências desses métodos, o que permitiria maximizar as primeiras e minimizar as últimas.

Pelo estudo realizado, identificou-se a necessidade de continuidade das pesquisas visando mais aplicações práticas dos métodos de valoração. Não obstante, apesar das limitações, os valores monetários calculados para os recursos ambientais constituem uma ferramenta útil para auxiliar os responsáveis pelas decisões de políticas públicas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMOWICZ, W. L. Valuation of environmental amenities. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 39, n. 4, p. 609-618, dec, 1991

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto alegre: Ed. Da Universidade Rio Grande do sul, 2000.

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the scientific basis of alternative agriculture. Berkeley: The Repro Express, 1983.

BARBIER, E. B. The farm-level economics of soil conservation: the uplands of Java. **Land Economics**, v. 66, n. 2, p. 199-211, may, 1990.

BASTOS FILHO, G. S. **Contabilizando a Erosão do Solo**: um Ajuste Ambiental para o Produto Bruto Agropecuário Paulista. 127p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1995.

BELLINAZZI JÚNIOR, R; BERTOLINI, D. ; LOMBARDI NETO, F. Ocorrência da erosão rural no Estado de São Paulo. In: Simpósio sobre o Controle da Erosão, 2º, nov, 1981, São Paulo: **Anais...**, São Paulo: ABGE, v. 1, p. 117-137, 1981.

BERTOLINI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTOLINI, J.; LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. **Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas**. Campinas: CATI, 16p., 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, Coleção Brasil Agrícola, 1990.

BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. **Coservation Tillage**: an ecological approach to soil management. *advances in agronomy*, University of Kentucky, v. 51, p.33-78, 1993.

BLUM, W. E. H. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In: LAL, R.; BLUM, W. E. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. **Methods of Assessment of Soil Degradation**. Boca Raton: CRC Press, p. 1-16, 1997.

BRUNDTLAND REPORT. **Our Common Future**: the world commission on environment and development. New York: Oxford University Press, 1987.

BUARQUE, Sérgio C. **Metodologia de Planejamento do Desenvolvimento Sustentável**. Recife, IICA, 1995 (mimeo). Publicado pelo IICA como Desarrollo sostenible – metodología de planeamiento experiencias del Nordeste de Brasil. San José, Costa Rica: BMZ7GTZ-IICA, 1997.

CAMPOS, Eneida Maria Goddi. **Valoração Econômica da Erosão do Solo**: metodologia e estudo de caso para o município de Lagoa Dourada. 173 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

CANNELL, R. Q.; HAWES, J.D. Trends in Tillage Practices in Relation to Sustainable Crop Production with Special Reference to Temperate Climates. **Soil & Tillage Research**, v. 30, n. 2-4, p. 245-282, 1994.

CARVALHO, M. J. G. P. R. et al. Notas sobre a terminologia a usar em sistemas de mobilização do solo. **Revista Ciências Agrárias**, v. XIV, n. 4, 1991.

CARVALHO, M. A. C. **Adubação verde e sucessão de culturas em sistema plantio direto e convencional em Selvíria - MS**. 2000. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

CASIMIRO FILHO, Francisco. Valoração monetária de amenidades ambientais: algumas considerações. **Teoria Evid. Econômica**, Passo Fundo, v. 7, n. 13, p. 53-68, nov., 1999.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S de. **Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo**. *Pesq. Agropec.brasileira.*, jan.2003, vol 38, no.1, p.117-124. ISSN 0100-204X.

CASTRO, O. M. **Sistemas de Preparo do Solo e Rotação de Culturas para Milho e Soja**. Relatório Técnico Anual. Campinas, IAC, 1988 (mimeo).

CASTRO, O. M. Degradação do solo pela erosão. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 147, p. 64-72, mar, 1987.

CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R.; DE MARIA, I. C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: Simpósio sobre Manejo de Água na Agricultura, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, p. 27-51, 1987.

CASTRO, O. M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S. C. F. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.1, p.167-171, 1986.

CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F. et al. Plantio direto e rotação de culturas (experiência em Latossolo Roxo/1985-1992). Paraná: COCAMAR/ZENECA Agrícola, 1992. 64p.

CAVALCANTI, C. Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto à noção do desenvolvimento sustentável. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. e LEONARDI, M. L. (orgs). **A Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. 3ed.Campinas, SP: Unicamp. IE, 2001.

CLARK II, E. H.; HAVERKAMP J.A.; CHAPMAN, W. **Eroding Soils: the off-farm impacts**. Washington: The Conservation Foundation, 252p., 1985.

COLACICCO, D.; OSBORN, T.; ALT, K. Economic damage from soil erosion. **Journal of soil and Water Conservation**, v. 44, n. 1, p. 35-39, jan./feb., 1989.

CONSTANZA, R; DALY, H.E.; BARTHOLOMEW, J.A. Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics. In: CONSTANZA, R. **Ecological Economics the Science and Management of Sustainability**. New York: Columbia University Press, p.1-20, 1991.

CROSSON, P. Impacts of erosion on land productivity and water quality in the United States. In: EL-SWAIFY, S.A; MOLDENHAUER, W. C; LO, A., eds. **Soil erosion and conservation**. Ankeny: Soil Conservation Society of American, 1985. p.217-236

CROWDER, B. M. Economics costs of reservoir sedimentation: a regional approach to estimating crop erosion damages. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 42, n. 3, p. 194-197, may/jun., 1987.

CUMMINGS, R. G.; BROOKSHIRE, D. S.; SCHULZE, W. D. **Valuing Environmental Goods**: an assessment of the contingent valuation method. Totowa: Rowman e Allanheld, 1986.

DALY, H.E. **Beyond Growth**: the economics of sustainable development. Boston, Mass: Beacon, 1996.

DE MARIA, J. C. Erosão e terraços em plantio direto. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.17-21, 1999.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. **Controle de Erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: GTZ/IAPAR, 272p., 1991.

DIXON, J. A.; SHERMAN, P. B. **Economics of Protected Areas**: a new look at benefits and costs. Washington: Island Press, 1990.

DIXON, J. A.; HUFSCHEMIDT, M. M. **Economic Valuation for the Environment**: a case study work book. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1986.

DREGNE, H. E. Erosion and soil productivity in África. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 46, n. 4, p. 431-436, jul./aug., 1990.

DREGNE, H. E. **Historical Perspective of Accelerated Erosion and Effect on World Civilization**. ASAE Special Publication, 45, ASAE, p. 1-14, 1982.

DUARTE, A.P.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z (Coord.) **Fatores Bióticos e Abióticos em Cultivares de Milho e Estratificação Ambiental**: avaliação IAC/CATI/EMPRESAS – 1999/2000. 150 p. Boletim científico 05 - Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Campinas-SP, 2000.

DULLEY, L. D.; MIYASAK, S. Agricultura sustentável e prioridade aos insumos agrícolas internos. **Informações Econômicas**, SP, v.24, n.11, p.29-33, 1994.

ELTZ, f.l.f.; mehl, H.U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em entre sulcos em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa: 25 (2) p. 485-494, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 412p. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997 a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – CNPS. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 212p. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Documento 1, 2<sup>a</sup>. ed, Rio de Janeiro, 1997 b.

FANCELLI, A. L.; TORRADO, P.V. Alternativas para o sistema de plantio direto no Estado de São Paulo. In: Fundação Cargill. **Atualização em Plantio Direto.** Campinas: Fundação Cargill, p.197-220, 1985.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -FAO. **The Den Bosch Declaration and Agenda for Action on Sustainable Agriculture and Rural Development.** Ministry of Agriculture, Nature management and Fisheries of the Netherlands, 1991.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Approaches to Land Classification.** 120p. Rome, Soils Bulletin, 22, 1974.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. <http://www.febrapdp.org.br/10enc/index10e.htm>, 29/06/2006.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A.A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agr*

FIGUEROA, F. E. V. **Avaliação Econômica de Ambientes Naturais:** o caso das áreas alagadas: uma proposta para a represa do lobo (BROA), Itirapina, SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

FOLONI, Luiz Lonardon. Controle de ervas daninhas em plantio direto. In: Atualização em plantio direto, 1985, Campinas. **Anais...**, Campinas: Fundação Cargill, p. 89-100, 1985.

FORSTER, D. L.; BARDOS, C. P.; SOUTHGATE, D. D. Soil erosion and water treatment costs. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 42, n. 5, p. 349-352, sep./oct., 1987.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. Impactos Ambientais e Socioeconômico na Bacia do Rio Taquari – Pantanal. **Embrapa Pantanal**, Corumbá, MS, 2005.

GARDNER, K.; BARROWS, R. The impact of soil conservation investments on land prices. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 67, n. 5, p. 943-947, dec., 1985.

GÓMEZ, A. Eróson en cafetales, bajo diferentes sistema de manejo. Avances Técnicos de CENICAFÉ, Manizales, Tomo II, n.19, p23-28-1972.

HANSEN, J.W. Is agricultural sustainability a useful concept. **Agricultural Systems**, v. 50, p. 177-143, 1996.

HERNANI, L.C., SALTON, J.C., FABRÍCO, A.C. Perdas por erosão e rendimento de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.667-676, 1997.

HERNANI, Luis Carlos; FREITAS, Pedro Luiz de; PRUSKI, Fernando Falco; DE MARIA, Isabella Clerici; CASTRO FILHO, Celso de; LANDERS; John Nicolas. A erosão e seu impacto. MANZATTO, Celso Vainer; FREITAS JUNIOR. Elias de; PERES, José Roberto Rodrigues (org.) **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 47 a 60, 2002.

HERTZLER, G.; IBANEZ-MEIER, C.A.; JOLLY, R. W. User costs of soil erosion and their effect on agricultural land prices: costate variables and capitalized Hamiltonians. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 67, n. 5, p. 948-953, dec., 1985.

HOLMES, T. P. The off-site impact of soil erosion on the water treatment industry. **Land Economics**, v. 64, n. 4, p. 356-366, nov., 1988.

HUFSCHMIDT, M. M.; JAMES, E.; MEISTER, A.D.; BOWER, B. T.; DIXON, J. A. **Environment Natural Systems and Development**: in economic valuation guide. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1983.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico 100, 2.ed, Campinas, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2005

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/2005/default.shtm>., 25/01/2007.

JACOBS, Michael. **The Green Economy**: environment, sustainable development and the politics of the future. Londres: Pluto Press, 1991.

JENNY, H. **The Soil Resource**: origin and behavior. New York: Springer-Verlag, Ecological Studies, 37, 1980.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: CERES, 1979.

KING, D.A.; SINDEN, J.A. Influence of soil conservation on farm land values. **Land Economics**, v. 64, n. 3, p. 242-55, aug., 1988.

KITAMURA, P. C.; LANZER, E.A.; ADAMS, R.I. Avaliação econômica de sistemas conservacionistas no uso de solos agrícolas: o caso do binômio trigo-soja no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia Rural**, v. 20, n. 1, p. 104-124, jan./mar., 1982.

KOOTEN, G. C.; WEISENSEL, W. P.; CHILANTHAMMIT, D. Valuing trade-offs between net returns and stewardship practices: the case of soil conservation in Saskatchewan. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 72, n.1, p. 104-113, feb., 1990.

KRUSEMAN, G.; RUBEN, R.; KUYVENHOVEN, A.; HENGSPDIJH, H.; van KEULEN, H. Analytical framework for disentangling the concept of sustainable land use. **Agricultural Systems**, v. 50, p. 191-207, 1996.

LAFLEN, J.M.; ROOSE, E. J. Methodologies for assessment of soil degradation due to water. In: LAL R.; BLUM, W. E H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. **Methods of Assessment of Soil Degradation**. Boca Raton: CRC Press, p.31-55, 1997.

LAL, R. **Métodos para a Avaliação do Uso Sustentável dos Recursos Solo e Água nos Trópicos**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio ambiente, 1999.

LAL, R. Soil quality and sustainability. In: LAL, R.; BLUM, W. E. H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. **Methods of Assessment of Soil Degradation**. Boca Raton: CRC Press, p. 17-30, 1997.

LAL, R. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In: LAL, R. **Soil Erosion Research Methods**. Delray Beach: St. Lucie Press, Soil and Water Conservation Society, p.1-9, 1994.

LAL, R. Soil erosion and land degradation: the global risks. **Advances in Soil Science**, v.11, p. 129-172, 1990.

LAL, R.; STEWART, B. A. Soil degradation: a global threat. **Advances in Soil Science**, v. 11, p. 13-17, 1990.

LEMAIRE, g. e GASTAL, F.N.N. Uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G., ed. **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin, Springer, 1997. p.1-56

LOPES, Alfredo Scheid; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. **Interpretação de Análise do Solo: Conceitos e Aplicações**. Boletim Técnico nº 2, São Paulo: ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos, Julho de 1992.

LOPEZ, Ariel Abderraman Ortiz. **Análise de Custos Privados e Sociais da Erosão do Solo: o caso da bacia do rio Corumbataí**. 117 p. Tese (doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

LUCARELLI, J. R. F. **Alterações em Características de um Latossolo Roxo Submetido a Diferentes Sistemas de Manejo**. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

MAIA, Alexandre Gori; ROMEIRO, Ademar Ribeiro; REYDON, Bastiaan Philip. **Valoração de Recursos Ambientais Metodologias e Recomendações**. Texto para discussão. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, n. 116, mar., 2004.

MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 61-79, jan./mar., 1998.

MARQUES, J. F. **Efeitos da Erosão do Solo na Geração de Energia Elétrica**: uma abordagem da economia ambiental. 322 p. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MARQUES, J. F.; COMUNE, A. E. Quanto vale o meio ambiente: interpretações sobre o valor econômico ambiental. In: Encontro Nacional de Economia, 23, 1995, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: Anpec, v. 1, p 633-652, 1995.

MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2003.

MARQUES, J.F.; PEREIRA, L.C. **Valoração econômica dos efeitos da erosão**: estudo de caso em bacias hidrográficas. . Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004 ( 21p.- Embrapa Meio ambiente, documentos, 40).

MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V (orgs). **Economia do Meio Ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2003.

MAZUCKOWSKY, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de Preparo do Solo para Culturas Anuais Mecanizadas**. Curitiba: Acarpa, 1984.

MEDEIROS, G. A. **Influência do Manejo de um Latossolo Vermelho Sobre a Eficiência do Uso da Água e Produção do Feijoeiro Irrigado**. 176p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MELO FILHO, J. F.; SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no Solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um podzólico vermelho-amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.2, p. 291-297, 1993.

MENCK, P. C. M.. **Avaliação Econômica do Controle da Erosão na Microbacia do Ribeirão Iperó, em Araçoiaba da Serra, Estado de São Paulo**. Piracicaba, 181 p., 1993.

MERICO, Luiz Fernando Krieger. **Introdução à Economia Ecológica**. 2ed. Blumenau: Edifurb, 2002.

MISHRA, B. K.; RAMMAKRISHNAN, P.S. Slash and burn agriculture at higher elevations in North-eastern Índia. I: Sediment, water and nutrient losses. Agriculture, Ecosystems e Enviroment, Amsterdam, v.9, p.69-82, 1983.

MONTOYA, Luciano J et al. Impactos da atividade agrícola nos recursos naturais e sua valorização no Estado do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, XXXI, 1993, Ilhéus. **Anais...** Brasília: SOBER, 1993. v. II, p.677-691, 1993.

MULLINS, Greg L. Soil management under no-tillage: soil chemical aspects. In: Seminário Internacional do Sistema Plantio Direto, 1, 1995, Passo Fundo. **Caderno de Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, p.121-125, 1995.

MUZILLI, Osmar. Fertilidade do solo em plantio direto. In: Atualização em plantio direto, 1985, Campinas. **Anais...**, Campinas: Fundação Cargill, Campinas, p. 147-160, 1985.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais, 1989.

O'RIORDAN, Timothy. The politics of sustainability. In: TURNER, R. Kerry. **Sustainable Environment Economics and Management: principles and practice**. Londres: Belhaven Press, p. 37-69, 1993.

OLIVEIRA, A. M. **Valoração Econômica dos Danos Ambientais Causados pela Erosão do Solo Agrícola**: um estudo de caso no município de Santo Antonio do Jardim/SP. 116 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F. **Latossolos Roxos do Estado de São Paulo**. Boletim Técnico n. 82 - Instituto Agronômico, Campinas, SP, 1984.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. **Levantamento Pedológico Semi detalhado dos Solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro: SUPREN: ABGE, 1979.

ORRUTÉA, Alessandro Góis; ABREU, Silvano Luiz; SAMPAIO, Fernando Antônio Rebouças. Resposta do milho à adubação nitrogenada e erosão em área mecanizada. **Revista Norte**, n. 8, 2004.

ORTIZ, Ramon Arigoni. Valoração econômica ambiental. In: MAY, Peter H.; LUSTOSA, Maria Cecília; VINHA, Valéria da. **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

PALMIQUIST, R.B.; DANIELSON, L. E. A hedonic study of the effects of erosion control and drainage on farm land values. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 71, n. 1, p. 55-62, feb., 1989.

PARK, J.; SEATON, R. A. F. Integrative research and sustainable agriculture. **Agricultural Systems**, v. 50, p. 81-100, 1996.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of Natural Resources and the Environment**. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 1990.

PEARCE, David. Sustainable development and developing country economies. In: TURNER, R. Kerry. **Sustainable Environment Economics and Management: principles and practice**. Londres: Belhaven Press, p. 70-105, 1993.

PEARCE, F. J.; DOWDY, R. H.; LARSON, W. E.; GRAHAM, W. A. P. Soil productivity in the Corn Belt: an assessment of erosion's long-terms effects. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 39, n. 2, p. 131-136, mar./apr., 1984.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. São Paulo: Esalq, 1985. 467 p.

PINTO, S. A. F. Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no **Estudo da Erosão dos Solos**: contribuição metodológica. São José dos Campos: INPE, 1991.

POPE, C. A. III, BHIDES, S.; HEADY, E. O. Economics of conservation tillage in Iowa. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 38, n.4, p. 370-373, jul./aug., 1983.

PRATO, T.; WU, S. Erosion, sediment, and economic effects of conservation compliance in an agricultural watershed. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.46, n.3, p. 211-214, may/jun., 1991.

PRETTY, Jules N. **Regenerating Agriculture**: policies and practices for sustainability self-reliance. London: Earthscan, 1995.

RAIJ, Bernardo Van; ANDRADE, João Carlos; CANTARELLA, Heitor; QUAGGIO, José Antonio. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.

REPETTO, D.; McGRATH, M.; WELLS, C.; BEER, F; ROSSINI, F. **Wasting Assests: natural resources in the national income accounts**. Washington, D.C.: World Resources Institute, 1989

ROBERTSON, R. A.; COLLETI, J. P. Off-site impacts of soil erosion on recreation: the case of lake Read Rock reservoir in central Iowa. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.49, n.6, p. 576-581, nov./dec., 1994.

RODALE, Robert. Sustainability: an oportunity for leadership. In: EDWARDS, Clive A.; LAL, R.; MADDEN, P.; MILLER, R.H.; HOUSE, G. **Sustainable Agricultural Systems**. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, p. 77-86, 1990.

ROMEIRO, A. R. **Meio Ambiente e Dinâmica de Inovações na Agricultura**, São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998.

ROMEIRO, A. R. Avaliação e contabilização de impactos ambientais. Campinas. Editora UNICAMP, 2004. **Indicadores de Processos de Degradação dos solos**. ANJOS, L.H.C. dos e RAIJ, B. van, p.87-107.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 134p.,1995.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.

SANTOS, P. G.; JULIATTI F. C.; BUIATTI A. L e HAMAWAKI, O. T. Avaliação do desempenho agronômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v37, n.5 p.597-602, maio 2002.

SCHERTZ, D. L. The basis for soil loss tolerances. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 38, n.1, p. 10-14, jan/feb., 1983.

SCHMIDT, Edilson Romais; CRUZ, Cosme Damião; ZANUNCIO, José Cola; PEREIRA, Paulo Roberto Gomes; FERRÃO, Romário Gava. Avaliação de métodos de correção do estande para estimar a produtividade em milho. **Pesquisa. Agropecuaria. Brasileira**, Brasília, v. 36, n.8, p.1011-1018, ago, 2001.

SCHULZE, W. D.; D'ARGE, R. C.; BROOKSHIRE, D. S. Valuing environmental commodities: some recente experiments. **Land Economic**, v.57, n.2, p. 151-172, 1981.

SECCO, Deonir; DA ROS, Clovis Orlando; SECCO, Jana Koefender; FIORIN, Jackson Ernani. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, Viçosa, mai/jun, 2005.

SEROA DA MOTTA, R. (org). **Contabilidade Ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil**. Rio de janeiro: IPEA, vol. VI, 126p., 1995.

SEROA DA MOTTA, R. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998.

SEROA DA MOTTA, R.; MAY, P. H. **Valorando a Natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Campinas: Editora Campus, 1995.

SEROA DA MOTTA, R.; YOUNG, C.E.F. Measuring sustainable income from mineral extraction in Brazil. **Resources Policy**, v.21 p.113-125, 1995.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. **Implicações Econômicas da Erosão do Solo e do Uso de Algumas Práticas Conservacionistas no Paraná**. 110 p. Boletim Técnico n. 21, IAPAR, Londrina, 1989.

SOUTHGATE, D.; MACKE, R. The downstream benefits of soil conservation in third world hidroelectric watersheds. **Land Economics**, v. 65, n. 1, p. 38-48, feb., 1989.

SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.R.; TORETA, D.M.; ROCHELE, T.C.P.;SHAYER, E.P.M. Erosão simulada e a produtividade da cultura de milho. **R. bras. Ci. Solo**, v.15, n.3, p.363-368, set./dez. 1991.

SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M. C. **Produtividade do milho (Zea mays L.) influenciada pelo preparo do solo e por plantas de cobertura em um Latossolo Vermelho.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v26, no1, p.61-65, 2004.

SWANSON, E. R.; MACCALLUM, D. E. Income effects of rainfall erosion control. **Journal Of Soil And Water Conservation**, v. 24 n. 2, p. 56-59, mar./apr., 1969.

TAYLOR, R.E.; HAYS, O.E.; BAY, C.E.; DIXON, R.M. Corn stover mulch for control of runoff and erosion land planted to corn after corn. **Soil Science society of America Journal**, Madison, v.28, p.123-125, 1977.

TISPDELL, C. A. **Economics of Environmental Conservation:** economics for environmental and ecological management. Amsterdam: Elsevier Science, 1991.

TOMAN, Michael A. Economics and "sustainability": balancing trade-offs and imperatives. **Land Economics**, v 70, n.4, p.399-413, 1994.

TOMÉ JR., J.B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997.

TORESAN, L. **Sustentabilidade e Desempenho Produtivo na Agricultura:** uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

VELOZ, J. A.; SOUTHGATE, D. D.; HITZHUSEN, F. J.; MACGREGOR, R. D. The economics of erosion control in Republican Dominican case. **Land Economics**, v. 61, p. 145-155, 1985.

VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de correção de rendimento de parcelas experimentais com estandes variados: I. dados simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 647-657, maio, 1991.

VERGARA, O. Avaliação econômica das perdas de solo provocadas pela erosão hídrica. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 29, 1991, Campinas. **Anais...** Brasília: SOBER, v. 1, p. 668-88, 1991.

Vieira, M. J. & O. Muzilli. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 19 (7): 873-882, 1984.

WALKER, D.J. A damage function to evaluate erosion control economics. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 64, n. 4, p.690-698, nov., 1982.

WEILL, Mara de Andrade Marinho. **Estimativa da Erosão do Solo e Avaliação do seu Impacto na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), Através do Índice de Tempo de Vida**. 99 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

XU, F.; PRATO, T. On site erosion damages in Missouri corn production. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 50, n. 3, p. 312-316, may/jun., 1995.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. **Renda Sustentável da Extração Mineral no Brasil** 123p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia Industrial, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.

## 9. ANEXOS

### ANEXO A

#### Perfil 1245 – Unidade Barão Geraldo

Classificação: Typic Haplorthox; hipertérmico, muito argiloso, oxidoco (USA);

Rhodic Ferralsol (FAO);

Solo ferralítico fortemente dessaturado no horizonte B (Fr).

Localização: Folha de Leme. Coordenadas UTM 260-262 Km E., 7544-7546 Km N.

Altitude: 650 metros.

Material de origem: produtos da intemperização de diabásico afetados por retrabalhamento local.

Relevo: suave-ondulado.

Situação e declive: terço superior da encosta, quase topo de colina, 4%.

Vegetação primária: mata tropical subcaducifólia.

Vegetação atual: idem.

1245 A<sub>1</sub> 0-35cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5YR 3/4 seca); argilosa; granular média forte; ligeiramente dura e friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

1245 A<sub>3</sub> 35-68cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5YR 3/5 seca); argilosa; subgranular média fraca; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

1245 B<sub>1</sub> 68-120cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5YR 3/6 seca); argilosa; subangular média fraca passando para apédica; macia, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

1245 B<sub>2</sub> 120-200cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4 úmida, 2,5YR 3/6 seca); argilosa; subangular média fraca passando para apédica; macia, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

Obs: Raízes finas abundantes na primeira camada, poucas na segunda, raras na terceira e médias abundantes nas três camadas. Diferença de cor entre camadas muito sutil: camada *a*, tanto úmida como seca, 2,5YR 3/4. Carvão ao longo do perfil, mais abundante na segunda e terceira camadas.

## ANEXO A

**Tabela A.1.** Características físicas e químicas do perfil 1245. Unidade Barão Geraldo.

Camada Nº	Horizonte		Densidade aparente	Densidade real	Porosidade total	Umidade 15 atm	15 atm x 2,5				
	Símbolo	Profundidade									
		cm	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	%	%				
a	A <sub>1</sub>	0-35	0,95	2,53	63	-	-				
b	A <sub>3</sub>	35-68	-	-	-	-	-				
c	B <sub>1</sub>	68-120	0,95	2,78	66	-	-				
d	B <sub>2</sub>	120-120	-	-	-	-	-				
e	tradagem	200 +	-	-	-	-	-				
Composição Granulométrica						pH		Δ pH			
A. Grossa	A. Fina	Silte	Argila	Cascalho	Argila Natural	H <sub>2</sub> O	KCl				
%	%	%	%	%	%						
6	23	17	54	0	39	7,30	6,50	-0,80			
5	23	08	64	0	42	6,60	6,20	-0,40			
6	20	08	66	0	37	5,20	4,60	-0,60			
4	22	10	64	0	15	5,00	4,80	-0,20			
3	25	08	64	0	00	5,30	5,90	0,60			
*PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Cátions Trocáveis*						S	T	V	Ret. Cat/ 100g Arg	Al <sup>3+</sup> +S
Sol.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>						
e mg	e mg	e mg	e mg	e mg	e mg	e mg	e mg	%	e mg	%	
0,05	15,00	2,48	0,40	0,0	1,2	17,88	19,08	94	33,10	0,0	
0,10	7,50	2,40	0,40	0,0	1,4	10,30	11,70	88	16,10	0,0	
0,05	1,40	0,78	0,30	0,0	6,0**	2,48	8,48	29	3,70	0,0	
0,02	1,25	0,07	0,07	0,0	4,8**	1,39	6,19	23	2,50	12,6	
0,01	0,90	0,03	0,03	0,0	1,5	0,96	2,46	39	1,50	0,0	
C	N	$\frac{C}{N}$	Digestão com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1				Ki	Kr	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Livre		
			Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti O <sub>2</sub>					
%	%		%	%	%	%			%		
2,96	0,32	9,3	11,51	10,47	21,32	7,41	1,87	0,81	17,4		
1,42	0,14	10,1	12,31	11,59	22,46	7,94	1,80	0,81	17,1		
1,34	0,09	14,9	12,51	11,58	22,00	7,83	1,80	0,82	18,9		
0,92	0,06	15,3	11,31	11,41	23,48	8,46	1,69	0,73	19,2		
0,40	-	-	10,72	11,78	23,03	8,73	1,55	0,69	-		

(\*) Expresso em relação a 100g de TFSA. (\*\*) Análise repetida.

Fonte: OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F. **Latossolos Roxos do Estado de São Paulo**. Boletim Técnico n. 82 - Instituto Agronômico, Campinas, SP, 1984.

## ANEXO B

**Tabela B.1.** Resultados dos valores dos macronutrientes no material erodido - (média) análise química da perda de terra nas safras de 1990/91 a 1995/96.

Parcela	Tratamento <sup>(1)</sup>	Data coleta	Ca	Mg	K	P(Res)	MO% 100
			cmol/kg			mg/kg	cm <sup>3</sup> de solo
1	T1	90/91	11,7	2	0,49	143	5,5
2	T2	90/91	9,4	1,5	0,39	118	4,1
3	T3	90/91	9,6	1,4	0,35	103	4,3
4	T4	90/91	12,9	2	0,54	202	7,5
5	T5	90/91	9,2	1,4	0,28	85	3,8
6	T6	90/91	12,4	2,2	0,55	154	8,1
7	T7	90/91	4	1,1	0,16	18	3,8
8	T8	90/91	6,6	1,1	0,18	23	4,6
1	T1	91/92	10	1,6	0,35	116	4,8
2	T2	91/92	10,2	1,4	0,36	105	4,9
3	T3	91/92	13,2	1,5	0,46	67	4,8
4	T4	91/92	12,5	1,7	0,49	118	6,6
5	T5	91/92	9,2	1,2	0,3	88	4,9
6	T6	91/92	12	2,1	0,49	85	7,1
7	T7	91/92	3,6	0,9	0,21	13	3,5
8	T8	91/92	5	0,8	0,2	15	5,7
1	T1	92/93	13	2,1	0,62	113	5,8
2	T2	92/93	11,6	1,8	0,65	118	4,6
3	T3	92/93	22	3,8	0,84	121	6,6
4	T4	92/93	13,2	2,2	0,75	18	6,4
5	T5	92/93	11	1,7	0,46	86	4,4
6	T6	92/93	11,5	2,2	0,62	9	6,4
7	T7	92/93	5,4	1,1	0,23	13	2,7
8	T8	92/93	9,5	1,1	0,26	23	3
1	T1	93/94	31,8	17,5	0,32	94	4,8
2	T2	93/94	20,5	11,2	0,26	74	3,9
3	T3	93/94	17,4	9,7	0,23	55	3,6
4	T4	93/94	70,8	47,6	0,36	61	6,6
5	T5	93/94	32,4	21,9	0,19	48	3,8
6	T6	93/94	20,1	93,2	0,36	96	7,7
7	T7	93/94	7,7	4	0,12	18	3,9
8	T8	93/94	10,6	4,4	0,14	22	6,4
1	T1	94/95	18	8,2	0,4	68	4,6
2	T2	94/95	23,5	12,6	0,62	96	4,4
3	T3	94/95	16,6	7	0,43	57	4,4
4	T4	94/95	49	24,6	0,65	93	7,3
5	T5	94/95	17,2	8,1	0,29	48	4,1
6	T6	94/95	99,9	24,6	0,47	76	6,2
7	T7	94/95	7,1	4,1	0,19	12	3,3
8	T8	94/95	9,9	4,4	0,15	2	4,9
1	T1	95/96	14,3	7,2	0,64	77	4,6
2	T2	95/96	14,5	7,3	0,41	73	4,1
3	T3	95/96	15,5	6,1	0,62	9	5,8
4	T4	95/96	16,1	7,8	0,36	66	4,1
5	T5	95/96	58,1	24,6	0,59	97	6,4
6	T6	95/96	44,3	24,6	0,49	64	6,8
7	T7	95/96	8,7	3,9	0,25	22	3,9
8	T8	95/96	10,6	3,4	0,3	33	6

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento; <sup>(1)</sup>Tratamento: T1 (grade aradora), T2 (sistema alternado), T3 (escarificador), T4 (plantio direto), T5 (arado de discos), T6 (roçado), T7 ("morro abaixo"), T8 (enxada rotativa).

## ANEXO B

**Tabela B.2.** Resultados dos valores dos macronutrientes no material erodido - análise química da perda de terra nas safras de 2003 a 2004.

Parcela	Tratamento <sup>(1)</sup>	Data coleta	Ca	Mg	K	P(Res)	C
			cmol <sub>c</sub> /kg			mg/kg	%
3	SPD 3	19/11/03	7,6	1,1	0,29	49	2,3
4	SPD 4	19/11/03	7,3	1,3	0,35	31	2,2
5	PC 5	19/11/03	7,6	1,3	0,23	20	2,4
7	PC 7	19/11/03	7,9	1,2	0,23	14	2,9
8	PC 8	19/11/03	7,6	1,3	0,23	11	1,9
1	SPD1	05/12/03	8,1	1,2	0,26	41	1,9
2	SPD2	05/12/03	7,7	1,2	0,29	49	2,2
3	SPD3	05/12/03	7,9	1,2	0,26	52	1,9
4	SPD4	05/12/03	8,2	1,4	0,27	89	1,8
5	PC5	05/12/03	7,4	1,5	0,25	50	2,4
6	PC6	05/12/03	9,5	2	0,3	92	3,1
7	PC7	05/12/03	8,2	1,5	0,22	18	2,7
8	PC8	05/12/03	7,3	1,6	0,23	28	3,1
1	SPD1	05/01/04	7,4	1,1	0,3	54	2,2
2	SPD2	05/01/04	6,7	1,2	0,28	46	2,3
3	SPD3	05/01/04	7,4	1,3	0,26	43	2,6
4	SPD4	05/01/04	7,4	1,5	0,25	81	1,8
5	PC5	05/01/04	7,6	1,6	0,25	52	2,3
6	PC6	05/01/04	8,2	1,9	0,27	97	3,0
7	PC7	05/01/04	7,1	1,4	0,21	17	2,2
8	PC8	05/01/04	6,5	1,7	0,22	24	3,8
1	SPD1	05/02/04	7,4	1,1	0,28	53	2,1
2	SPD2	05/02/04	7,1	1	0,29	51	2,2
3	SPD3	05/02/04	8,9	1,4	0,3	63	2,5
4	SPD4	05/02/04	8,2	1,4	0,27	78	2,4
5	PC5	05/02/04	9,7	1,9	0,29	92	3,0
6	PC6	05/02/04	8,6	1,4	0,26	57	2,7
7	PC7	05/02/04	8,1	1,3	0,23	25	2,6
8	PC8	05/02/04	7,1	1,6	0,2	10	2,3
1	SPD1	08/03/04	8,1	1,4	0,31	45	2,4
2	SPD2	08/03/04	6,9	1	0,29	43	2,1
3	SPD3	08/03/04	6,7	1	0,3	51	2,1
4	SPD4	08/03/04	8,7	1,4	0,31	57	2,6
5	PC5	08/03/04	7,9	1,4	0,29	55	2,6
6	PC6	08/03/04	7,3	1,4	0,32	94	3,1
7	PC7	08/03/04	7,6	1,1	0,21	20	2,3
8	PC8	08/03/04	7,9	1,4	0,24	24	2,5

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Tratamento: SPD (sistema de semeadura), PC (plantio convencional).

## ANEXO B

**Tabela B.3.** Somatória de unidades dos macronutrientes perdidos na safra 2003/04.

Parcela	Safra 2003/04					
	Tratamento <sup>(1)</sup>	Ca	Mg	K	P (Res)	C
		cmol/kg			mg/kg	g/dm <sup>3</sup>
1	SPD1	31,00	4,80	1,15	193,00	86,00
2	SPD2	28,40	4,40	1,15	189,00	88,00
3	SPD3	38,50	6,00	1,41	258,00	114,00
4	SPD4	39,80	7,00	1,45	336,00	108,00
5	PC5	40,20	7,70	1,31	269,00	127,00
6	PC6	33,60	6,70	1,15	340,00	119,00
7	PC7	38,90	6,50	1,10	94,00	127,00
8	PC8	36,40	7,60	1,12	97,00	136,00

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup> Tratamento: SPD (sistema de semeadura), PC (plantio convencional).

## ANEXO B

**Tabela B.4.** Resultados dos valores dos macronutrientes no material erodido – Análise química da perda de terra na safra 2004/05 (resultados apresentados pelo laboratório).

Parcela	Tratamento <sup>(1)</sup>	Data coleta	Ca	Mg	K	P(Res)	C	MO
			cmol <sub>c</sub> /kg			mg/kg	g/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>
1	SPD1	05/01/05	7,5	0,9	0,47	54	8	13,76
2	SPD2	05/01/05	9,5	1	0,40	60	7	12,04
3	SPD3	05/01/05	7,5	0,8	0,37	45	13	22,36
4	SPD4	05/01/05	7,8	1,1	0,31	155	10	17,2
5	PC5	05/01/05	7,4	1,3	0,46	72	15	25,8
6	PC6	05/01/05	8,7	1,4	0,40	105	14	24,08
7	PC7	05/01/05	4,2	1	0,26	30	15	25,8
8	PC8	05/01/05	5,3	1,3	0,29	28	19	32,68
1	SPD1	03/02/05	8,7	1	0,44	51	26	44,72
2	SPD2	03/02/05	8,9	0,8	0,38	43	27	46,44
3	SPD3	03/02/05	8,4	0,8	0,40	45	23	39,56
4	SPD4	03/02/05	9,3	0,9	0,41	89	29	49,88
5	PC5	03/02/05	8	0,9	0,42	53	21	36,12
6	PC6	03/02/05	9,1	1,4	0,37	61	23	39,56
7	PC7	03/02/05	6,5	1	0,31	14	23	39,56
8	PC8	03/02/05	6	1,2	0,28	32	24	41,28
1	SPD1	05/03/05	9,4	0,9	0,44	28	27	46,44
2	SPD2	05/03/05	9	0,8	0,37	41	26	44,72
3	SPD3	05/03/05	10	1	0,34	40	28	48,16
4	SPD4	05/03/05	9,8	1	0,33	97	26	44,72
5	PC5	05/03/05	7,6	1,3	0,41	51	22	37,84
6	PC6	05/03/05	9,8	1,6	0,34	69	28	48,16
7	PC7	05/03/05	6,4	1,4	0,30	15	27	46,44
8	PC8	05/03/05	5,5	1,3	0,29	9	28	48,16
1	SPD1	04/04/05	9,7	1	0,43	37	26	44,72
2	SPD2	04/04/05	7,1	0,8	0,37	45	26	44,72
3	SPD3	04/04/05	7,8	0,9	0,36	43	28	48,16
4	SPD4	04/04/05	9,2	0,9	0,39	74	31	53,32
5	PC5	04/04/05	8,2	1	0,40	51	33	56,76
6	PC6	04/04/05	9,2	1,7	0,42	70	37	63,64
7	PC7	04/04/05	7,6	1,3	0,35	19	36	61,92
8	PC8	04/04/05	6,9	1,6	0,36	41	23	39,56

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup> Tratamento: SPD (sistema de semeadura), PC (plântio convencional).

## ANEXO B

**Tabela B 5.** Somatória de unidades dos macronutrientes perdidos na safra 2004/05.

Parcela	Safra 2004/05					
	Tratamento <sup>(1)</sup>	Ca	Mg	K	P (Res)	C
		cmol <sub>c</sub> /kg			mg/kg	g/dm <sup>3</sup>
1	SPD1	35,30	3,80	1,78	170,00	87
2	SPD2	34,50	3,40	1,52	189,00	86
3	SPD3	33,70	3,50	1,47	173,00	92
4	SPD4	36,10	3,90	1,44	415,00	96
5	PC5	31,20	4,50	1,69	227,00	91
6	PC6	36,80	6,10	1,53	305,00	102
7	PC7	24,70	4,70	1,22	78,00	101
8	PC8	23,70	5,40	1,22	110,00	94

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup> Tratamento: SPD (sistema de semeadura), PC (plântio convencional).

## ANEXO C

**Tabela C.1.** Preços médios mensais da tonelada de calcário dolomítico, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2.003	2.004	2.005
	Cr\$			CR\$	R\$					
Jan.		2.879,00	15.448,00	211.923,00	5.382,00	15,54	14,70	30,00	33,00	33,00
Fev.	679,00	2.879,00	19.773,00	251.000,00	7.411,00	15,54	14,70	30,00	33,00	33,00
Mar.	903,00	3.510,00	24.899,00	318.772,00	10.660,00	15,54	14,70	30,00	33,00	33,00
Abr.	846,00	4.212,00	31.118,00	404.840,00	16.466,00	15,54	14,70	30,00	33,00	33,00
Mai	846,00	3.454,00	37.482,00	526.292,00	26.330,00	16,57	14,70	30,00	33,00	33,00
Jun.	1.209,00	3.454,00	45.996,00	684.180,00	39.241,00	17,42	14,70	33,00	33,00	33,00
Jul.	1.410,00	5.010,00	56.115,00	899.696,00	16,20	17,42	14,70	33,00	33,00	33,00
Ago.	1.667,00	5.685,00	65.800,00	1.218,00	15,08	14,98	14,70	33,00	33,00	33,00
Set.	1.944,00	6.346,00	82.376,00	1.646,00	15,08	14,98	14,70	33,00	33,00	33,00
Out.	2.177,00	7.330,00	102.850,00	2.254,00	15,08	14,98	14,70	33,00	33,00	33,00
Nov.	2.482,00	8.796,00	129.591,00	3.065,00	15,08	14,98	14,70	33,00	33,00	33,00
Dez.	2.878,00	11.443,00	163.285,00	4.249,00	15,08	14,98	14,70	33,00	33,00	33,00

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA).

## ANEXO C

**Tabela C.2.** Preços médios mensais de cloreto de potássio, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2.003	2.004	2.005
	Cr\$			CR\$	R\$					
Jan.	5.587,90	56.052,00	361.577,00	3.747.883,00	86.084,00	256,68	325,94	916,14	928,31	1.137,52
Fev.	7.771,00	56.052,00	436.717,00	4.643.981,00	130.473,00	257,96	323,71	918,27	972,31	1.169,47
Mar.	15.712,00	65.320,00	485.298,00	5.609.403,00	169.531,00	258,63	320,66	924,76	979,15	1.159,16
Abr.	17.090,00	69.728,00	634.355,00	6.741.292,00	262.692,00	259,40	322,69	929,67	1.009,07	1.169,22
Mai	17.090,00	80.677,00	676.119,00	8.712.337,00	376.206,00	269,27	322,99	914,22	1.057,56	1.150,04
Jun.	18.739,00	80.321,00	878.099,00	11.580.576,00	544.119,00	270,98	327,67	906,21	1.116,42	1.140,83
Jul.	19.648,00	95.131,00	1.012.009,00	17.352.858,00	262,91	277,66	321,01	879,69	1.163,50	1.125,66
Ago.	23.568,00	110.785,00	1.226.607,00	19.207,00	263,24	279,30	329,85	862,98	1.159,69	1.117,75
Set.	27.722,00	120.226,00	1.382.126,00	28.006,00	263,42	283,78	333,01	890,64	1.193,93	1.108,83
Out.	30.486,00	155.915,00	1.970.653,00	36.183,00	252,07	291,77	345,99	893,87	1.183,41	1.117,20
Nov.	38.798,00	176.450,00	2.571.778,00	45.699,00	253,81	295,33	345,16	893,21	1.192,77	1.122,15
Dez.	47.732,00	261.799,00	3.071.465,00	63.615,00	253,62	310,44	345,69	910,81	1.182,67	1.097,66

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA).

## ANEXO C

**Tabela C.3.** Preços médios mensais de superfosfato simples, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2.003	2.004	2.005
	Cr\$			CR\$	R\$					
Jan.	3.388,25	31.603,00	171.193,00	2.002.647,00	45.625,00	149,39	181,00	541,71	582,23	675,24
Fev.	4.538,00	31.603,00	235.378,00	2.539.052,00	79.577,00	149,25	184,01	535,76	594,74	673,08
Mar.	7.065,00	41.913,00	260.089,00	3.391.628,00	102.767,00	149,28	180,61	561,91	649,95	672,54
Abr.	8.357,00	38.010,00	296.875,00	3.745.930,00	152.809,00	149,80	182,21	565,39	657,61	669,32
Mai	9.249,00	39.156,00	345.238,00	4.349.357,00	219.416,00	152,60	186,96	552,86	664,38	652,08
Jun.	9.249,00	41.143,00	432.014,00	6.657.469,00	317.695,00	156,91	192,28	558,97	715,14	628,86
Jul.	11.278,00	46.873,00	507.670,00	8.699.597,00	146,58	159,79	188,15	555,82	735,36	617,91
Ago.	15.058,00	59.413,00	651.113,00	11.032,00	147,97	160,23	202,15	545,09	721,86	606,96
Set.	16.050,00	60.324,00	782.771,00	15.938,00	147,43	163,09	204,03	569,73	722,91	596,59
Out.	18.762,00	77.543,00	958.094,00	20.865,00	146,84	166,73	205,63	576,91	704,46	590,17
Nov.	20.346,00	92.813,00	1.175.280,00	26.254,00	148,19	170,96	205,90	583,23	700,63	592,40
Dez.	30.005,00	111.555,00	1.423.730,00	36.001,00	149,17	173,99	206,00	584,98	690,63	580,78

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA).

## ANEXO C

**Tabela C.4.** Preços médios mensais de uréia, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2.003	2.004	2.005
	Cr\$			CR\$	R\$					
Jan.	5.398,30	68.389,00	395.061,00	4.107.943,00	97.459,00	324,37	439,17	959,89	1.163,43	1.355,58
Fev.	7.705,00	68.389,00	497.406,00	5.090.385,00	161.404,00	332,49	437,69	1.015,09	1.221,48	1.336,89
Mar.	4.890,00	6.924,00	560.681,00	6.089.350,00	196.501,00	334,21	437,83	1.095,82	1.231,87	1.245,07
Abr.	15.135,00	74.483,00	725.385,00	7.008.874,00	304.397,00	336,90	443,68	1.134,14	1.231,68	1.320,31
Mai	15.135,00	82.976,00	902.497,00	9.579.466,00	437.650,00	337,28	458,92	1.144,95	1.228,86	1.326,12
Jun.	18.485,00	89.283,00	985.620,00	14.012.823,00	627.695,00	341,76	463,65	1.099,49	1.250,28	1.320,42
Jul.	21.946,00	103.369,00	1.191.748,00	18.870.930,00	301,03	346,63	445,60	1.084,03	1.243,00	1.286,80
Ago.	25.384,00	123.884,00	1.429.766,00	22.053,00	303,25	355,45	477,70	1.058,01	1.267,46	1.262,40
Set.	29.419,00	139.849,00	1.678.587,00	31.322,00	305,96	373,14	489,27	1.110,19	1.338,99	1.191,60
Out.	34.156,00	178.994,00	2.159.762,00	40.009,00	302,80	405,15	491,43	1.121,99	1.372,46	1.184,50
Nov.	40.764,00	211.138,00	2.618.099,00	51.612,00	306,68	418,00	490,42	1.134,23	1.414,58	1.165,70
Dez.	54.983,00	277.048,00	3.074.313,00	72.744,00	311,87	1150,79	1189,53	1315,74	1425,47	1173,19

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA).

## ANEXO D

**Tabela D.1.** Valores correntes e corrigidos de diaristas, estado de São Paulo, de abril de 1990 a novembro de 2005.

Período	Produto	Dados correntes					Dados corrigidos (ago/1994=100)				
		Moeda	Menor valor	Maior valor	Valor médio	Moda	Menor valor	Maior valor	Valor médio	Moda	mediana
abr/90	Diarista	Cr\$	0,00	0,00	170,74	0,00	0,00	0,00	10,48	0,00	0,00
abr/91	Diarista	Cr\$	0,00	0,00	925,40	0,00	0,00	0,00	12,67	0,00	0,00
abr/92	Diarista	Cr\$	0,00	0,00	5.652,73	0,00	0,00	0,00	9,98	0,00	0,00
abr/93	Diarista	Cr\$	40.000,00	200.000,00	93.037,65	100.000,00	4,76	23,82	11,08	11,91	0,00
nov/93	Diarista	CR\$	350,00	2.300,00	669,17	600,00	5,40	35,46	10,32	9,25	0,00
abr/94	Diarista	CR\$	1.500,00	10.000,00	3.465,04	3.000,00	4,06	27,09	9,39	8,13	8,40
nov/94	Diarista	R\$	2,00	10,00	4,71	5,00	6,20	31,00	14,60	15,50	13,95
abr/95	Diarista	R\$	2,34	25,00	7,41	10,00	6,75	72,16	21,39	28,86	20,21
abr/96	Diarista	R\$	2,46	30,00	8,15	10,00	6,38	77,84	21,15	25,95	19,85
abr/03	Diarista	R\$	5,00	30,00	13,23	15,00	5,77	34,60	15,26	17,30	13,84
nov/03	Diarista	R\$	5,00	300,00	15,00	15,00	5,71	342,57	17,13	17,13	17,13
abr/04	Diarista	R\$	4,80	35,00	14,48	15,00	5,24	38,19	15,80	16,37	16,37
nov/04	Diarista	R\$	4,80	35,00	15,28	15,00	4,88	35,61	15,55	15,26	15,26
abr/05	Diarista	R\$	8,25	35,00	16,52	15,00	8,17	34,65	16,35	14,85	14,85
nov/05	Diarista	R\$	10,00	40,00	17,42	15,00	10,01	40,03	17,43	15,01	16,01

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA). <sup>(1)</sup> DE 01/1992 em Cr\$; DE 07/1993 em CR\$; DE 06/1994 em R\$.

## 10. APÊNDICES

### APÊNDICE A

**Tabela A.1.** Conversão de dados obtidos (macronutrientes perdidos) nas determinações em centímol, para miligramas por quilo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ou gramas por  $\text{kg}^{-1}$  nas safras de 1990/91 a 1995/96.

Tratamento <sup>(1)</sup>	Safras 1990/91a 1995/96				
	Ca	Mg	K	P(Res)	N
	<b>Safra 1990/91</b>				
T1	2.344,68	243,12	191,60	143,00	2,75
T2	1.883,76	182,34	152,50	118,00	2,05
T3	1.923,84	170,18	136,86	103,00	2,15
T4	2.585,16	243,12	211,15	202,00	3,75
T5	1.843,68	170,18	109,49	85,00	1,90
T6	2.484,96	267,43	215,06	154,00	4,05
T7	801,60	133,72	62,56	18,00	1,90
T8	1.322,64	133,72	70,38	23,00	2,30
	<b>Safra 1991/92</b>				
T1	2.004,00	194,50	136,86	116,00	2,40
T2	2.044,08	170,18	140,77	105,00	2,45
T3	2.645,28	182,34	179,87	67,00	2,40
T4	2.505,00	206,65	191,60	118,00	3,30
T5	1.843,68	145,87	117,31	88,00	2,45
T6	2.404,80	255,28	191,60	85,00	3,55
T7	721,44	109,40	82,11	13,00	1,75
T8	1.002,00	97,25	78,20	15,00	2,85
	<b>Safra 1992/93</b>				
T1	2.605,20	255,28	242,43	113,00	2,90
T2	2.324,64	218,81	254,16	118,00	2,30
T3	4.408,80	461,93	328,46	121,00	3,30
T4	2.645,28	267,43	293,27	180,00	3,20
T5	2.204,40	206,65	179,87	86,00	2,20
T6	2.304,60	267,43	242,43	90,00	3,20
T7	1.082,16	133,72	89,93	13,00	1,35
T8	1.903,80	133,72	101,67	23,00	1,50
	<b>Safra 1993/94</b>				
T1	6.372,72	2.127,30	125,13	94,00	2,40
T2	4.108,20	1.361,47	101,67	74,00	1,95
T3	3.486,96	1.179,13	89,93	55,00	1,80
T4	14.188,32	5.786,26	140,77	61,00	3,30
T5	6.492,96	2.662,16	74,29	48,00	1,90
T6	4.028,04	11.329,39	140,77	96,00	3,85
T7	1.543,08	486,24	46,92	18,00	1,95
T8	2.124,24	534,86	54,74	22,00	3,20

## APÊNDICE A

(continuação) **Tabela A.1.** Conversão de dados obtidos (macronutrientes perdidos) nas determinações em centímol<sub>c</sub> para miligramas por quilo (mg kg<sup>-1</sup>) ou gramas por kg<sup>-1</sup> nas safras de 1990/91 a 1995/96.

Tratamento <sup>(1)</sup>	Safras 1990/91a 1995/96				
	Ca	Mg	K	P(Res)	N
	<b>Safra 1994/95</b>				
T1	3.607,20	996,79	156,41	68,00	2,30
T2	4.709,40	1.531,66	242,43	96,00	2,20
T3	3.326,64	850,92	168,14	57,00	2,20
T4	9.819,60	2.990,38	254,16	93,00	3,65
T5	3.446,88	984,64	113,40	48,00	2,05
T6	20.019,96	2.990,38	183,78	76,00	3,10
T7	1.422,84	498,40	74,29	12,00	1,65
T8	1.983,96	534,86	58,65	20,00	2,45
	<b>Safra 1995/96</b>				
T1	2.865,72	875,23	250,25	77,00	2,30
T2	2.905,80	887,39	160,32	73,00	2,05
T3	3.106,20	741,52	242,43	90,00	2,90
T4	3.226,44	948,17	140,77	66,00	2,05
T5	11.643,24	2.990,38	230,70	97,00	3,20
T6	8.877,72	2.990,38	191,60	64,00	3,40
T7	1.743,48	474,08	97,76	22,00	1,95
T8	2.124,24	413,30	117,31	33,00	3,00

Fonte: Dados obtidos a partir de estudos anteriores na área do experimento; (1) Tratamento: T1 (grade aradora), T2 (sistema alternado), T3 (escarificador), T4 (plantio direto), T5 (arado de discos), T6 (roçado), T7 ("morro abaixo"), T8 (enxada rotativa).

## APÊNDICE A

**Tabela A.2.** Conversão de dados obtidos (macronutrientes perdidos) nas determinações em centímol<sub>c</sub> para miligramas por quilo (mg kg<sup>-1</sup>) ou gramas por kg<sup>-1</sup> na safra 2003/04.

Parcela	Safra 2003/04				
	Tratamento <sup>(1)</sup>	Ca	Mg mg/kg	K	N g/kg
1	SPD1	6212,40	583,49	449,70	193,00
2	SPD2	5691,36	534,89	449,70	189,00
3	SPD3	7715,40	729,36	551,30	258,00
4	SPD4	7975,92	850,92	567,00	336,00
5	PC5	8056,08	936,01	512,20	269,00
6	PC6	6733,44	814,46	449,70	340,00
7	PC7	7795,56	790,14	430,10	94,00
8	PC8	7294,56	923,86	437,90	97,00

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Tratamento: SPD (sistema de semeadura), PC (plantio convencional).

**Tabela A.3.** Conversão de dados obtidos (macronutrientes perdidos) nas determinações em centímol<sub>c</sub> para miligramas por quilo (mg kg<sup>-1</sup>) ou gramas por kg<sup>-1</sup> na safra 2004/05.

Parcela	Safra 2004/05				
	Tratamento <sup>(1)</sup>	Ca	Mg mg/kg	K	N g/kg
1	SPD1	7074,12	461,93	696,02	7,48
2	SPD2	6913,80	413,30	594,35	7,40
3	SPD3	6753,48	425,46	574,80	7,91
4	SPD4	7234,44	474,08	563,07	8,26
5	PC5	6252,48	547,02	660,82	7,83
6	PC6	7374,72	741,52	598,26	8,77
7	PC7	4949,88	571,33	477,04	8,69
8	PC8	4749,48	656,42	477,04	8,08

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Tratamento: SPD (sistema de semeadura), PC (plantio convencional).



## APÊNDICE A

(continuação) **Tabela A. 4.** Quantidade de macronutrientes perdidos junto com o material erodido relativo às safras de 1990/91 a 1995/96.

	<b>Safra 1993/94</b>				
T1	3,81	1,27	0,07	0,06	1,44
T2	2,46	0,81	0,06	0,04	1,17
T3	1,75	0,59	0,05	0,03	0,90
T4	1,60	0,65	0,02	0,01	0,37
T5	3,83	1,57	0,04	0,03	1,12
T6	0,28	0,79	0,01	0,01	0,27
T7	6,57	2,07	0,20	0,08	8,30
T8	2,93	0,74	0,08	0,03	4,42
	<b>Safra 1994/95</b>				
T1	2,24	0,62	0,10	0,04	1,43
T2	2,62	0,85	0,13	0,05	1,22
T3	1,72	0,44	0,09	0,03	1,14
T4	0,99	0,30	0,03	0,01	0,37
T5	2,24	0,64	0,07	0,03	1,33
T6	1,45	0,22	0,01	0,01	0,22
T7	6,76	2,37	0,35	0,06	7,84
T8	2,94	0,79	0,09	0,03	3,63
	<b>Safra 1995/96</b>				
T1	1,56	0,48	0,14	0,04	1,25
T2	1,69	0,52	0,09	0,04	1,19
T3	1,30	0,31	0,10	0,04	1,21
T4	0,33	0,10	0,01	0,01	0,21
T5	7,89	2,03	0,16	0,07	2,17
T6	0,65	0,22	0,01	0,00	0,25
T7	7,55	2,05	0,42	0,10	8,45
T8	2,75	0,53	0,15	0,04	3,88

Fonte: Valores calculados a partir de dados básicos extraídos do trabalho de LUCARELLI (1997); <sup>(1)</sup> Tratamento: T1 (grade aradora), T2 (sistema alternado), T3 (escarificador), T4 (plantio direto), T5 (arado de discos), T6 (roçado), T7 ("morro abaixo"), T8 (enxada rotativa).

## APÊNDICE A

**Tabela A.5.** Quantidade de macronutrientes perdidos junto com o material erodido relativo as safras 2003/04 e 2004/05.

Tratamento <sup>(1)</sup>	Safras 2003/04 e 2004/05				
	Ca	Mg	K	P(Res)	N
	kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>				
	<b>Safra 2003//04</b>				
SPD1	1.28	0.12	0.09	0.04	1.53
SPD2	1.60	0.15	0.13	0.05	2.12
SPD3	4.23	0.40	0.30	0.14	5.38
SPD4	3.86	0.41	0.27	0.16	4.49
PC5	6.53	0.76	0.42	0.22	8.85
PC6	1.66	0.20	0.11	0.08	2.52
PC7	21.00	2.13	1.16	0.25	29.43
PC8	33.87	4.29	2.03	0.45	54.30
	<b>Safra 2004/05</b>				
SPD1	1.02	0.07	0.10	0.02	1.08
SPD2	2.34	0.14	0.20	0.06	2.51
SPD3	1.88	0.12	0.16	0.05	2.20
SPD4	3.44	0.23	0.27	0.20	3.92
PC5	3.98	0.35	0.42	0.14	4.99
PC6	4.64	0.47	0.38	0.19	5.52
PC7	21.87	2.52	2.11	0.34	38.38
PC8	55.72	7.70	5.60	1.29	94.84

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup> Tratamento: SPD (sistema plantio direto), PC (plantio convencional).

## APÊNDICE B

**Tabela B.1.** Preços<sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de calcário dolomítico, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2003	2004	2005
Jan.	.	65,78	57,52	61,87	50,65	47,26	38,78	35,89	37,16	33,29
Fev.	99,41	54,32	59,00	57,92	48,98	46,72	38,49	35,32	36,76	33,16
Mar.	72,91	61,74	61,56	57,56	48,64	45,89	38,41	34,75	36,42	32,84
Abr.	61,35	68,14	64,89	57,02	52,74	44,86	38,14	34,60	36,01	32,67
Mai	56,26	52,46	63,84	56,04	59,84	47,64	37,51	34,84	35,49	32,75
Jun.	73,76	47,75	64,52	55,73	60,84	48,80	37,06	38,59	35,04	32,90
Jul.	76,13	61,38	64,66	55,53	55,39	47,73	36,66	38,67	34,65	33,04
Ago.	79,68	60,31	60,47	56,30	49,89	40,53	36,65	38,43	34,20	33,30
Set.	83,17	57,92	59,45	55,54	49,13	40,97	36,61	38,03	33,58	33,34
Out.	81,61	53,19	59,40	56,27	47,91	40,88	36,53	37,86	33,40	33,13
Nov.	79,20	50,75	60,24	55,87	46,75	40,34	36,42	37,68	33,58	33,02
Dez.	78,87	54,05	61,37	56,86	46,48	40,23	36,11	37,46	33,40	33,00
Média	76,58	57,32	61,41	56,88	51,44	44,32	37,28	36,84	34,97	33,04

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA). <sup>(1)</sup> Deflacionado pelo IGP-DI. Base: Dez./2005=100. Em Real de dezembro de 2006, corrigido pelo Índice 2, de Conjuntura Econômica, Disponibilidade Interna, da Fundação Gétúlio Vargas (FGV-DI).

**Tabela B.2.** Preços<sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de cloreto de potássio, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2003	2004	2005
Jan.	1404,31	1280,77	1346,30	1094,11	810,17	780,61	859,93	1095,86	1045,35	1147,65
Fev.	1137,74	1057,60	1303,04	1071,72	862,25	775,56	847,58	1081,19	1083,17	1175,13
Mar.	1268,60	1149,03	1199,82	1012,96	773,60	763,72	837,78	1071,08	1080,71	1153,39
Abr.	1239,29	1128,10	1322,85	949,43	841,45	748,76	837,25	1072,35	1101,10	1157,55
Mai	1136,53	1225,32	1151,63	927,63	854,95	774,16	824,16	1061,62	1137,39	1141,46
Jun.	1143,19	1110,42	1231,79	943,25	843,61	759,16	826,00	1059,71	1185,43	1137,43
Jul.	1060,92	1165,56	1166,17	1071,06	898,85	760,85	800,47	1030,75	1221,55	1126,86
Ago.	1126,47	1175,29	1127,31	887,80	870,89	755,61	822,48	1004,92	1201,80	1127,80
Set.	1186,01	1097,39	997,45	944,95	858,19	776,12	829,30	1026,38	1214,81	1120,28
Out.	1142,90	1131,31	1138,15	903,36	800,76	796,16	859,73	1025,62	1197,90	1121,63
Nov.	1238,07	1018,11	1195,50	833,04	786,82	795,32	855,25	1019,98	1213,63	1122,88
Dez.	1308,05	1236,57	1154,35	851,30	781,80	833,73	849,11	1033,85	1197,15	1097,66
Média	1180,71	1147,96	1194,53	957,55	831,95	776,65	837,42	1048,61	1156,66	1135,81

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA). <sup>(1)</sup> Deflacionado pelo IGP-DI. Base: Dez./2005= 100. Em Real de dezembro de 2006, corrigido pelo Índice 2, de Conjuntura Econômica, Disponibilidade Interna, da Fundação Gétúlio Vargas (FGV-DI).

## APÊNDICE B

**Tabela B.3.** Preços<sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de superfosfato simples, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2003	2004	2005
Jan.	851,51	722,12	637,42	584,63	429,40	454,32	477,53	647,98	655,64	681,25
Fev.	664,40	596,29	702,30	585,95	525,90	448,72	481,80	630,81	662,55	676,34
Mar.	570,43	737,28	643,03	612,47	468,94	440,82	471,87	650,82	717,36	669,19
Abr.	606,01	614,95	619,09	527,57	489,48	432,40	472,76	652,17	717,59	662,64
Mai	615,08	594,70	588,04	463,09	498,64	438,73	477,06	642,00	714,53	647,22
Jun.	564,24	568,79	606,03	542,26	492,56	439,59	484,71	653,65	759,34	626,99
Jul.	608,97	574,29	585,01	536,96	501,14	437,86	469,17	651,27	772,05	618,57
Ago.	719,72	630,30	598,41	509,93	489,54	433,48	504,06	634,75	748,07	612,42
Set.	686,65	550,62	564,91	537,76	480,31	446,04	508,10	656,56	735,55	602,75
Out.	703,38	562,65	553,35	520,93	466,47	454,96	510,96	661,94	713,09	592,51
Nov.	649,26	535,53	546,33	478,58	459,39	460,40	510,19	666,00	712,88	592,79
Dez.	822,26	526,91	535,08	481,77	459,82	467,27	506,00	664,00	699,09	580,78
Média	655,49	601,20	598,25	531,82	480,13	446,22	489,52	651,00	717,31	630,29

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA). <sup>(1)</sup> Deflacionado pelo IGP-DI. Base: Dez./2005=100. Em Real de dezembro de 2006, corrigido pelo Índice 2, de Conjuntura Econômica, Disponibilidade Interna, da Fundação Gétúlio Vargas (FGV-DI).

**Tabela B.4.** Preços<sup>(1)</sup> médios mensais em Reais da tonelada de uréia, pagos pela agricultura, cidade de São Paulo, 1990-2005.

Mês	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2003	2004	2005
Jan.	1356,66	1562,67	1470,98	1199,22	917,23	986,47	1158,66	1148,19	1310,12	1367,65
Fev.	1128,08	1290,38	1484,12	1174,74	1066,66	999,64	1146,02	1195,18	1360,74	1343,36
Mar.	1202,23	1353,16	1386,19	1099,63	896,67	986,91	1143,91	1269,20	1359,64	1238,87
Abr.	1097,53	1205,03	1512,68	987,11	975,04	972,47	1151,17	1308,21	1344,01	1307,13
Mai	1006,52	1260,23	1537,22	1019,95	994,59	969,70	1171,01	1329,55	1321,61	1316,23
Jun.	1127,69	1234,32	1382,62	1141,36	973,19	957,46	1168,79	1285,73	1327,56	1316,49
Jul.	1185,00	1266,49	1373,29	1164,76	1029,18	949,84	1111,15	1270,18	1305,02	1288,17
Ago.	1213,26	1314,26	1314,03	1019,35	1003,26	961,62	1191,14	1232,03	1313,48	1273,75
Set.	1258,61	1276,51	1211,40	1056,84	996,78	1020,51	1218,43	1279,39	1362,41	1203,90
Out.	1280,49	1298,77	1247,37	998,89	961,92	1105,55	1221,13	1287,36	1389,27	1189,19
Nov.	1300,81	1218,26	1217,03	940,83	950,72	1125,67	1215,19	1295,20	1439,32	1166,46
Dez.	1506,76	1308,59	1155,42	973,47	961,36	1150,79	1189,53	1315,74	1425,47	1173,19
Média	1209,73	1299,06	1357,70	1064,68	977,22	1015,55	1173,84	1268,00	1354,89	1265,37

Fonte: Instituto de Economia Agrícola (IEA). <sup>(1)</sup> Deflacionado pelo IGP-DI. Base: Dez./2005=100. Em Real de dezembro de 2006, corrigido pelo Índice 2, de Conjuntura Econômica, Disponibilidade Interna, da Fundação Gétúlio Vargas (FGV-DI).

## APÊNDICE B

**Tabela B.5.** Custos Médios em Reais (R\$/2005) de Fertilizantes.

Fertilizantes	Ano Agrícola									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2003	2004	2005
	kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>									
Calcário	76,60	57,30	61,40	56,80	51,40	44,30	37,20	36,80	34,90	33,00
Dolomítico										
Cloreto de Potássio	1181,00	1148,00	1195,00	958,00	832,00	777,00	837,00	1049,00	1157,00	1136,00
Superfosfato Simples	655,00	601,00	598,00	532,00	480,10	446,00	490,00	651,00	717,00	630,00
Uréia	1210,00	1299,00	1358,00	1065,00	977,20	1016,00	1174,00	1268,00	1355,00	1265,00

Fonte: Resultados obtidos com base nas Tabelas C1, C2, C3 e C4 do anexo C (IEA - correção IGP-DI).

**Tabela B.6.** Custos Médios Reais (R\$/2005) de Aplicação de Fertilizantes para a cultura do Milho para o Estado de São Paulo – hectare/ano.

Anos	Qtde. homens /dia	Custo mão de obra diária	Qtde. diárias hectare	Qtde. Gasto homem
1990	1	10,48	3	31,44
1991	1	12,67	3	38,01
1992	1	9,98	3	29,94
1993	1	11,08	3	33,24
1994	1	10,32	3	30,96
1995	1	14,60	3	43,80
1996	1	21,39	3	64,17
2003	1	17,13	3	51,39
2004	1	15,80	3	47,40
2005	1	17,43	3	52,29

Fonte: Resultados obtidos com base na Tabela D1 do anexo D (IEA - correção IGP-DI).

## APÊNDICE C

### C.1. Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1990/91.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido <sup>(1)</sup>	Perda de Nutrientes (Kg/safra)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/safra)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha
Nitrogênio	0,28	1,81	Uréia (45% N)	2,22	4,025	R\$ 1,30	R\$ 5,23
Fósforo	0,01	0,09	Superfosfato Simples (18%)	12,5	1,18	R\$ 0,60	R\$ 0,71
Potássio	0,02	0,13	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,26	R\$ 1,19	R\$ 0,31
Cálcio	0,23	1,55	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	8,66	R\$ 0,08	R\$ 0,69
Magnésio	0,02	0,16					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>659,23</b>						<b>R\$ 6,94 ha<sup>-1</sup></b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

### C.2. Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1990/91.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido <sup>(1)</sup>	Perda de Nutrientes (Kg/safra)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/safra)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha
Nitrogênio	0,21	1,20	Ureia (45% N)	2,22	2,66	R\$ 1,30	R\$ 3,45
Fósforo	0,01	0,07	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,86	R\$ 0,60	R\$ 0,52
Potássio	0,02	0,09	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,18	R\$ 1,19	R\$ 0,22
Cálcio	0,19	1,10	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	6,16	R\$ 0,08	R\$ 0,49
Magnésio	0,02	0,10		12,76	1,36		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>583,59</b>						<b>R\$ 4,68 ha<sup>-1</sup></b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2..

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

### C.3. Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1990/91.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido <sup>(1)</sup>	Perda de Nutrientes (Kg/safra)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/safra)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha
Nitrogênio	0,22	1,29	Ureía (45% N)	2,22	2,86	R\$ 1,30	R\$ 3,71
Fósforo	0,01	0,06	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,77	R\$ 0,60	R\$ 0,46
Potássio	0,01	0,08	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,075	0,17	R\$ 1,19	R\$ 0,20
Cálcio	0,19	1,15	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	6,45	R\$ 0,08	R\$ 0,52
Magnésio	0,02	0,10		12,76	1,30		
<b>Perdas do solo - kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>598,25</b>						<b>R\$ 4,89 ha<sup>-1</sup></b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

### C.4. Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1990/91.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido <sup>(1)</sup>	Perda de Nutrientes (Kg/safra)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/safra)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha
Nitrogênio	0,38	0,60	Ureía (45% N)	2,22	1,29	R\$ 1,30	R\$ 1,67
Fósforo	0,02	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,40	R\$ 0,60	R\$ 0,23
Potássio	0,02	0,03	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,075	0,07	R\$ 1,19	R\$ 0,08
Cálcio	0,26	0,40	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	2,24	R\$ 0,08	R\$ 0,18
Magnésio	0,02	0,04		12,76	0,48		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>154,58</b>						<b>R\$ 2,17 ha<sup>-1</sup></b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

### C.5. Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1990/91.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,19	1,074	Ureía (45% N)	2,22	2,38	R\$ 1,30	R\$ 3,10
Fósforo	0,01	0,048	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,60	R\$ 0,60	R\$ 0,36
Potássio	0,01	0,062	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,13	R\$ 1,19	R\$ 0,15
Cálcio	0,18	1,04	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	5,84	R\$ 0,08	R\$ 0,47
Magnésio	0,02	0,10		12,76	1,23		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>565,35</b>						<b>R\$ 4,08</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

### C.6. Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1990/91

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,41	0,33	Ureía (45% N)	2,22	0,73	R\$ 1,30	R\$ 0,95
Fósforo	0,02	0,02	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,16	R\$ 0,60	R\$ 0,09
Potássio	0,02	0,02	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,04	R\$ 1,19	R\$ 0,04
Cálcio	0,25	0,20	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	1,13	R\$ 0,08	R\$ 0,09
Magnésio	0,03	0,02		12,76	0,27		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>81,25</b>						<b>R\$ 1,18</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

C.7. Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1990/91.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,19	8,29	Ureía (45% N)	2,22	18,41	R\$ 1,30	R\$ 23,94
Fósforo	0,00	0,10	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,98	R\$ 0,60	R\$ 0,59
Potássio	0,01	0,27	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,57	R\$ 1,19	R\$ 0,67
Cálcio	0,08	3,50	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	19,60	R\$ 0,08	R\$ 1,57
Magnésio	0,01	0,58	1,1263	12,76	7,45		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>4365,26</b>					<b>R\$ 26,77</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

C.8. Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1990/91.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,23	4,28	Ureía (45% N)	2,22	9,49	R\$ 1,30	R\$ 12,34
Fósforo	0,00	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,53	R\$ 0,60	R\$ 0,32
Potássio	0,01	0,14	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,27	R\$ 1,19	R\$ 0,32
Cálcio	0,13	2,46	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	13,77	R\$ 0,08	R\$ 1,10
Magnésio	0,01	0,25		12,76	3,17		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>1859,45</b>					<b>R\$ 14,09</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.9** Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,24	1,71	Ureía (45% N)	2,22	3,81	R\$ 1,36	R\$ 5,17
Fósforo	0,01	0,08	Superfosfato Simples(18%)	12,50	1,04	R\$ 0,66	R\$ 0,68
Potássio	0,01	0,10	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,075	0,23	R\$ 1,19	R\$ 0,24
Cálcio	0,20	1,43	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	8,02	R\$ 0,06	R\$ 0,49
Magnésio	0,02	0,14					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>714,55</b>						<b>R\$ 6,58</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.10** Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,25	1,53	Ureía (45% N)	2,22	3,40	R\$ 1,36	R\$ 4,62
Fósforo	0,01	0,06	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,82	R\$ 0,66	R\$ 0,54
Potássio	0,01	0,09	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,18	R\$ 1,19	R\$ 0,22
Cálcio	0,20	1,28	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	7,16	R\$ 0,06	R\$ 0,44
Magnésio	0,02	0,16		12,76	1,36		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>625,45</b>						<b>R\$ 5,81</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.11** Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,24	1,44	Ureia (45% N)	2,22	3,20	R\$ 1,36	R\$ 4,34
Fósforo	0,01	0,040	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,50	R\$ 0,66	R\$ 0,33
Potássio	0,02	0,11	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,075	0,22	R\$ 1,19	R\$ 0,27
Cálcio	0,26	1,56	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	8,89	R\$ 0,06	R\$ 0,55
Magnésio	0,02	0,11		12,76	1,40		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>600,35</b>					<b>R\$ 5,49</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.12** Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,33	0,45	Ureia (45% N)	2,22	1,00	R\$ 1,36	R\$ 1,36
Fósforo	0,01	0,02	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,20	R\$ 0,66	R\$ 0,13
Potássio	0,02	0,033	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,075	0,05	R\$ 1,19	R\$ 0,06
Cálcio	0,25	0,34	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,60	1,92	R\$ 0,06	R\$ 0,12
Magnésio	0,02	0,03		12,76	0,36		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>136,56</b>					<b>R\$ 1,67</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

C.13 Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,25	1,59	Ureía (45% N)	2,22	3,54	R\$ 1,36	R\$ 4,80
Fósforo	0,01	0,057	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,72	R\$ 0,66	R\$ 0,47
Potássio	0,01	0,08	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,16	R\$ 1,19	R\$ 0,19
Cálcio	0,18	1,20	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	6,72	R\$ 0,06	R\$ 0,41
Magnésio	0,01	0,09		12,76	1,21		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>650,36</b>					<b>R\$ 5,87</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

C.14 Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,36	0,26	Ureía (45% N)	2,22	0,57	R\$ 1,36	R\$ 0,78
Fósforo	0,01	0,01	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,08	R\$ 0,66	R\$ 0,05
Potássio	0,02	0,01	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,03	R\$ 1,19	R\$ 0,03
Cálcio	0,24	0,17	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	0,98	R\$ 0,06	R\$ 0,06
Magnésio	0,03	0,02		12,76	0,24		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>72,45</b>					<b>R\$ 0,92</b>

F Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.15** Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,18	9,64	Ureía (45% N)	2,22	21,39	R\$ 1,36	R\$ 29,04
Fósforo	0,00	0,072	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,89	R\$ 0,66	R\$ 0,59
Potássio	0,01	0,45	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,94	R\$ 1,19	R\$ 1,12
Cálcio	0,07	3,97	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	22,25	R\$ 0,06	R\$ 1,37
Magnésio	0,01	0,60	1,1263	12,76	7,69		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>5506,25</b>					<b>R\$ 32,12</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.16** Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1991/92.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,29	4,51	Ureía (45% N)	2,22	10,01	R\$ 1,36	R\$ 13,59
Fósforo	0,00	0,02	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,30	R\$ 0,66	R\$ 0,19
Potássio	0,01	0,12	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,26	R\$ 1,19	R\$ 0,31
Cálcio	0,10	1,59	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	8,88	R\$ 0,06	R\$ 0,55
Magnésio	0,01	0,15		12,76	1,96		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>1582,25</b>					<b>R\$ 14,64</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

C.17 Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,29	1,753195	Ureía (45% N)	2,22	3,8920929	R\$ 1,06	R\$ 4,13
Fósforo	0,01	0,06831415	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,85392688	R\$ 0,60	R\$ 0,51
Potássio	0,02	0,14656251	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,075	0,3041172	R\$ 0,96	R\$ 0,29
Cálcio	0,26	1,57497366	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	8,8198525	R\$ 0,06	R\$ 0,53
Magnésio	0,03	0,15432711					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>604,55</b>					<b>R\$ 5,46</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2..

C.18 Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,23	1,30	Ureía (45% N)	2,22	2,89	R\$ 1,06	R\$ 3,06
Fósforo	0,01	0,07	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,839	R\$ 0,60	R\$ 0,50
Potássio	0,03	0,15	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,30	R\$ 0,96	R\$ 0,29
Cálcio	0,23	1,315	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	7,40	R\$ 0,06	R\$ 0,44
Magnésio	0,02	0,13		12,76	1,58		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>565,35</b>					<b>R\$ 4,29</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.19** Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,33	1,72	Ureia (45% N)	2,22	3,81	R\$ 1,06	R\$ 4,04
Fósforo	0,01	0,06	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,79	R\$ 0,60	R\$ 0,47
Potássio	0,03	0,17	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,35	R\$ 0,96	R\$ 0,34
Cálcio	0,44	2,29	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	12,85	R\$ 0,06	R\$ 0,77
Magnésio	0,05	0,24		12,76	3,07		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>520,35</b>						<b>R\$ 5,62</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.20** Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,32	0,39	Ureia (45% N)	2,22	0,87	R\$ 1,06	R\$ 0,92
Fósforo	0,02	0,02	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,28	R\$ 0,60	R\$ 0,17
Potássio	0,03	0,04	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,07	R\$ 0,96	R\$ 0,07
Cálcio	0,26	0,32	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	1,81	R\$ 0,06	R\$ 0,11
Magnésio	0,03	0,033		12,76	0,42		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>122,25</b>						<b>R\$ 1,27</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.21** Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,22	1,12	Ureía (45% N)	2,22	2,48	R\$ 1,06	R\$ 2,63
Fósforo	0,01	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,55	R\$ 0,60	R\$ 0,33
Potássio	0,02	0,09	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,19	R\$ 0,96	R\$ 0,18
Cálcio	0,22	1,12	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	6,28	R\$ 0,06	R\$ 0,38
Magnésio	0,02	0,11		12,76	1,34		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>508,56</b>						<b>R\$ 3,52</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.22** Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,32	0,23	Ureía (45% N)	2,22	0,50	R\$ 1,06	R\$ 0,53
Fósforo	0,01	0,01	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,08	R\$ 0,60	R\$ 0,05
Potássio	0,02	0,02	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,04	R\$ 0,96	R\$ 0,03
Cálcio	0,23	0,16	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	0,91	R\$ 0,06	R\$ 0,05
Magnésio	0,03	0,02		12,76	0,24		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>70,68</b>						<b>R\$ 0,67</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

C.23 Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,14	6,55	Ureía (45% N)	2,22	14,55	R\$ 1,06	R\$ 15,42
Fósforo	0,00	0,06	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,79	R\$ 0,60	R\$ 0,47
Potássio	0,01	0,44	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,91	R\$ 0,96	R\$ 0,87
Cálcio	0,11	5,25	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	29,42	R\$ 0,06	R\$ 1,77
Magnésio	0,01	0,65	1,1263	12,76	8,28		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>4855,23</b>					<b>R\$ 18,53</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

C.24 Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1992/93.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,15	1,89	Ureía (45% N)	2,22	4,19	R\$ 1,06	R\$ 4,44
Fósforo	0,00	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,36	R\$ 0,60	R\$ 0,22
Potássio	0,01	0,13	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,26	R\$ 0,96	R\$ 0,25
Cálcio	0,19	2,39	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	13,40	R\$ 0,06	R\$ 0,80
Magnésio	0,01	0,17		12,76	2,14		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>1256,89</b>					<b>R\$ 5,71</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

C.25 Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,24	1,44	Ureía (45% N)	2,22	3,19	R\$ 0,98	R\$ 3,13
Fósforo	0,01	0,06	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,70	R\$ 0,60	R\$ 0,42
Potássio	0,01	0,075	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,16	R\$ 0,83	R\$ 0,13
Cálcio	0,64	3,81	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	21,36	R\$ 0,05	R\$ 1,07
Magnésio	0,21	1,27					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>598,55</b>						<b>R\$ 4,74</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

C.26 Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,20	1,17	Ureía (45% N)	2,22	2,59	R\$ 0,98	R\$ 2,54
Fósforo	0,01	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,55	R\$ 0,60	R\$ 0,33
Potássio	0,01	0,06	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,13	R\$ 0,83	R\$ 0,10
Cálcio	0,41	2,50	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	13,77	R\$ 0,05	R\$ 0,69
Magnésio	0,14	0,81		12,76	10,40		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>598,56</b>						<b>R\$ 3,66</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

C.27 Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,18	0,90	Ureía (45% N)	2,22	2,00	R\$ 0,98	R\$ 1,96
Fósforo	0,01	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,34	R\$ 0,60	R\$ 0,21
Potássio	0,01	0,05	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,09	R\$ 0,83	R\$ 0,08
Cálcio	0,35	1,75	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	9,77	R\$ 0,05	R\$ 0,49
Magnésio	0,12	0,59		12,76	7,53		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>500,45</b>						<b>R\$ 2,73</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2..

C.28 Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,33	0,37	Ureía (45% N)	2,22	0,82	R\$ 0,98	R\$ 0,81
Fósforo	0,01	0,01	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,09	R\$ 0,60	R\$ 0,05
Potássio	0,01	0,02	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,03	R\$ 0,83	R\$ 0,03
Cálcio	1,42	1,60	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	8,94	R\$ 0,05	R\$ 0,45
Magnésio	0,58	0,65		12,76	8,31		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>112,58</b>						<b>R\$ 1,33</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2..

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.29** Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,19	1,12	Ureía (45% N)	2,22	2,49	R\$ 0,98	R\$ 2,44
Fósforo	0,00	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,35	R\$ 0,60	R\$ 0,21
Potássio	0,01	0,04	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,09	R\$ 0,83	R\$ 0,08
Cálcio	0,65	3,83	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	21,42	R\$ 0,05	R\$ 1,07
Magnésio	0,27	1,57		12,76	20,01		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>589,15</b>						<b>R\$ 3,79</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.30** Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,39	0,27	Ureía (45% N)	2,22	0,59	R\$ 0,98	R\$ 0,58
Fósforo	0,01	0,01	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,08	R\$ 0,60	R\$ 0,05
Potássio	0,01	0,01	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,02	R\$ 0,83	R\$ 0,02
Cálcio	0,40	0,28	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	1,57	R\$ 0,05	R\$ 0,08
Magnésio	1,13	0,79		12,76	10,04		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>69,45</b>						<b>R\$ 0,73</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2..

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.31** Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,20	8,30	Ureía (45% N)	2,22	18,43	R\$ 0,98	R\$ 18,06
Fósforo	0,00	0,08	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,96	R\$ 0,60	R\$ 0,57
Potássio	0,00	0,20	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,41	R\$ 0,83	R\$ 0,34
Cálcio	0,15	6,57	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	36,78	R\$ 0,05	R\$ 1,84
Magnésio	0,05	2,07	1,1263	12,76	26,41		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>4256,88</b>					<b>R\$ 20,82</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.32** Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1993/94.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,30	4,42	Ureía (45% N)	2,22	9,80	R\$ 0,98	R\$ 9,61
Fósforo	0,00	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,38	R\$ 0,60	R\$ 0,23
Potássio	0,01	0,08	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,16	R\$ 0,83	R\$ 0,13
Cálcio	0,20	2,93	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	16,41	R\$ 0,05	R\$ 0,82
Magnésio	0,05	0,74		12,76	9,42		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>1475,80</b>					<b>R\$ 10,79</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.33** Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,23	1,43	Ureía (45% N)	2,22	3,17	R\$ 1,02	R\$ 3,23
Fósforo	0,01	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,53	R\$ 0,53	R\$ 0,28
Potássio	0,02	0,10	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,20	R\$ 0,78	R\$ 0,16
Cálcio	0,36	2,24	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	12,54	R\$ 0,04	R\$ 0,50
Magnésio	0,10	0,62					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>620,78</b>						<b>R\$ 4,17</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.34** Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,22	1,22	Ureía (45% N)	2,22	2,72	R\$ 1,02	R\$ 2,77
Fósforo	0,01	0,05	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,67	R\$ 0,53	R\$ 0,35
Potássio	0,02	0,13	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,28	R\$ 0,78	R\$ 0,22
Cálcio	0,47	2,62	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	14,67	R\$ 0,04	R\$ 0,59
Magnésio	0,15	0,85		12,76	10,87		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>556,35</b>						<b>R\$ 3,93</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.35** Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,22	1,14	Ureía (45% N)	2,22	2,53	R\$ 1,02	R\$ 2,58
Fósforo	0,01	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,37	R\$ 0,53	R\$ 0,20
Potássio	0,02	0,09	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,18	R\$ 0,78	R\$ 0,14
Cálcio	0,33	1,72	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	9,64	R\$ 0,04	R\$ 0,39
Magnésio	0,09	0,44		12,76	5,62		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>517,58</b>						<b>R\$ 3,30</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.36** Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,37	0,37	Ureía (45% N)	2,22	0,81	R\$ 1,02	R\$ 0,83
Fósforo	0,01	0,01	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,12	R\$ 0,53	R\$ 0,06
Potássio	0,03	0,03	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,05	R\$ 0,78	R\$ 0,04
Cálcio	0,98	0,99	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	5,52	R\$ 0,04	R\$ 0,22
Magnésio	0,30	0,30		12,76	3,83		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>100,45</b>						<b>R\$ 1,15</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.37** Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,21	1,33	Ureía (45% N)	2,22	2,96	R\$ 1,02	R\$ 3,02
Fósforo	0,00	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,39	R\$ 0,53	R\$ 0,21
Potássio	0,01	0,07	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,15	R\$ 0,78	R\$ 0,12
Cálcio	0,34	2,24	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	12,55	R\$ 0,04	R\$ 0,50
Magnésio	0,10	0,64		12,76	8,17		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>650,35</b>						<b>R\$ 3,85</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.38** Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,31	0,22	Ureía (45% N)	2,22	0,50	R\$ 1,02	R\$ 0,51
Fósforo	0,01	0,01	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,07	R\$ 0,53	R\$ 0,04
Potássio	0,02	0,01	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,03	R\$ 0,78	R\$ 0,02
Cálcio	2,00	1,45	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	8,13	R\$ 0,04	R\$ 0,33
Magnésio	0,30			12,76	2,77		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>72,55</b>						<b>R\$ 0,89</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.39** Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,17	7,84	Ureia (45% N)	2,22	17,41	R\$ 1,02	R\$ 17,76
Fósforo	0,00	0,06	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,71	R\$ 0,53	R\$ 0,38
Potássio	0,01	0,35	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,73	R\$ 0,78	R\$ 0,57
Cálcio	0,14	6,76	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	37,87	R\$ 0,04	R\$ 1,51
Magnésio	0,05	2,37	1,1263	12,76	30,22		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>4752,63</b>						<b>R\$ 20,22</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.40** Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1994/95.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,25	3,63	Ureia (45% N)	2,22	8,07	R\$ 1,02	R\$ 8,23
Fósforo	0,00	0,03	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,37	R\$ 0,53	R\$ 0,20
Potássio	0,01	0,09	Cloreto de Potássio (58%) *Cálcario	2,08	0,18	R\$ 0,78	R\$ 0,14
Cálcio	0,20	2,94	dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	16,48	R\$ 0,04	R\$ 0,66
Magnésio	0,05	0,79		12,76	10,12		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>1483,25</b>						<b>R\$ 9,23</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.41** Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (T1) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,23	1,25	Ureía (45% N)	2,22	2,77	R\$ 1,17	R\$ 3,24
Fósforo	0,01	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,52	R\$ 0,48	R\$ 0,25
Potássio	0,03	0,14	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,28	R\$ 0,84	R\$ 0,24
Cálcio	0,29	1,56	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	8,71	R\$ 0,04	R\$ 0,35
Magnésio	0,09	0,48					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>543,04</b>					<b>R\$ 4,08</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.42** Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (T2) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,21	1,19	Ureía (45% N)	2,22	2,65	R\$ 1,17	R\$ 3,10
Fósforo	0,01	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,53	R\$ 0,48	R\$ 0,26
Potássio	0,02	0,09	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,19	R\$ 0,84	R\$ 0,16
Cálcio	0,29	1,69	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	9,48	R\$ 0,04	R\$ 0,38
Magnésio	0,09	0,52		12,76	6,60		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>582,74</b>					<b>R\$ 3,90</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.43** Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (T3) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,29	1,21	Ureía (45% N)	2,22	2,68	R\$ 1,17	R\$ 3,14
Fósforo	0,01	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,47	R\$ 0,48	R\$ 0,23
Potássio	0,02	0,10	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,21	R\$ 0,84	R\$ 0,18
Cálcio	0,31	1,30	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	7,25	R\$ 0,04	R\$ 0,29
Magnésio	0,07	0,31		12,76	3,95		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>417,04</b>					<b>R\$ 3,83</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.44** Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (T4) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,21	0,21	Ureía (45% N)	2,22	0,46	R\$ 1,17	R\$ 0,54
Fósforo	0,01	0,01	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,08	R\$ 0,48	R\$ 0,04
Potássio	0,01	0,01	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,03	R\$ 0,84	R\$ 0,02
Cálcio	0,32	0,33	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	1,84	R\$ 0,04	R\$ 0,07
Magnésio	0,09	0,10		12,76	1,23		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>101,74</b>					<b>R\$ 0,68</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.45** Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (T5) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,32	2,17	Ureía (45% N)	2,22	4,81	R\$ 1,17	R\$ 5,63
Fósforo	0,01	0,07	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,82	R\$ 0,48	R\$ 0,39
Potássio	0,02	0,16	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,32	R\$ 0,84	R\$ 0,27
Cálcio	1,16	7,89	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	44,18	R\$ 0,04	R\$ 1,77
Magnésio	0,30	2,03		12,76	25,85		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>677,57</b>						<b>R\$ 8,07</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.46** Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (T6) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,34	0,25	Ureía (45% N)	2,22	0,55	R\$ 1,17	R\$ 0,64
Fósforo	0,01	0,00	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,06	R\$ 0,48	R\$ 0,03
Potássio	0,02	0,01	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,03	R\$ 0,84	R\$ 0,02
Cálcio	0,89	0,65	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	3,63	R\$ 0,04	R\$ 0,15
Magnésio	0,30	0,22		12,76	2,79		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>73,00</b>						<b>R\$ 0,84</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.47** Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (T7) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,20	8,45	Ureía (45% N)	2,22	18,75	R\$ 1,17	R\$ 21,94
Fósforo	0,00	0,10	Superfosfato Simples(18%)	12,50	1,19	R\$ 0,48	R\$ 0,57
Potássio	0,01	0,42	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,88	R\$ 0,84	R\$ 0,74
Cálcio	0,17	7,55	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	42,29	R\$ 0,04	R\$ 1,69
Magnésio	0,05	2,05	1,1263	12,76	26,20		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>4331,09</b>					<b>R\$ 24,94</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.48** Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (T8) na safra 1995/96.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,30	3,88	Ureía (45% N)	2,22	8,61	R\$ 1,17	R\$ 10,08
Fósforo	0,00	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,53	R\$ 0,48	R\$ 0,26
Potássio	0,01	0,15	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,31	R\$ 0,84	R\$ 0,26
Cálcio	0,21	2,75	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	15,39	R\$ 0,04	R\$ 0,62
Magnésio	0,01	0,15		12,76	1,94		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>1293,38</b>					<b>R\$ 11,21</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.49** Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (SPD1) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,74	1,53	Ureía (45% N)	2,22	3,39	R\$ 1,35	R\$ 4,57
Fósforo	0,02	0,04	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,50	R\$ 0,72	R\$ 0,36
Potássio	0,04	0,09	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,19	R\$ 1,16	R\$ 0,22
Cálcio	0,62	1,28	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	7,17	R\$ 0,03	R\$ 0,22
Magnésio	0,06	0,12					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>206,209993</b>						<b>R\$ 5,37</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.50** Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (SPD2) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,76	2,12	Ureía (45% N)	2,22	4,72	R\$ 1,35	R\$ 6,37
Fósforo	0,02	0,05	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,66	R\$ 0,72	R\$ 0,48
Potássio	0,04	0,13	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,26	R\$ 1,16	R\$ 0,30
Cálcio	0,57	1,60	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	8,95	R\$ 0,03	R\$ 0,27
Magnésio	0,05	0,15		12,76	1,92		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>280,767564</b>						<b>R\$ 7,42</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.51** Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (SPD3) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,98	5,38	Ureía (45% N)	2,22	11,95	R\$ 1,35	R\$ 16,13
Fósforo	0,03	0,14	Superfosfato Simples(18%)	12,5	1,77	R\$ 0,72	R\$ 1,27
Potássio	0,06	0,30	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,63	R\$ 1,16	R\$ 0,73
Cálcio	0,77	4,23	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	23,72	R\$ 0,03	R\$ 0,71
Magnésio	0,07	0,40		12,76	5,11		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>548,879386</b>						<b>R\$ 18,84</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.52** Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (SPD4) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,93	4,49	Ureía (45% N)	2,22	9,97	R\$ 1,35	R\$ 13,45
Fósforo	0,03	0,169	Superfosfato Simples(18%)	12,5	2,037	R\$ 0,72	R\$ 1,46
Potássio	0,06	0,279	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,57	R\$ 1,16	R\$ 0,66
Cálcio	0,80	3,86	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	21,59	R\$ 0,03	R\$ 0,65
Magnésio	0,09	0,46		12,76	5,25		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>483,344766</b>						<b>R\$ 16,22</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.53** Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (PC5) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	1,09	8,85	Ureía (45% N)	2,22	19,65	R\$ 1,35	R\$ 26,53
Fósforo	0,03	0,22	Superfosfato Simples(18%)	12,50	2,73	R\$ 0,72	R\$ 1,96
Potássio	0,05	0,42	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,86	R\$ 1,16	R\$ 1,00
Cálcio	0,81	6,53	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	36,57	R\$ 0,03	R\$ 1,10
Magnésio	0,09	0,76		12,76	9,68		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>810,531981</b>						<b>R\$ 30,59</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.54** Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (PC6) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	1,02	2,52	Ureía (45% N)	2,22	5,59	R\$ 1,35	R\$ 7,55
Fósforo	0,03	0,08	Superfosfato Simples(18%)	12,50	1,05	R\$ 0,72	R\$ 0,75
Potássio	0,04	0,11	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,23	R\$ 1,16	R\$ 0,27
Cálcio	0,67	1,66	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	9,28	R\$ 0,03	R\$ 0,28
Magnésio	0,08	0,20		12,76	2,56		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>246,00</b>						<b>R\$ 8,84</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.55** Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (PC7) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	1,09	29,43	Ureía (45% N)	2,22	65,33	R\$ 1,35	R\$ 88,19
Fósforo	0,01	0,25	Superfosfato Simples(18%)	12,50	3,17	R\$ 0,72	R\$ 2,28
Potássio	0,04	1,16	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	2,40	R\$ 1,16	R\$ 2,79
Cálcio	0,78	21,00	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	117,62	R\$ 0,03	R\$ 3,53
Magnésio	0,08	2,13	1,1263	12,76	27,16		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>2694,35</b>					<b>R\$ 96,79</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.56** Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (PC8) na safra 2003/04.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	1,17	54,30	Ureía (45% N)	2,22	120,55	R\$ 1,35	R\$ 162,75
Fósforo	0,01	0,45	Superfosfato Simples(18%)	12,50	5,63	R\$ 0,72	R\$ 4,05
Potássio	0,04	2,03	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	4,22	R\$ 1,16	R\$ 4,89
Cálcio	0,73	33,87	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	189,66	R\$ 0,03	R\$ 5,69
Magnésio	0,09	4,29		12,76	54,73		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>4642,92</b>					<b>R\$ 177,39</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.57** Perda média de nutrientes no tratamento com grade aradora (SPD1) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,75	1,08	Ureía (45% N)	2,22	2,41	R\$ 1,27	R\$ 3,05
Fósforo	0,02	0,025	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,31	R\$ 0,63	R\$ 0,19
Potássio	0,07	0,11	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,21	R\$ 1,14	R\$ 0,24
Cálcio	0,71	1,021	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	5,74	R\$ 0,03	R\$ 0,17
Magnésio	0,08	0,12					
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>144,80</b>					<b>R\$ 3,66</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.58** Perda média de nutrientes no tratamento com sistema alternado (SPD2) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,74	2,51	Ureía (45% N)	2,22	5,56	R\$ 1,27	R\$ 7,07
Fósforo	0,02	0,06	Superfosfato Simples(18%)	12,50	0,80	R\$ 0,63	R\$ 0,50
Potássio	0,06	0,21	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,42	R\$ 1,14	R\$ 0,48
Cálcio	0,69	2,34	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	13,13	R\$ 0,03	R\$ 0,39
Magnésio	0,04	0,14		12,76	1,79		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>339,02</b>					<b>R\$ 8,44</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.59** Perda média de nutrientes no tratamento com escarificador (SPD3) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,79	2,20	Ureía (45% N)	2,22	4,89	R\$ 1,27	R\$ 6,21
Fósforo	0,02	0,05	Superfosfato Simples(18%)	12,5	0,61	R\$ 0,63	R\$ 0,38
Potássio	0,06	0,16	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,33	R\$ 1,14	R\$ 0,38
Cálcio	0,68	1,88	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	10,53	R\$ 0,03	R\$ 0,32
Magnésio	0,04	0,12		12,76	1,51		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>278,357019</b>						<b>R\$ 7,28</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.60** Perda média de nutrientes no tratamento com plantio direto (SPD4) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,83	3,92	Ureía (45% N)	2,22	8,71	R\$ 1,27	R\$ 11,06
Fósforo	0,04	0,20	Superfosfato Simples(18%)	12,5	2,47	R\$ 0,63	R\$ 1,55
Potássio	0,06	0,27	Cloreto de Potássio (58%)	2,075	0,56	R\$ 1,14	R\$ 0,63
Cálcio	0,72	3,44	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	19,25	R\$ 0,03	R\$ 0,58
Magnésio	0,05	0,23		12,76	2,87		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>475,23</b>						<b>R\$ 13,83</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.61** Perda média de nutrientes no tratamento com Arado de disco (PC5) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,78	4,99	Ureia (45% N)	2,22	11,07	R\$ 1,27	R\$ 14,06
Fósforo	0,02	0,145	Superfosfato Simples(18%)	12,50	1,81	R\$ 0,63	R\$ 1,14
Potássio	0,07	0,425	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,87	R\$ 1,14	R\$ 1,00
Cálcio	0,63	3,985	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	22,31	R\$ 0,03	R\$ 0,67
Magnésio	0,05	0,35		12,76	4,45		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>637,300916</b>						<b>R\$ 16,87</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.62** Perda média de nutrientes no tratamento com Roçado (testemunha) (PC6) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,88	5,516	Ureia (45% N)	2,22	12,25	R\$ 1,27	R\$ 15,55
Fósforo	0,03	0,19	Superfosfato Simples(18%)	12,50	2,40	R\$ 0,63	R\$ 1,51
Potássio	0,06	0,38	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	0,780	R\$ 1,14	R\$ 0,89
Cálcio	0,74	4,64	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	25,970	R\$ 0,03	R\$ 0,78
Magnésio	0,07			12,76	5,95		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>	<b>628,85</b>						<b>R\$ 18,73</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).

## APÊNDICE C

**C.63** Perda média de nutrientes no tratamento com “Morro abaixo” (PC7) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,87	38,3806913	Ureía (45% N)	2,22	85,2051347	R\$ 1,27	R\$ 108,21
Fósforo	0,01	0,34465737	Superfosfato Simples(18%)	12,50	4,30821714	R\$ 0,63	R\$ 2,71
Potássio	0,05	2,10790857	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	4,37391029	R\$ 1,14	R\$ 4,99
Cálcio	0,49	21,8719568	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	122,482958	R\$ 0,03	R\$ 3,67
Magnésio	0,06	2,52453571	1,1263	12,76	32,2130756		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>4418,68</b>					<b>R\$ 119,59</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

**C.64** Perda média de nutrientes no tratamento com Enxada rotativa (PC8) na safra 2004/05.

Nutrientes	Perda de nutrientes % no solo erodido	Perda de Nutrientes (Kg/ano)	Fertilizantes	Kg.Fert./ Kg nutrientes	Perda fertilizantes (kg/ano)	Preço de Fertilizantes (R\$)	Valor econômico das perdas R\$/ha <sup>-1</sup>
Nitrogênio	0,81	94,84	Ureía (45% N)	2,22	210,55	R\$ 1,27	R\$ 267,40
Fósforo	0,01	1,29	Superfosfato Simples(18%)	12,50	16,13	R\$ 0,63	R\$ 10,16
Potássio	0,05	5,60	Cloreto de Potássio (58%)	2,08	11,61	R\$ 1,14	R\$ 13,24
Cálcio	0,47	55,72	*Cálcario dolomítico (38% Ca + Mg)	5,6	312,04	R\$ 0,03	R\$ 9,36
Magnésio	0,07	7,70		12,76	98,29		
<b>Perdas do solo kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup></b>		<b>11732,24</b>					<b>R\$ 300,17</b>

Fonte: Dados da pesquisa; <sup>(1)</sup>Valor extraído da Tabela B2.

\*O cálcario dolomítico apresenta 38% de (CaO+MgO) sendo a relação de 25% de cálcio + oxigênio (CaO) e 13% de magnésio (MgO).