

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

**PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS:
ESTUDO DE CASO EM UMA PROPRIEDADE PERIURBANA
EM FLORIANÓPOLIS, SC**

GUILHERME GOMES

FLORIANÓPOLIS, março/2004

GUILHERME GOMES

**PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS:
ESTUDO DE CASO EM UMA PROPRIEDADE PERIURBANA
EM FLORIANÓPOLIS, SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Ribas Ribeiro

Co-orientador: Prof. Msc. Mário Luiz Vincenzi

FLORIANÓPOLIS

2004

TERMO DE APROVAÇÃO

GUILHERME GOMES

PLANTIO DIRETO DE HORTALIÇAS ORGÂNICAS: ESTUDO DE CASO EM UMA PROPRIEDADE PERIURBANA EM FLORIANÓPOLIS, SC

Dissertação aprovada em 29/03/2004, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. José Antônio Ribas Ribeiro (UFSC)
Orientador

Prof. Msc. Mário Luiz Vincenzi (UFSC)
Co-orientador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Jucinei José Comin (UFSC)
Presidente

Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato (UFSC)
Membro

Prof. Dr. Darci Odílio Paul Trebien (UFSC)
Membro

Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Coordenador do PGA

Florianópolis, 29 de março de 2004.

PARA
CIDA, NINO E CISCO,
a família
que eu sonhei
um dia ter,
vocês me dão,
hoje.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. José Antônio Ribas Ribeiro, pela orientação neste trabalho, e pelo estímulo nos momentos ‘emperrados’ deste aluno.

Ao Prof. Antônio Carlos Machado da Rosa, pelas diversas sugestões e críticas ao trabalho além do companheirismo, dos livros, das conversas e ensinamentos.

Ao Prof. Mário Luiz Vincenzi, pelo apoio e valiosas discussões.

Ao Prof. Paulo Emílio Lovato, pela cessão do uso do Laboratório de Ecologia do Solo, pela oportunidade de estágio de docência e pelas lições sobre ciência.

Ao Prof. Paul Richard Monsen Muller, pelas diversas discussões interessantes e compartilhamento de bibliografias.

Ao Prof. Darci Odílio Paul Trebien, por me fazer perder o preconceito às questões da química do solo.

Ao Prof. Jucinei José Comin, pelo apoio em diversos momentos e reconhecimento do trabalho.

Ao Prof. César Assis Butignol, pelo auxílio em identificação da fauna do solo.

Ao Eng.º Agrº Renato Ditrich, pela orientação na elaboração deste projeto de pesquisa.

Aos alunos da disciplina de Biologia e Fertilidade de Solos e ao Nino, pelo auxílio nas identificações e contagens de fauna do solo.

Ao Daniel Rabello, braço direito e companheiro no Sítio.

Aos alunos dos cursos de olericultura sustentável, por me ensinarem a ensinar.

Ao técnico do Laboratório de Solos, Francisco Vetúlio Wagner pelo auxílio nas determinações químicas, e ao auxiliar Luiz Augustinho da Silva pela ajuda nas limpezas de materiais.

À CIDASC, pela realização das análises químicas de solos e matéria orgânica.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e ao povo brasileiro pelo pagamento desta.

Aos colegas de turma, especialmente Júlio, Gaya e Sérgio, pela amizade e pelas festas.

Àqueles que com amor cuidaram do meu filho na minha longa ausência, especialmente Kátia Karam e abençoada família.

À Dra. Waldyvia de Paula Machado, por cuidar de minha saúde e permitir que eu cuide da do seu solo.

À minha Cida e à 'vovó' pela tolerância.

À Sandra Simone Rigotti, pela insistência em me desafiar para essa jornada acadêmica e pelo auxílio para encerrá-la.

Ao tio Nino pela paciência e ajuda intelectual inestimável.

Às servidoras técnico-administrativas Marlene, Maria e Janete, pelos diversos auxílios.

Ao Marcelo Pagliarim, pelo suporte gráfico.

Às funcionárias Rose, Dna. Maria, Tânia, Dna. Maria Joaquina, por me substituírem nas tarefas diárias.

À Yara, Geraldo e Gerson, irmãos de sangue, companheiros do coração.

À minha mãe, por ter me dado suporte, por toda vida, e especialmente nos dias recentes.

À Cida, pelo amor, apoio e compreensão incondicionais.

Ao Kiko, por dar colorido aos meus dias.

À todos aqueles que conhecemos pela realização deste trabalho, valeu a torcida.

À Deus, por me permitir escrever essas linhas.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Al - alumínio

C org – carbono orgânico

C/N – Relação carbono – nitrogênio

Ca - cálcio

CCA – Centro de Ciências Agrárias

CIDASC – Companhia Integrada para o Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina

cm³ – centímetros cúbicos

cmol_c/l – centimol de cargas por litro

CO₂ – gás carbônico

CTC – capacidade de troca de cátions

DNA – deoxyribonucleic acid (ácido desoxirribonucleico)

DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ES – Espírito Santo

FAO – Food and Agriculture Organization

g - gramas

Gt – giga toneladas

H - hidrogênio

ha - hectare

K - potássio

K₂O – óxido de potássio

kg - quilogramas

LANARV – Laboratório Nacional de Referência Vegetal

m - metro

m² – metros quadrados

m³ – metros cúbicos

me – mili - equivalentes

Mg – mega - gramas

MO – matéria orgânica

N - nitrogênio

O - oxigênio

°C – graus Celsius

P - fósforo

P₂O₅ – pentóxido de fósforo

ppm – partes por milhão

PTA-FASE – Projeto Tecnologias Alternativas – Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional

PVC – poli-vinila-cetat (acetato de polivinil)

RNA –ribo-nucleic acid (ácido ribonucleico)

ROLAS – Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos

RS – Rio Grande do Sul

S – soma de bases

SAS – Statistical Analysis Sistem

SC – Santa Catarina

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SMP – Shoemaker, McLean e Pratt

UDESC – Universidade para o Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UV – ultra violeta

V – saturação de bases

RESUMO

As hortas são ambientes agrícolas resultantes da interação entre ações humanas, plantas (cultivadas e espontâneas) e o ecossistema do solo. A crença de que o solo deva ser revolvido e pulverizado é difundida em todo o mundo, tanto em hortas comerciais como nas caseiras. Mesmo nas iniciativas de olericultura orgânica esta prática é generalizada. Usando parâmetros químicos (pH, teores de fósforo disponível, potássio disponível, matéria orgânica, alumínio trocável, cálcio solúvel, magnésio solúvel, carbono orgânico, nitrogênio total), físico (densidade aparente) e biológicos (diversidade de população de fauna de invertebrados do solo, estimada através dos índices de diversidade de Shannon e de Simpson, de dominância de Simpson e de uniformidade de Pielou), analisados em conjunto com a evolução da comunidade de hortaliças cultivadas e plantas espontâneas, foram identificados efeitos no solo de uma técnica peculiar de manejo que minimiza o revolvimento, aqui denominada de canteiros elevados. O sistema de preparo dos canteiros elevados consiste no acamamento ou roçada da vegetação e colocação sobre esta de diversos materiais orgânicos. Os plantios são realizados sobre este material, após períodos variáveis de repouso. Este manejo de solo permitiu a significativa elevação da fertilidade do solo simultaneamente com cultivos contínuos de hortaliças em produção convivendo com plantas espontâneas. A densidade do solo foi uma das variáveis mais sensíveis ao manejo, provavelmente devido a sua relação com a heterogeneidade espacial do solo. Todas as variáveis químicas do solo mostraram-se sensíveis ao manejo. A estimativa de diversidade de fauna de invertebrados do solo apontou para o aparecimento de *taxa* de invertebrados antes ausentes, indicando a possibilidade do estabelecimento de novos nichos ecológicos. A passagem de uma colônia de formigas de correição (*Eciton* sp) pode ter reduzido a diversidade de fauna do solo em algumas áreas, porém sua presença é indicativa da complexidade da rede trófica estabelecida. A perspectiva co-evolucionária parece ser o enfoque mais plausível para explicar algumas variações surgidas no estudo.

ABSTRACT

Vegetables gardens are agricultural environments as result of interaction among humans actions, plants (domesticated or not) and the soil system. Practice of tillage is accepted as necessary over world in commercial, household, and even in organic vegetable garden productions. This case study presents chemical, physical and biological parameters to analyze a new method for cultivation of plants from a commercial organic vegetable garden. This method consists of no-tillage, using those spontaneously grown plants on the seedbed as a cover for the soil after cutting them, and receiving animal and vegetal organic matter. After these procedures the plot is kept resting until the next cultivation. Physical evaluations have found density of soil as one of the most sensitive variables depending on the soil handling. All chemical variables have shown susceptibility to the soil method of cultivation. Biological parameters have suggested the increasing of biological diversity by creation of other ecological niches than the pre-existents. The presence of a colony of army ants (*Eciton* sp) could be the reason for reducing faunal diversity in some plots, but the presence of these insects indicates the trophic level complexity established with the method of cultivation. Regards a special approach to co-evolutionary process between organisms and domesticated environment.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Classificação da macrofauna edáfica de invertebrados, proposta por Lavelle <i>et al.</i> (1994) e baseada no tamanho e na mobilidade dos organismos (extraída de Assad, 1997).	28
Tabela 2 - Laudo de análise de solo – Sítio Quintal da Ilha – setembro de 1997.....	64
Tabela 3 - Laudo de análise de solo – Sítio Quintal da Ilha – maio de 2001	66
Tabela 4 - Síntese diferencial das áreas escolhidas para o estudo.	70
Tabela 5 - Laudo de análise de solo – Propriedades olerícolas X e Y – Grande Florianópolis – maio de 2001 – média de 3 amostras.....	78
Tabela 6 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro A.	80
Tabela 7 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro B.....	82
Tabela 8 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro C.....	86
Tabela 9 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro D.	89
Tabela 10 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro E.....	94
Tabela 11 - Médias e erros padrões dos parâmetros físico e químicos do solo.....	98
Tabela 12 - Valores das probabilidades (<i>P</i>) do erro tipo I* para os parâmetros físico e químicos do solo.....	99
Tabela 13 - Médias e erros padrões da avaliação da comunidade de invertebrados do solo..	118
Tabela 14 Valores das probabilidades (<i>P</i>) do erro tipo I* para a avaliação da comunidade de invertebrados do solo.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Complexos caminhos entre os genes (genótipo) e a aparência física do organismo.	16
Figura 2 – Armadilha de solo instalada a campo.	50
Figura 3 – Imagem da área B em 1997, com os primeiros canteiros elevados.	67
Figura 4 – Canteiro e sulcos de plantio na área C em 1998.	67
Figura 5 – Braquiária e trapoeiraba: as principais plantas de cobertura verde da propriedade.	68
Figura 6 – Área B (com cultivos próximos à casa) e C (primeiro plano) com vegetação espontânea.	68
Figura 7 – Área E com vegetação espontânea, antes da construção do canteiro.	69
Figura 8 – Aspecto geral das áreas B e C em 1997. Notar manchas de solo descoberto.	69
Figura 9 – Aproximação de foco em mancha de solo nu, em 1997. Notar partículas de quartzo na superfície e coloração parda do solo.	74
Figura 10 – Cobertura do canteiro elevado com jornal e capim triturado.	74
Figura 11 – Canteiros cobertos com capim triturado e serragem.	75
Figura 12 – Mudanças de rúcula transplantadas em canteiro elevado.	75
Figura 13 – Salsão no canteiro A com trapoeirabas e outras plantas espontâneas.	76
Figura 14 – Alfaces em ponto de colheita no canteiro B.	76
Figura 15 – Chicória <i>Palla Rosa</i> no Canteiro B.	77
Figura 16 – Mudanças de beterraba transplantadas no canteiro B.	77
Figura 17 – Beterrabas em ponto de colheita no canteiro B.	83
Figura 18 – Rúcula em ponto de corte no canteiro C.	86
Figura 19 - Brócolis desenvolvido sobre o berço de esterco (Canteiro C).	87
Figura 20 – Mudanças de brócolis recém transplantadas nos berços (Canteiro C).	87
Figura 21 – As plantas de brócolis dentro da área demarcada pertencem ao Canteiro C.	88
Figura 22 – Brócolis do Canteiro C convivendo com plantas espontâneas principalmente braquiária e trapoeiraba.	88
Figura 23 – Canteiro D com milho antes de ser roçado para a reconstrução do canteiro.	90
Figura 24 – Reconstrução do canteiro D: milho e ervas espontâneas roçadas e acamadas.	91
Figura 25 – Reconstrução do canteiro D: capim triturado colocado sobre a vegetação roçada.	92
Figura 26 – Reconstrução do canteiro D: colocação de esterco bovino.	92
Figura 27 – Reconstrução do canteiro D: colocação da última camada de capim triturado.	93
Figura 28 – Plântulas de cenoura no canteiro D reconstruído. Notar plantas espontâneas vegetando.	93
Figura 29 – Cobertura do Canteiro E com jornal e serragem.	95

Figura 30 – Alface em ponto de colheita no Canteiro E. Notar menor tamanho em relação aos do canteiro B (figura 14).....	95
Figura 31 – Plântulas de rabanete emergindo no Canteiro E.....	96
Figura 32 – Torrão de solo em local não manejado com canteiros elevados (Área E).....	96
Figura 33 – Grumos e grânulos do solo após final de ciclo de cultivos em canteiros elevados (Canteiro C).	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variações médias na densidade aparente de solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.	100
Gráfico 2 – Valores médios de pH do material formador dos canteiros (A, B, C, D e E) do estudo.	102
Gráfico 3 – Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio ($K_2 O$) do material formador dos canteiros (A, B, C, D e E) do estudo.	103
Gráfico 4 – Valores médios de pH do material formador dos canteiros C (berços de transplante) e D (reconstrução) e do resíduo final do canteiro E.	103
Gráfico 5 – Valores médios de relação carbono/nitrogênio do material formador do material formador dos canteiros C (berços de transplante) e D (reconstrução) e do resíduo final do canteiro E.	104
Gráfico 6 – Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio ($K_2 O$) do material formador dos canteiros C (berços de transplante) e D (reconstrução do canteiro).	104
Gráfico 7 - Valores médio de pH do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.	105
Gráfico 8 – Teores médios de potássio do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.	108
Gráfico 9 – Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio ($K_2 O$) do resíduo do resíduo final do canteiro E.	109
Gráfico 10 - Teores médios de fósforo no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.	111
Gráfico 11 – Valores médios de nitrogênio total do solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.	114
Gráfico 12 – Teores médios de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (C org) do solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.	114
Gráfico 13 – Relação média carbono/nitrogênio do material formador dos canteiros do estudo.	115
Gráfico 14 - Teores médios de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.	115
Gráfico 15 - Valores médios da diversidade de Shannon para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo.	119
Gráfico 16 - Valores médios do índice de diversidade de Simpson para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo.	120

Gráfico 17 – Valores médios do índice de diversidade de Shannon para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.....	120
Gráfico 18 – Valores médios do índice de diversidade de Simpson para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.....	122
Gráfico 19 – Valores médios do índice de uniformidade de Pielou para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.	123
Gráfico 20 – Valores médios do índice de dominância de Simpson para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.....	123
Gráfico 21 - Número médio de taxa para fauna de invertebrados do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo e por funil de Berlese-Tullgreen.	126
Gráfico 22 - Número médio de indivíduos da fauna de detritívoros do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de funil de Berlese-Tullgreen.....	127
Gráfico 23 – Número médio de indivíduos da fauna de detritívoros do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo.....	128

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IV
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	VI
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO I.....	4
HORTAS: A DOMESTICAÇÃO DE UM AMBIENTE.	4
1.1. AS ORIGENS DA HORTA.....	4
1.2. A DIFUSÃO NO VELHO CONTINENTE	7
1.3. AS HORTAS E O DESCOBRIMENTO DA AMÉRICA	8
1.4. A CONSOLIDAÇÃO DO MODELO	9
1.5. “GENE, ORGANISMO E AMBIENTE”	12
CAPÍTULO II.....	17
SOLO: TENDÊNCIAS E BRECHAS PARA ABORDAGENS INTEGRADORAS.....	17
2.1. FERTILIDADE DE SOLO: UM CONCEITO.....	19
2.2. REDES TRÓFICAS E FAUNA DO SOLO	25
2.3. DIVERSIDADE BIOLÓGICA E FAUNA DO SOLO: POSSIBILIDADE DE USO COMO BIOINDICADOR.....	31
2.4. MANEJO DO SOLO	33
2.5. O BANCO DE SEMENTES DO SOLO.	35
CAPÍTULO III.....	37
O ESTUDO DE CASO	37
3.1. RELEVÂNCIA DO ESTUDO: UMA NOVA TECNOLOGIA.....	37
3.2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO.....	37
3.3. METODOLOGIA.....	38
3.3.1. <i>Unidades de análise</i>	39
3.3.2. <i>Definição das variáveis</i>	40
3.3.3. <i>Descrição das variáveis, métodos de coleta e análise</i>	40
3.3.3.1. Parâmetro físico - Densidade aparente.....	40
3.3.3.2. Parâmetros químicos	41
3.3.3.3. Parâmetros biológicos	46
3.4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS OBTIDOS.....	50
CAPÍTULO IV.....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1. RESGATE HISTÓRICO DO PROCESSO	52

4.1.1. <i>Histórico e caracterização da propriedade</i>	60
4.2. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DO ESTUDO	62
4.2.1. <i>Área A</i>	63
4.2.2. <i>Área B</i>	64
4.2.3. <i>Área C</i>	65
4.2.4. <i>Área D</i>	65
4.2.5. <i>Área E</i>	66
4.3. OS DADOS PRÉ-EXISTENTES.....	72
4.4. EVOLUÇÃO DAS UNIDADES DE ANÁLISE	79
4.4.1. <i>Canteiro A</i>	79
4.4.2. <i>Canteiro B</i>	81
4.4.3. <i>Canteiro C</i>	84
4.4.4. <i>Canteiro D</i>	89
4.4.5. <i>Canteiro E</i>	94
4.5. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DO SOLO.....	98
4.5.1. <i>Avaliação dos parâmetros físico e químicos</i>	99
4.5.2. <i>Parâmetros biológicos</i>	116
RESUMO DOS RESULTADOS	129
CONCLUSÕES	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade que guarda uma ambigüidade preocupante: é fornecedora de alimentos e outras matérias primas essenciais para a humanidade e, ao mesmo tempo, causadora de impactos ambientais negativos.

A poluição agrícola, degradação das terras e expansão urbana, nos obriga a repensar nossa atitude em relação ao uso dos recursos naturais para satisfazer nossas necessidades (ou, muitas vezes, ganância). Desta forma, o prolongamento da existência de vida na Terra requer uma revisão crítica e conseqüente modificação dos sistemas de produção agrícolas. Este processo vem acontecendo em todo o mundo, conduzido por inúmeras pessoas que observam métodos tradicionais de produção, na maioria milenares, e os adaptam ao uso local, na medida que deixam de utilizar as tecnologias dependentes de insumos não renováveis e poluidores (Gliessman, 2002; Hanazaki, 2003).

Nesse sentido, a produção de hortaliças pode ser considerada uma das atividades agrícolas mais indicadas para iniciar um trabalho de mudança tecnológica, na direção de uma agricultura integrada com os ecossistemas onde essa produção está inserida.

Para reforçar tal argumento, toma-se o exemplo de apenas uma das características dos ecossistemas tropicais e subtropicais: a diversidade biológica. A olericultura é a atividade agrícola com maior leque de plantas cultivadas com mercado consumidor estabelecido, satisfazendo, em parte, esta premissa essencial. A FAO tem uma classificação para olericultura que abrange 27 espécies vegetais olerícolas, enquanto que os produtores de hortaliças do Brasil cultivam pelo menos 60 espécies distintas (Cortez *et al.*, 2002). Desafortunadamente, a maioria dos olericultores brasileiros faz cultivos pouco diversificados: plantam até 15 espécies em separado, que são pequenas monoculturas e, no máximo, duas ou três em cultivo simultâneo.

Por outro lado, as possibilidades de combinação em policultivos¹ são múltiplas, sem contar as espécies condimentares, aromáticas, medicinais e até frutíferas que o agricultor pode plantar simultaneamente. De acordo com Clawson (1985) e Liebman (2002), os

¹ Policultivo é definido como sistema de plantio simultâneo de múltiplas espécies de plantas cultivadas, no mesmo espaço (Liebman, 2002).

policultivos são especialmente produtivos em climas tropicais, o que deve ser amplamente considerado quando se fala de olericultura no Brasil.

A classificação da FAO coloca nosso país como 12^o produtor mundial de hortaliças, com 11,1 milhões de toneladas produzidas em 1998. Esta produção ocupa uma área de aproximadamente 740 mil ha, gerando um faturamento de mais de 25 bilhões de reais anuais. Segundo o IBGE, o consumo *per capita* de hortaliças frescas e condimentos chega a 45,5 kg/ano nas 11 principais regiões metropolitanas do país (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Salvador, Fortaleza, Curitiba, Recife, Goiânia, Brasília e Belém) (Gayet *et al*, 2002).

No Centro Sul do Brasil (Regiões Sudeste e Sul) a olericultura foi responsável pela difusão do mercado da agricultura orgânica². A partir dos anos 80 as gôndolas de supermercados diferenciaram setores específicos para oferecerem produtos orgânicos, e feiras livres totalmente orgânicas começaram a surgir.

Analisando a atividade de agricultura orgânica podemos encontrar:

- agricultores pioneiros, ligados por um forte idealismo à agricultura orgânica, com modo de vida e padrão de consumo adequados ao discurso ecológico;
- empresas agrícolas, que perceberam na agricultura orgânica uma oportunidade de mercado, com evidente apelo de propaganda e um padrão industrial de processamento dos produtos; e
- grupos de pequenos agricultores, que passando por dificuldades financeiras, problemas de saúde ligados ao uso de agroquímicos ou descontentamento com o trabalho, se unem em associações ou cooperativas para produzir e comercializar alimentos orgânicos.

A quase totalidade dessas iniciativas de produção olerícola orgânica, seja qual for a motivação de seus participantes, faz uso de diversas técnicas convencionais de manejo, como monoculturas e total exclusão de plantas espontâneas. O manejo do solo utiliza

² Considera-se, para este trabalho, o conceito de agricultura orgânica publicado na Instrução Normativa 07, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, de 17/05/1999.

procedimentos que são causas da degradação do mesmo, como o revolvimento e pulvelirização com enxada rotativa.

A presente dissertação concentrar-se-á na abordagem da questão edafológica da olericultura orgânica, usando como referência o manejo do solo de uma propriedade que se diferencia por realizar o plantio orgânico de hortaliças sem revolvimento do mesmo. Numa conseqüente avaliação de parâmetros representativos dos efeitos desta prática, residem os objetivos do trabalho e as reflexões deste estudo

Antes de adentrar neste estudo de caso com enfoque especial ao solo, será colocado no capítulo primeiro um panorama histórico que tentará resgatar as origens das hortas atuais, relacionando-as com seu manejo. Uma releitura sobre conceitos relacionados ao solo é o assunto do capítulo segundo; o terceiro trata da metodologia do estudo, com relatos sobre os antecedentes do trabalho; no quarto está a discussão dos resultados e, ao final, reservou-se um espaço para as conclusões e perspectivas futuras pertinentes.

CAPÍTULO I

HORTAS: A DOMESTICAÇÃO DE UM AMBIENTE.

Observando a rotina de cuidados que um indivíduo desenvolve ao cultivar uma horta podemos perceber sua preocupação com diversos fatores que influem no seu desempenho produtivo. Conscientemente ou não, este sujeito integra em suas ações métodos embasados em relações complexas, como a biologia das plantas, as condições do solo, as estações do ano e as preferências daqueles que se alimentarão de sua produção. A atitude do olericultor parece ser especialmente padronizada quando tratamos das práticas de manejo do solo. Assim percebe-se que está no senso comum dos agricultores e profissionais, o crédito inapelável à informações como a de que as oleráceas exigem mobilização intensiva do solo, incluindo aração profunda, gradagem e levantamento de canteiros nivelados. Neste capítulo procurar-se-á a origem destas atitudes do homem em relação às suas hortas.

1.1. As origens da horta

Quando se fala em domesticação, logo vem à mente a imagem de uma planta (ou animal) em passivo convívio com os seres humanos. Apesar de os debates entre cientistas sobre uma definição para domesticação persistirem por mais de cem anos, há concordância para uma boa definição inicial: “*domesticação é a criação humana de uma nova forma de planta ou animal – a qual é identificada como diferente de seus ancestrais selvagens e dos seus parentes selvagens existentes*” (Smith, 1998). Grande parte dos organismos domesticados não consegue mais ter sucesso reprodutivo sem o cuidado humano, isto é, estabelecer-se espontaneamente de um período produtivo à outro, assim como a sobrevivência das sociedades humanas depende dos recursos alimentares domesticados (*op. cit.*, 1998).

Como estender uma definição tão ortodoxa, segundo Harris (1989), para um ambiente, ou conjunto de organismos com uma história de convivência num meio físico, como sugere o título deste capítulo? Para que se possa flexibilizar este conceito e entender a idéia de “ambiente domesticado”, faz-se necessário vasculhar as origens do ambiente referência, a horta. De um ponto de vista mais amplo, qualquer agroecossistema pode ser considerado um ambiente domesticado, conforme denotam Noble & Dirzo (1997). Mas

nenhum outro tem características tão intimamente ligadas à atitude humana em relação às plantas como as hortas.

Childe (1975), inclui o “*plantio de hortas*” numa série impressionante de contribuições para o progresso do homem, adicionadas ao conhecimento entre 5.000 e 3.000 a.C.

O que hoje chamamos de horta era primitivamente uma área de cultivo de plantas próxima das habitações, de tamanho reduzido. Ali vegetavam as espécies³ selvagens de interesse que eram transplantadas ou semeadas, outras já plenamente domesticadas e ainda aquelas que cresciam espontaneamente e também experimentavam as mudanças antrópicas, como o revolvimento e o acúmulo de restos e dejetos orgânicos.

Harris (1989), considerou estas áreas próximas às habitações como uma ‘*arena para domesticação de plantas*’. Este era o local onde palavras como ‘cavar’, ‘enterrar’ tiveram sentido agrícola e foram incluídas no vocabulário humano como tais. Assim foi também com termos que identificam ações mais elaboradas, que exigiam melhor compreensão dos fenômenos naturais, como ‘transplantar’, ‘semear’, ‘irrigar’ e ‘colher’.

É difícil encontrar homogeneidade nos termos usados na literatura sobre o assunto. O próprio Harris (1989), na proposição de um modelo para explicar a interação entre plantas e pessoas que culminou com o que chamamos de agricultura, não se arrisca a usar o termo horticultura⁴, pois para Groube (1989) e Jones & Meehan (1989), ele é sinônimo de agricultura, no relato que fazem sobre a evolução dos sistemas agrícolas da Malásia e Ilhas do Pacífico.

³ Espécie é uma unidade biológica natural unida por um reservatório gênico comum. A especiação, ou formação de novas espécies e o desenvolvimento da diversidade de espécies, ocorre quando o fluxo gênico dentro do reservatório comum é interrompido por um mecanismo isolador (Odum, 1988).

⁴ A raiz desta palavra está no latim *hortus*, espaço próximo das habitações usado para plantar hortaliças, plantas medicinais, aromáticas, ornamentais e frutíferas em combinação. O termo foi criado pelos povos europeus de língua latina, antes e durante o Império Romano, e, quando usado em outras regiões do mundo pode apresentar alguma imprecisão. Assim, o horto, em português, tem o mesmo significado, exceto pela não mais necessária ligação do local com a residência. E horticultura, tecnicamente significa o cultivo das plantas daquelas categorias citadas, quando popularmente é usado mais para apontar o cultivo das hortas, que é a olericultura.

Kimber (1978) *apud* Harris (1989) verificou, investigando os atuais jardins⁵ tradicionais em Porto Rico, que 50% das espécies de plantas ali presentes eram selvagens ou não domesticadas e que os proprietários destes quintais⁶ sabiam disso e afirmavam que tais plantas eram úteis à economia doméstica. Killion (1992) estudou os quintais residenciais do trópico úmido e descreveu que continham uma “ *mistura policultural de espécies cultivadas e selvagens servindo de alimento, condimento, remédio, para construção, combustível e ornamento.*”

A domesticação dessas plantas, incluindo as hortaliças, deve ser abordada imaginando que desde o primeiro uso pelo homem dos ancestrais desses vegetais, até sua alteração para uma nova forma cultivada, passaram-se alguns milhares de anos. Esta alteração inclui a adaptação da planta a um terreno que sofria constantes interferências humanas, como para abrir buracos e sulcos na terra, depositar restos orgânicos diversos e cortar ou arrancar ervas espontâneas que ali cresciam. Estas últimas, também chamadas de inços são, portanto, plantas que sofreram também uma seleção humana, mesmo involuntária. A facilidade que elas têm de germinar e propagar-se num solo revolvido e descoberto lhes conferiu uma vantagem para estar até hoje acompanhando os ambientes agrícolas (Smith, 1998).

A planta desse tipo mais temida, e talvez a de maior ocorrência em hortas tropicais e subtropicais, *Cyperus rotundus*, ciperácea popularmente conhecida como tiririca, é um bom exemplo disso. Há indícios que ela foi usada como alimento humano, o que contribuiu para um maior acúmulo de carboidratos nos tubérculos. Seria plausível então considerar que ervas como a tiririca foram também domesticadas pelo homem? Sua grande agressividade vegetativa, demonstrada principalmente ao se revolver o solo, pode ser um indício de seu manejo pelo homem (Hillman, 1989). Segundo este autor, apenas os tubérculos formados pela planta no mesmo ano são tenros para o consumo. Uma hipótese é a de que os agricultores, ou melhor pré-agricultores pois a datação destes sítios arqueológicos é de 15.000 a 16.000 anos a.C., perceberam que o ato de escavar a terra para colher raízes estimulava o desenvolvimento de mais tubérculos, e então acentuavam o revolvimento e selecionavam os

⁵ Do francês *jardin*, que significa o espaço para cultivar flores e outras ornamentais, geralmente próximo às moradias e de tamanho reduzido.

⁶ Do espanhol *quinta + al*, que significa um pequeno terreno com horta e/ou pomar, junto à casa. Este termo tem sido usado para designar os policultivos de regiões tropicais de todo o mundo.

tubérculos maiores. Outra situação seria que estes humanos simplesmente escavavam a terra atrás dos tubérculos, o que foi uma pressão de seleção involuntária.

Portanto, a prática de intenso revolvimento do solo praticada nas hortas atuais estimula o desenvolvimento da tiririca o que tem coerência evolutiva e explica a extrema dificuldade que os agricultores encontram para excluir esta planta de áreas revolvidas.

A espécie *Eleocharis dulcis*, também ciperácea, vem alcançando aumento de cultivo na China e Austrália, da qual se consome os tubérculos, e foi domesticada pelo manejo de escavar para colher realizado pelos Aborígenes australianos (Midmore, 1997).

1.2. A difusão no Velho Continente

A domesticação de ciperáceas não credencia as planícies do Vale do Nilo (local de origem do gênero *Cyperus*) ou os pântanos australianos como áreas ancestrais do ‘ambiente horta’. Avançando mais um pouco no tempo, chega-se ao Império Romano. Nessa época as hortas corresponderiam ao “*hortus*”, o jardim de plantas próximo ou dentro das dependências domésticas (*domus*), em oposição ao “*ager*”, terreno agrícola maior destinado ao cultivo de cereais e pastagens, regidos por rigorosas regras jurídicas (Weber, 1994). É importante notar que este autor cita Catão relatando que o cultivo extensivo de cereais estava sendo substituído por hortaliças, oliveiras e videiras, ‘*mais produtivas e rentáveis*’. Esta tendência de levar vegetais cultivados inicialmente no *hortus* ou nos quintais, para grandes plantios é verificada ainda atualmente.

Mais do que imitar, com espécies hortícolas, as monoculturas de cereais, os romanos levavam plantas de um lugar para outro, dentro e para fora do Império. Assim, Hemingway (1995) descreve o surgimento das espécies de mostarda originadas de diversas áreas do Mediterrâneo, Oriente Médio, Extremo Oriente e África. Hodgkin (1995) faz o mesmo em relação à espécie *Brassica oleracea* e Ford-Lloyd (1995) também em relação ao aparecimento de variedades de beterraba (*Beta vulgaris*). Estes são alguns exemplos de como o deslocamento humano permitiu que novas formas vegetais comestíveis surgissem, e uma possível explicação biológica para isso se encontra na seção 1.5.

Segundo Dunningan & Nofi (1997), após a queda do Império Romano, dois adventos tecnológicos foram difundidos para o Norte da Europa, permitindo o cultivo de

grandes áreas e a expansão das espécies cultivadas, durante toda a Idade Média: o arado de aiveca (elaborado pelas tribos eslavas e difundido para o oeste da Europa a partir do século VI) e os arreios para cavalos de tração, o que aumentou muito a população de cavalos, principalmente na França e Inglaterra.

No século XVIII a prática de revolvimento e esmerada pulverização do solo foi defendida por Jethro Tull, que para tanto construiu uma máquina para semeadura à tração animal. Após a morte de Tull em 1741, suas práticas foram amplamente difundidas na Europa e América do Norte (Gras, 1925), podendo ser considerado um dos principais contribuidores para consagrar a prática de amansar o solo como necessária à agricultura (Brady, 1989). Sprague (1986) afirma que, de acordo com as teorias de Tull, “*a terra deveria ser lavrada profundamente para trazer mais solo ao alcance das plantas, e um solo minuciosamente pulverizado era necessário para tornar as partículas suficientemente finas para serem ‘consumidas’ pelas raízes*”.

A partir daí até o final do século XIX, parece que, estando o modo de cultivo com revolvimento e pesadas adubações com esterco em difusão pelos feudos europeus, a consolidação de grande parte das variedades atuais das hortaliças ocorreu nessa época, como as de cenoura nos séculos XII e XIV (Riggs, 1995), as de beterraba nos séculos XVI e XVII (Ford-Lloyd, 1995), as de couve-flor no século XVI e brócolis no século XVII (Hodgkin, 1995).

1.3. As hortas e o Descobrimento da América

A partir de 1492, quando os europeus conheceram a América, iniciou-se uma grande troca de germoplasma entre as mais diferentes partes do planeta. Assim, as hortas da Europa, África e Ásia foram enriquecidas pela batata, tomate, pimentas, mandioca, milho⁷, batata-doce, cará, feijões, abóboras. Por sua vez, os colonizadores que desembarcavam na América traziam outras hortaliças como as brássicas⁸, cenoura, beterraba, ervilhas, cebolas,

⁷ O milho (*Zea mays*) é considerado hortaliça quando para consumo verde, e existem variedades específicas para este fim.

⁸ Plantas da família botânica *Brassicaceae*, antiga *Cruciferae*, que reúne um grande número de hortaliças cultivadas originárias da Europa e Ásia, como couves, repolho, couve-flor, brócolis, nabos, rabanetes, rúcula, couve-rábano, agrião, mostarda, couve-chinesa.

salsa, alho, beringela. Assim a capacidade europeia de produzir alimentos ficou maior com as espécies americanas, o que foi decisivo para o crescimento demográfico, não só nesse continente, mas em todo o mundo.

É importante destacar que na América os indígenas desenvolviam seus quintais, e estes, assim como no resto do mundo e mais ou menos simultaneamente, foram as arenas americanas para domesticação de plantas, parafraseando novamente Harris (1989). Os povos Inca, Maia e Asteca possuíam estes quintais fixos (Killion, 1992), enquanto que os povos Amazônicos e da Bacia do Prata levavam as plantas dos quintais a cada mudança de núcleo de moradias. Pouco se sabe sobre estes sistemas de plantio, que nos legaram plantas como mandioca, batata-doce, cará, abacaxi, maracujá, feijões e abóboras.

1.4. A consolidação do modelo

Ponting (1995) afirma que a partir do século XVI até o início do século XX as áreas de plantio na Europa Setentrional foram amplificadas ao máximo, substituindo a anterior técnica de aterros por grandes obras de drenagem de terrenos baixos, iniciando-se na Holanda e Países Baixos e sendo repetido pela Inglaterra, França e Alemanha.

Sabe-se que no período de 1550 até 1850 houve uma queda considerável nas temperaturas do planeta. Parker (1995) chamou este período de ‘Pequena Era Glacial’. As causas deste fenômeno climático são controversas, mas ele foi importante para determinar o sucesso do revolvimento intensivo do solo. As novas terras que vinham sendo conquistadas pela construção dos sistemas de drenagem e contenção de águas eram muito produtivas, pois estavam ricas em matéria orgânica e nutrientes e a roturação do solo acelerava o processo de decomposição e liberação de nutrientes. Tal afirmativa pode ser ilustrada por trabalhos científicos atuais, como em Korsæth *et al* (2002) que buscam uma melhor época para incorporação de cobertura verde, antes ou depois do inverno europeu, buscando minimizar perdas ou imobilização de nitrogênio no solo.

Kropotkin (1993) publicou em 1912 um notável testemunho sobre as hortas dos cinturões verdes de Paris, Bruxelas e outras cidades da América do Norte, no final do século XIX e início do século XX, dedicadas ao comércio nas cidades. Ele cita que: “*Sobre Paris*

não menos que 50.000 acres⁹ são dedicados ao cultivo de campo de hortaliças e 25.000 acres ao cultivo forçado das mesmas". O cultivo forçado era feito sob estufas de vidro e a adubação das áreas era à base de esterco de cavalo. Portanto foi nesta época que o padrão de produção comercial intensiva, com adubação e revolvimento intensivos se consolidou. No entanto, Kropotkin (1993) deixa explícito que no século XIX inúmeras unidades de produção de frutas, hortaliças e ornamentais rodeavam as cidades européias e norte americanas, atraídas pelas enormes quantidades de esterco de cavalos de tração usados no transporte urbano. Segundo este autor, o mercado consumidor destas cidades não seria tão atrativo, pois a maior parte da produção era destinada a centros urbanos distantes. Assim chegamos ao atual modelo de horta difundido pelo mundo.

O importante para esta discussão é juntar a seqüência de acontecimentos que determinaram o estabelecimento do sistema de manejo do solo atual nas hortas:

- ser humano, em interação com as plantas e o ecossistema, traz para junto de suas moradias os vegetais (e animais) de interesse. Assim são estabelecidos os hortos eutrofizados europeus e asiáticos e os quintais tropicais;
- os europeus começam a cultivar plantas do horto em cultivos extensivos e desenvolvem instrumentos de tração animal e revolvimento do solo mais rápidos e eficientes;
- clima frio europeu determina o sucesso deste tipo de manejo, e as grandes obras de drenagem abrem novos campos agrícolas, próximos às cidades;
- finalmente, fica estabelecida a estreita relação entre as cidades, que fornecem esterco dos animais de tração e oportunidade de vendas.

Os europeus levaram para o resto do mundo este padrão de relação horta – cidade. A invenção dos motores de combustão interna (1898) e a intensificação da indústria de fertilizantes (início do século XX), aposentou gradativamente os animais de tração e substituiu o esterco no fornecimento de nutrientes. Mais recentemente (a partir de 1930) o vidro foi substituído pelo plástico, barateando a construção de estufas de crescimento forçado, e difundindo esta tecnologia, hoje chamada de plasticultura.

⁹ 1 acre corresponde a 0,454 hectares

Outra mudança significativa sofrida pelo ambiente horta foi a seleção de plantas para reprodução. Esta tarefa que, segundo Filgueira (2003) era feita por “*olericultores com notável capacidade de observação e espírito de pesquisador*”, foi substituída pela indústria de sementes realizada em campos que repetem o modelo consagrado no Norte da Europa (e muitas destas empresas ali se localizam), o que significa uma padronização do “ambiente domesticado”, para fins industriais.

As modificações do ambiente horta aqui ilustradas podem ser interpretadas como uma co-evolução. Segundo Futuyma (1992), este termo foi usado pela primeira vez por Ehrlich & Raven (1964), para descrever as prováveis influências que plantas e insetos herbívoros têm sobre a evolução um do outro. Assim como na domesticação, não há um acordo geral sobre a definição de co-evolução. Roughgarden (1976), *apud* Futuyma (1992), p. 507, a define como “*a evolução na qual a adaptabilidade de cada genótipo depende das densidades populacionais e da composição genética da própria espécie e da espécie com a qual interage. (...) Desse modo, uma característica em uma espécie evoluiu em resposta a uma característica na outra espécie, que por sua vez evoluiu em resposta à característica da primeira.*” Podemos então interpretar que nas hortas as várias espécies de organismos que ali convivem (plantas cultivadas e espontâneas, biota do solo, homem) estão em co-evolução. Além disso, este ambiente onde co-evoluem tais organismos é produto da interferência e manejo humanos, cujo modo de intervenção também se modifica pela sua evolução cultural.

Segundo Futuyma (1992), a evolução cultural consiste de mudanças no comportamento fundamentadas no aprendizado e não em alterações de frequências gênicas. Com este conceito é possível considerar a horta como ambiente domesticado. A transmissão de suas características se dá pelo aprendizado de uma geração a outra. A existência das hortas depende da capacidade humana de efetivar esta passagem de informações e as sociedades dependem dos recursos alimentares produzidos em hortas.

Atualmente, sobre o termo horta podemos apenas generalizar que é o lugar onde se cultiva hortaliças. Este local pode variar muito quanto ao tamanho e à finalidade da produção. Há aquelas urbanas, de poucos metros quadrados, próximos à moradia, até a maior horta conhecida, a da Comuna Popular Rural Pen Pun, nos arredores de Xangai, China, delta do Rio Yang-Tsé-Kiang, que somava 661 ha, com canais navegáveis para canoas a cada 200 metros (Benton, 1968). Todas porém, são produto da evolução acima citada. O padrão cultural da humanidade garante a reprodução do “ambiente horta” nos cinco continentes. Estas variam

desde a convencional horta europeia até um quintal tropical com uma miscelânea de plantas crescendo juntas.

É importante destacar que existe hoje um crescente mercado de resíduos orgânicos sólidos das cidades, criando um forte elo entre estas e sua agricultura periurbana (Nunan, 2000; Midmore & Jansen, 2003). Segundo estes autores, este tipo de agricultura envolve atualmente 800 milhões de pessoas em todo o mundo. Estaríamos talvez, restabelecendo a adubação orgânica urbana desativada no início do século XX, quando os cavalos de transporte foram substituídos por veículos automotores.

1.5. “Gene, organismo e ambiente”¹⁰

Até aqui enfocamos a evolução da horta através dos tempos, sem nos atermos a aspectos biológicos da relação entre os organismos envolvidos nesse processo e a criação desse novo ambiente, dependente da intervenção humana constante.

O ambiente não é apenas o meio físico onde o organismo está. Este ‘lugar’ não é uma situação fixa, experimentada passivamente pelo organismo. Lewontin (2002) sugere uma interessante relação entre ambiente e organismo, na qual os organismos identificam no ambiente o que é relevante para suas vidas, criam um conjunto de relações físicas entre estes aspectos e promovem um processo constante de alteração deste meio.

Podemos aplicar esta proposta de Lewontin (2002) para diversas relações entre o ambiente modificado – a horta – e os organismos que nela vivem. Para exemplificar como os distúrbios humanos influem nos organismos da horta, tomemos o exemplo das brássicas, pensando em sua interação com o solo. Estas plantas, ao lado das famílias *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Juncaceae*, *Cyperaceae*, *Commelinaceae* e outras estão incluídas no grupo dos vegetais vasculares superiores que não realizam associação micorrízica (Fitter & Moyersoen, 1997; Moreira & Siqueira, 2002). Sabendo que esta simbiose permite ao vegetal hospedeiro uma melhor absorção de nutrientes essenciais como o fósforo, por que seria dispensada? A resposta óbvia é a de que tais plantas já teriam um aporte suficiente do nutriente, já solubilizado, não necessitando da 'ajuda' do fungo. Ora um solo com suficiente

¹⁰ Título de um livro de Richard Lewontin, publicado em português em 2002.

estoque de fosfatos passíveis de solubilização, entre outros nutrientes, era justamente o solo eutrofizado dos hortos e quintais, onde se depositavam restos de ossos, esterco animais e excrementos humanos.

A hipótese torna-se mais convincente se lembrarmos que o modo de penetração do fungo micorrízico na raiz hospedeira é o mesmo usado por um fungo patogênico, sendo que em algumas plantas determinados metabólitos secundários expressaram efeitos de bloqueadores, como por exemplo os glicosinolatos, substâncias produzidas pelas raízes das brássicas, segundo Moreira & Siqueira, (2002) e Morra & Kirkegaard, (2002). As plantas desta família podem ter este sistema de bloqueio permanentemente ligado, seja qual for o fungo infectante. Uma evidência disso é que as doenças fúngicas de raiz não são comuns nessas plantas. Fitter & Moyersoen (1997) colocam também duas razões para explicar a não micorrização nas plantas: uma devido ao alto revolvimento dos ambientes cultivados, que restringiria o desenvolvimento das hifas, e outra devido à condição de alagamento (para ciperáceas e juncáceas), que conferiria uma maior difusão de nutrientes, reduzindo o benefício da associação para as plantas.

É plausível também considerar, pois a evolução dos fungos ocorre desde há milhões de anos, que no ambiente selvagem existiam os dois genótipos de brássicas, um que se associava a fungos micorrízicos e outro que não. A interferência humana e a criação do novo ambiente selecionou os genótipos resistentes à infecção fúngica. Ou ainda considera que havia apenas o genótipo com associação fúngica, mas que devido ao manejo antrópico, ocasionou o surgimento da variante resistente. Para estas hipóteses, é válido observar a figura 1: a pressão ambiental representa o maior conjunto de influências na manifestação genotípica.

Nesse sentido, podemos interpretar que cada organismo fitopatogênico quando se manifesta desencadeando aquilo que chamamos de doença, está identificando no ambiente e no hospedeiro uma condição favorável. Esta relação, observada do ponto de vista do patógeno individualmente, é uma oportunidade de crescer e se reproduzir. Por outro lado, significará uma redução na população hospedeira com genótipo suscetível.

As hortas convencionais são um reservatório destas oportunidades, não só para fungos como também para muitas bactérias, nematóides, insetos, ácaros, agrupados pelo homem sob o nome de ‘pragas e doenças’. Estas oportunidades ocorrem como consequência de diversas práticas consagradas como lavar, adubar, irrigar, associadas a fatores climáticos

como temperatura, umidade do ar, ventos e são combatidas pelo homem com aplicações de agrotóxicos, mais intensamente usados a partir da segunda metade do século XX. Isto significa uma maior taxa de reprodução dos genótipos de plantas suscetíveis e sua disseminação ao mundo pelas empresas produtoras de sementes, que repetem nos seus campos de produção o modelo oportunizador para microrganismos biotróficos ou outros organismos.

Mudando novamente nosso foco, vemos que este comportamento induz a uma seleção dos genótipos resistentes aos agrotóxicos na população de organismos combatidos. Considerando que a taxa de reprodução de fungos, bactérias, insetos e ácaros é consideravelmente alta, percebe-se que é uma luta irracional, pois nosso comportamento sempre vai gerar reações de resistência, graças às imensas possibilidades de variação genética desses organismos. Um programa de melhoramento visando, por exemplo, resistência a uma infecção fúngica, reúne num campo de testes diversas variedades da planta e as submete, dentro do cultivo convencional, a uma condição ambiental ainda mais favorável ao patógeno, como adubação nitrogenada e irrigações excessivas. Ora, dentro da capacidade daquela população de microrganismos de gerar variabilidade, haverá um genótipo capaz de suplantar a suposta resistência.

A multiplicidade de seqüências de bases das moléculas de DNA dos organismos é o que garante esta variação. Lewontin (2002) cita Brenner (1983) e Gilbert (1991) como representantes de uma corrente de pensamento na qual o mapeamento das seqüências de bases das moléculas de DNA de cada organismo e o conhecimento das proteínas geradas por cada gene, bem como as funções de cada uma, pode nos dar a idéia exata do organismo. É a chamada “ditadura do núcleo”. Os trabalhos de melhoramento genético em hortaliças parecem estar enquadrados nessa corrente de pensamento, pois selecionam plantas cultivadas no modelo convencional.

Vejamos novamente o exemplo das brássicas, e a relação entre sua evolução e os programas de melhoramento genético. Alguns autores (Hodgkin, 1995; Hemingway, 1995) mostram que a variabilidade genética e as estratégias evolutivas presentes nessas plantas é vasta. A espécie *Brassica oleracea* evoluiu a partir de um ancestral selvagem com número de cromossomos igual a nove ($n=9$). Ainda é uma pergunta sem resposta para os cientistas o porquê da espécie passar de bianual ou perene para anual. O que se sabe é que tais plantas eram selecionadas para caules mais finos e menos fibrosos e órgãos de armazenamento mais

suculentos. À medida que a espécie era levada para o norte da Europa a capacidade de estocar reservas se manifestava em densas cabeças de repolho de inverno e nas gemas laterais da couve de bruxelas (Hodgkin, 1995). Ora, estando a característica de armazenar reservas incorporada ao genoma das plantas, a manutenção destas neste local de longos invernos congelados pode ter selecionado mutações que determinaram o encurtamento do ciclo. Assim temos os genes respondendo a um efeito ambiental e possibilitando o aparecimento de novas formas e funções nos organismos.

No decorrer da evolução, as populações¹¹ de seres vivos desenvolveram algumas maneiras para variar sua base genética. Segundo Griffiths *et al.* (1996), as mutações e os rearranjos cromossômicos são fontes limitadas de variação para a evolução, pois só podem alterar uma função ou mudar um tipo de função em outro. A adição de novas funções requer a expansão no repertório total de genes por duplicação ou poliploidia¹², seguidas de uma divergência entre os genes duplicados, supostamente pelo processo usual de mutação. A expansão do genoma pela poliploidia tem sido nitidamente um processo freqüente em plantas (Gardner & Snustad, 1986; Griffiths *et al.*, 1996). Mais uma vez temos o exemplo das brássicas, conforme Hemingway (1995) e Niklas (1997) cruzando entre si para formar as espécies *Brassica carinata* e *B. juncea* de mostarda, e *B. napus*, o nabo. Por outro lado a espécie *B. oleracea* não necessitou de poliploidia para apresentar variação sobre qual órgão será usado como reserva. Nos dois casos vemos a mudança de local provocada pelo humano fornecendo possíveis causas para simples mutações ou duplicação do número haplóide de genes do gameta.

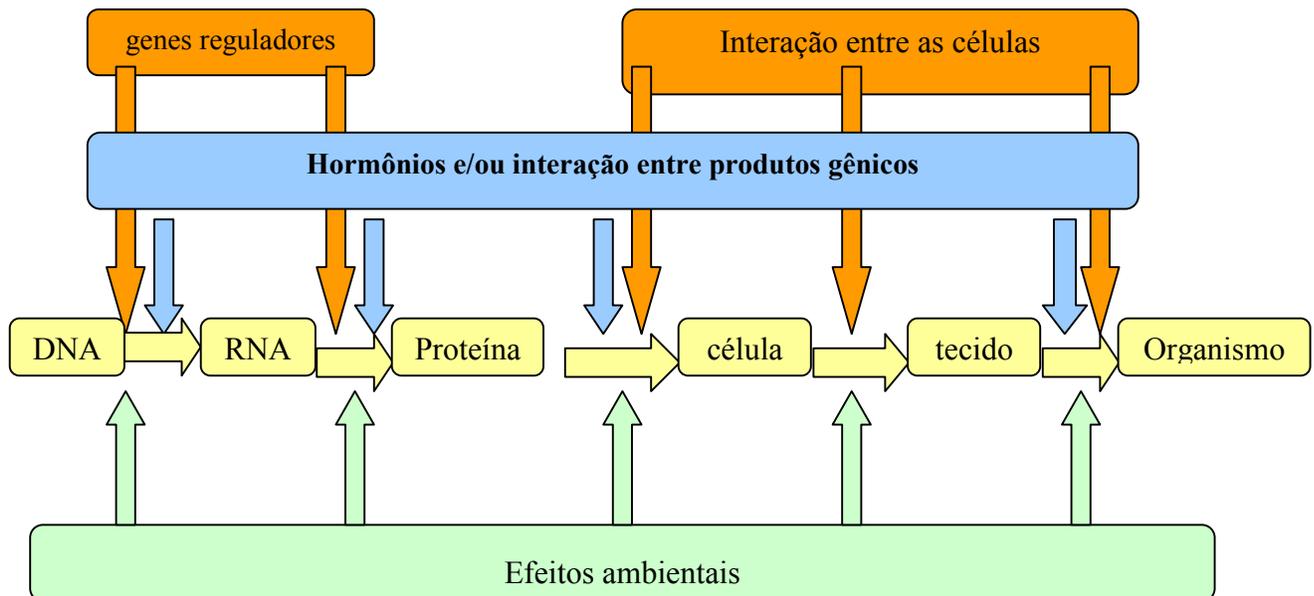
Para explicar tais manifestações fenotípicas, vejamos a representação de como uma planta (ou um organismo qualquer) expressa suas características. Na figura 1, vemos uma síntese do caminho que separa o código genético armazenado como DNA, até a constituição do organismo. Cada passo sofre várias influências que regulam o processo. O fator preponderante que influencia todos esses processos é o ambiente. Tal variação ambiental foi

¹¹ População pode ser definida como qualquer grupo de organismos da mesma espécie (ou outros grupos dentro dos quais os indivíduos podem intercambiar a informação genética) que ocupa um espaço determinado (Odum, 1988).

¹² Alterações nos processos mitóticos e/ou meióticos que geram organismos com mais de dois conjuntos de cromossomos (diplóide $2n$) ou genomas (por exemplo, triplóide $3n$; tetraplóide $4n$; pentaplóide $5n$), segundo Gardner & Snustad (1986).

amplificada pelos humanos que levam as plantas para locais distantes de sua origem, expondo-as a fatores causadores de mutações gênicas ou de desvios no processo de mitose. Tais fatores são descritos por Gardner & Snustad (1986) e Griffiths *et alli* (1996) como as variações de temperatura (importante fator de ativação das enzimas) e os raios UV. Estes últimos, apesar de constituir uma radiação não - ionizante, são capazes de excitar as purinas e pirimidinas, o que leva a trocas, acréscimos ou supressões na replicação do DNA. Segundo Gardner & Snustad (1986), os raios UV penetram apenas a camada superficial de células nos organismos multicelulares. São pois, justamente nas flores, um dos órgãos mais expostos às luz solar, onde se realizam os processos de gametogênese.

Figura 1. Complexos caminhos entre os genes (genótipo) e a aparência física do organismo.



(extraído de Otto, 2000)

CAPÍTULO II

SOLO: TENDÊNCIAS E BRECHAS PARA ABORDAGENS INTEGRADORAS

O entendimento da horta como ambiente domesticado, confere ao solo destes locais características dificilmente encontradas em outro ambiente agrícola. Estas características estão muito próximas do padrão de fertilidade difundido nas intuições de pesquisa e extensão em todo o mundo. Nesta seção é feita uma breve reflexão sobre alguns conceitos referentes ao solo, passando por uma definição de fertilidade de solo e abordando algumas possíveis relações entre tais conceitos e o agroecossistema referencial deste estudo.

Para entender os fenômenos que ocorrem no solo, a ciência lança mão de representações. Isto se dá pela impossibilidade de observação direta do conjunto das transformações que ocorrem no solo. Uma representação clássica é a do solo como uma caixa preta, onde só podemos inferir sobre seu conteúdo através da análise de entradas e saídas.

Na ciência do solo, algumas destas representações geram parâmetros reais, que são usados para indicar a situação ou estado do solo para um determinado momento e interesse. Quando Liebig comprovou que os vegetais absorviam nutrientes dissolvidos na forma iônica, a agronomia pôde usar todo o conhecimento acumulado pela química e direcionar os estudos para o entendimento dos fenômenos da solução do solo. Porém não bastava conhecer as concentrações de nutrientes na solução do solo. Era necessário quantificar o potencial de absorção das plantas. Para tanto foram estabelecidos os extratores químicos, que simulam a capacidade das plantas de usar determinado nutriente, atestando esta correlação através de experimentos.

Assim, pode-se dizer que a representação do fenômeno ‘disponibilidade de tal nutriente na solução do solo’ nos é fornecida pelo extrator químico. Essa representação gera parâmetros. A variação dos valores destes parâmetros é relativamente bem conhecida para cada tipo de solo nas diversas regiões agrícolas. Este raciocínio é válido para a determinação, por exemplo de fósforo, potássio, cálcio e magnésio assimiláveis pelas plantas. Por outro lado, a determinação do pH do solo é feita por leitura direta através de um eletrodo, o que poderia resultar numa representação mais exata.

Os laboratórios de análise de solos estão espalhados pelo mundo e atendem regularmente a uma demanda, fornecendo laudos sobre as amostras de solos que lhe são enviadas. Para o sul do Brasil (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) temos uma rede oficial, a ROLAS, cumprindo este papel. Os laudos de análise de solo atuais, porém, não são suficientes para se diagnosticar sobre as condições do mesmo. Cada laudo deve ser interpretado por um técnico que, ao fazê-lo, leva em consideração uma série de fatores, tais como o histórico da área. Desafortunadamente, as interpretações têm sido feitas muito mais no sentido de promover a colocação (venda) de insumos no solo, do que no de perceber brechas por onde o ecossistema do solo vem sendo comprometido.

Apesar disso a ciência do solo está passando por um momento de transição. Mesmo que os fenômenos físicos e químicos do solo tenham sido os mais estudados até então, e embora ainda haja muito a ser elucidado nestas áreas, nas últimas décadas, porém, os estudos biológicos do solo têm recebido grande impulso, principalmente na área de microbiologia. Nesse sentido, o trabalho editado por Pankhurst *et al* (1997) traz uma síntese dos avanços na área de biologia do solo realizados até então, e propõe uma série de indicações para pesquisas futuras. É uma visão mais ampla do ecossistema do solo, apesar do título ‘Indicadores biológicos para a saúde do solo¹³’, inclui nas suas análises conhecimentos bem estabelecidos de física e química dos solos.

Andrén *et al* (1999) trazem uma interessante discussão sobre visões do ecossistema do solo e suas abordagens. Inicialmente eles apresentam dois tipos de abordagens: a reducionista e a holística. A primeira, que desconsidera o sistema e o reconstrói a partir de pequenos pedaços, sendo muito comum na pesquisa científica, deixa a desejar quando é usada para formar um entendimento no nível de ecossistema. A segunda analisa o todo, argumentando que a organização tende a ser qualitativamente diferente da soma dos componentes. O ecossistema do solo tem esta característica, mas os autores consideram o termo ‘holístico’ um tanto ambíguo, e o abandonam em troca de ‘abordagem a nível de ecossistema’, o que é uma questão puramente semântica.

¹³ Expressão definida por Doran & Safley (1997) como “*a capacidade continuada do solo funcionar como um sistema vital (vivo), dentro dos limites de cada ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, promover a qualidade ambiental do ar e da água e manter a saúde vegetal, animal e humana*”.

Faz-se então necessária uma conceituação de solo que satisfaça esta ansiedade de técnicos e pesquisadores. Machado da Rosa (1999) destaca duas definições de solo. Na primeira, Paul & Clark (1989) conceituam solo como “*consistido de partículas minerais de vários tamanhos, formas e características químicas, junto com raízes, populações de micro-meso-organismos, componentes de matéria orgânica em vários estágios de decomposição, além de gases, água e sais minerais dissolvidos*”. Esta é uma representação que enfoca o aspecto estrutural do solo. Já na segunda definição, Beare *et al* (1995) preocupados também com o aspecto funcional, conceituam o solo como “*um ambiente composto de heterogeneidades espaciais e temporais, formadas por um número de esferas de influências biologicamente relevantes*”.

O solo é o local onde ocorre a decomposição, processo complementar à fotossíntese, que juntos permitem a existência de vida no planeta. Podemos amplificar mais ainda esta definição, dizendo que o solo é o ambiente onde fotossíntese e decomposição disponibilizam reciprocamente, produto de um como substrato de outro. Assim, segundo Doran & Zeiss (2000), “*a fina camada de solo que cobre a superfície da Terra representa a diferença entre sobrevivência e extinção para a maioria dos seres terrestres*”.

O esforço dos olericultores, cuja origem foi demonstrada no capítulo anterior, faz com que os solos das hortas sejam os mais próximos do padrão físico-químico considerado ideal para o desenvolvimento de plantas. Neles os níveis de nutrientes são sempre altos, devido às constantes adubações; a aeração e infiltração de água são ótimos, graças ao revolvimento proporcionado pela enxada rotativa e o pH é sempre próximo da neutralidade devido às calagens. Esta situação nos leva a concluir que o manejo de solos das hortas estão em conformidade com a concepção que se encaixa na definição estrutural apresentada acima, mas não na funcional. Isto pode ser explicado pela compreensão do significado da expressão ‘fertilidade de solo’.

2.1. Fertilidade de solo: um conceito

O assunto fertilidade de solo é, com certeza, intrigante ao ser humano desde quando ele vem praticando agricultura, há milhares de anos.

A palavra fertilidade pode levar a dois caminhos: um que dá a idéia de riqueza e outro associando-a com capacidade produtiva.

Malavolta (1976) tenta delimitar fertilidade de solo como “*amarrada a propriedades físicas e biológicas: não se pode conceber um solo fértil em que haja dificuldade para o armazenamento e a circulação do ar e da água; do mesmo modo não seria fértil se apresentasse dificuldade para a vida de sua flora e de sua fauna*”. E continua dizendo que “*o conceito de fertilidade de solo é, pois, mais biofísico do que físico químico*”. Esta definição é surpreendente pelo trabalho ao qual este autor se dedicou durante toda sua vida, cujo enfoque procurava sempre primar a colocação na solução do solo dos nutrientes necessários à planta. O próprio ensino de fertilidade de solo nas escolas de agronomia é atrelado à nutrição vegetal, dando ênfase a como as plantas podem ter acesso a maiores quantidades de solução do solo, que proporcionará maiores quantidades de nutrientes absorvidas e uma maior produtividade. Assim, as ações dos profissionais da agronomia (agricultores e técnicos) concentram-se em colocar uma quantidade adequada de nutrientes, diretamente na solução e na forma mais prontamente assimilável pelas plantas. Isso nos remete mais à idéia de riqueza como condição de fertilidade do que à idéia de capacidade produtiva. E podemos dizer que o modelo de manejo do solo adotado nas hortas (v. capítulo I), torna-o um ambiente rico em nutrientes, ou eutrofizado, mas incapaz de manter-se produtivo sem que lhe sejam aplicados nutrientes e sua constituição física seja reformulada constantemente. Não podemos portanto, considerá-lo um solo fértil.

Howard (1947) define a fertilidade do solo como “*a condição que resulta do funcionamento do ciclo da vida, da adoção e fiel cumprimento do primeiro princípio da agricultura: deve sempre existir um equilíbrio entre os processos de síntese e degradação.*” Os processos de síntese seriam, primeiramente a fotossíntese realizada por algas e vegetais, e em seguida uma rede de seres heterotróficos ligando presas e predadores. Os processos de degradação seriam efetuados por seres também heterotróficos que se alimentam de resíduos ou tecidos animais e vegetais em decomposição, que disponibilizariam os elementos minerais novamente aos seres autotróficos.

Observando estes pensamentos de Howard e nas conseqüências da grande generalização da agricultura convencional para todo o mundo, podemos concluir que o atributo da fertilidade de solo não pode ser devido apenas à origem mineralógica deste, ou ao uso de matéria orgânica, que abasteçam sua solução com nutrientes, ou ainda, a uma aeração e retenção de água suficientes. Se um único atributo destes fosse suficiente para determinar a fertilidade de um solo, a civilização Maia não teria entrado em declínio, nem o Império Romano, e a agricultura convencional estaria consagrada indefinidamente (Sprague, 1986).

A partir da visão geral colocada por Howard (1947), cabe ressaltar atributos físico-químicos dos solos, relacionando-os com a biologia dos mesmos. Nesse sentido é essencial a abordagem segundo os ciclos biogeoquímicos, termo provavelmente inventado pelo russo Vernadskii em 1926, segundo Odum (1988). Observando a seguir os trechos selecionados deste último autor, podemos entender muitas das dificuldades enfrentadas pelos agricultores na adubação de suas terras:

“... os elementos químicos (...) tendem a circular na biosfera em vias características, do ambiente aos organismos e, novamente, ao ambiente. Estas vias mais ou menos circulares se chamam ciclos biogeoquímicos. O movimento desses elementos e compostos inorgânicos que são essenciais para a vida pode ser adequadamente denominado ciclagem de nutrientes. Cada ciclo também pode ser convenientemente dividido em dois compartimentos ou pools: 1. O pool **reservatório**, componente maior, de movimentos lentos, geralmente não biológico; e 2. O pool **lábil** ou de **ciclagem**, uma parcela menor porém mais ativa que se permuta (se move alternadamente nos dois sentidos) rapidamente, entre os organismos e o seu ambiente imediato. Do ponto de vista da biosfera como um todo, os ciclos biogeoquímicos se classificam em dois grupos básicos: 1. os tipos **gasosos**, nos quais o reservatório está situado na atmosfera ou na hidrosfera (oceano), e 2. os tipos **sedimentares**, nos quais o reservatório localiza-se na crosta terrestre. (...)

Na natureza, os elementos quase nunca estão distribuídos homoganeamente, nem estão presentes na mesma forma química através do ecossistema todo. (...) A rotina usada pelos agrônomos para medir a fertilidade do solo consiste em avaliar a concentração dos nutrientes permutáveis, aquela parte, geralmente pequena, do conjunto total dos nutrientes do solo, que se torna rapidamente disponível às plantas. Tais designações são aceitáveis, contanto que se entenda claramente que os termos são relativos. Um átomo no reservatório não está necessariamente não-disponível aos organismos, de forma permanente, porque existem fluxos, embora lentos, entre os componentes disponíveis e os não-disponíveis. Os processos usados para se avaliarem os nutrientes trocáveis nas análises de solo (geralmente por extração com ácidos e bases fracos) dão, na melhor das hipóteses, apenas indicadores aproximados. O tamanho relativo dos pools reservatórios é importante quando se avaliam os efeitos da atividade do homem sobre os ciclos biogeoquímicos. Geralmente, os pools menores e mais acessíveis aos organismos, serão os primeiros a serem afetados por mudanças nos fluxos.

O fundamento lógico para se classificarem os ciclos biogeoquímicos em tipos gasosos e tipos sedimentares está em que alguns ciclos, tais como aqueles que envolvem carbono, nitrogênio ou oxigênio, ajustam-se bastante rapidamente a perturbações, por causa dos grandes reservatórios atmosféricos ou oceânicos, ou ambos. Os aumentos locais na produção de CO₂ por oxidação ou combustão, por exemplo, tendem a ser rapidamente dissipados por movimentos atmosféricos, sendo o aumento dessa produção compensado pelo aumento de absorção pelas plantas e formação de carbonatos no mar. Os ciclos do tipo gasoso, com grandes reservatórios atmosféricos, podem ser considerados como ‘bem tamponados’ em termos globais, por causa da grande capacidade de se ajustarem às mudanças. Entretanto, existem limites definidos à capacidade de ajuste, mesmo de um reservatório tão grande quanto a atmosfera.

Os ciclos sedimentares, que envolvem elementos tais como fósforo, potássio e ferro, tendem a ser muito menos controlados ciberneticamente e a ser mais facilmente afetados por perturbações locais, porque a grande massa de material está no reservatório relativamente inativo e imóvel da crosta terrestre. Conseqüentemente, alguma parcela do material permutável tende a ficar perdido por grandes períodos de tempo, quando o movimento ‘ladeira abaixo’ se torna mais rápido do que o retorno ‘ladeira acima’. Os mecanismos de retorno ou de reciclagem, em muitos casos, são principalmente bióticos. (...)

O padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos, em especial nos trópicos úmidos, é diferente, de várias maneiras importantes, do padrão da zona temperada setentrional. Nas regiões frias, uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis permanece o tempo todo no solo

ou no sedimento; nos trópicos, uma percentagem muito maior está na biomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbioses mutualísticas entre microrganismos e plantas. Ao remover-se esta estrutura biótica evoluída e bem organizada, os nutrientes perdem-se rapidamente por lixiviação sob condições de altas temperaturas e chuvas intensas, principalmente em locais que, em princípio, são pobres em nutrientes.¹⁴

Numa comparação entre floresta temperada e tropical, nota-se que os dois ecossistemas contém aproximadamente a mesma quantidade de carbono orgânico; porém, na floresta do norte, mais que a metade está na serapilheira e no solo, enquanto que na floresta tropical mais que três quartos estão na vegetação (Kira & Shidei, 1967). Cerca de 58% do nitrogênio total está na biomassa de uma floresta tropical, 44% estando acima do solo, em comparação com os 6 e 3%, respectivamente, em uma floresta temperada, segundo Ovington (1962).” (Odum, 1988).

Nesse sentido, um trabalho realizado por Golley *et al* (1978) num ecossistema de floresta tropical, mostrou que mais de 80% do fósforo e do potássio estavam localizados na biomassa e concluíram que estes elementos são conservados por incorporação na parte biótica do sistema e por reincorporação rápida na biomassa quando liberados na serapilheira e no solo.

Quando os ciclos biogeoquímicos são abordados, geralmente há ênfase maior nos componentes biológicos e minerais do ciclo. Para se fazer uma melhor relação dos ciclos biogeoquímicos com a fertilidade dos solos, devemos dar também atenção ao componente físico do solo, que é o local onde ocorre parte das reações de ciclagem de minerais.

Beare *et al* (1995), colocam a heterogeneidade espacial como pano de fundo para interações hierárquicas entre comunidades bióticas e para a ocorrência dos ciclos biogeoquímicos. Estas interações levam a alterações no próprio ambiente especialmente nas reações químicas do solo. Dividem, então, esta heterogeneidade espacial em 5 esferas de influência biológica:

a) detritosfera: é a zona onde caem detritos de animais e restos de plantas. Estão presentes nesta esfera, principalmente fungos e pequenos invertebrados, agindo sobre os detritos. Neste ambiente, a estrutura da comunidade decompositora é influenciada pela composição química do detrito. Este local pode ser descrito como um conjunto de manchas de microhabitats que podem criar microsítios aeróbios e anaeróbios que promovem a atividade de microrganismos fixadores de nitrogênio e desnitrificantes, respectivamente. Perturbações no ecossistema do solo como, por exemplo, super pastoreio, cultivo convencional e aplicação

¹⁴ Isso se deve também à velocidade do processo de decomposição, que é maior nas regiões tropicais.

de fertilizantes tendem a reduzir a heterogeneidade dos microhabitats e a diversidade da comunidade de fungos correspondente (Beare *et al*, 1995). Faz-se aqui uma tentativa de estabelecer a diferença entre detritosfera e serapilheira: a primeira é um conceito funcional enquanto que a última atinge apenas a dimensão estrutural. Podemos destacar que a detritosfera sofre importantes alterações de acordo com a qualidade dos materiais que lhe são adicionados, como a modificação dos microhabitats de decompositores. Já a serapilheira é alterada mais pela quantidade do material. A serapilheira pode ser entendida como o corpo estrutural da detritosfera;

b) drilosfera: é a zona de influência das galerias escavadas pelas minhocas e outros organismos, que inclui a serapilheira média e o volume de solo descendente ao longo da galeria. É rica em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica, pela concentração de excrementos desses animais. As fezes das minhocas, chamadas de coprólitos (*copro* = fezes + *litos* = rocha), são geralmente mais ricas em carbono, em nutrientes disponíveis às plantas e em população microbiana que o solo adjacente, pois contém uma mistura de solo mineral com matéria orgânica parcialmente decomposta (Kladivko, 2001);

c) porosfera: é a zona dos espaços desenvolvidos pela macrofauna (bioporos) e ocupados por bactérias, protozoários e nematóides (habitantes do filme de água que recobre as partículas da parede do bioporo) e por microartrópodes e fungos (habitantes da parte aérea dos poros maiores). É nesse ambiente que ocorrem grandes transformações químicas que envolvem parte dos ciclos do nitrogênio (nitrificação, amonificação, fixação simbiótica e assimiótica), do fósforo (imobilização, mineralização, do fósforo orgânico), do ferro, do enxofre e do carbono (Beare *et al*, 1995);

d) agregatosfera: é a zona do conjunto matéria orgânica – partículas primárias (superfície da fase sólida mineral) e espaços. O limite desta zona é a superfície dos agregados, onde a biota realiza trocas de solutos e gases (Beare *et al*, 1995). Pode-se dizer que esta esfera contém a anterior e dá sustentação à ela. Em termos de ambiente físico do solo pode-se deduzir que a porosfera e a agregatosfera seriam as esferas mais importantes, pois representam a própria estrutura do solo, ou um conjunto hierárquico de agregados onde os microagregados são base de sustentação para os macroagregados. Nessa construção de um ambiente físico são decisivos os componentes tanto biológicos como minerais. Assim, sabe-se que, mineralogicamente falando a formação dos agregados do solo se dá por fenômenos de floculação e coagulação da argila, sendo estes somente possíveis devido à natureza coloidal

deste componente mineral. A coagulação de pequenas partículas é a floculação e a produção de mais estruturas compactas permanentes é a agregação (Castro Filho, 1988 *apud* Comin, 1990). Por outro lado, biologicamente falando, os microagregados são ligados por polissacarídeos adicionados através da exsudação¹⁵ de mucilagens por bactérias, raízes de plantas e fungos, por ordem de importância, respectivamente (Comin, 1990). Por sua vez, os macroagregados têm sua estabilidade em água como resultado de uma rede formada pelas raízes das plantas, vivas ou em estágio de decomposição e hifas de fungos. A matéria orgânica responsável pela estabilização dos macroagregados é constantemente renovada pelo crescimento das plantas sendo prontamente disponível ao ataque microbiano (Tisdall & Oades, 1982; Oades, 1984 *apud* Comin, 1990).

e) rizosfera: é a zona de influência direta das raízes. Este órgão das plantas traz na sua função uma ambigüidade curiosa: ao mesmo tempo que é a porta de entrada para água e nutrientes, necessita de oxigênio na forma gasosa para crescer e buscar mais solução de solo. Logo, um crescimento radicular efetivo só pode ocorrer com fornecimento adequado de água, ar e nutrientes. Uma vez havendo adubação e irrigação onde se faz necessário, como garantir uma provisão suficiente de ar? É o que é feito através da aração, na agricultura convencional. Porém, este tipo de cultivo destrói a estrutura do solo, ou seja, quebra por pressão e abrasão o conjunto de agregados construído por interações químico - biológicas entre fração mineral, fração orgânica morta e organismos vivos.

É certo afirmar que o atributo fertilidade do solo é também subordinado a um fator que lhe é aplicado regularmente: o manejo antrópico. É fácil exemplificar como uma técnica de manejo pode destruir a fertilidade do solo: a agricultura convencional e seus incontáveis casos de falência do agricultor, por não poder sustentar suas técnicas. Um caso inverso é descrito por Pereira (1999) sobre o agricultor Roland Ristow que desenvolveu uma peculiar técnica de plantio direto e manejo da cobertura de solo.

Pelo que foi apresentado, conclui-se que o conceito de fertilidade dos solos não pode estar restrito a aspectos químicos, biológicos e físicos. Este conceito deve dar conta das interações entre estes três aspectos e também, principalmente em agroecossistemas, um quarto

¹⁵ Por exsudação de raízes de plantas entende-se como o resultado do rompimento de células (membranas) que ocorre pelo atrito entre raiz em crescimento e solo, ou pela morte de raízes, liberando seu conteúdo, uma vez que a passagem de polissacarídeos através das membranas celulares não ocorre, principalmente no sentido contrário ao fluxo osmótico.

aspecto: o efeito do manejo antrópico sobre as características de fertilidade dos solos. Não podemos acreditar que um solo onde se pratica agricultura convencional possa manter colheitas por muito tempo. A boa aeração causada pela lavração é efêmera, sendo que grande parte dos organismos que ajudam a promover a formação de agregados foi destruída e vários nutrientes contidos na solução se perderão por lixiviação, caso não sejam absorvidos pela cultura.

Creio que então podemos nos atrever a definir a fertilidade de solo como a condição resultante da existência de freqüentes espaços neste solo ocupados dinamicamente e indefinidamente por um ou vários dos seguintes componentes: ar, solução de água e nutrientes assimiláveis, matéria orgânica decomposta ou em decomposição, raízes e outros organismos vivos. A parte sólida do solo que forma estes espaços deve conter um estoque suficiente de nutrientes não disponíveis às plantas, mas que podem e são freqüentemente solubilizados por reações químicas favorecidas pelo meio, ou por ação de microrganismos. Isto ocorre exatamente na superfície desta fase sólida, ou a interface entre fração sólida e líquida. Esta condição de solo fértil também é resultante de um método de cultivo, que atua diretamente no ambiente físico do solo, afetando sua química e biologia específicas. Um solo fértil usado pelo homem para agricultura, deve manter esta condição ao longo do tempo.

2.2. Redes tróficas e fauna do solo

Podemos avaliar a condição do solo usando análises da comunidade de organismos que nele habitam (Pankhurst, 1997). Em outras palavras, o solo agrícola é o resultado das interações e modificações que sua comunidade biótica¹⁶, incluindo o homem, realiza no meio físico, usando o raciocínio apresentado por Lewontin (2002), já abordado no Capítulo I.

Existem inúmeros exemplos de como uma espécie modifica seu meio físico ou habitat. Mas para interpretar a importância relativa dessas modificações, ampliou-se o conceito de habitat para nicho ecológico, que inclui não apenas o espaço físico ocupado pelo organismo, como também seu papel funcional na comunidade (Odum, 1988). O nicho

¹⁶ Comunidade biótica é definida como um conjunto de populações que funcionam como uma unidade integradora através de transformações metabólicas co-evoluídas numa dada área de habitat físico (Odum, 1988).

descreve a variedade de condições e qualidade de recursos dentro das quais o indivíduo ou a espécie funcionam. Deste modo, os limites de uma espécie particular poderiam estender-se, por exemplo, entre as temperaturas de 10°C a 30°C, tamanhos de presa de 4 a 12 mm, e o período entre o amanhecer e o anoitecer, entre outras variáveis (Ricklefs, 1993). Grupos de espécies com papéis e dimensões de nicho comparáveis dentro de uma comunidade, são chamadas de guildas (Odum, 1988; Andrén *et al*, 1999). Brussaard (1998) afirma que grupos funcionais ou guildas são abstrações que nos ajudam a visualizar mais claramente os processos que ocorrem no ambiente do solo.

Observando padrões dentro de uma comunidade de organismos, os pesquisadores criaram a idéia de redes tróficas para representá-los (Moore & de Ruiter, 1991; Moore, 1993; Scheu, 2002). Segundo Yodzis (1993), não há uma única teoria de redes tróficas aceita como correta. O que existe são várias abordagens teóricas, nenhuma delas suficiente para abarcar a complexidade do assunto. Cada uma destas abordagens enfatiza um parâmetro distinto para entender a constituição das redes tróficas, todos eles relevantes e comuns. As abordagens mais usadas são as de fluxo de energia e as de ciclagem de nutrientes, principalmente carbono e nitrogênio (Hassink *et al*, 1993; de Ruiter *et al*, 1993; Juma, 1994; Wardle, 1995; Andrén *et al*, 2001; Gillon & David, 2001).

Walter *et al*, (1991) alerta para o fato de que muitos pesquisadores confundem a classificação das redes tróficas (para ele o mapa de relações tróficas entre espécies que pode incluir fluxos de energia e dinâmica funcional), com os níveis tróficos. Estes últimos representam a transformação seqüencial de energia que ocorre quando um organismo se alimenta de outro. Quando classificações tróficas simplificadas são usadas (herbívoros, carnívoros, detritívoros ou fungívoros, nematófagos, insetívoros) as relações alimentares reais que ocorrem entre organismos e as relações entre estes comportamentos alimentares com os níveis tróficos energéticos são ocultadas. Isto é especialmente verdadeiro no ecossistema do solo onde muitas espécies são generalistas e oportunistas na alimentação, obtendo portanto, energia em vários níveis tróficos.

Segundo Assad (1997), na biologia do solo, o estudo da fauna envolve organismos unicelulares como as amebas, os ciliados e os flagelados (Reino Protista) e organismos multicelulares como nematóides, rotíferos, anelídeos e insetos (Reino Animalia). Assim, a chamada fauna do solo (termo que por vezes pode parecer contraditório para os biólogos, em particular os zoólogos) é formada por protozoários e por metazoários. Os fungos (Reino

Fungi), que também são organismos multicelulares, constituem domínio da microbiologia do solo, assim como as bactérias (Reino Monera).

Nota-se, numa simples análise superficial dos textos publicados sobre fauna do solo, que classificações têm sido propostas para subdividi-la, de modo a facilitar o estudo da funcionalidade dos diferentes grupos taxonômicos. Não obstante, todas elas são convenções estabelecidas, e não existe consenso entre os diversos autores. Assim, Assad (1997) apresenta uma classificação proposta por Lavelle *et al.* (1994) – tabela 1 – para uma subdivisão da fauna edáfica de invertebrados, que é uma simplificação da proposta de Bachelier (1978) e Berthelin *et al.* (1994). A própria Assad (1997) ressalta que todas as classificações, embora tenham por objetivo facilitar o estudo dos animais do solo e contenham similaridades entre si, apresentam algumas diferenças nos limites de grupos que podem dificultar a interpretação de resultados obtidos por diferentes autores.

Essa classificação apresentada na tabela 1 considera que a função mobilidade dos organismos no solo está diretamente ligada ao seu tamanho. Assim, a microfauna edáfica é composta por animais hidrófilos, que necessitam de água livre no solo, sendo ligeiramente mais móveis que a microflora. Possuem tamanho microscópico ou forma muito alongada para que possam penetrar nos capilares do solo. Seus representantes seriam os protozoários e nematódeos, principalmente, e também rotíferos, tardígrados, gastrótricos e pequenos turbelários (Bachelier, 1978 e Berthelin *et al.* 1994 *apud* Assad, 1997). A mesofauna seriam os animais que, ou são hidrófilos e necessitam de uma atmosfera do solo rica em vapor d'água, ou são xerófilos e suportam longos períodos de seca. Inclui, principalmente ácaros e colêmbolos e, secundariamente proturos, dipluros, tisanuros, miriápodes e pequenos insetos (Bachelier, 1978 e Berthelin *et al.* 1994 *apud* Assad, 1997). A macrofauna do solo engloba os animais de grande mobilidade que exercem importante papel no transporte de materiais, tanto para confecção de ninhos e tocas, quanto para a construção de galerias que alcançam profundidades variáveis no solo. Seriam principalmente os anelídeos, térmitas e formigas e, secundariamente os moluscos, crustáceos e aracnídeos do solo (Bachelier, 1978 e Berthelin *et al.* 1994 *apud* Assad, 1997).

Tabela 1. Classificação da macrofauna edáfica de invertebrados, proposta por Lavelle *et al.* (1994) e baseada no tamanho e na mobilidade dos organismos (extraída de Assad, 1997).

Grupos	Tamanho	Característica
Microfauna	< 0,2 mm	Ligeiramente mais móveis que a microflora
Mesofauna	0,2 a 4 mm	Movimentam-se em fissuras, poros e na interface serapilheira/solo
Macrofauna	> 4 mm	Constróem ninhos, cavidades e galerias e transportam material de solo

Aquino (1999), julga que classificações por tamanho são arbitrárias por não considerar a diversidade dos níveis tróficos e por possibilitar, algumas vezes, uma classificação diferenciada entre formas jovens e adultas da mesma espécie. A mesma autora cita Anderson (1988), para ressaltar que, por outro lado, o tamanho dos invertebrados do solo define a extensão em que a atividade dos mesmos (alimentação e escavação) pode modificar as propriedades do solo, e também a extensão em que podem ser influenciados pelo manejo do solo. Por exemplo, a compactação do solo pode influenciar particularmente a mesofauna, que vive nos espaços porosos do solo e não é capaz de criar suas próprias galerias (Heisler & Kaiser, 1995 *apud* Aquino, 1999), enquanto que ações de revolvimento do solo podem afetar principalmente a macrofauna, pela destruição de suas galerias e ninhos.

Mas qual seria o limite de tamanho de um organismo para movimentar partículas de solo e/ou matéria orgânica? É muito difícil determinar este tamanho, mas com certeza existe uma relação entre forma/tamanho do organismo e sua função no ambiente.

Nesse sentido não se pode deixar de lado a classificação zoológica desses seres, que leva em conta características evolutivas, até o ponto onde a atual ciência alcança, esmiuçando diferenças embrionárias, morfológicas e fisiológicas. Nesse sentido é interessante um parágrafo de “Zoologia dos Invertebrados”, de Ruppert & Barnes (1996):

“Para aquele que estiver tentando estudar os invertebrados em alguma profundidade pela primeira vez, a tarefa pode parecer esmagadora. Cada grupo tem determinadas peculiaridades estruturais, ou em outras palavras, um **projeto fundamental** ou um ‘design’ de arquitetura exclusivos. De fato, os animais multicelulares apresentam grosseiramente 30 projetos fundamentais diferentes, e cada um tem a sua própria terminologia anatômica especial. Além do mais, cada um dos 30 filos de animais multicelulares possui uma classificação distinta, e torna-se necessário um certo

conhecimento dessa classificação para discutir a diversidade dentro dos filos maiores. Todos eles tendem a aumentar as diferenças entre os grupos e a esconder as semelhanças funcionais e estruturais que resultam de modos de existência e de condições ambientais semelhantes, bem como a mascarar as homologias que surgem a partir de relacionamentos evolutivos próximos. Uma forma importante de se lidar com a diversidade animal consiste em compreender os princípios e os padrões subjacentes que são repartidos pelos numerosos grupos de animais, permitindo portanto que se unam grandes grupos de filos e que se façam ou até mesmo prevejam correlações entre o 'design', a função e o ambiente."

A participação funcional de cada espécie no ecossistema do solo pode ser avaliada segundo o metabolismo do carbono. Segundo Reichle (1976), *apud* Paul & Clark (1989), os invertebrados metabolizam somente 10% do carbono no solo e contribuem com apenas 15% de sua biomassa. O restante é devido à ação dos microrganismos. Apesar desta baixa contribuição em termos de carbono metabolizado, o papel dos invertebrados é essencial na manutenção e estabilização do complexo ecossistema do solo. Sua importância principal reside na fragmentação e incorporação de resíduos orgânicos, na abertura de galerias, construção de ninhos e canais e sua relação com as comunidades microbianas e outros organismos do solo.

Assim, é possível imaginar que a decomposição e mineralização da matéria orgânica, que se dá principalmente pela ação dos microrganismos, ficaria mais lenta, caso não houvesse os invertebrados para fragmentá-la em pedaços menores, mais acessíveis aos microdecompositores. A macro e mesofauna formam, portanto, um elo importante no ciclo da matéria orgânica na biosfera. Além disso, criam condições físicas, através da construção de estruturas específicas, para o estabelecimento de populações microbianas e crescimento de raízes.

Nesse sentido, Wolters (1991) foi um dos pioneiros a interpretar funcionalmente a influência da fauna no ecossistema do solo. Segundo ele os animais do solo afetam o meio por três atividades básicas: ingestão, transporte e reestruturação, distintas entre os grupos funcionais. A maneira encontrada pelos pesquisadores para medir a atividade dos organismos do solo foi através da avaliação do desenvolvimento das plantas, da evolução da estrutura do solo e do próprio dimensionamento da intensidade metabólica da comunidade edáfica.

Lavelle (1997), *apud* Kladivko (2001), propõe uma divisão da fauna do solo em 3 grupos funcionais, baseada na sua relação com os microrganismos e no tipo de excreção que eles produzem. O primeiro grupo é chamado de micro-rede-trófica, o qual é definido como a parte da rede trófica que liga os microrganismos com seus predadores. Integram este grupo as bactérias, fungos, protozoários, nematódeos e ácaros predadores. A microfauna afeta

significativamente a dinâmica das populações de fungos, bactérias e protozoários, o que influi decisivamente na ciclagem de nutrientes pela biomassa.

O segundo grupo são os transformadores da serapilheira, formado pela mesofauna e grandes artrópodes. Eles ingerem material orgânico, não ingerem partículas minerais do solo e não escavam o solo. Eles fragmentam os detritos e afetam a estrutura do solo pela deposição de excrementos. Muitos artrópodes deste grupo fazem uma digestão tipo rúmen externo, e periodicamente reingerem seus dejetos e aproveitam os compostos assimiláveis produzidos pela atividade microbiana (Lavelle, 1997 *apud* Kladivko, 2001).

O terceiro grupo são os engenheiros do ecossistema, formado por minhocas e térmitas. Esta macrofauna desenvolve um mutualismo com a microflora do tubo digestivo, permitindo-os digerir substratos complexos. Eles geralmente ingerem uma mistura de matéria orgânica e solo mineral. Estes animais escavam galerias e constroem ninhos, o que afeta grandemente a porosidade do solo e o fluxo de água e ar. As atividades desses organismos trazem alterações físicas e químicas consideráveis que resultam em agregação das partículas do solo (Lavelle, 1997 *apud* Kladivko, 2001).

Langmaack *et al* (2001), reivindica a inclusão dos colêmbolos e enquitreídeos (integrantes da mesofauna) no grupo engenheiros do ecossistema, pois verificou que ambos afetam direta e indiretamente os processos químicos e físicos dos solos, movimentando partículas e reabilitando solos selados superficialmente.

Wardle (1995), compilou os resultados de 106 estudos sobre impactos do manejo nos organismos do solo ou nos níveis de carbono e nitrogênio do solo. Por uma simples equação, ele estabeleceu um índice V , que estimou a sensibilidade dos organismos do solo ao cultivo convencional do solo. Os resultados mostram que, em geral os organismos maiores foram mais sensíveis ao cultivo convencional, isto é, ao revolvimento do solo. Dentre eles destacam-se as minhocas, os besouros e as aranhas. Esses resultados concordam com os apresentados na revisão de Chan (2001). Wardle (1995), ressalta que as ações de revolvimento do solo limitam severamente a existência dos ‘transformadores da serapilheira’ e dos ‘engenheiros do ecossistema’.

2.3. Diversidade biológica e fauna do solo: possibilidade de uso como bioindicador

Biodiversidade é uma expressão da variedade de organismos vivos, podendo ser considerada aos níveis genéticos, de espécies e de ecossistemas (Harper & Hawksworth, 1994). Segundo McGrady-Steed *et al* (1997) as chances de se prognosticar o que acontecerá num ecossistema é regulada pelo conhecimento da biodiversidade. A contagem de espécies de uma comunidade é uma simples medida da biodiversidade. Hengeveld (1996) afirma que esta medida não é suficiente para medir a biodiversidade de um local. Seriam necessárias abordagens ecológicas, isto é, que mostrassem a influência de cada espécie no ecossistema. Este argumento parece valorizar mais análises descritivas, contra simples contagens de indivíduos ou experimentos gnotobióticos¹⁷.

Se a biodiversidade dos organismos do solo é usada como indicador da saúde do solo, devemos estar aptos para definir relações entre biodiversidade, produtividade vegetal e saúde do solo (Pankhurst, 1997). Este mesmo autor prossegue argumentando que a biodiversidade deve preencher uma série de critérios para ser aceita como indicadora da saúde do solo: I) refletir a estrutura e/ou função dos processos ecológicos nos solos e ser aplicável para todos os tipos de solo e localizações geográficas; II) responder a mudanças na saúde do solo; III) possuir metodologias disponíveis; e IV) ser facilmente interpretada. Por questões práticas, também é desejável que as amostras possam ser coletadas por pessoas sem treinamento científico a um custo razoável.

Analisando estes critérios em relação à diversidade da fauna dos solos e considerando o que foi posto na seção 2.2. deste trabalho, podemos aceitá-la como indicadora da saúde do solo. Cabe salientar que diversos autores relatam que ainda conhecemos pouco sobre a fauna do solo (Eisenbeis & Wichard, 1987; Giller *et al*, 1997) e as dificuldades de estudá-la residem principalmente na opacidade do solo, o que inviabiliza sua observação *in situ* (Walter *et al*, 1991; Wolters, 1991; Scheu, 2002).

¹⁷ Experimentos que são construídos acrescentando-se componentes (organismos) previamente isolados e cuidadosamente estudados, conhecendo-se assim a composição exata da população (Odum, 1988). Essa abordagem pode elucidar importantes fatores na relação entre diferentes organismos, mas como são geralmente experimentos simplificados (em geral até três espécies), os resultados nem sempre são passíveis de extrapolação para o campo.

Segundo Odum (1988) a diversidade de espécies de um local possui dois componentes. O primeiro e mais utilizado na literatura científica, é a riqueza ou densidade, baseada no número total de espécies presentes. Este parâmetro é simplesmente o número total de espécies, geralmente expresso para as finalidades de comparação, como uma razão entre espécie/área ou espécies/número de indivíduos. O segundo componente é a distribuição dos indivíduos entre as espécies, isto é, a uniformidade ou equitabilidade das espécies. Os pesquisadores tentam abranger estes dois componentes através de índices (Ricklefs, 1993). Os mais usados, segundo Odum (1988), são os de Shannon – Weaver, Simpson e Pielou. Para uma descrição destes, ver seção 3.3.3.3.

Algumas importantes generalizações podem ser feitas, a partir de diversos estudos de diversidade (Magurran, 1988):

- a) Sistemas enriquecidos ou poluídos demonstram uma redução na biodiversidade;
- b) A dominância de espécies é diretamente proporcional à produtividade¹⁸ e inversamente proporcional à diversidade e à estabilidade. Rosenzweig & Abramsky (1993) afirmam que altas produtividades reduzem a heterogeneidade ambiental;
- c) Uma comunidade rica em espécies requer baixa quantidade de energia para manter esta diversidade mas tem uma baixa taxa de produção por unidade de biomassa;
- d) A biodiversidade dentro de uma comunidade pode ser fortemente regulada pelas interações tróficas entre diferentes componentes da comunidade e pelas mudanças no ambiente físico-químico.

Swift & Anderson (1994), propõem uma hipótese que a regulação dos processos que ocorrem num agroecossistema é determinada pela diversidade de plantas. O trecho à p. 37 desses autores, embasa esta proposta:

“As plantas diferem entre si pelas distintas estruturas de relações espaciais no sistema, com conseqüentes efeitos em características como competição por luz e espaço, criação de microambientes e exploração de diferentes volumes de recursos espaciais. As influências químicas ocorrem devido à capacidade produtiva da planta (isto é, a contribuição de carbono e energia para o sistema, que é função da habilidade para competir por água e nutrientes), e aos padrões de

¹⁸ A palavra produtividade é aqui usada para representar a taxa de assimilação de cada organismo, isto é, sua capacidade de converter alimento em tecido vivo (Ricklefs, 1993).

síntese de compostos químicos (moléculas alelopáticas¹⁹, razões carboidratos/lignina, etc.), os quais influenciam o comportamento de outros organismos no ecossistema”.

2.4. Manejo do solo

É difícil encontrar na literatura científica uma discussão sobre as razões das práticas de manejo do solo. Na seção 1 tentamos abordar a evolução do preparo do solo em hortas, uma atitude humana muito mais determinada pelo desempenho das plantas cultivadas e combate às ervas espontâneas, que pela conservação e melhoria das condições do solo.

Segundo Wardle (1995), o revolvimento do solo é o componente mais marcante da maioria dos sistemas agrícolas e tem sido empregado para diversos propósitos incluindo melhorar a qualidade física e estrutural do leito de semeadura, incrementar a aeração e drenagem, incorporar resíduos e/ou fertilizantes e controlar ervas espontâneas e populações de insetos em desequilíbrio²⁰. Sprague (1986) cita que destes propósitos, o mais importante tem sido o de controlar e manejar ervas espontâneas, mas o autor se refere a cultivos extensivos; para hortaliças é possível que o componente físico do leito de semeadura e a aeração do solo tenham um peso maior na decisão de revolver o solo.

No entanto, o revolvimento do solo traz enormes e bem conhecidas desvantagens como o incremento da erosão e perda de horizonte superficial, associados à deterioração da qualidade do solo (Wardle, 1995). House *et al* (1984) citam a redução do conteúdo de matéria orgânica do solo como séria consequência do cultivo convencional.

Na olericultura é prática normal e corriqueira o revolvimento do solo com arado seguido do destorroamento com grades (operações freqüentemente realizadas mais de uma vez, daí a clássica frase “*arar e gradear tantas vezes quantas forem necessárias*”) e por fim o encanteiramento com enxada rotativa e sulcador, ou com o encanteirador, que é a reunião num só aparelho destes dois últimos implementos. A enxada rotativa/encanteirador são os implementos de mecanização agrícola mais usados por horticultores em todo o mundo. Como efeitos nocivos desta máquina podemos citar a completa destruição da estrutura de agregados

¹⁹ Entende-se por moléculas alelopáticas como compostos orgânicos oriundos de rotas metabólicas secundárias das plantas, e que podem exercer ação de inibição no crescimento de outras espécies não co-evoluídas.

²⁰ O autor desta dissertação se resguarda do direito de usar termos como ‘ervas espontâneas e populações de insetos em desequilíbrio’ ao invés de ‘ervas daninhas e pragas’, conforme o texto original citado.

do solo, o rompimento de frações estáveis de matéria orgânica, expondo-as à decomposição, o desaparecimento de estruturas físicas construídas pelos organismos do solo (galerias, buracos, ninhos) e também dos espaços naturais habitados pelos seres incapazes de movimentar partículas de solo e a criação de um ambiente aeróbio que acelera o processo de mineralização da matéria orgânica (Derpsch *et al*, 1991).

Na tentativa de reduzir estes problemas relacionados ao cultivo convencional, outras alternativas têm sido desenvolvidas. O termo ‘plantio direto’ vem sendo usado no meio agrônômico para se referir ao cultivo de uma área de terra sem interferência de aração, gradeação, subsolagem ou outra prática que movimente o solo, além da linha de semeadura. Esta tecnologia vem sendo aplicada no Brasil desde a década de 70, geralmente em grandes propriedades. É quase regra geral nesses cultivos o uso de herbicidas para dessecar a vegetação (geralmente uma monocultura cultivada como cobertura verde) e depois implantar a cultura de interesse sob a palha (Saturnino & Landers, 1997). Apesar de restrita a poucos casos, existem experiências bem sucedidas de plantio direto sem o uso de herbicidas, ou seja, o início da cultura de interesse coincide com o final da cultura de cobertura verde, não necessitando seu dessecamento por meios artificiais. Para o cultivo de hortaliças é quase uma heresia falar em plantio direto, devido ao padrão consagrado de que o solo deve ser “*o mais solto possível, totalmente destorroado*” (v. seção 1).

Chega-se então a uma encruzilhada tecnológica: revolver o solo ou não fazê-lo usando herbicidas? Tem surgido então a tentativa de estabelecer métodos de plantio direto sem o uso de herbicidas. House *et al* (1984) expõem que sistemas de cultivo mínimo são supostamente mais próximos aos sistemas naturais, especialmente em termos de presença de organismos e ocorrência de processos bióticos. Altieri (1999) concorda acrescentando que agroecossistemas que exibem uma maior similaridade com sistemas naturais supostamente têm uma maior diversidade de organismos do solo e uma grande capacidade de autorregulação.

Esta similaridade com sistemas naturais é também mencionada por Benyus (1997), aplicando-a a vários outros campos da biologia e chamando-a de ‘Biomimética’ e por Jackson (2002), que nomeia os sistemas agrícola assim caracterizados como ‘Sistemas Naturais de Agricultura’. Mas é importante destacar a obra de Fukuoka (1985), como um dos pioneiros a escrever sobre este tipo de agricultura. Estas teorias são assaz plausíveis e

consideram que o homem atual se coloca fora dos ‘sistemas naturais’ quando deveria imitar a natureza e integrar suas atividades aos sistemas agrícolas.

Para que uma horta (ou outro agroecossistema) se assemelhe a sistemas naturais, algumas características são imprescindíveis quanto ao manejo do solo, tais como a ausência de revolvimento e manutenção permanente de cobertura. Esta última pode ser basicamente de dois tipos: viva ou morta.

A cobertura morta é constituída por resíduos vegetais diversos e é uma característica essencial de sistemas agrícolas sem revolvimento, pois imita a formação da serapilheira. A cobertura viva ou verde é abordada atualmente como cultivos específicos para este fim, de plantas cultivadas, grande parte delas pertencente à família botânica *Fabaceae*, conhecidas pela sua capacidade de associação radicular com bactérias do gênero *Rhizobium*, fixadoras de nitrogênio atmosférico.

Sobre plantas de cobertura é importante mencionar Moisés Bertoni, naturalista suíço que radicou-se no Paraguai no final do século XIX e as estudou, verificando o uso pelos Índios Guaranis de plantas nativas de cobertura como trapoeirabas, grama azeda e leguminosas nativas (Bertoni, 1927).

2.5. O Banco de Sementes do Solo.

Usar plantas nativas como cobertura de solo em sistemas agrícolas requer conhecimento da ecologia destas e do banco de sementes do solo, que é onde tais vegetais têm sua reserva de propágulos para futuras gerações. O antigo provérbio de olericultores, “*um ano de cultivo, sete de monda*” (Grime, 1989), mostra que nas práticas de cultivo de hortaliças, o combate às plantas espontâneas é uma rotina penosa.

A diversidade dos bancos de sementes do solo sugere como a variação na forma, intensidade e distribuição sazonal dos distúrbios nos habitats facilita formas de regeneração complementares. Isto proporciona uma base de informações para a manipulação de composições de espécies vegetais, pela transferência de oportunidades para o estabelecimento de plântulas (Grime, 1989).

A densidade de sementes num local é determinada pelo tipo de ecossistema que se estabelece. Garwood (1989) apresenta uma representação do banco de sementes de solos

tropicais. Nela percebe-se uma maior densidade de semente e uma maior porcentagem de ervas espontâneas (chamadas originalmente em inglês de ‘weeds’, pelo autor, que é comumente traduzido como ‘inços’) nos agroecossistemas de uso mais intenso, supostamente com maior revolvimento do solo e maior aporte de fertilizantes.

Segundo Cavers & Benoit (1989), “*as sementes dos inços de terras aráveis permanecem viáveis por mais de 50 anos, mas não indefinidamente, na floresta*”, fenômeno chamado de dormência, que facilmente justifica o reaparecimento ou até incremento dessas ervas em cultivos anuais. Baker (1989) afirma que a dormência no solo pode ser quebrada por vários fatores, freqüentemente agindo em conjunto. Estes incluem as flutuações de temperatura, disponibilidade de oxigênio, liberação de inibidores químicos (etileno e gás carbônico), regimes de luz (p. ex. fotoperíodo, qualidade espectral e intensidade) e concentração de nitratos no solo. O revolvimento do solo para eliminar ervas espontâneas torna-se portanto, uma insensatez pois promove aeração, aumenta a intensidade de luz e incrementa as flutuações de temperatura, estimulando a germinação desses vegetais. Benech-Arnold *et al* (2000) citam que um destes fatores pode funcionar como ‘gatilho’ na determinação da germinação de sementes de plantas espontâneas, destacando-se as alterações no regime de luz. Isto nos reporta à seção 1.1. onde citamos Smith (1998) mostrando que estas plantas experimentaram alterações em seus genótipos para se adaptarem aos sistemas agrícolas, o que as torna passíveis de serem consideradas como domesticadas.

CAPÍTULO III

O ESTUDO DE CASO

3.1. Relevância do estudo: uma nova tecnologia

Um sistema de produção de hortaliças orgânicas que descarta o revolvimento do solo, inclui ervas espontâneas nas áreas de plantio, muitas vezes simultaneamente com as hortaliças comerciais e oferece a estas plantas, selecionadas em solos eutrofizados, condições plenas de se desenvolverem. É este o objeto deste Estudo de Caso.

Desde setembro de 1997, numa propriedade localizada à Rodovia Intendente Antônio Damasco, 3380, Bairro Ratoões, em Florianópolis (SC), latitude 27°30'66" S, longitude 48°29'22" W, altitude 20 – 50 m, o autor do presente estudo vem executando um manejo peculiar do solo e da vegetação espontânea, através da produção de hortaliças.

Assim consolidou-se uma técnica chamada de 'canteiro elevado'. A formação do canteiro elevado consiste em roçar a vegetação rente ao solo e demarcá-lo com estacas. Num primeiro preparo são depositados, em cima da resteva, fosfato natural, cama de aviário, restos vegetais e cama ou esterco de gado bovino ou ainda composto orgânico, em quantidades pré-determinadas. Estes materiais são distribuídos num formato regular de canteiro e cobertos ou não, dependendo de fatores ecológicos, com uma camada de seis folhas de jornal ou papel sobrepostas e, por fim, outra camada de serragem ou capim triturado. A descrição completa do método encontra-se na seção 4.4.

3.2. Objetivos da investigação

Na propriedade em questão, elegemos como assunto para o Estudo de Caso os efeitos no solo de um método de manejo que se diferencia pelo cultivo de hortaliças orgânicas em plantio direto.

Objetivo geral

Identificar alterações em características de solo em um sistema agrícola sem revolvimento do mesmo.

Objetivos específicos

- a) Relatar o contexto no qual a tecnologia foi desenvolvida.
- b) Avaliar as alterações nas seguintes propriedades do solo: densidade aparente, pH, teor de fósforo disponível, teor de potássio disponível, matéria orgânica, teor de alumínio trocável, teor de cálcio solúvel, teor de magnésio solúvel, carbono orgânico, nitrogênio total.
- c) Avaliar a alteração do material formador do canteiro, através do seu pH, nitrogênio total, relação carbono/nitrogênio (C/N), fósforo total e potássio total.
- d) Avaliar a diversidade de população de fauna de invertebrados do solo durante a evolução do manejo agrícola.
- e) Avaliar a comunidade vegetal através da porcentagem de cobertura de solo por plantas espontâneas e da produção das plantas que forem cultivadas naquele espaço.

Assim pretende-se verificar a influência positiva sobre características do solo que a técnica em estudo exerce.

3.3. Metodologia

Para este estudo escolheu-se a metodologia do Estudo de Caso (Yin, 1993; 1994).

Doube & Schimidt (1997) apresentam dez estudos de caso distintos para demonstrar o potencial da abundância e atividade da macrofauna como indicador biológico da saúde do solo. Monegat (1998) e Pereira (1999) utilizaram a metodologia do Estudo de Caso para descrição de manejos agrícolas peculiares. É importante frisar que um objeto de estudo para ser considerado um 'caso', deve ter algo significativamente diferente, alguma condição que o faça destoante dos demais. Yin (1994) apresenta 3 tipos de estudos de caso: o

exploratório, o descritivo e o explicativo. Definiu-se que o presente estudo será do tipo descritivo, isto é, pretende obter uma descrição completa do que está sendo investigado.

Para Yin (1993), a primeira importante definição que deve ser feita neste tipo de pesquisa, é responder com absoluta clareza a esta pergunta: *Qual é o meu caso?*

3.3.1. Unidades de análise

A unidade de análise deve ser a representação física do caso em estudo. Este caso é, em síntese, o estudo do resultado de um manejo agrícola. Manejo agrícola pode ser entendido como um conjunto de atos humanos no agroecossistema com objetivos premeditados. Tais ações são em geral repetidas sazonalmente. Um método científico que pretenda descrevê-las deve ter um componente que represente a ação propriamente dita e outro que atenda a recorrência temporal desta.

Assim, define-se aqui que a melhor representação do manejo agrícola em questão compreende a formação de unidades primárias para o cultivo de olerícolas, denominadas de **canteiros elevados**. Para evidenciar os efeitos dos canteiros elevados no solo, propomos a divisão do estudo em unidades secundárias, denominadas de **momentos**, que representaram o efeito do manejo no tempo.

As unidades primárias foram as áreas de cinco canteiros elevados (denominados de 'A' a 'E') e sua sucessão de cultivos, localizados em cinco locais distintos da propriedade, descritos na seção 4.2. Estes canteiros tiveram comprimento variando de oito a 20m e largura de 1,10m. Cada canteiro compreendeu uma unidade primária e o conjunto do cinco canteiros formou a representação física do caso.

Para delimitar as unidades secundárias convencionou-se que o início do estudo na unidade de análise 'canteiro elevado' começou no momento 1, quando o canteiro foi construído e terminou no momento 2, quando se colheu a última cultura naquele espaço determinado, para o período produtivo deste e/ou do estudo.

3.3.2. Definição das variáveis

Para alcançar os objetivos do trabalho, escolheu-se algumas variáveis dentro de parâmetros físicos, químicos e biológicos, relacionados ao solo e ao material formador do canteiro.

Parâmetro físico:

- densidade aparente do solo/substrato de crescimento das plantas

Parâmetros químicos do solo:

- pH, fósforo, potássio, matéria orgânica, alumínio, cálcio, magnésio, carbono orgânico, nitrogênio

Parâmetros químicos para a matéria orgânica (canteiro elevado):

- pH, nitrogênio, relação carbono/nitrogênio (C/N), fósforo, potássio

Parâmetros biológicos:

- índice de diversidade de Shannon, índice de diversidade de Simpson, índice de uniformidade de Pielou, índice de dominância de Simpson, grau de cobertura de solo pela espécie cultivada, produção das hortaliças.

3.3.3. Descrição das variáveis, métodos de coleta e análise

3.3.3.1. Parâmetro físico - Densidade aparente

Segundo Brady (1989) é definida como a massa (peso) de uma unidade de volume de solo seco, também chamada de densidade de volume. Este volume incluirá tanto os sólidos como os poros. Assim, solos com elevada proporção de espaços de poros em relação aos sólidos, têm densidades de volume menores do que outros mais compactos e com menos espaços de poros. As densidades de volume de solos de superfície argilosos, franco-argilosos e franco-siltosos poderão variar de 1,00 até 1,60 g/cm³, dependendo das condições. Para solos arenosos e franco-arenosos a variação pode estar entre 1,20 a 1,80 g/cm³. Widdowson (1993)

afirma que valores menores que $1,00 \text{ g/cm}^3$ indicariam um conteúdo de matéria orgânica elevado.

Foi utilizada a densidade aparente pelo método do anel volumétrico, descrita em EMBRAPA (1997). Foram coletadas 3 amostras nas unidades primárias em cada um dos dois momentos que compreendem a unidade secundária: antes da construção dos canteiros e ao final do período produtivo destes e/ou do estudo. As amostras foram coletadas apenas no estrato abaixo do nível do solo, para conhecer como a decomposição do material do canteiro elevado alterou a densidade do solo.

Sendo a densidade uma relação entre massa e volume, temos que para o solo, valores menores deste parâmetro significam um maior volume com potencial de ser ocupado por ar e solução do solo, que pode ser entendido como a representação da porosfera e agregatosfera descritas na seção 2.1.

3.3.3.2. Parâmetros químicos

Considera-se que para cada amostra (também em número de 3 para cada unidade de análise, primárias e secundárias) destinada à análise química, temos dois estratos, um acima do nível do solo que é o canteiro elevado, analisado como matéria orgânica (doravante chamado como **material formador**), e outro abaixo, que compreende o solo original, analisado como tal. O nível acima foi continuamente diminuindo de espessura à medida que o material se decompôs. Assim, em alguns canteiros, chegou a um ponto que não foi mais possível diferenciar os dois estratos. Quando isto ocorreu foram coletadas amostras de apenas um estrato, considerado como solo, no momento 2. Para o estrato do canteiro acima do nível do solo, foram feitas determinações de pH, relação carbono/nitrogênio (C/N), fósforo, nitrogênio e potássio totais, segundo as metodologias descritas em LANARV (1988).

As alterações ocorridas abaixo da linha de solo foram avaliadas através das variáveis escolhidas, nas propriedades químicas do solo. Foram utilizados os métodos descritos por Tedesco *et al* (1985) para as amostras do estrato inferior ao nível do solo até 15 cm, e os métodos de determinação do carbono orgânico e nitrogênio, segundo descrito por EMBRAPA (1997).

Segue alguns comentários sobre as variáveis químicas.

pH

Segundo Wiethölter (2000) o pH foi definido em 1909 por Sørensen como o logaritmo negativo da concentração de íons H^+ em atividade de uma solução. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo 7 o valor neutro, abaixo deste, ácido e acima, básico. Sabe-se que diversas soluções das quais dependem a vida possuem pH próximo da neutralidade: o sangue dos animais, o citoplasma das células e a água do mar são exemplos lembrados por Lehninger (1992).

O pH dos solos traz uma condição mais inóspita: é levemente ácido, mas com elevado poder tampão, isto é, com reservas de íons capazes de reagir a agentes de mudança de pH. A principal causa da acidez dos solos é a lixiviação de cátions básicos (sódio, potássio, cálcio e magnésio, principalmente), que têm seus lugares ocupados por íons H^+ e Al^{+++} . Esta é porém uma visão parcial da situação. Segundo Margulis (2001), o pH na superfície da Terra é mantido levemente ácido pela amônia produzida pelos organismos. Sem este produto, reafirma Odum (1988), o pH dos solos poderia chegar a níveis tão baixos que apenas permitiria a sobrevivência de pouquíssimos tipos de organismos. Assim o fenômeno químico natural da acidificação pela lixiviação de nutrientes é amortizado pela atividade biológica. Daí vemos uma possível relação causa-efeito de duas vias, nos trópicos e sub-trópicos: maior temperatura e maior precipitação resultam num maior intemperismo dos solos que gera acidez, mas também propiciam uma atividade biológica mais intensa, que minimiza tal processo. Esta hipótese concorda também com as idéias propostas por Lewontin (2002), abordadas na seção 1.5.

Fósforo

O fósforo é um elemento essencial a todas as formas de vida por fazer parte de moléculas como ácidos nucleicos e ATP. A maior parte do fósforo do planeta encontra-se nos sedimentos oceânicos (8400 Gt), sendo encontrados apenas 26 Gt de fósforo na biosfera terrestre, na qual o solo é um enorme reservatório deste elemento (Moreira & Siqueira, 2002). O fósforo é um recurso natural finito e seu fluxo tende a converter-se a formas estáveis no solo e sedimentos (Odum, 1988).

Mesmo estando presente em grandes quantidades totais que podem alcançar até 2000 kg/ha de P, segundo Moreira & Siqueira (2002) e de 5000 a 6000 kg/ha de P_2O_5 segundo Pinheiro & Barreto (1996), na camada superficial dos solos e sendo absorvido em

pequenas quantidades pelas plantas em relação a outros macronutrientes, existe uma grande preocupação dos técnicos quanto a este elemento, pois a maior parte do fósforo total não está em formas solúveis: está imobilizado nos organismos e matéria orgânica ou adsorvido aos minerais. Mas, segundo estes últimos autores, não existe a fixação de grandes quantidades de fosfatos nos minerais dos solos, quando houver matéria orgânica suficiente, pela ação do cálcio e ácidos orgânicos, que impedem a ligação do ânion fosfato às partículas coloidais do solo e aos cátions de alumínio e ferro. Porém este fósforo não fixado não é obtido das amostras de solo pelos extratores químicos dos laboratórios de solos. De fato ele não é solúvel, mas as plantas teriam acesso à ele pela ação dos microrganismos do solo. Estes, segundo Moreira & Siqueira (2002), *“além de aumentar a disponibilidade de fósforo, podem facilitar a absorção e acessibilidade a este por meio de vários mecanismos. Várias bactérias causam alterações biológicas na rizosfera e fisiológicas nas plantas, em especial nas raízes que resultam de melhor absorção do fósforo destas. Os fungos, particularmente aqueles que se associam às raízes formando as micorrizas, aumentam a absorção de fósforo através de mecanismos físicos (maior exploração do solo e de sítios não acessíveis às raízes sem micorrizas), fisiológicos (alterações nos parâmetros cinéticos de absorção) e químicos (alterações na rizosfera).”*

Potássio

Segundo Kiehl (1985) o potássio não participa de combinações orgânicas na planta, ele é um elemento ativo no vegetal em forma livre, sendo por isso prontamente liberado para o solo com os restos vegetais. A concentração intracelular de potássio, nas plantas superiores, é 100 a 1000 vezes maior que no ambiente exterior (Pinheiro & Barreto, 1996). Portanto, a absorção de potássio pelas plantas se dá contra um gradiente de concentração. Não existem estudos do comportamento da planta em situações de excesso do nutriente solúvel no solo. Alguns técnicos afirmam que tais condições causariam nas plantas um *“consumo de luxo”* de potássio. Essa idéia é refutável, pois um elemento vital ao principal processo biológico do planeta, a fotossíntese, não poderia ser absorvido em excesso sem que haja alguma consequência metabólica no vegetal.

Além de regular a abertura dos estômatos, o que influencia não só na fotossíntese como na respiração e transpiração das plantas, o potássio atua em outros processos vitais. Funciona como ativador de enzimas, sendo importante sua participação na síntese de carboidratos e proteínas nas plantas. Estes processos metabólicos ficam comprometidos na

carência de potássio, que se manifesta primeiramente nas folhas mais velhas, que doam este íon para as mais novas, onde a síntese de compostos orgânicos é mais intensa. Sendo uma enzima algo tão importante à célula e ao organismo, sua regulação costuma ser finamente regulada, ou seja, a falta do ativador acarreta problemas (síntese protéica deficiente, por exemplo) e o excesso, certamente também assim o será. Poderia uma síntese excedente de proteínas acarretar danos à planta? Diversos trabalhos, sem dúvida polêmicos como o de Chaboussou (1987), defendem que organismos biotróficos, como determinados fungos ou insetos, necessitam desta condição de síntese anormal de metabólitos para se estabelecer no hospedeiro. Mas mesmo esta autora traz em sua compilação de trabalhos apenas as relações entre o equilíbrio da adubação potássica com a redução de uma população de insetos, e não o contrário.

É também importante lembrar para essa discussão, que os solos apresentam segundo Pinheiro & Barreto (1996) diferentes formas de potássio, que podem ser classificadas da seguinte maneira, por ordem decrescente de solubilidade: hidrossolúvel, trocável, ácido solúvel e não trocável. Os estoques das formas menos solúveis é, via de regra, muitas vezes superior ao das formas prontamente assimiláveis. Assim descrevem estes autores, à p.187:

“Com as investigações estabeleceu-se que, entre as formas de potássio no solo, existe equilíbrio móvel (dinâmico), e se, por exemplo, a planta absorve potássio hidrossolúvel, a quantidade deste na solução restitui-se a custa do trocável, e a diminuição deste último, ao cabo de certo tempo, pode-se renovar em grande medida à conta do potássio não trocável, e a diminuição deste último, ao cabo de certo tempo, pode renovar-se em grande medida à conta do potássio não trocável fixado. De tal maneira, à medida que a planta consome o potássio móvel, suas reservas restituem-se pelo potássio de difícil intercâmbio e também pelo potássio da rede cristalina dos minerais. (...) a alternância de umidificação e seca do solo (o que é típico nas condições de campo), aceleram este processo; as plantas exercem, portanto, influência mobilizadora sobre a passagem do potássio a formas mais acessíveis.”

De acordo com esta descrição está o trabalho de Dhillon & Dhillon (1990), afirmando que a liberação de formas de potássio não trocáveis se dá predominantemente por difusão.

Alguns indícios de liberação de potássio no solo, juntamente com outros cátions são encontrados em trabalhos científicos como o de Zimmer & Topp (2002). Eles evidenciam a solubilização de nutrientes presentes nas fezes de insetos fitófagos através da atividade alimentar de animais coprófagos, como os isópodos.

Nitrogênio, carbono e matéria orgânica

O carbono e o nitrogênio representam os principais elementos de ciclagem biológica. A razão da inclusão de uma medida destes no solo para o estudo é inflexível: todas as moléculas que formam os seres vivos têm cadeias carbonadas como base; e o nitrogênio é elemento integrante dos aminoácidos, que em combinação, formam as proteínas, substâncias que determinam as diferenças morfológicas e funcionais entre os organismos vivos.

Dois grandes reservatórios destes elementos são os solos e a atmosfera. Moreira & Siqueira (2002) sintetizam que a vegetação absorve CO_2 e N_2 (no caso das que estabelecem simbiose com organismos fixadores) do ar, acumulando-os na fitomassa, que representa importante estoque destes elementos no ecossistema. Este estoque é transformado por organismos, imobilizado para constituição de seus tecidos e liberado em formas gasosas e sólidas, num processo chamado de decomposição. Correia & Andrade (1999) acrescentam que algumas folhas verdes podem abrigar, ainda no próprio vegetal, microrganismos e insetos que iniciam a decomposição. As folhas também liberam continuamente, de acordo com sua idade e estado fitossanitário, carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos e, sobretudo, potássio. Assim, a decomposição da matéria orgânica pode ser dividida em três processos básicos (op. cit., 1999) que ocorrem simultaneamente: lixiviação (retirada de material solúvel pela ação da água da chuva), intemperismo (ruptura mecânica dos detritos) e ação biológica (fragmentação gradual e oxidação dos detritos pelos organismos vivos). Mais uma vez podemos enxergar nessa arbitrária divisão da decomposição em partes, a união delas sob a ótica de Lewontin (2002) apresentada na seção 1.5.: intemperismo e lixiviação são fatores ambientais minimizados pela ação biológica.

O princípio para determinação do carbono orgânico do solo está na oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio em meio sulfúrico. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado e obtém-se a quantidade de carbono. Este seria o carbono contido na matéria orgânica prontamente apta à decomposição, que inclui a biomassa microbiana e dos invertebrados do solo. Assim temos que, para este trabalho usou-se uma medida geral do

carbono do solo. Para o cálculo da matéria orgânica dos solos os técnicos de laboratório multiplicam o valor de carbono orgânico por 1,724, pois admite-se que, em média, o húmus ou matéria orgânica estabilizada, possui 58% de carbono.

3.3.3.3. Parâmetros biológicos

Para avaliar os parâmetros biológicos nas unidades de análise escolhemos a comunidade vegetal, como componente autotrófico, e a dos invertebrados do solo, como representante dos seres heterotróficos.

Avaliação da comunidade de invertebrados do solo

De acordo com o que foi discutido nas seções 2.2. e 2.3., o indicador biológico das condições de fertilidade do solo usado neste estudo foi a diversidade de invertebrados do solo. Para tanto foram escolhidos 4 índices, a saber:

- **índice de diversidade de Shannon (H)**, dado por:

$$H = - \sum (n_i/N) \log (n_i/N) \text{ ou } - \sum P_i \log P_i$$

onde:

n_i = valor de importância de cada *taxon* (quantidade de indivíduos, biomassa, etc.)

N = total dos valores de importância

P_i = probabilidade de importância de cada *taxon* = n_i/N

- **índice de diversidade de Simpson (S)**, dado por:

$$S = 1 - [\sum n_i(n_i - 1)/N(N - 1)]$$

onde:

n_i = valor de importância de cada *taxon*

N = total dos valores de importância

- **índice de dominância de Simpson (c)**, dado por:

$$c = \sum n_i(n_i - 1)/N(N - 1)$$

onde:

n_i = valor de importância de cada *taxon*

N = total dos valores de importância

- **índice de uniformidade de Pielou (e)**, dado por:

$$e = \frac{\overline{H}}{\log T}$$

onde:

H = índice de Shannon

T = número de *taxa*

Os índices de Shannon e Simpson combinam componentes de riqueza e uniformidade (v. seção 2.3.), enquanto que o de Pielou considera apenas a uniformidade. O índice de dominância de Simpson mostra a concentração da dominância, uma vez que, quanto maior o valor, maior a dominância por um ou poucos *taxa*. Subtraindo-o da unidade (ou calculando o recíproco), obtém-se um índice de diversidade comparável com outros. O índice de diversidade de Simpson atribui um peso maior aos *taxa* comuns, uma vez que a elevação ao quadrado de pequenas razões n_i/N resulta em valores muito pequenos. O índice de Shannon atribui um peso maior a espécies raras. Como o índice de Shannon é derivado da teoria da informática, representando um tipo de formulação largamente usado para se avaliar a complexidade e o conteúdo informático de todo o tipo de sistemas, ele é dos melhores para ser usado em comparações caso não haja interesse em separar os dois componentes da diversidade. E tendo o índice de Shannon calculado, basta dividi-lo pelo logaritmo do número de *taxa*, para obter-se o índice de uniformidade de Pielou (Odum, 1988). Os índices obtidos neste trabalho referem-se a níveis taxonômicos baixos (ordens e classes), permitindo comparações entre canteiros mas limitando-as ao uso somente com outros trabalhos que elegeram igual nível de precisão taxonômica. Para balizar esta precisão taxonômica foi incluída nas análises a variável número de *taxa* por coleta.

Intensidade de amostragem e metodologia para coleta.

A medição de populações de seres vivos à campo não é tarefa simples. Krebs (1999) recomenda que sejam testados vários tamanhos de amostras para cada espécie de uma comunidade, com o objetivo de encontrar uma relação entre precisão e tamanho de amostra.

Perner (2003) afirma que este procedimento é raramente atendido por questões econômicas. Este autor sugere então um balanço entre os recursos financeiros disponíveis e a

precisão requerida. Ao final de seu trabalho ele propõe uma tabela indicativa que relaciona tamanho de amostra e nível de precisão. Assim, temos que para os parâmetros de comunidade usados neste trabalho (diversidade e uniformidade) seria necessário um tamanho de até duas amostras, para um nível de precisão de 25%. A unidade secundária de análise (momentos 1 e 2) satisfaz esta intensidade. Devemos lembrar que o trabalho de Perner (2003) foi realizado numa região de clima temperado, onde a diversidade de espécies se supõe menor e a uniformidade, maior. Cabe ressaltar também que estas são indicações usadas geralmente para o nível de espécies (assim como os índices de diversidade), o que não as inviabiliza para comparações entre as unidades de análise deste trabalho.

Foram realizados dois tipos de coletas para amostragem de população da fauna do solo: um método de campo, mais indicado para macrofauna e outro método de laboratório, onde são extraídos de uma amostra de solo principalmente os animais da mesofauna.

Para o método de laboratório foram feitas amostragens (3 por unidade de análise) de serapilheira/solo ou do substrato do canteiro elevado, conforme a ocasião, em uma profundidade de 0 a 5 cm. As amostras foram coletadas em um cano de PVC com diâmetro de 100 mm, que é uma adaptação do Cilindro de Corte de O'Connor, descrito por Górný & Grüm (1993) e por Southwood (1978). Este volume foi integralmente e imediatamente colocado em uma adaptação de diversos aparatos descritos por Górný & Grüm (1993) e por Southwood (1978), feita com gargalos de garrafas “pet”, colocados em uma estrutura onde, na parte superior encontra-se uma fonte luminosa que afugenta os organismos para a parte inferior, onde havia, fora do contato dos funis e passando por uma peneira de aço com malha 3 mm, béquers com álcool 70° GL. O equipamento foi construído no Laboratório de Ecologia do Solo do Departamento de Engenharia Rural da UFSC. As amostras ficaram sob luz constante por 5 dias ou até o ressecamento total do volume de solo. O conteúdo de álcool nos béquers era diariamente repostado devido à evaporação.

A análise do material coletado foi feita mediante contagem e classificação taxonômica, até o nível de ordem, dos organismos depositados no líquido coletor do béquer, com o auxílio de um estereomicroscópio.

Para a amostragem de campo foram montadas armadilhas de solo, conforme descrita por Oldroyd (1973), Lee (1985) e por Schinner *et al* (1996). Esta armadilha consistiu num recipiente de vidro com boca medindo 5,5 cm, enterrado até o nível superior do canteiro

ou solo, contendo um líquido coletor (água e detergente) e coberto para evitar a entrada de água da chuva (figura 2). Os animais coletados foram levados ao laboratório, contados e classificados taxonomicamente, até o nível de ordem, com o auxílio de um estereomicroscópio. Foram instaladas 3 armadilhas por unidade de análise que permaneceram no campo por 3 dias para cada coleta.

Avaliação da comunidade vegetal

A comunidade vegetal foi avaliada dentro das unidades primárias de análise em duas partes. A primeira parte foi composta pelas hortaliças cultivadas, das quais foi medida a produtividade da parte de interesse comercial, em peso fresco por unidade de área. A segunda foi composta pelas plantas espontâneas que cresciam na unidade de análise. A população de plantas espontâneas foi avaliada de maneira visual, expressa em porcentagem de ocupação por planta. Estes dados somados e subtraídos de 1 (por avaliação) resultaram no percentual de área de canteiro ocupado por planta cultivada. Foi feita uma avaliação anterior à construção de cada canteiro e outras durante seu uso como área de produção.

A avaliação da comunidade vegetal foi composta de vários momentos, não necessariamente coincidentes com a unidade secundária de análise dos demais parâmetros do estudo, exceto para o momento 1. Sua validade reside na confirmação de ocorrência de produção olerícola simultaneamente com a presença de plantas espontâneas.

Figura 2 – Armadilha de solo instalada a campo.



3.4. Tratamento estatístico dos dados obtidos

Para avaliar as variáveis física, químicas e biológicas do solo foram feitas análises de variância para detectar a influência das unidades primárias (canteiros) e secundárias (momentos) bem como se houve interação entre ambas, sobre cada variável escolhida. Assim:

- havendo diferença significativa entre as unidades primárias admite-se que, considerando todos os ciclos de cultivos para cada canteiro, o manejo adotado resultou em respostas diferentes para determinada variável; caso contrário rejeita-se esta hipótese, aceitando não haver diferença entre os canteiros. As unidades primárias representam todo o histórico de manejo de cada canteiro, medido atualmente, o que significa atribuir maior peso aos efeitos mais recentes;
- havendo diferença significativa na comparação entre momentos 1 e 2 para determinada variável, atesta-se que o ciclo de cultivos do estudo (que inicia no momento 1 e se encerra no

momento 2) resultou em alteração na mesma, ou seja pode ser considerado causa efetiva de variação; caso contrário, fica negada esta hipótese, mostrando que o manejo adotado durante este ciclo de cultivos não influenciou a variável. As unidades secundárias restringem sua avaliação ao manejo do estudo.

- havendo diferença significativa na interação entre canteiro e momento para determinada variável, aceita-se que parte da variação é causada pela história anterior de manejo e parte pela atuação do manejo entre os momentos 1 e 2; não sendo detectada esta diferença, nega-se esta partição;

Para os casos das variáveis em que esta interação não foi detectada, foram rastreados dois contrastes, dividindo-se as unidades primárias em partes e comparando-as, como segue:

- os canteiros A, B, C e D com o canteiro E: a diferença significativa nesta comparação denota que um ciclo de cultivos apenas (representado pelo canteiro E) não foi suficiente para determinar alterações sensíveis na variável; a negação implica em aceitar a hipótese contrária, ou seja, um ciclo completo de cultivos foi suficiente para causar alteração em determinada variável.

- e os canteiros A e D com B e C: esta comparação significa contrapor os canteiros menos manejados (A e D) contra os de uso mais intenso (B e C - v. tabela 4). Sua confirmação implica dizer que é necessário o manejo intenso para causar alteração em determinada variável. Não havendo diferença significativa impõe que uma intensidade intermediária de manejo é suficiente para causar alteração na variável em questão.

O programa elaborado para execução destes cálculos foi feito no SAS. Para as variáveis químicas do material formador dos canteiros coube uma avaliação comparativa das médias. O resultado da decomposição do material formador está manifestado no momento 2 das coletas para análise (final do ciclo de cultivos). A avaliação da comunidade vegetal consistiu em atestar a ocorrência simultânea de plantas cultivadas (em efetiva produção) e espontâneas nas unidades de análise. Esta confirmação significa que um manejo de inclusão de plantas espontâneas num sistema de produção olerícola é aceitável. A negação significa o contrário: o manejo deve ser de exclusão das mesmas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para apreciação dos resultados deste estudo foi feita uma avaliação dos dados anteriores a 2002, seguida de uma descrição da evolução do manejo de cada unidade primária de análise e por fim, uma discussão dos dados obtidos.

4.1. Resgate histórico do processo

Esta seção pretende demonstrar o contexto em que esta técnica distinta de plantio de hortaliças foi desenvolvida.

Se tivéssemos documentada a origem de cada técnica ou processo agrícola seria mais fácil decidirmos por este ou aquele procedimento no cultivo vegetal ou criação animal. Os processos ecológicos que compõem um agroecossistema variam de uma região para outra. Daí a importância do saber local para adaptar cada técnica e procedimento agrícola. O que seria dos colonizadores açorianos no litoral catarinense se não houvesse o conhecimento indígena que os legou a cultura²¹ da mandioca? Por outro lado não houve tempo, oportunidade ou interesse dos açorianos para aprender como se faz um policultivo, que foi um saber local parcialmente perdido, resultando no esgotamento do solo e no fracasso das culturas (v. seção 4.1.1.).

O estabelecimento de uma técnica agrícola dificilmente pode ser fruto de uma única observação. Isto é mais evidente quando estão em teste características que só podem ser medidas em médio ou longo prazo, como por exemplo a fertilidade do solo. O resultado de um manejo de solo só pode ser efetivamente avaliado nos cultivos subseqüentes.

Outro fato torna este resgate mais complexo: o indivíduo que vai testar uma nova técnica agrícola, tem a elaboração desta influenciada pelo que ele já sabe fazer e que lhe foi

²¹ É comum na literatura técnica o uso do termo cultura como sinônimo de cultivo ou planta cultivada. Cabe acrescentar que é justo entender que por trás de cada espécie cultivada existe uma história cultural do povo domesticador.

transmitido, e pelo que percebe de distinto ou importante naquele local. Em outras palavras: uma nova técnica é fruto de uma soma de experiências passadas de geração em geração mais um componente subjetivo, que é a percepção do indivíduo do ecossistema local.

Este processo é extremamente dinâmico, pois um indivíduo pode conhecer técnicas tradicionais e aplicá-las em vários locais. Segue-se que acumulará conhecimentos sobre como a técnica testada pode produzir resultados distintos nos diferentes locais e aprenderá como os ecossistemas funcionam em cada um deles.

A técnica do canteiro elevado foi desenvolvida pelo autor desta dissertação e por Maria Aparecida de Pinho, ambos engenheiros agrônomos. O autor é natural de São Paulo, capital, somando pouca vivência rural. A trajetória que o leva à agricultura foi assunto, juntamente com a de outros dois agricultores orgânicos da Grande Florianópolis, de dissertação de mestrado e está descrita por Alves (2003).

Maria Aparecida teve intenso contato com o meio rural, mesmo tendo sempre morado na cidade. Seus pais eram naturais do interior do município de Santo Amaro da Imperatriz, descendentes o pai de famílias açorianas e alemãs e a mãe de família alemã. Tinham como atividade básica na juventude a produção de farinha de mandioca de um lado e de cachaça de outro, respectivamente, além de cultivos diversos e criações animais para consumo próprio.

O casal se conheceu no curso de Agronomia da UFSC, e uniu-se em 1993. A partir daí passaram a residir num terreno urbano de 360 m², localizado no Bairro Santa Mônica, Florianópolis, SC, que foi o laboratório inicial de suas práticas.

Segue o relato do contexto no qual esta técnica de plantio direto para hortaliças foi desenvolvida.

“Naquele terreno do Santa Mônica aprendemos técnicas básicas de horticultura. Ali ficamos conhecendo as sementes de cada espécie de hortaliça, quais suportavam o transplante, épocas de plantio, ponto de colheita. Digamos que nesse período absorvemos a essência da relação homem – planta cultivada. Parece até meio instintivo, pois nesse aprendizado repetimos o que o homem vem fazendo há milhares de anos. Só quem faz isto por um período considerável de tempo conhece o sentido da palavra cultivar. Também éramos ávidos por ler qualquer coisa sobre hortas ou sobre agricultura orgânica. Líamos Howard,

Seymour, publicações da PTA - FASE e do Guia Rural Abril. Logo aprendemos a fazer compostagem. Lembro-me que as primeiras pilhas não esquentavam direito e aí mudávamos a proporção dos materiais. Compramos um carrinho de mão com roda inflável, especialmente para catar esterco do gado criado nos terrenos baldios próximos. Testamos diversas combinações de materiais até chegarmos a um substrato ideal para as bandejas de produção de mudas. Em pouco tempo a parte de trás do terreno ficou pequena (130 m²) para nossa comunidade vegetal e passamos a misturar hortaliças, ornamentais e medicinais no jardim da frente. Claro que sempre passava alguém e colhia os repolhos ou couve-flor antes de nós. Para cobrir a garagem e sombrear o carro - que não tínhamos - fizemos uma parreira para duas videiras. Com os excedentes do nosso quintal fazíamos conservas e doces. A idéia de misturar horta e jardim virou uma pequena iniciativa empresarial, a 'Horta ornamental'. Com mais um amigo, também estudante de Agronomia, Ivan Carlos Bosio, começamos a fazer hortas e jardins misturados ou não, conforme o gosto do cliente. Ivan, que era agricultor no Oeste Catarinense antes de vir para Florianópolis, muito nos ensinou sobre cultivos e outras atividades práticas da agricultura.

*Ainda na graduação fomos numa viagem de estudos conhecer o Sítio Pé-na-Terra, em São Leopoldo, RS. O trabalho lá era bellissimo. Ali conhecemos a técnica do jornal como cobertura morta. Eles lavravam a terra, cuja vegetação era dominada pela grama seda (*Cynodon dactylon*), colocavam o jornal em blocos de 10 folhas e jogavam o conteúdo ruminal por cima. O resultado era ótimo, mas o solo era leve (arenito) e provavelmente havia lixiviação intensa de nutrientes. Esta foi a primeira oportunidade de conhecermos uma comunidade que vivia e trabalhava junta. Os problemas de convivência e organização eram visíveis, mas a iniciativa era notável. Logo depois disso conhecemos por vídeo a experiência do Nasser, em Cachoeiro do Itapemirim, ES. Com ele aprendemos novas alternativas de adubação e começamos a mudar nossa forma de encarar as 'pragas e doenças', que logo deixaríamos de nomeá-las assim. Estas duas experiências foram grandes influências para nosso pensamento agrícola.*

Já estávamos em meados de 1994, quando cursávamos a última fase do curso de Agronomia. O estágio de conclusão da Cida foi feito em 3 lugares: na Estância Demétria, em Botucatu, SP, num curso de 3 dias sobre ervas medicinais em cultivo orgânico e biodinâmico; em São Ludgero, SC, onde alguns amigos tinham uma espécie de comunidade que cultivava ervas medicinais além dos alimentos para subsistência; e em Bagé, RS, no Projeto Agrovilas Condominiais da Prefeitura Municipal. Eu participei dos dois primeiros. A visita à Estância

Demétria era recheada de expectativas boas, pois já havíamos lido bastante sobre Rudolf Steiner e suas idéias. A decepção foi grande, onde esperávamos encontrar uma horta diversificada e cheia de matéria orgânica, encontramos pequenas monoculturas de hortaliças e ervas medicinais, em canteiros feitos com enxada rotativa e mantidos descobertos através de capinas feitas por bóias frias. Foi um choque. Os questionamentos que fazíamos ao responsável pela Fazenda e nosso instrutor no curso eram ignorados ou rechaçados com um 'se não fizer assim, não dá'.

Em São Ludgero a estadia foi excelente. Nos integramos rapidamente ao trabalho e ficamos espantados ao perceber como aquelas pessoas viviam bem com tão pouco. Ali, com o engenheiro agrônomo Sílvio Daufenbach, também egresso do CCA, aprendemos muito sobre alimentação integral. Com a família Soiber conhecemos as riquezas da Mata Atlântica e aprendemos a manejar algumas delas. Trabalhamos diariamente com um carro de bois e ficamos conhecendo suas partes. Esta foi realmente uma vivência rural das mais raras. O solo de uma das área de plantio ficava sob uma intrusão de rocha basáltica. Conhecemos então o que é um solo mineralmente rico e vimos que mesmo estes se empobrecem e sucumbem ao mau manejo.

Durante a estadia em São Ludgero (no estágio e no período de residência posterior), tivemos a oportunidade de conviver diariamente com os animais e plantas que fazem parte da rotina de quem mora no interior, próximo a ecossistemas menos alterados. É curioso como tivemos preconceitos e temores quebrados nesta aproximação. O conhecimento dos hábitos de espécies de cobras, aranhas, formigas, marimbondos, ouriços, gambás, nos permitia evitá-los ou contornar a situação, quando havia um encontro inesperado.

O estágio em Bagé foi insípido, a não ser pela oportunidade de conhecer melhor o pampa e o Projeto Agrovilas, que estava no início da implantação. Tratava-se de um assentamento municipal de reforma agrária. A Prefeitura desapropriou uma fazenda de 256 ha distante apenas 6 km do centro de Bagé. Nela seriam assentadas 100 famílias carentes da periferia da cidade, em 4 grupos de 25 cada. Uma seleção elegeu as primeiras 25, sendo a necessidade econômica o critério básico. Os assentados receberiam almoço de segunda a sábado, uma cesta básica para as outras refeições, assistência médica e psicológica, transporte escolar além de uma casa mista em alvenaria e madeira locada em meio hectare de terreno para uso individual. As áreas de produção coletiva foram montadas, equipadas e assessoradas pela equipe da Prefeitura. A horta somava 10 ha. Nesta época a Prefeitura

determinou que o projeto seria integralmente dedicado à agricultura orgânica. Os agrônomos da Secretaria de Agropecuária não compactuavam com a idéia e, a partir de um pedido de compra negado para um agrotóxico, um deles se demitiu e o outro transferiu-se. Agora já estamos em 1995, estou formado e a Cida está escrevendo o relatório de estágio e vem então o convite para trabalharmos junto (e dentro) à Agrovila. Apesar das pressões políticas insuportáveis, que acabaram por determinar nossa saída em dezembro do mesmo ano, foi uma experiência excelente. Tínhamos à nossa disposição, colocados de graça dentro da Agrovila, até 6 caminhões por dia de conteúdo ruminal de um abatedouro. Fizemos imediatamente um pátio de compostagem para armazenar tanto resíduo e diminuir as perdas. O trator ficava locado na sede com todos seus implementos, arado, grades, encanteirador, sulcador, pá carregadeira e distribuidor de esterco, estes dois últimos comprados por nossa solicitação. Lá, o maior aprendizado foi sobre o trabalho humano: não se obriga ninguém a fazer o que não quer por muito tempo, sem uma reação traumática contrária. Alguns integrantes da Agrovila não aprovavam a idéia da agricultura orgânica e não gostavam do sistema de rodízio de trabalho imposto pela prefeitura onde trabalham em todos os setores. Sobre manejo do solo também começamos a perceber coisas importantes. Os solo da região (na época classificados como Vertissolos) possuíam elevados teores de argila expansiva e por esta característica tinham uma estreita faixa de umidade que permitisse sua movimentação através de arações e gradagens. Se fossem trabalhados muito úmidos, a horta se transformava num atoleiro e caso contrário, o solo rachava e levantava uma poeira insuportável. Por isso eram chamados pelos técnicos de 'solos do meio-dia'. Desde então vimos como é difícil para o agricultor que utiliza arado e grade decidir o momento exato para movimentar o solo. E para o olericultor a situação é mais delicada pois os plantio são escalonados, usando a enxada rotativa/encanteirador semanalmente, o que causa freqüentemente perdas de solo por erosão e compactação.

Com estas lições em mente fomos então nos juntar a pessoas que faziam agricultura orgânica por convicção e escolha próprias: o grupo de São Ludgero. Com a nossa chegada ficou estabelecido que o grupo passaria a produzir hortaliças e vendê-las através de cestas domiciliares, imitando o Sítio Pé-na-Terra. Fizemos então um planejamento da horta e iniciamos o plantio semeando 2 metros de canteiro com cenoura, em fevereiro de 1996. Parecia insignificante mas foi o suficiente para somar os 10 maços necessários para a primeira entrega de cestas, a 10/05/1996. As pessoas cadastradas pagavam um valor pela assinatura mensal (R\$ 64,00 na época), e recebiam semanalmente uma cesta de composição

variada, mas determinada por nós. Este era um ponto estrangulador. Como estávamos sozinhos na iniciativa, não conseguíamos oferecer uma grande variedade de produtos todas as semanas. Cenoura, por exemplo, entrava na composição da cesta 2 vezes por mês, mas algumas famílias queriam cenoura toda semana e não se interessavam pelos carás, mesmo com nossas receitas que acompanhavam as cestas e tentavam incentivar o consumo destes vegetais menos conhecidos. Mesmo com estas dificuldades o número de assinantes era crescente mês a mês: 10, 15, 20, 25, 30, 35. Para abastecer a cesta com laticínios, começamos um trabalho com o agricultor Antônio Alberton e sua família, residentes em Grão Pará, a 40 km de São Ludgero. Visitando-os algumas vezes, iniciamos um projeto de divisão dos piquetes da pastagem e tratamento orgânico nos animais. Eles ainda sofriam a pressão de vizinhos e parentes para voltar a plantar fumo, mas estavam decididos em continuar o trabalho com bovinos e produção de ervas medicinais, com as quais tinham já considerável habilidade em cultivo e secagem.

Com o aumento da demanda por cestas, o Sílvio teve a iniciativa de fazer uma troca com um tio vizinho que nos disponibilizou 2.500 m² de uma área bem plana, às margens de um rio. Estava ocupada com pastagem naturalizada desde o ano de 1900, quando a floresta foi retirada e na coivara foi plantado milho, juntamente com mudas de grama. Fizemos o pior: pagamos o vizinho para que lavrasse e gradeasse com o trator, coletamos amostras de solo e colocamos 2 toneladas de calcário e 4 de cama de aviário. Semeamos aveia para segurar o nitrogênio enquanto não usávamos toda a área. A cada cultivo os canteiros eram revolvidos manualmente. Eu o fazia com uma pá de corte, com um recorde de 50 metros por dia, segundo a técnica do 'canteiro profundo' descrita por Seymour, e os irmãos Soiber, reviravam com enxadão, alcançando a fantástica marca de 200 metros em duas horas. (Em Bagé, na Agrovila, a enxada rotativa – encanteirador, fazia 1200 metros por dia). Todo este revolvimento do solo era muito questionado, principalmente pelo Sílvio. Essa nova área trocada com o vizinho produziu muito bem durante todo o inverno e primavera de 1996, e foi motivo de uma reportagem de um programa televisivo.

A partir daí tudo começou a esquentar. O verão chegou, e com ele as chuvas torrenciais e as altas temperaturas. O grupo começou a se desentender sobre a divisão de trabalho, o que culminou com a decisão pela mudança de local. O destino seria uma propriedade em Gaspar, próximo a Blumenau, de todo o grupo, já sem o Sílvio. A mudança se iniciou em dezembro de 1996, com a transferência de metade dos componentes. Os que ficaram em S. Ludgero continuaram o trabalho para manter a renda, mas com grandes

dificuldades pois a área principal de plantio passara a ser aquela da troca, que apresentava problemas de manutenção da fertilidade. Segundo eles 'o esterco que era colocado na terra sumia em uma semana'.

Em Gaspar, a propriedade pertencia a um casal amigo, Dario Werner e Ângela Losso Borges, também agrônomos egressos do CCA, que se dedicavam ao cultivo de cogumelos de Paris. Dos 10,5 ha, tínhamos cerca de 2,5 para nossos plantios, com todo o resíduo de composto da cogumeleira, à nossa disposição. Fizemos um planejamento e iniciamos o trabalho, com início da entrega de cestas previsto para junho de 1997.

Ali nasceu a técnica do canteiro elevado na prática. Na teoria formulamos a idéia durante um curso de capacitação para professores das escolas técnicas estaduais, realizado no final de 1996, no CCA/UFSC, quando um professor, numa conversa no estacionamento do CCA, nos provocou até nos convencer que seria possível semear cenoura sem revolver o solo. Nossa palestra, que seria no dia seguinte, foi então reformulada e criamos a polêmica idéia na cabeça daqueles ensinadores. Terminado o breve curso, nossa oportunidade de praticar tal inovação seria em Gaspar, pois a horta de S. Ludgero estava sendo desativada.

*Na propriedade de Dario e Ângela, as áreas para nosso plantio eram formadas por 3 platôs escavados em morros por um antigo proprietário. Eram grandes terraços (de 0,5 a 1,5 ha), com o talude suportado pela colocação sistemática de pneus velhos em cujo interior foram plantados pés de pinheiro norte-americano. O solo destes locais era portanto um horizonte B – C, e estava coberto por gramíneas agressivas como a braquiária (*Brachiaria decumbens*) e a grama seda (*Cynodon dactylon*). Lavrar aquilo seria loucura. Expor aquele barro ao sol e vento só serviria para fazer tijolo, o que aliás, fora uma atividade comum na região. Tivemos a idéia de colocar a matéria orgânica em cima da grama, para que ela fosse dessecada, assim como a bosta faz com o pasto logo abaixo de onde ela cai. O jornal seria colocado por cima para garantir o abafamento total do pasto e manter a matéria orgânica úmida. Por cima do jornal tamparíamos com serragem. Assim fizemos e completamos o plantio de um platô de 0,5 ha. Estávamos iniciando o plantio no segundo platô quando, a 07/04/1997 o casal Dario e Ângela sofrem um acidente automobilístico fatal.*

Esta tragédia trouxe sérias mudanças na vida de todos os envolvidos no projeto. Os irmãos Soiber permanecem em S. Ludgero tentando continuar os plantios e as vendas.

Nós voltamos a Florianópolis sem ter exatamente onde ficar. Dormíamos um pouco na casa de cada parente ou amigo. Não vimos os primeiros resultados dos plantios em Gaspar, mas nos contam que foram bons. Ficamos até agosto sem muita perspectiva, apenas dando alguns cursos para agricultores pelo SENAR e procurando uma terra para comprar, que servisse de moradia para nós, minha mãe e meu irmão, (que haviam perdido a casa do Sta. Mônica - a mesma das primeiras experiências práticas - na enchente do natal de 1995), e ao mesmo tempo também para plantar. A procura foi exaustiva até que surgiu este terreno no Ratonés. A terra estava degradada e era totalmente em declive mas apresentava as vantagens de possuir uma boa casa e um fácil acesso, com calçamento até a entrada. Aconteceu então a venda do terreno no Sta. Mônica e a chegada de uma herança de meu avô paterno de São Paulo, simultaneamente, o que viabilizou a compra do sítio, de um fusca para meu irmão, um computador e uma pequena reforma na casa.

Entramos na propriedade em 01/09/1997, denominada Quintal da Ilha. Neste mesmo mês iniciamos os plantios com uma caçamba (5 m³) de esterco de cavalo financiada pela minha mãe e outra pelo pai da Cida, que também pagou a reforma das cercas. No início também pegávamos esterco de gado bovino em pastos da região, quando não éramos expulsos da pastagem pelo dono do precioso material.

Aplicamos a mesma metodologia dos canteiros elevados iniciada em Gaspar. Em dezembro já estávamos participando novamente da Ecofeira da Lagoa, grupo que ajudamos a fundar no CCA. A primeira feira vendeu R\$ 7,00. Em março de 1998 começamos a entrega de cestas domiciliares em Florianópolis, desta vez com composição livre, a pedido do consumidor, juntando produtos nossos e dos outros feirantes. Em dezembro deste mesmo ano iniciamos o fornecimento de produtos a dois mini - mercados da região da Trindade.

Em 1999 nossa comercialização somava 3 feiras semanais, uma entrega de cestas e dois mini - mercados. As cestas semanais somavam entre 35 e 40 clientes, aos quais não era mais possível atender numa só viagem com nosso veículo. No verão não estávamos mais conseguindo atender à demanda, devido à redução natural da produtividade das hortaliças cultivadas. Os grandes supermercados já estavam bem abastecidos de hortaliças orgânicas.

O dono de um dos mini - mercados que abastecíamos nos ensinou a dura lição de como funciona o relacionamento agricultor – supermercadista. Havia um outro grupo de agricultores orgânicos que também fornecia a este estabelecimento. Inicialmente as

condições de preço e devolução eram iguais para nós dois: mesmo preço para os dois grupos e metade da sobra recaía sobre o valor da nota da entrega. Alguns meses depois e este grupo concorrente passou a arcar com todo o valor da sobra. O dono do mercado veio falar comigo e tivemos que bancar toda a devolução também. Mais algum tempo se passou e o outro grupo baixou todos os preços das verduras, pois era inverno, período que existe excesso de produção na região. O dono veio falar comigo e eu lhe falei da impossibilidade de reduzir preços. Qual o procedimento do proprietário do ponto comercial? Ele zelou por oferecer mais do produto mais barato aos seus clientes. Passou então a reduzir o meu pedido e aumentar o do grupo concorrente. Porém ele só nos avisava quando já estava tudo colhido e empacotado. Fez isso três vezes, quando decidimos cessar o fornecimento. Isso ocorreu em novembro de 1999, quando já há dois meses tínhamos inaugurado nosso ponto comercial no bairro do Itacorubi. Esta loja foi a maneira encontrada de nos manter no mercado, pois as cestas estavam perdendo espaço para os supermercados com entrega em domicílio e não tínhamos como competir com volume de produção para os pontos varejistas.

Desde o ano de 2001, quando paramos de fazer feiras, o sítio produz exclusivamente para a loja, e recebe visitas de escolas, técnicos, leigos interessados e clientes. Regularmente oferecemos cursos sobre nossa técnica de plantio com aulas práticas no sítio. Vários estudantes do curso de Agronomia da UFSC e UDESC realizaram conosco seus estágios de conclusão de curso ou extra-curricular.”

4.1.1. Histórico e caracterização da propriedade

A propriedade é uma estreita faixa de terra, alongada no sentido norte – sul, com 20 m de largura por 2.000 m de comprimento, somando 4 ha. O relevo varia de suave a forte ondulado. O histórico da área no período anterior a 1997 inicia na sua cobertura vegetal original de mata atlântica (Floresta Ombrófila Densa). Não se sabe até que ponto esta cobertura era intacta, ou o manejo dos indígenas modificava significativamente sua constituição, a exemplo dos seringais e castanhais da Amazônia (Noble & Dirzo, 1997). O fato é que os indígenas nativos (Carijós da etnia Guarani) foram exterminados por doenças ou pela força do colonizador europeu e a mata/agroecossistema indígena foram destruídos mais intensamente desde 1748, quando chegou na Ilha de Santa Catarina o primeiro dos 4 navios oriundos do Arquipélago dos Açores. Uma destas naus aportou na localidade hoje chamada de Santo Antônio de Lisboa. Poucos anos depois, algumas famílias desprenderam-se deste local

e foram colonizar onde hoje fica Ratonés. Nesta data, estes europeus, já encontraram poucos habitantes nativos que cultivavam mandioca, milho, batata-doce, feijão, abacaxi, algodão. Tentaram então manter na região os plantios que realizavam no Hemisfério Norte, principalmente a cultura do trigo. Este cultivo não obteve sucesso, devido, principalmente, ao excesso de umidade na época da colheita. A cultura predominante que se estabeleceu então, entre os colonizadores, foi a da mandioca, além da cana-de-açúcar, do milho, do feijão, do arroz, do fumo, da cebola, do café e da pimenta do reino. Em 1797, conforme relata Caruso (1990), contava-se na Ilha de Santa Catarina, 350 engenhos de farinha de mandioca (adaptados dos engenhos para trigo), dos quais cerca de 50 só na bacia do Rio Ratonés, 38 fábricas de açúcar, 102 engenhos de aguardente, 67 atafonas de trigo e 2 engenhos de pilar arroz. O manejo da cultura da mandioca consistia basicamente na retirada da vegetação, queima dos resíduos vegetais, lavração do solo e plantio das manivas, mantendo a lavoura permanentemente isenta de qualquer vegetal diferente da cultura. Após um talhão de área se tornar improdutivo (após 5 a 8 anos de plantio sucessivo), ele era abandonado por cerca de 15 anos, quando a capoeira era novamente roçada e queimada, para outra seqüência de ciclos. Esta condição de manejo resultou numa drástica redução dos níveis de matéria orgânica dos solos, que eram os responsáveis pela manutenção da condição geral de fertilidade. Soma-se a isto o fato de que a cultura da mandioca é uma grande extratora de potássio do solo, reduzindo este que era o único nutriente em abundância originado da fração mineral.

A partir do período colonial, a localidade de Ratonés se destacou pela produção agrícola comercial, escoada de barco pelo Rio Ratonés até a Ponta da Daniela onde alcançavam a baía Norte da Ilha de Santa Catarina e chegavam ao Mercado Público Municipal, no Centro da Capital.

Com o passar dos anos a produtividade dos cultivos reduzia-se paulatinamente. O pousio das áreas não era suficientemente longo para permitir uma boa recuperação do solo e o manejo de capinas intensas reduzia ainda mais sua capacidade produtiva. Os moradores mais antigos contam que o local foi grande produtor de banana-maçã no passado, mas que as plantas começaram a definhar até se tornarem improdutivas. Provavelmente foram atacadas pelo Mal do Panamá, ao qual a variedade é suscetível, principalmente em solos de baixa condição de fertilidade.

Outro fator foi fulminante para quase eliminar a agricultura comercial do Ratonés. Em 1938-39 o DNOS concluiu os trabalhos de retificação parcial do Rio Ratonés e construção

de uma comporta, próximo do atual viaduto para Jurerê e Daniela. O fechamento da comporta, que impediu a passagem de barcos de carga, drenou parcialmente o mangue do Ratonés, pois impedia o livre acesso da maré alta. Com a construção da Rodovia SC 401, anos mais tarde, toda área à leste da rodovia foi drenada e o manguezal se reduziu apenas da margem oeste desta até o litoral. Estas obras, nos conta Tomás (1996), fizeram parte de um programa nacional de drenagem de áreas alagadas, e permitiram implantar no Brasil um modelo de cidades onde a estética do ‘limpo, seco, retilíneo’ (higienismo) imperou.

Muitos agricultores começaram então a transportar seu produtos por carroças, pelo lado Sul, cruzando os morros do Cacupé, Saco Grande e Itacorubi, seguindo até o Centro de Florianópolis. Esta era uma jornada que levava um dia inteiro ou mais, e exigia muito esforço dos animais de tração e das pessoas.

Assim o cenário do Ratonés se modificou: as lavouras de mandioca foram abandonadas gradativamente. Os últimos engenhos pararam de funcionar entre 1970 e 1980. As pessoas trocaram a agricultura por empregos urbanos como vigias, pedreiros ou faxineiros.

A propriedade rural do estudo está entre as que perderam sua função agrícola e foram divididas entre herdeiros não mais interessados em trabalhar na terra. Grande parte da propriedade foi então ocupada pela regeneração do ecossistema original. As áreas mais próximas da via de acesso foram transformadas em pastagens, para gado bovino e caprino. Devido ao uso contínuo com os animais e também às queimadas periódicas para conter espécies de plantas nativas (como a samambaia – *Pteridium aquilinum*, por exemplo), a condição desta pastagem em 1997 era degradada, não chegando, em alguns trechos, a cobrir 50% do solo. O proprietário anterior, que foi o primeiro a não residir no local, manteve este uso da terra e realizou uma ‘raspagem’ do horizonte A de uma parte do terreno. Os vizinhos contam que após esta ação com trator de esteira o solo daquele local permaneceu nu, “*sem nascer um pé de mato sequer*”, por seis meses.

4.2. Descrição das áreas do estudo

Para a descrição dos locais escolhidos como áreas de estudo foi feito um histórico de cada um deles. Os nomes científicos estão suprimidos a partir da segunda citação de cada organismo.

4.2.1. Área A

A área onde se construiu o canteiro A é a mais próxima à entrada da propriedade, localizada entre a sede e o limite frontal do terreno. Ali se encontravam exemplares diversos de *Citrus* sp (mexerica, laranja azeda, limão), jaboticabeiras (*Myrciaria cauliflora*), bananeiras (*Musa* sp), goiabeiras (*Psidium guayava*), cafezeiros (*Coffea arabica*) e um exemplar de canela (*Ocotea* sp). Os citros, as jaboticabeiras, bananeiras e cafezeiros demonstravam sinais de carência nutricional. A idade destes exemplares foi estimada entre 50 e 80 anos. Também nesta área havia um poço e uma casa de madeira retirada do local (canela e peroba – *Aspidosperma* sp), benfeitorias que já não existiam mais em 1997, e eram a sede de uma propriedade maior, formada por esta e várias outras vizinhas, antes do desmembramento entre herdeiros. Este espaço era, portanto o quintal da residência, local onde os antigos moradores mantinham frutíferas, cafezeiros (dos quais eram colhidos os grãos e torrados por eles próprios, numa prática aromática e nostálgica para os naturais da região) e outras plantas de interesse. É interessante notar a semelhança deste local com os hortos ou quintais domésticos, citados como precursores do ambiente horta no capítulo I. Um detalhe importante é que o solo era mantido totalmente descoberto por capinas regulares até 1997. O proprietário imediatamente anterior, um bancário aposentado que adquiriu a propriedade para lazer, colocou nas margens desta área um exemplar de acerola (*Malpighia glabra*) e outro de caquizeiro (*Dispyros kaky*). Após 1997 a configuração do local foi modificada: a maioria das árvores cítricas foram cortadas e destocadas, por estarem em grande parte tomadas pela erva-de-passarinho (*Struthanthus* sp), um parasita dos galhos de outros vegetais que acaba por causar a morte do hospedeiro; foram plantadas mais bananeiras ao longo do limite lateral oeste e uma espaldeira de maracujá (*Passiflora* sp) e guaco (*Mikania* sp); mais ou menos sobre o local onde ficavam o poço e a casa de madeira foi construído um abrigo para produção de mudas. As capinas foram imediatamente cessadas e a sucessão vegetal espontânea que ocupou a área foi inicialmente (1997 a 1999) dominada pela palma (*Gladiolus* sp) e ciperáceas (*Cyperus* spp), em seguida (1999 a 2001) pelo capim colonião (*Panicum maximum*) e braquiária. A partir de 2002 esta última divide espaço com ervas de porte rasteiro ou herbáceo como picão-preto (*Bidens pilosa*), trapoeirabas (*Commelina* sp e *Tradescantia* sp) e caruru (*Amaranthus* sp). Os cultivos que ocuparam a área a partir de 1997 foram quiabo, aipim, tomate, couve, brócolis e couve-flor. A partir de 2002 o uso foi mais intensivo, especialmente da área de 35 m² mais próxima do abrigo de mudas, com o estabelecimento de

sucessivos canteiros elevados. Nestes foi cultivado rúcula, rabanete, alface, chicória, radiche, nabo, beterraba, mostarda, salsa e cebolinha.

4.2.2. Área B

Esta área é localizada após a sede, no sentido Sul, e soma aproximadamente 1000 m². Em 1997 era a área de pastagem com cobertura mais densa, dominada pela braquiária, com a presença de diversas outras espécies, como trapoeiraba, capim colonião, capim branco (*Brachiaria mutica*), assa-peixe (*Vernonia* sp) e mentrasto (*Ageratum conyzoides*). Juntamente com a área do canteiro A, eram os dois únicos locais onde havia ocorrência da tiririca (*Cyperus rotundus*). No laudo de análise de solo daquele ano (v. tabela 2), corresponde à amostra 1, assim como no laudo de 2001 (v. tabela 3). Foi a área que recebeu mais atenção e cuidados, respondendo com as melhores produtividades. Ali foram feitos os primeiros canteiros elevados (figura 3) da propriedade, em setembro de 1997 e em 2000 foram realizados os primeiros transplantes sem covas. Em 1997/98 alguns plantios de vagem e brócolis foram inviabilizados por ocorrência de, respectivamente, vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e pulgões (*Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae*). Este primeiro inseto também inviabilizou o cultivo da abobrinha nesta área em 1998.

Tabela 2 - Laudo de análise de solo – Sítio Quintal da Ilha – setembro de 1997

Amostra	01	02	Unidade
Textura	22	21	% de argila
pH	5,2	5,0	
Fósforo	9,2	4,8	ppm
Potássio	91	89	ppm
Matéria Orgânica	4,0	4,0	%
Alumínio	0,5	0,8	me/%
Cálcio	1,8	1,1	me/%
Magnésio	1,6	1,7	me/%

4.2.3. Área C

A área do canteiro C corresponde à face norte do morro que o proprietário anterior fez a raspagem do horizonte A, realizada no ano de 1992. São 1000 m² que apresentavam em 1997 uma fraca cobertura vegetal (50% de solo descoberto) formada por capim gordura (*Melinis minutiflora*), braquiária, capim rabo-de-burro (*Schyzachyrium* sp), capim-das-roças (*Paspalum urvillei*) e alguns exemplares de maricá (*Mimosa bimucronata*) com porte arbustivo. No laudo de análise de solo de 1997 e 2001 (v. tabelas 2 e 3), corresponde à amostra 2. É a área de relevo mais inclinado das usadas para cultivo, apresentando declividade de aproximadamente 30%. No início de 1998 o local foi roçado e os exemplares de espinheiro arrancados. Foram realizados em covas plantios de pepino e abóbora moranga e de milho em sulcos. Os canteiros elevados que eram construídos suportavam apenas um cultivo (figura 4). A decomposição era tão rápida, que seu volume desaparecia em três meses. Os transplantes de brássicas em covas ali realizados eram pouco produtivos ou até quase inviabilizado pelo ataque de pulgões. A braquiária já dominava como planta de cobertura no verão de 1998/99 e a área de solo descoberto era praticamente nula. Nos invernos subseqüentes esta forrageira dividiu espaço com as trapoeirabas (figura 5). No inverno de 1999 as produtividades dos canteiros elevados já eram satisfatórias, principalmente de alface e cenoura. Os plantios de rúcula eram frustrados pelo aspecto clorótico das folhas e pelo rápido teor fibroso atingido pelas plantas. As brássicas de maior porte só atingiram aspecto comercial aceitável a partir de 1999 para o repolho, 2000 para a couve folha e 2001 para o brócolis. Atualmente, junto com a área B, são os setores de uso agrícola mais intensivo da propriedade. Uma visão geral destas duas áreas está exposta nas figuras 6 e 8.

4.2.4. Área D

Está localizada numa face sul da propriedade, após o morro do canteiro C, no sentido sul. Seu uso foi iniciado no final de 1999, com o corte de algumas vassouras (*Baccharis* spp.) que ocupavam o local. O extrato herbáceo era formado por plantas pioneiras da sucessão natural, nativas e exóticas, como samambaias (*Pteridium aquilinum* e *Gleichenia* sp), assa-peixe (*Vernonia* sp), gervão (*Stachytarphetta cayenensis*), macela (*Achyrocline satureioides*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*), poaia (*Richardia brasiliensis*), cordão-de-frade (*Leonotis nepetaefolia*) e outras, fazendo deste o local com maior diversidade botânica,

quando comparado com as áreas dos outros canteiros. Os canteiros elevados construídos nesta área não receberam fosfato natural de rocha.

Tabela 3 - Laudo de análise de solo – Sítio Quintal da Ilha – maio de 2001

Amostra	01	02	03	Unidade
Textura	19	17	23	% de argila
pH	6,0	6,1	5,6	
Índice SMP	6,4	6,5	6,1	
Fósforo	+ 50,0	+ 50,0	+ 50,0	ppm
Potássio	254	258	174	ppm
Mat. Orgânica	+ 10,0	+ 10,0	+ 10,0	%
Alumínio	-	-	-	cmolc/l
Cálcio	9,4	9,8	6,6	cmolc/l
Magnésio	5,1	5,3	3,2	cmolc/l
Sódio	31	48	24	ppm
S	15,29	15,98	10,35	cmolc/l
CTC	17,77	18,25	13,61	cmolc/l
V	86,02	87,56	76,07	%

Laboratório: CIDASC/Florianópolis

4.2.5. Área E

Este local fica a 100 m do canteiro D, no sentido sul. É uma área que estava abandonada em 1997, totalmente coberta com samambaia. Esta vegetação foi roçada por duas vezes, em 1997 e 1999. A partir daí a composição florística diversificou-se, incluindo o capim gordura, a braquiária e o capim rabo-de-burro (figura 7). Em setembro de 2000 foram plantados exemplares de banana branca na bordadura da área e mandioca no interior. Em 2002 os pés de banana não passavam de 1,80 m de altura e os de mandioca tinham em torno de 1,00 m.

Figura 3 – Imagem da área B em 1997, com os primeiros canteiros elevados.



Figura 4 – Canteiro e sulcos de plantio na área C em 1998.



Figura 5 – Braquiária e trapoeiraba: as principais plantas de cobertura verde da propriedade.



Figura 6 – Área B (com cultivos próximos à casa) e C (primeiro plano) com vegetação espontânea.



Figura 7 – Área E com vegetação espontânea, antes da construção do canteiro.



Figura 8 – Aspecto geral das áreas B e C em 1997. Notar manchas de solo descoberto.



Na tabela 4 está apresentada uma síntese das áreas dos canteiros, demonstrando porque foram escolhidas para observações e estudos.

Tabela 4 - Síntese diferencial das áreas escolhidas para o estudo.

Área	Característica principal
A	Local mantido regularmente capinado até 1997. Quintal da antiga sede. Usada em manejo esporádico com canteiros elevados, desde 1998.
B	Maior proporção de cobertura de solo em 1997, quando se iniciou um intenso manejo com canteiros elevados.
C	Local onde retiraram o horizonte A do solo. Maior declividade (30%). Também foi intensamente manejada com canteiros elevados, após 1998.
D	Área em processo de regeneração natural. Intensidade baixa de manejo com canteiros elevados, desde 1999.
E	Área não manejada com canteiros elevados. Foi usada para simular a evolução das outras do início do manejo até 2002

As características de cada área representam dois fatores antrópicos que influenciaram o desempenho agrícola dos mesmos. O primeiro é o manejo anterior a 1997, resultado da adaptação cultural que os colonizadores açorianos experimentaram, num ecossistema estranho à eles (v. seção 4.1.1.). O segundo é a face cultural dos que iniciaram o manejo dos canteiros elevados, após 1997 (v. seção 4.1.). Foi possível no presente estudo descrever com maior precisão os efeitos no solo deste último manejo, através do estabelecimento arbitrário de diferentes intensidades de manejo.

Cabe aqui uma pequena definição sobre o significado da expressão intensidade de manejo para este estudo, que será importante para compreensão dos resultados. Como a essência do método dos canteiros elevados está no aporte de quantidades apreciáveis de material orgânico na superfície do solo, intensidade significa quantas vezes este processo é repetido num determinado espaço de tempo. Obviamente existem nuances nas concentrações de nutrientes do material formador dos canteiros, e este trabalho pretende elucidar algumas,

mas a questão mais importante é descobrir quanto tempo os efeitos da colocação de material orgânico em quantidades determinadas duram, para as nossas condições de clima subtropical.

Mesmo sabendo que as influências do manejo após 1997 foram melhor exploradas, é necessário reconhecer que cada área guarda efeitos do manejo anterior. Por exemplo, a área A foi mantida capinada por muitos anos, característica cultural marcante dos descendentes de açorianos radicados no litoral sul brasileiro; a área C teve o horizonte A retirado por raspagem pelo proprietário anterior, urbano e desejoso de morar no campo, como seus antepassados. São atitudes com forte influência do higienismo, citado anteriormente na seção 4.1.1., como maneira de modificar o ambiente físico habitado pelo homem. Isso influenciou o ecossistema do solo destas áreas de muitas maneiras, que podem ser resumidas pela impossibilidade do estabelecimento da heterogeneidade espacial, descrita por Beare *et al* (1995).

4.3. Os dados pré-existent

O solo da área em estudo é classificado atualmente como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico. Estes são solos graníticos antigos em que, no processo de sua formação houve transferência de argila do horizonte A para o B (eluviação e iluviação), criando um gradiente textural. Provavelmente as argilas predominantes na composição deste solo são do tipo 1:1, das quais Meurer & Klamt (2000) destacam a caulinita como principal argilo-mineral presente na maioria dos solos ácidos tropicais e subtropicais, juntamente com os óxidos de ferro e alumínio.

O estado geral do solo da propriedade está documentado através de um laudo de análise de solo de 1997 (Tabela 2), de imagens do mesmo período (figuras 8 e 9) e de alguns relatos apresentados na seção 4.1.1. Após 1997 foi iniciado o manejo que é objeto do estudo. Foi resgatada outra análise de solo, feita em 2001, apresentada na tabela 3.

O manejo do solo desde 1997 consistiu em fortes incrementos iniciais de matéria orgânica e sua posterior manutenção através de adições menores, tendo como característica principal a não movimentação do solo. Assim, para cada lugar onde eram feitos os primeiros plantios em canteiros, procedia-se da seguinte maneira: a vegetação era roçada rente ao solo e o canteiro demarcado com estacas e barbante, sendo então depositados em cima da resteva, no primeiro preparo: fosfato de Araxá, cinzas de lenha, cama de aviário e cama de gado bovino. Quando eram feitas covas ou sulcos, os mesmos ingredientes eram colocados. Para o canteiro de primeiro cultivo as quantidades usadas das fontes de nutrientes eram as seguintes (extrapolando-se para t/ha): de 167 a 242 t/ha de cama de gado bovino fresca ou semicurtida, o que significam aproximadamente de 33,5 a 48,4 t/ha em matéria seca respectivamente, 4,00 t/ha de cama de aviário, considerados como matéria seca, 1,25 t/ha de fosfato de Araxá e 1,25 t/ha de cinzas de lenha. Estes materiais eram distribuídos num formato regular de canteiro e cobertos com uma camada de 6 folhas de jornal sobrepostas (figura 10) e outra camada de serragem (cerca de 83 t/ha) ou capim elefante (*Pennisetum purpureum*) triturado (cerca de 62 t/ha), conforme ilustrado na figura 11.

O canteiro recém construído permanecia em repouso por 15 a 30 dias, sendo então cortado ou furado (os jornais), para semeadura ou transplante, respectivamente (figura 12). Após a colheita do primeiro cultivo, um outro era imediatamente colocado, sem qualquer adubação. Um terceiro cultivo poderia ser feito, também sem adubação adicional. A partir de então, eram feitas adubações complementares com 4.000 kg/ha de cama de aviário para cada cultivo sucessivo, até que o canteiro não oferecesse mais condições de uso (altura reduzida a menos de 2 a 3 cm pela decomposição do material ou ocupação generalizada da área com plantas espontâneas), quando então ali eram feitas covas, sulcos ou transplantes sem covas, em berços (construção de uma estrutura de matéria orgânica sobre a resteva, semelhante ao canteiro elevado, porém com área reduzida – cerca de 90 cm² – suficientes para uma muda). Quando o canteiro ainda apresentava condições para plantio (considerando-se a altura e quantidade de resíduo), mas com a área ocupada por ervas espontâneas, poderia ser feita uma monda manual e realizado um novo transplante ou semeadura. Estas duas últimas situações só ocorreram após 2001, nas áreas B, C e D (v. descrição das áreas na seção 4.2.). Este ciclo todo iniciava-se geralmente no final do verão (fevereiro/março) e podia chegar até o mesmo período do ano seguinte. Para a reconstrução do canteiro elevado num mesmo local não se repetia a adubação com fosfato natural e as quantidades de matéria orgânica podiam ser reduzidas.

Após o terceiro ano de condução da propriedade, não foram mais incorporadas novas áreas em primeiro cultivo, quando a adubação completa descrita anteriormente deixou de ser feita. Cada área então recebia apenas as mesmas quantidades de esterco animal, conforme o uso em canteiro, sulco ou transplante, deixando-se de usar o fosfato natural. As cinzas foram deixadas de ser usadas logo em 1998, pois sua obtenção era difícil.

Figura 9 – Aproximação de foco em mancha de solo nu, em 1997. Notar partículas de quartzo na superfície e coloração parda do solo.



Figura 10 – Cobertura do canteiro elevado com jornal e capim triturado.



Figura 11 – Canteiros cobertos com capim triturado e serragem.



Figura 12 – Mudas de rúcula transplantadas em canteiro elevado.



Figura 13 – Salsão no canteiro A com trapoeirabas e outras plantas espontâneas.



Figura 14 – Alfaces em ponto de colheita no canteiro B.



Figura 15 – Chicória Palla Rosa no Canteiro B.



Figura 16 – Mudanças de beterraba transplantadas no canteiro B.



Na análise de solo feita em 2001 (tabela 3), as amostras 1 e 2 correspondem às mesmas áreas da análise de 1997, que são, respectivamente as áreas dos canteiros B e C. A amostra 3 corresponde à área do canteiro D, na qual foram iniciados os plantios em 1999. Como termo de comparação, foram coletadas simultaneamente em 2001, amostras de solo em outras duas propriedades de olericultura orgânica da região (Tabela 5), que praticam o revolvimento do solo com enxada rotativa, utilizam calcário para elevação do pH e cama de aviário como fertilizante principal.

Tabela 5 - Laudo de análise de solo – Propriedades olerícolas X e Y – Grande Florianópolis – maio de 2001 – média de 3 amostras.

	X	Y	Unidade
Textura	17	18	% de argila
PH	6,9	6.5	
Fósforo	+50.0	+50.0	ppm
Potássio	383	172	ppm
Mat. Orgânica	2.7	4.3	%
Alumínio	-	-	cmol _c /l
Cálcio	7.7	5.0	cmol _c /l
Magnésio	1.3	2.5	cmol _c /l
Sódio	38	13	ppm
S	9.49	8.00	cmol _c /l
CTC	10.87	9.64	cmol _c /l
V	86.91	82.87	%

Laboratório: CIDASC/Florianópolis

Observando as tabelas 3 e 5, percebe-se que as propriedades X e Y atingiram índices pH mais elevados em seus solos, porém possuem menor teor de matéria orgânica, menor CTC, menor soma de bases e teores semelhantes de fósforo e potássio. É importante

salientar que o manejo destas propriedades proporcionou esta condição quase imediatamente, enquanto que o Sítio Quintal da Ilha levou um período de tempo maior.

4.4. Evolução das unidades de análise

Nesta seção está descrita a evolução da comunidade vegetal de cada canteiro e os atos de manejo do estudo.

4.4.1. Canteiro A

A construção deste canteiro foi realizada em 06/11/2002, somando 8,80 m² (8,00 x 1,10 m). A comunidade de plantas que ali vegetava era formada por: 60% de braquiária; 20% de trapoeirabas e 20% do conjunto picão preto (*Bidens pilosa*), palma (*Gladiolos* sp), dente de leão (*Taraxacum officinale*) e centelha asiática (*Centella asiatica*). Essa vegetação foi roçada e sobre a resteva foram colocados esterco de bovinos, cama de galinheiro, jornal e palha de capim elefante triturada. Os dados anteriores à formação do canteiro, do material usado para sua construção e a evolução destas estão apresentados na seção 4.5. A tabela 6 resume a evolução da comunidade vegetal deste canteiro.

Tabela 6 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro A.

CANTEIRO A (8,80 m ²)	data da colheita	ocupação do canteiro*	produtividade (kg/m ²)
1° cultivo: alfaces	24/12/2002	-	2,08
2° cultivo: rúcula	11/02/2003	0,80	1,11
3° cultivo: alfaces	05/03/2003	-	1,25
4° cultivo: rabanete	12/05/2003	0,10	0
5° cultivo: salsão	20 a 27/08/2003	0,40	4,67
total	9 meses e 12 dias	-	80,2 kg
média	-	0,43	9,11

* Este dado diz respeito ao total do canteiro ocupado pela espécie cultivada. O complemento para alcançar a unidade está coberto por plantas espontâneas.

No dia 15/11/2002, nove dias após a construção do canteiro, foram transplantadas mudas de alface (*Lactuca sativa*), variedades cultivadas Regina e Hanson. A colheita deste primeiro cultivo ocorreu no dia 24/12/2002, com os exemplares da hortaliça apresentando tendência ao pendoamento precoce, problema comum no verão, quando as temperaturas máximas ultrapassam os 30°C. Em 07/01/2003 foram transplantadas mudas de rúcula (*Eruca sativa*) que atingiram ponto de corte a 11/02/2003. Nesta ocasião foi feita uma avaliação da ocupação do canteiro. A rúcula cobria 80% do canteiro e os 20% restantes eram divididos entre plantas espontâneas (10%) e canteiro aparente (palha e jornal). Devido às temperaturas elevadas e também pela aparência nutricional deficiente foi decidido que as rúculas seriam arrancadas, juntamente com as ervas espontâneas. Aos 12/02/2003 foi feita uma adubação de cobertura com 500 g de cama de galinheiro por metro de canteiro e transplantadas mudas de alface das variedades cultivadas Ban-chú e Quatro Estações com 50g de resto de peneira de vermicomposto por muda. A colheita destes ocorreu a 05/03/2003, quando apresentavam a mesma tendência ao pendoamento do primeiro cultivo. Neste mesmo dia foi semeado, em pequenos sulcos abertos transversalmente no canteiro a variedade cultivada de rabanete (*Raphanus sativus*) Crimson Gigante, que não se desenvolveu bem, determinando uma frustração de colheita e possibilitando que 90% do canteiro fosse coberto com plantas espontâneas. Em 15/05/2003 esta vegetação foi roçada, o canteiro novamente adubado com a

mesma quantidade de cama de galinheiro e nele foram transplantadas mudas de salsão ou aipo (*Apium graveolens* var. *dulce*) da variedade cultivada Flórida. Foram feitas duas amontoas²² durante o ciclo deste cultivo (aos 45 e 90 dias após o transplante) usando o próprio material residual do canteiro. A colheita ocorreu de 20 a 27/08/2003 quando os plantios do canteiro A foram encerrados para este estudo. Nesta ocasião o canteiro apresentava a seguinte configuração de cobertura vegetal: o salsão num estrato superior e abaixo dele a trapoeiraba (figura 13), juntos somando 80% de ocupação; os demais 20% eram ocupados por um conjunto vegetal formado por bela-emília (*Emilia sonchifolia*), ciperáceas, braquiária, caruru (*Amaranthus* spp.), serralha (*Sonchus oleraceus*), pega-pega (*Desmodium adscendens*), picão preto, maria-pretinha (*Solanum americanum*) e quebra-pedra (*Phyllanthus* sp).

A decisão de encerrar o cultivo no canteiro A está embasada no seguinte critério empírico: os esforços para cultivo (uma monda, duas adubações de cobertura e uma roçada) resultaram no crescimento vigoroso das plantas espontâneas, enquanto que os cultivos tiveram produtividades inferiores aos canteiros B, C e D; deixou-se então a biomassa vegetal se desenvolver para ser usada no próximo ciclo de produção como adubação verde e/ou substrato para novo canteiro elevado.

4.4.2. Canteiro B

A construção do canteiro B ocorreu em 28/09/2002 e sua área total somou 21,45 m² (19,5 x 1,10 m). A ocupação vegetal consistia em 50% de braquiária, 20% de papuã (*Brachiaria plantaginea*), 10% de milhã (*Digitaria sanguinalis*) e 10% de capim pé-de-galinha (*Eleusine indica*). O processo de construção do canteiro elevado foi idêntico ao descrito para o canteiro A. As características do solo e material formador do canteiro escolhidas para discussão estão apresentadas na seção 4.5. A tabela 7 resume a evolução da comunidade vegetal deste canteiro.

²² Prática que consiste em acumular terra e/ou material orgânico ao redor da planta até que o broto apical fique quase totalmente coberto. O objetivo é estiolar os talos para que fiquem longos, despigmentados e tenros.

Tabela 7 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro B.

CANTEIRO B (21,45 m ²)	data da colheita	ocupação do canteiro*	Produtividade (kg/m ²)
1° cultivo: cenoura	05/01/2003	0,35	2,17
2° cultivo: alfaces	04/02/2003	1,00	1,91
3° cultivo: rúcula	24/02/2003	-	1,22
4° cultivo: abobrinha	de 30/04 a 05/06/2003	0,80	3,00
5° cultivo: chicória	05/08/2003	-	5,44
6° cultivo: beterraba	de 24/10 a 10/11/2003	0,80	9,20
total	13 meses e 7 dias	-	492,1 kg
média	-	0,74	22,94

* Este dado diz respeito ao total do canteiro ocupado pela espécie cultivada. O complemento para alcançar a unidade está coberto por plantas espontâneas.

O primeiro cultivo foi de cenoura (*Daucus carota*) variedade cultivada Brasília, semeada diretamente no canteiro em 03/10/2002, que teve a camada de jornal previamente cortada transversalmente, para que as sementes atingissem a superfície da camada de esterco bovino. Estes sulcos eram preenchidos, após a semeadura, com serragem fina de serraria ou de madeira. Aos 10/11/2002 foi feito o desbaste das cenouras até um espaçamento mínimo de 5 cm na linha e uma monda, pois as plantas espontâneas já ultrapassavam o porte das plântulas de cenoura. Quando ocorreu a colheita da cenoura as plantas espontâneas ocupavam a maior parte do canteiro (65%). Após esta colheita a vegetação foi roçada e sobre esta resteva foi colocado capim elefante triturado (60 kg). Aos 09/01/2003 ocorreu o transplante do segundo cultivo: alface das variedades cultivadas Grands Rapids e Regina (figura 14), acrescentando 50 g de resto de peneira de vermicomposto. Na ocasião desta colheita a ocupação do canteiro pela hortaliça era total. No dia 05/02/2003 foi transplantada rúcula para o terceiro cultivo do canteiro, também com igual colocação de resíduo de vermicomposto. Em 31/03/2003 foram transplantadas mudas de abobrinha (*Cucurbita pepo*), variedade cultivada Caserta, em covas espaçadas 0,80 x 0,80 m, com adubação de 300 g de cama de galinheiro em cada, iniciando o quarto cultivo. Aos 10/04/2003 foi feita adubação de cobertura com 500 g

de composto em cada pé de abobrinha. Dez dias depois foi aplicado *Bacillus thuringiensis* para reduzir a população de brocas (*Diaphania nitidalis* e *D. hyalinata*). Foi o primeiro cultivo desta hortaliça com sucesso na propriedade. A tentativa anterior ocorreu em 1998 nesta mesma área e foi inviabilizada pela vaquinha (*Diabrotica speciosa*), pequeno coleóptero que consome as folhas desta e de outras plantas. A cultura da abobrinha cobria 80% do canteiro e os demais 20% eram divididos entre capim branco, trapoeirabas, ciperáceas e caruru. Em 10/06/2003 foi feito o transplante de mudas do quinto cultivo: chicórias (*Cichorium endivia*) variedades cultivadas Amazonas Lisa e Palla Rosa (figura 15), com o mesmo manejo de roçada, colocação de palha e adubação do segundo cultivo. Foi necessária uma monda em 01/07 pois o capim branco começava a abafar as plântulas de chicória. Em 29/07/2003 ocorreu a última colheita desta hortaliça e dois dias depois foram transplantadas mudas de beterraba (*Beta vulgaris*), variedade cultivada Early Wonder, como sexto cultivo (figura 16), com adubação de 50g de esterco bovino por muda. Após o fim da colheita desta hortaliça (figura 17) foi encerrado o período de cultivo do canteiro, que totalizou 1 ano.

Figura 17 – Beterrabas em ponto de colheita no canteiro B.



4.4.3. Canteiro C

O canteiro C foi construído aos 30/09/2002, com 17,6 m² (16,0 x 1,10). A vegetação compreendia 60% de grama azeda (*Paspalum conjugatum*), 15% de braquiária e os demais 15% divididos entre ciperáceas, trapoeirabas, grama seda, capim pé-de-galinha, caruru e capim-das-roças. O processo de construção do canteiro segue a mesma descrição exposta anteriormente. As características do solo e material formador do canteiro escolhidas para discussão estão apresentadas na seção 4.5. A tabela 8 resume a evolução da comunidade vegetal deste canteiro.

O primeiro cultivo foi a variedade cultivada de alface Regina, implantada em 06/11/2002, que atingiu a maior produtividade desta hortaliça durante o estudo. Aos 10/11/2002 foi implantado o segundo cultivo pelo transplante de mudas de rúcula, com a prévia adubação de cobertura com 500g/m de cama de galinheiro. Na ocasião da colheita desta cultura a ocupação do canteiro apresentava-se com 10% de braquiária e caruru, 40% da cultura implantada e 50% da mesma coberta por corda-de-viola (*Ipomea* sp), sem haver qualquer comprometimento de vigor ou qualidade da hortaliça. Em seguida foi feita a monda do canteiro e semeado o terceiro cultivo, rabanete da variedade cultivada Crimson Gigante, aos 20/12/2002. Na ocasião da colheita deste cultivo a cobertura vegetal era formada por 60% de rabanete, 20% de rabanete e corda-de-viola, 10% de milhã e capim rabo-de-raposa (*Setaria geniculata*) e 10% de canteiro aparente. O quarto cultivo foi novamente rúcula, implantada em 16/01/2003, com adubação de 50% de uma mistura de composto e esterco bovino, a qual alcançou a maior produtividade da cultura neste estudo (figura 18). Neste ponto o canteiro se encontrava decomposto, e não era mais possível diferenciá-lo visualmente do solo original. Aos 26/02/2003 foi implantado o quinto cultivo, milho (*Zea mays*), variedade crioula Palha Roxa. O plantio foi feito após roçada a vegetação, em 2 sulcos distanciados 0,90 m e adubados com 500g de cama de galinheiro por metro linear. Estes sulcos ficaram localizados próximos às laterais do canteiro. A densidade do milho na linha foi de 3 plantas por metro. No centro deste foram feitas covas distanciadas 1,20 m onde semeou-se a leguminosa feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*) com o objetivo de cobrir o solo e contribuir para fertilização. A produtividade desta cobertura cultivada foi de 1,815 kg/ m². A cobertura vegetal ao final deste consórcio era de 70% milho, 20% feijão-de-porco, 10% braquiária e 10% trapoeirabas. Após a colheita do milho esta vegetação foi roçada e foi implantado o último cultivo, através da colocação de pequenos montes de esterco bovino (3 kg) em cima da resteva, chamados de

berços de transplante, onde imediatamente se transplantou mudas de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) da variedade cultivada Ramoso Santana (figuras 19 e 20). O espaçamento entre os berços foi de 0,80 x 1,00 m. Foram realizadas duas roçadas da vegetação espontânea durante o ciclo desta cultura. Após o término da colheita do brócolis encerrou-se o ciclo de cultivo deste canteiro. Nas figuras 21 e 22 está evidenciado o convívio ocorrido entre este cultivo e as plantas espontâneas.

Nos canteiros C e D, ocorreram coletas do material formador numa segunda oportunidade: para o caso do canteiro D, houve uma reconstrução do mesmo antes do término do estudo; para o canteiro C ocorreu um transplante sem covas (em berços), onde se analisou a matéria orgânica usada como substrato para transplante. Estas duas coletas não estavam previstas na metodologia porém, justifica-se a inclusão pois, no caso do canteiro C tratou-se de um considerável aporte de matéria orgânica para possibilitar o transplante, como se fossem pequenos pedaços de um novo canteiro elevado construído. Para o canteiro D testou-se uma nova metodologia de construção de canteiro elevado, sem a camada de jornais e com uma proporção maior de capim triturado. Com isto, ficou incluído no presente estudo um tipo de manejo que vem sendo desenvolvido na propriedade desde o ano 2000, mas que ainda não está estabelecido como prática.

Tabela 8 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro C.

CANTEIRO C 17,60 m ²	data da colheita	ocupação do canteiro*	produtividade (kg/m ²)
1º cultivo: alface	-	-	4,71
2º cultivo: rúcula	10/12/2002	0,90	1,14
3º cultivo: rabanete	de 08 a 12/01/2003	0,60	2,11
4º cultivo: rúcula	14/02/2003	-	1,64
5º cultivo: milho verde	de 14 a 26/06/2003	0,70	2,00
6º cultivo: brócolis	de 03/09 a 29/10/2003	0,80	1,19
total	11 meses e 22 dias	-	225,1 kg
média	-	0,75	12,79

* Este dado diz respeito ao total do canteiro ocupado pela espécie cultivada. O complemento para alcançar a unidade está coberto por plantas espontâneas.

Figura 18 – Rúcula em ponto de corte no canteiro C.

Figura 19 - Brócolis desenvolvido sobre o berço de esterco (Canteiro C).



Figura 20 – Mudas de brócolis recém transplantadas nos berços (Canteiro C).



Figura 21 – As plantas de brócolis dentro da área demarcada pertencem ao Canteiro C.



Figura 22 – Brócolis do Canteiro C convivendo com plantas espontâneas principalmente braquiária e trapoeiraba.



4.4.4. Canteiro D

Este canteiro foi construído em 30/10/2002, somando 14,30 m² (13,0 x 1,10 m). A ocupação vegetal da área do canteiro era formada por 30% de braquiária, 20% de papuã, 10% de centelha asiática e os demais 40% com um conjunto de ciperáceas, grama azeda, picão preto, caruru, capim colônia, trapoeirabas e grama seda. O processo de construção foi igual aos canteiros anteriores e as características do solo e material formador escolhidas para discussão estão apresentadas na seção 4.5. A tabela 9 resume a evolução da comunidade vegetal deste canteiro.

Tabela 9 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro D.

CANTEIRO D (14,30 m ²)	data da colheita	ocupação do canteiro*	produtividade (kg/m ²)
1° cultivo: beterraba	18/12/2002	0,80	4,50
2° cultivo: alface	13/02/2003	0,60	2,58
3° cultivo: milho verde	26/06/2003	0,70	1,48
4° cultivo: cenoura	20/11/2003	0,30	1,53
Total	12 meses e 13 dias	-	144,3 kg
média	-	0,60	10,1

* Este dado diz respeito ao total do canteiro ocupado pela espécie cultivada. O complemento para alcançar a unidade está coberto por plantas espontâneas.

O primeiro cultivo foi a beterraba variedade cultivada Itapuã, implantada aos 07/11/2002. Esta hortaliça ocupou 80% do canteiro ao final do ciclo e nos 20% restantes estavam o papuã e o caruru. O segundo cultivo, alface Ban-chú, foi implantado aos 05/01/2003, cobriu 60% do canteiro na ocasião da colheita, que também continha 10% de sua área coberta com papuã e braquiária e 30% de canteiro aparente. Pelo vigor e velocidade com que o canteiro era coberto pelas braquiárias, decidiu-se implantar um cultivo de porte alto. Foi escolhido o milho variedade Branca, semeado diretamente em sulcos da mesma forma descrita para o canteiro C, em 27/02/2003. O feijão-de-porco consorciado produziu 1,080 kg/m². Ao final do ciclo deste consórcio que compreendeu o terceiro cultivo, a população de

plantas era formada por 70% de milho, 10% de feijão-de-porco, 10% de trapoeirabas, 5% de braquiária, 5% de mentrasto (*Ageratum conyzoides*) e 5% de centelha asiática.

Figura 23 – Canteiro D com milho antes de ser roçado para a reconstrução do canteiro.



Neste ponto decidiu-se que o canteiro seria reconstruído de forma distinta dos demais: o milho foi acamado manualmente e colocou-se camadas sucessivas de capim elefante triturado, cama de galinheiro e esterco bovino e por último nova camada de capim triturado. Esta seqüência está apresentada nas figuras 23 a 27. Isto ocorreu em 11/07/2003. O total de material orgânico usado foi de 200 kg de capim triturado, 13 kg de cama de galinheiro e 280 kg de esterco bovino. A composição desta mistura foi analisada e os resultados estão apresentados na seção 4.5. O novo canteiro ficou em repouso por 31 dias quando se efetuou a semeadura direta em sulcos transversais de cenoura da variedade cultivada Carandaí (figura 28). Os sulcos foram fechados utilizando-se esterco de invertebrados detritívoros do solo. Este

material é acumulado na periferia de montes de esterco ou composto. Ao final do ciclo da cenoura a comunidade vegetal era formada por 60% da hortaliça, 20% de juás (*Solanum ciliatum* e *S. aculeatissimum*) e 20% de um conjunto de tiririca (*Cyperus rotundus*) e outras ciperáceas, papuã, picão-preto, maria-pretinha, trapoeirabas, centelha asiática, braquiária e serralha.

As folhas da cultura da cenoura foram quase totalmente cortadas pela formiga quenquém (*Acromyrmex* sp). A última ocorrência deste inseto alimentando-se de hortaliças cultivadas na propriedade foi em 1998.

Figura 24 – Reconstrução do canteiro D: milho e ervas espontâneas roçadas e acamadas.



Figura 25 – Reconstrução do canteiro D: capim triturado colocado sobre a vegetação roçada.



Figura 26 – Reconstrução do canteiro D: colocação de esterco bovino.



Figura 27 – Reconstrução do canteiro D: colocação da última camada de capim triturado.



Figura 28 – Plântulas de cenoura no canteiro D reconstruído. Notar plantas espontâneas vegetando.



4.4.5. Canteiro E

Este canteiro foi construído em 02/06/2003, com dimensões de 8,00 x 1,10 m. Adotou-se um processo igual ao realizado nos primeiros canteiros elevados feitos na propriedade, conforme descrito na seção 3.4., exceto pelo uso do composto ao invés de esterco bovino. É importante ressaltar que foi usada serragem como parte da cobertura sobre a camada de jornais (figura 29). As características do solo e material formador escolhidas para discussão estão apresentadas na seção 4.5. A tabela 10 resume a evolução da comunidade vegetal deste canteiro.

Tabela 10 - Resumo da evolução da comunidade vegetal do canteiro E.

CANTEIRO E (8,80 m ²)	data da colheita	ocupação do canteiro*	Produtividade (kg/m ²)
1° cultivo: alface	25/08/2003	0,90	2,03
2° cultivo: rabanete	30/09/2003	0,10	0
3° cultivo: rúcula	11/11/2003	0,30	0,53
total	3 meses e 26 dias	-	22,5 kg
média	-	0,43	2,56

* Este dado diz respeito ao total do canteiro ocupado pela espécie cultivada. O complemento para alcançar a unidade está coberto por plantas espontâneas.

O primeiro cultivo foi a alface variedades cultivadas Ban-chú e Grands Rapids, implantado em 15/07/2003, e que cobriu 90% do canteiro, deixando 10% aparentes (figura 30). O segundo cultivo escolhido foi a variedade cultivada de rabanete Gigante de Würzburg (figura 31) semeada em sulcos aos 27/08/2003, resultando numa frustração de colheita em 30/09/2003. Nesse mesmo dia foi feita uma adubação de cobertura com 500g de cama de galinheiro por metro de canteiro, e transplantadas mudas de rúcula como terceiro cultivo, com acréscimo de 50g de composto por muda. Ao final do ciclo deste cultivo a ocupação vegetal do canteiro exibia 30% de rúcula, 60% de canteiro aparente e 10% de ciperáceas, gervão (*Stachytarphetta cayenensis*), assa-peixe (*Vernonia* sp), pega-pega, paricá (*Aeschynomene* sp), quando o estudo foi encerrado. Este foi o único canteiro que possibilitou a separação nítida entre ele e o solo original, ao final do estudo, embora estivesse incapacitado de sustentar mais um cultivo olerícola.

Figura 29 – Cobertura do Canteiro E com jornal e serragem.



Figura 30 – Alface em ponto de colheita no Canteiro E. Notar menor tamanho em relação aos do canteiro B (figura 14).



Figura 31 – Plântulas de rabanete emergindo no Canteiro E.



Figura 32 – Torrão de solo em local não manejado com canteiros elevados (Área E).



Figura 33 – Grumos e grânulos do solo após final de ciclo de cultivos em canteiros elevados (Canteiro C).



4.5. Avaliação dos parâmetros do solo

A discussão dos dados obtidos sobre os parâmetros do solo está agrupada por variável para facilitar a apresentação do resultado estatístico. Na tabela 11 estão as médias e os erros padrão referentes as parâmetros físico e químicos do solo, enquanto que na tabela 12 são apresentadas as probabilidades de erro oriundas das análises de variância para esses parâmetros. Os gráficos contendo os dados referentes à essas variáveis também estão agrupados, e são apresentados conforme mencionados ao longo dos textos nas seções seguintes, na respectiva discussão de cada variável.

Tabela 11 - Médias e erros padrões dos parâmetros físico e químicos do solo.

unidades de análise*	densidade aparente (g/cm ³)	pH	P (ppm)	K (ppm)	MO (%)	Al (cmol _e /l)	Ca (cmol _e /l)	Mg (cmol _e /l)	C org. (%)	N total (%)
A1	1,28 ± 0,058	5,4 ± 0,108	25,9 ± 14,035	166,0 ± 84,264	3,9 ± 0,74	0,2	4,67 ± 0,794	1,83 ± 0,563	2,27 ± 0,857	0,21 ± 0,066
A2	0,60 ± 0,058	6,3 ± 0,108	185,2 ± 14,035	422,7 ± 84,264	5,2 ± 0,74	0,0	5,40 ± 0,794	3,77 ± 0,563	3,04 ± 0,857	0,23 ± 0,066
B1	0,40 ± 0,058	6,0 ± 0,108	204,0 ± 14,035	290,7 ± 84,264	5,4 ± 0,74	0,0	5,37 ± 0,794	2,60 ± 0,563	3,12 ± 0,857	0,25 ± 0,066
B2	0,57 ± 0,058	6,0 ± 0,108	259,1 ± 14,035	308,0 ± 84,264	11,6 ± 0,74	0,0	10,47 ± 0,794	5,90 ± 0,563	6,74 ± 0,857	0,57 ± 0,066
C1	0,64 ± 0,058	6,0 ± 0,108	188,0 ± 14,035	218,0 ± 84,264	3,1 ± 0,74	0,0	5,10 ± 0,794	1,87 ± 0,563	1,82 ± 0,857	0,21 ± 0,066
C2	0,70 ± 0,058	6,2 ± 0,108	267,4 ± 14,035	388,7 ± 84,264	10,5 ± 0,74	0,0	9,27 ± 0,794	4,77 ± 0,563	6,09 ± 0,857	0,34 ± 0,066
D1	0,96 ± 0,058	5,9 ± 0,108	167,0 ± 14,035	176,3 ± 84,264	4,8 ± 0,74	0,0	7,40 ± 0,794	2,90 ± 0,563	2,81 ± 0,857	0,30 ± 0,066
D2	0,47 ± 0,058	6,4 ± 0,108	231,2 ± 14,035	1042,3 ± 84,264	16,3 ± 0,74	0,0	8,03 ± 0,794	5,07 ± 0,563	9,44 ± 0,857	0,43 ± 0,066
E1	1,04 ± 0,058	5,0 ± 0,108	4,6 ± 14,035	116,7 ± 84,264	2,5 ± 0,74	1,0	1,47 ± 0,794	0,47 ± 0,563	1,45 ± 0,857	0,11 ± 0,066
E2	0,99 ± 0,058	6,4 ± 0,108	240,2 ± 14,035	620,0 ± 84,264	6,0 ± 0,74	0,0	4,73 ± 0,794	2,97 ± 0,563	3,51 ± 0,857	0,20 ± 0,066

* As letras representam as unidades primárias de análise (canteiros) e os algarismos as unidades secundárias (momentos).

Tabela 12 - Valores das probabilidades (P) do erro tipo I* para os parâmetros físico e químicos do solo.

análise de variância	densidade aparente	pH	P	K	MO	Al	Ca	Mg	C org.	N total
canteiro	0,0001	0,0125	0,0001	0,0168	0,0033	0,0001	0,0005	0,0078	0,0078	0,0207
momento	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0082
canteiro x momento	0,0001	0,0004	0,0001	0,0041	NS	0,0001	0,0599	NS	0,0534	NS
contrastes										
A, B, C, e D										
x	-	-	-	-	0,0055	-	-	0,0018	-	0,0122
E										
A e D										
x	-	-	-	-	NS	-	-	NS	-	NS
B e C										

*Erro tipo I é o erro que se comete ao declarar que existe diferença entre os valores das variáveis encontrados quando estatisticamente ela não existe (Ferreira, 1991).

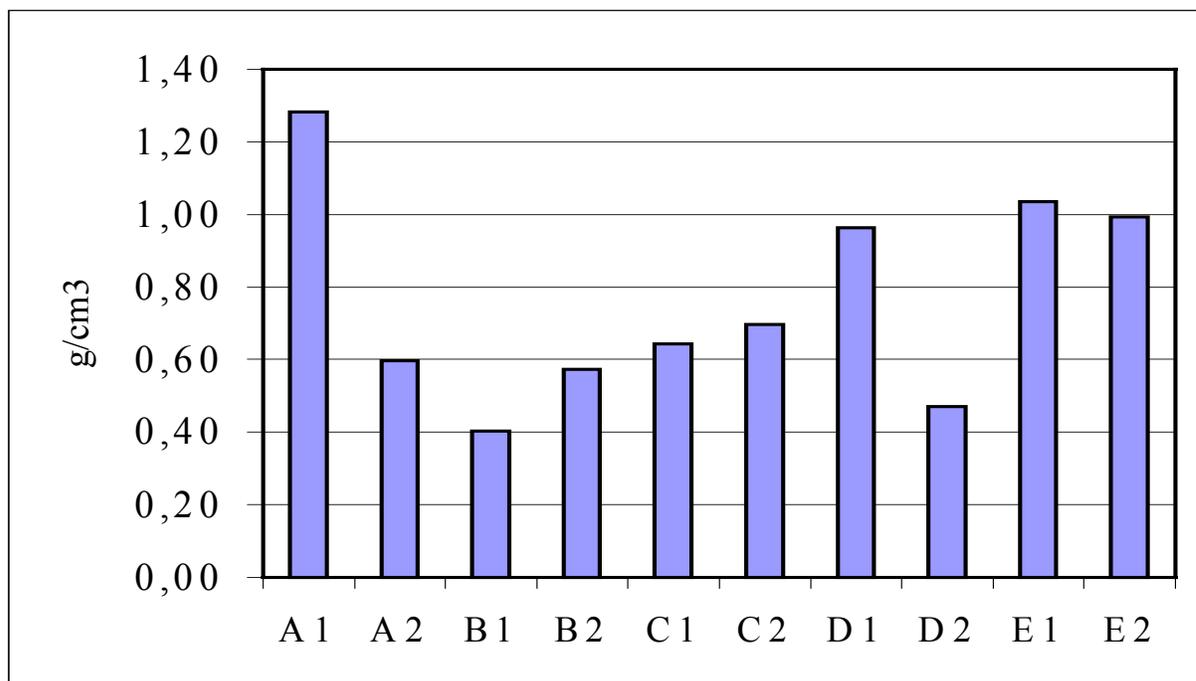
4.5.1. Avaliação dos parâmetros físico e químicos

Para todas as variáveis dos parâmetros físico e químicos (tabela 11) houve diferença significativa entre as unidades primárias (canteiros) e secundárias (momentos), cujas probabilidades de incorrer no erro tipo I estão na tabela 11. Admite-se então que a história anterior de manejo de cada canteiro influenciou na variação, bem como a atuação do manejo no ciclo completo de cultivos do estudo. Já a análise da interação entre as unidades de análise (canteiros e momentos) foi significativa para todas as variáveis, exceto para os teores de magnésio, nitrogênio total e matéria orgânica. Para estas foi calculado o contraste, conforme seção 3.4., e a apreciação dos resultados está na discussão de cada variável, apresentada a seguir.

Densidade aparente

Pelos resultados apresentados na tabela 11 e gráfico 1 nota-se que para os canteiros B, C e E houve pouca variação entre os valores iniciais e finais de densidade aparente, enquanto que para os canteiros A e D houve redução para a metade dos valores iniciais.

Gráfico 1 – Variações médias na densidade aparente de solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.



Relacionando estes dados com o manejo adotado podemos inferir que:

- apenas um ciclo de cultivo com canteiro elevado não foi suficiente para alterar a densidade do solo, o que ocorreu no canteiro E neste trabalho e possivelmente nos demais em maior ou menor intensidade, quando se adotou o manejo (1997, na área B; 1998, na A e C e 1999, na D);
- o valor inicial mais alto de densidade do solo no canteiro A pode ser justificado pelo manejo menos intensivo que lhe foi aplicado, o que se traduz como menos canteiros elevados sendo constituídos no mesmo período de tempo, e pela condição de terreno capinado em que foi mantida a área até 1997. O manejo menos intenso foi, porém suficiente para proporcionar uma redução significativa na densidade durante a execução deste trabalho;
- uma avaliação análoga pode ser feita em relação ao canteiro D, com a ressalva de que ele não foi capinado num passado próximo, o que pode justificar os valores iniciais e finais menores em relação ao canteiro A;

- o horizonte superficial da área do canteiro C, retirado em 1992 pelo antigo proprietário, foi recomposto pelo manejo adotado a partir de 1998.

Admite-se portanto, que o manejo em estudo está proporcionando condições para formação da heterogeneidade espacial definida por Beare *et al* (1995) e descrita na seção 2.1. Podemos também interpretar que parte do volume de poros representado pela baixa densidade é o resultado de uma interação organismos – ambiente (Lewontin, 2002, v. seção 1.5.): o material orgânico adicionado para formação dos canteiros elevados atrai e/ou permite o desenvolvimento de diversos organismos que alteram o ambiente dentro de suas habilidades e possibilidades, mantendo condições (umidade, aeração, nutrientes) para sua sobrevivência e de outros organismos. Supõe-se que um ciclo de manejo com canteiros elevados (canteiro E) não seja suficiente para o estabelecimento desses organismos. Cabe ressaltar que a matéria orgânica possui densidade menor que o solo mineral, o que também contribuiu na redução dos valores desta variável. A alteração da densidade do solo pode ser visualizada nas figuras 32 e 33.

pH e alumínio

A semelhança dos valores encontrados em 1997 (tabela 2) e iniciais do solo dos canteiros A e E (tabela 11), indicam que a elevação de pH causada pelo manejo e discutida a seguir é dependente da continuidade regular deste manejo.

O resultado da análise de pH do material formador dos canteiros mostra que o caráter médio da mistura orgânica era básico para os canteiros A e D, quase neutro para o canteiro E e levemente ácido para os canteiros B e C (gráfico 2). O caráter básico de uma amostra de material orgânico está ligado, segundo Kiehl (1985), à sua concentração de cátions básicos como potássio, cálcio e magnésio. Observando os gráficos 2 e 3 percebe-se que os maiores teores de potássio coincidem com os maiores valores de pH.

Os resultados da análise das coletas do material da segunda formação dos canteiros C e D (v. seções 4.4.3. e 4.4.4.) estão apresentados nos gráficos 4, 5 e 6. Novamente percebe-se que o pH básico do canteiro C – berços – (gráfico 4) coincide com teores mais elevados de potássio (gráfico 6). É importante lembrar que este caráter básico do material não comprometeu o transplante da cultura do brócolis. Observando os gráficos 5 e 6 nota-se que a menor relação C/N coincide, obviamente, com os teores maiores de nitrogênio (canteiro C –

berços), e com os valores maiores de pH (gráfico 4), com os quais o nitrogênio pode estar contribuindo, como será comentado mais adiante.

Com os resultados da variável pH do solo (gráfico 7 e tabela 11), podemos inferir que para elevação do pH do solo o papel do manejo foi efetivo, porém com algumas nuances. Sabemos que o pH das áreas dos canteiros B e C era de 5,2 e 5,0 em 1997, respectivamente (v. tabela 2), semelhantes ao valor inicial para o canteiro E, neste estudo. Acrescenta-se a isso a maior intensidade de manejo dos canteiros B e C, e teremos que:

- os canteiros B e C não apresentaram diferença significativa entre o pH inicial e final, pois o pH inicial já tinha sido modificado pelo manejo intensivo anterior;
- os valores iniciais de pH do solo dos canteiros A, D e E obedecem ao gradiente de intensidade de manejo: baixa, média e nenhum manejo anterior, respectivamente.

Gráfico 2 – Valores médios de pH do material formador dos canteiros (A, B, C, D e E) do estudo.

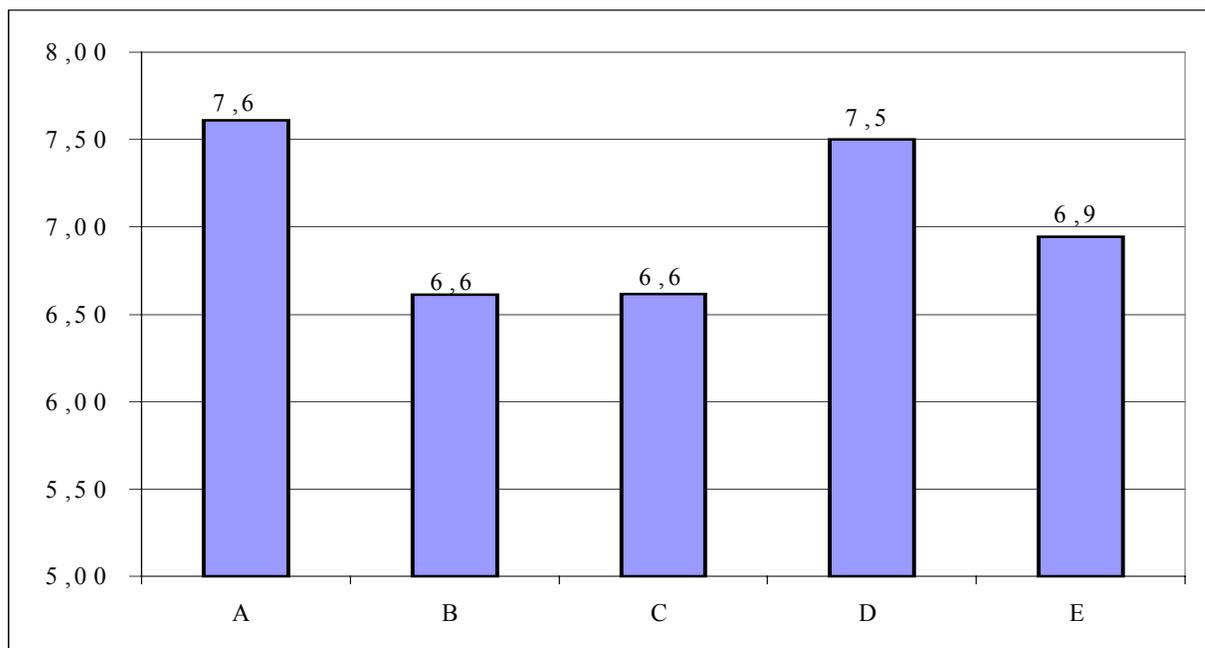


Gráfico 3 – Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) do material formador dos canteiros (A, B, C, D e E) do estudo.

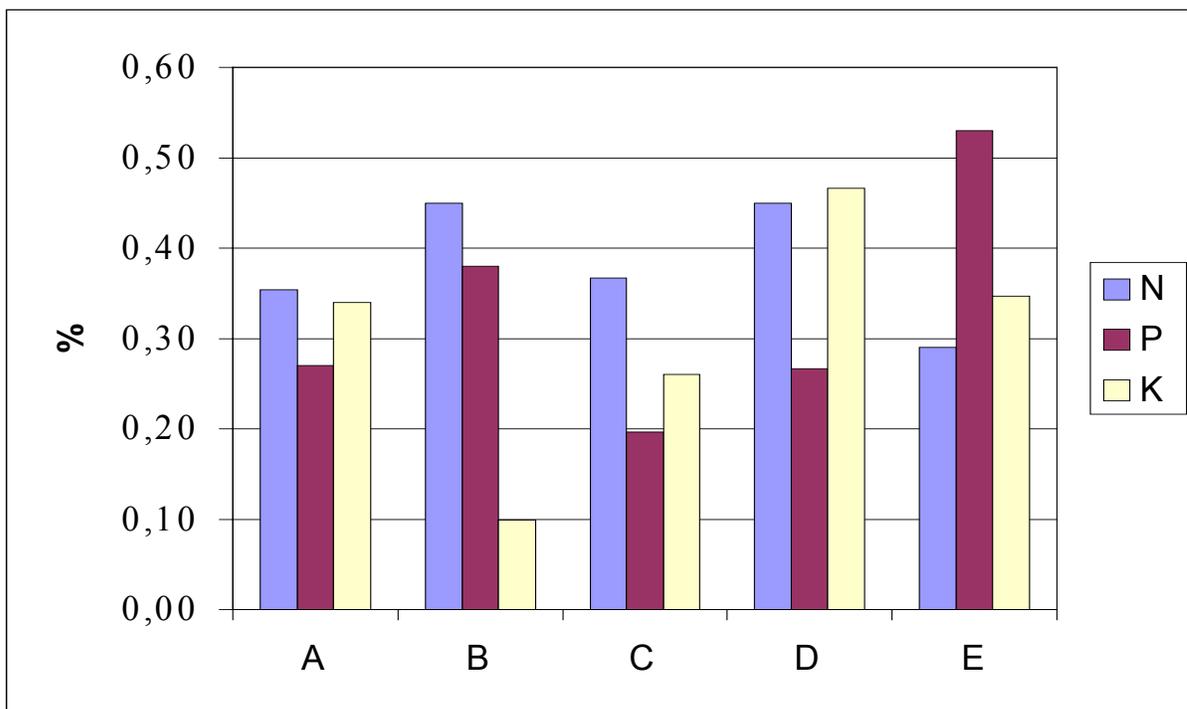


Gráfico 4 – Valores médios de pH do material formador dos canteiros C (berços de transplante) e D (reconstrução) e do resíduo final do canteiro E.

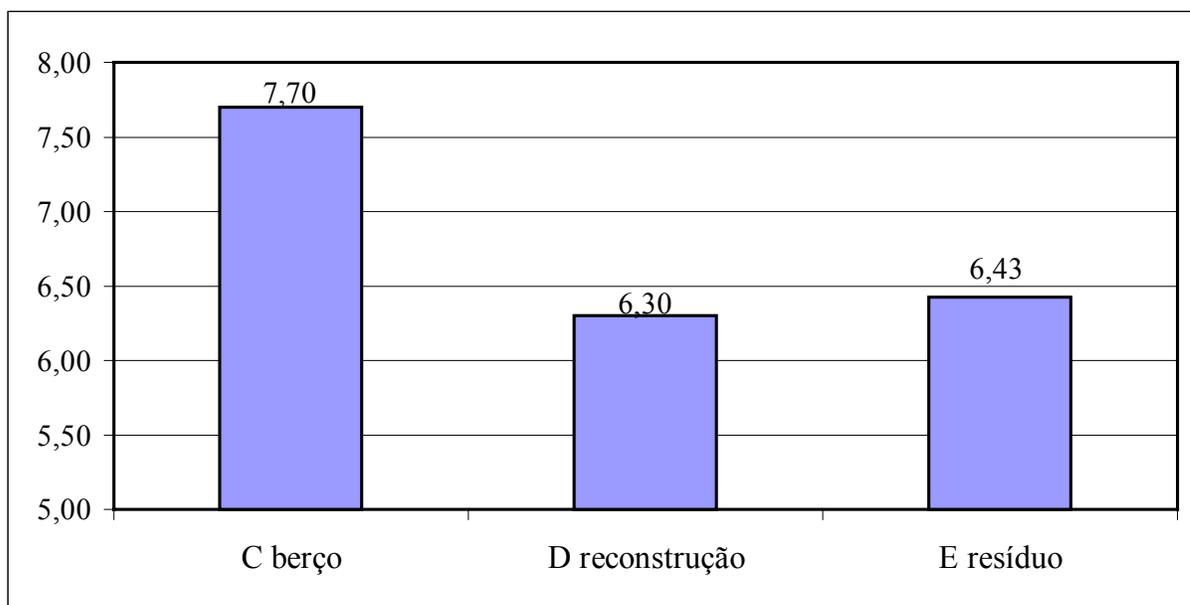


Gráfico 5 – Valores médios de relação carbono/nitrogênio do material formador do material formador dos canteiros C (berços de transplante) e D (reconstrução) e do resíduo final do canteiro E.

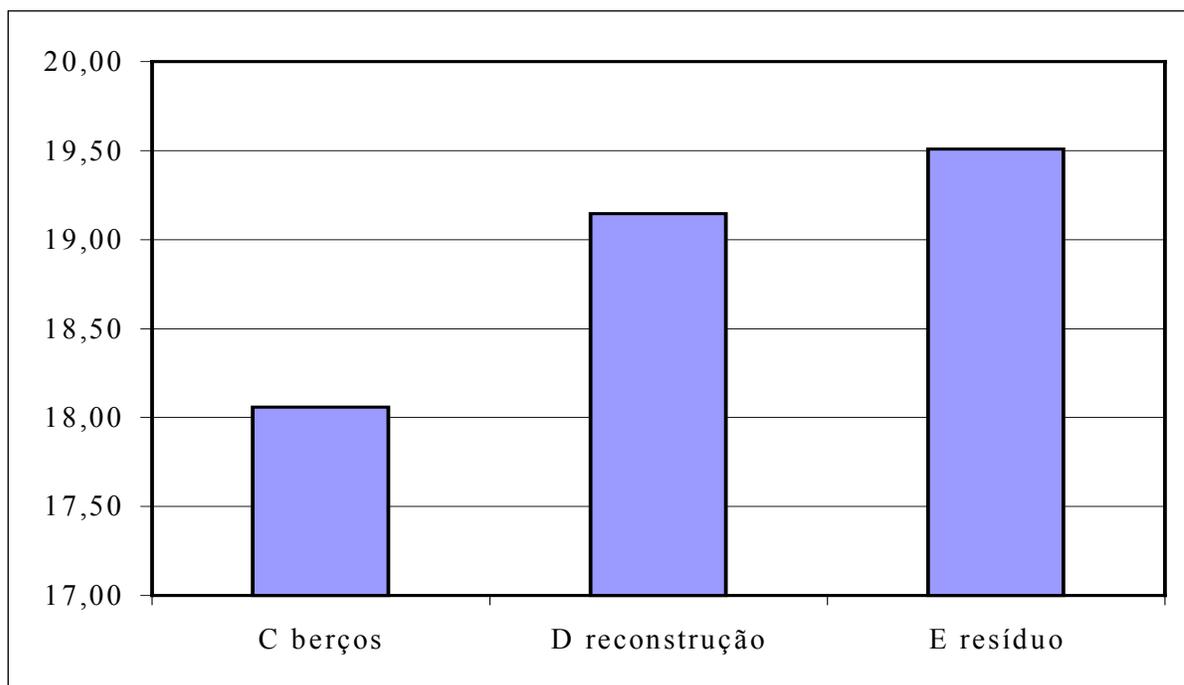


Gráfico 6 – Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) do material formador dos canteiros C (berços de transplante) e D (reconstrução do canteiro).

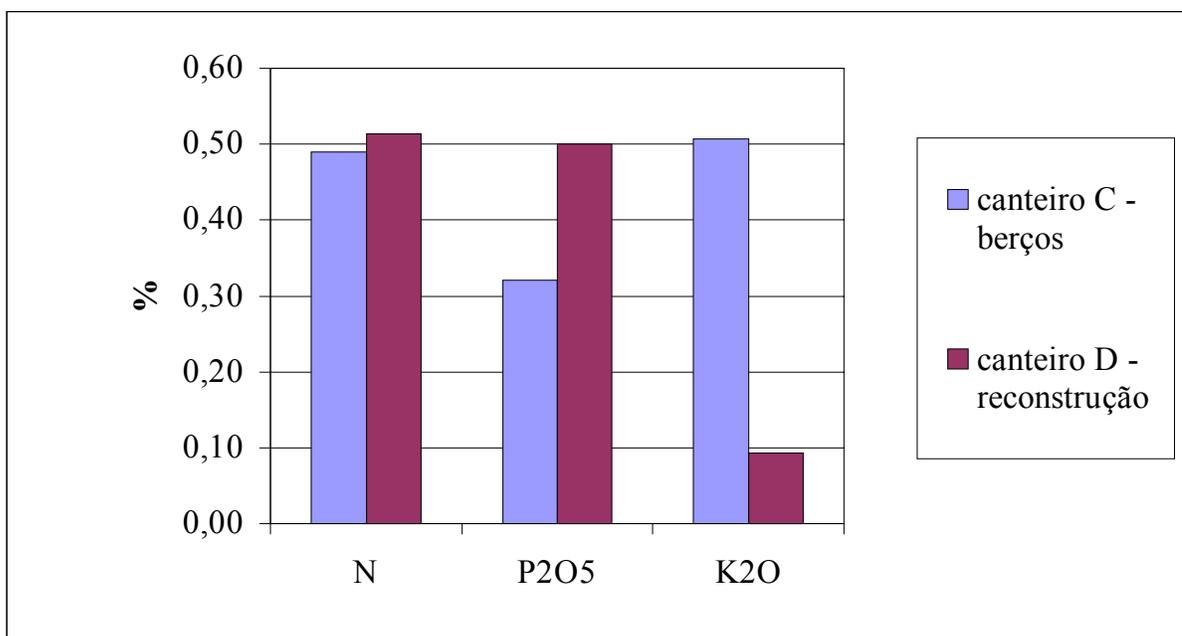
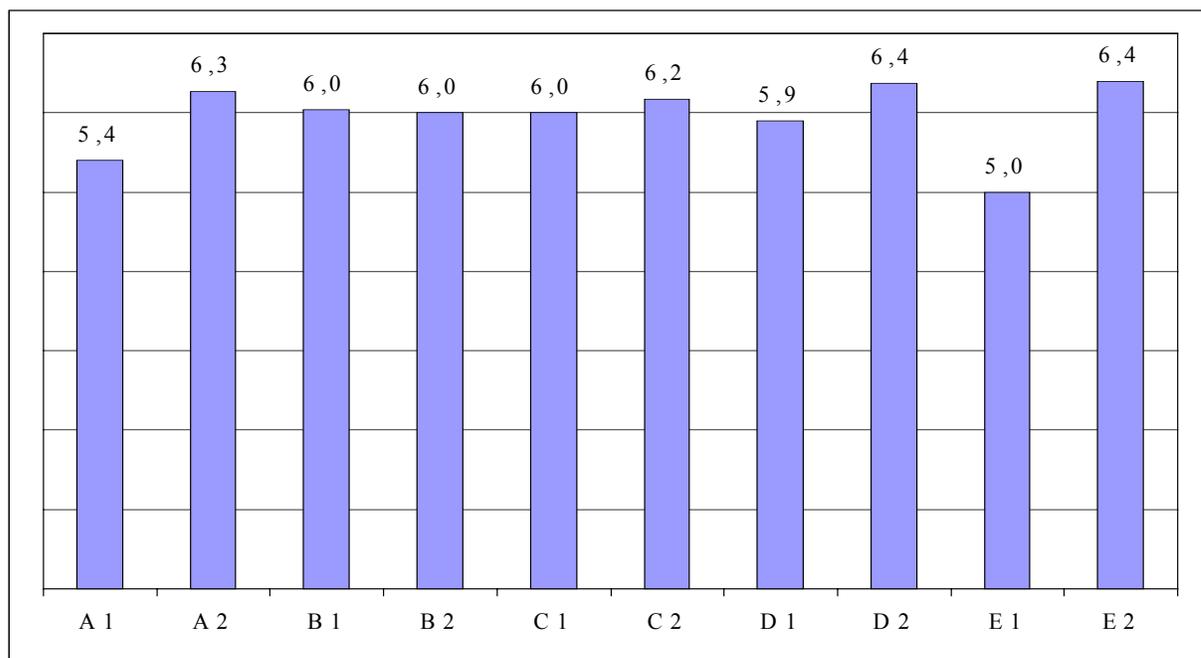


Gráfico 7 - Valores médio de pH do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.



A elevação imediata do pH do solo, ocorrida em maior intensidade no canteiro E, mas também no A, foi possivelmente causada pelo pH elevado dos respectivos materiais formadores (gráfico 2). Assim, podemos também inferir sobre o poder tampão da matéria orgânica do solo, comentado por Kiehl (1985), pela comparação dos gráficos 2, 7 e 12: a adição de materiais de caráter básico – material formador dos canteiros A e D – resultou num acréscimo substancial no valor de pH, pois o teor de matéria orgânica destes canteiros era relativamente menor inicialmente. Para o canteiro E, podemos inferir que mesmo com um material formador quase neutro (6,9), o pH do solo elevou-se de 5,0 para 6,4, pois os teores de matéria orgânica no solo eram relativamente baixos, limitando seu poder tampão. Para o canteiro B, o elevado teor de matéria orgânica (gráfico 12) pode ter sido a causa da manutenção do pH em 6,0 com acréscimo de material com pH 6,6. Já para o canteiro C este raciocínio não pode ser aplicado: valores relativamente baixos de matéria orgânica mantiveram o pH estável (de 6,0 para 6,2, v. tabela 11), com um material formador de pH 6,6. É importante lembrar que os canteiros B e C tiveram um longo ciclo de cultivos no estudo. Durante este período o pH pode ter flutuado a valores maiores.

Podemos afirmar que a elevação do pH do solo ocorreu sem a adição de calcário e é estritamente dependente do manejo adotado. Esta elevação provavelmente se deu pela

queação do alumínio do solo nas moléculas orgânicas, retirando este elemento da solução do solo (tabela 11) e reduzindo a liberação de íons H^+ (precipitação do hidróxido de alumínio e conseqüente liberação de 3 prótons, que ocorre até pH 5,5). Se este solo for lavrado, criar-se-á um ambiente de rápida oxidação da matéria orgânica, o que liberaria o alumínio complexado para a solução do solo novamente.

O ciclo do nitrogênio no solo executa um importante papel na elevação do pH deste solo através da incorporação de íons H^+ às moléculas dos grupos amino que são mineralizadas ou amonificadas. Esta amônia formada só será nitrificada em condições aeróbias. Como este solo não é revolvido, ocorrem freqüentes 'sítios anaeróbios' que não favorecem a nitrificação. Cabe novamente ressaltar a importância da manutenção do manejo para que esta condição seja continuada. Essa informação vai ao encontro do trabalho publicado por Miyazawa *et al* (2000), onde recomendam o manejo de resíduos vegetais sempre antes do florescimento (quando os tecidos estão mais ricos em substâncias solúveis orgânicas ricas em nitrogênio) para que haja um efetivo aumento do pH do solo.

Ainda em relação ao ciclo do nitrogênio, Fenton & Helyar (2002) publicam um interessante artigo onde mostram que a remoção de biomassa (produtos animais ou vegetais) estará sempre promovendo a acidificação do solo. Assim se esta retirada não for repostada, a acidez do solo permanecerá. Isto reforça que o manejo adotado de constantes aportes de matéria orgânica como adubação mantém o pH estável. Estas afirmações reforçam o argumento de Odum (1988) e Margulis (2001), citados na seção 3.3.3.2., e chamam nossa atenção para o fato incontestável que levando produtos do campo para as cidades estamos constantemente acidificando o solo das áreas rurais, uma vez que os resíduos não retornam aos campos produtivos. Reportamo-nos à citação de Nunan (2000) e Midmore & Jansen (2003) afirmando que existem 800 milhões de pessoas em todo o mundo trabalhando no mercado de resíduos orgânicos sólidos das cidades, possibilitando a reciclagem de nutrientes no ambiente domesticado, reabrindo esta via na co-evolução entre homem e organismos das hortas (v. seções 1.4. e 1.5.).

Resumidamente pode-se inferir que o pH é elevado até 5,5 pela complexação do alumínio e depois disso (até em torno de 6,0) pelo 'seqüestro' temporário de íons H^+ pelas moléculas orgânicas aminadas da mineralização da matéria orgânica, em situações anaeróbias existentes devido à não movimentação do solo e pela água armazenada na fração orgânica.

As cinzas de lenha, pelo seu caráter fortemente básico, poderiam elevar o pH do solo. Mas este fato não pode ter ocorrido neste solo porque este insumo deixou de ser usado no final de 1998 pela dificuldade de encontrar material livre de sal (cinzas de churrascaria), sendo que o total deste material aportado na propriedade foi de 600 kg, apenas.

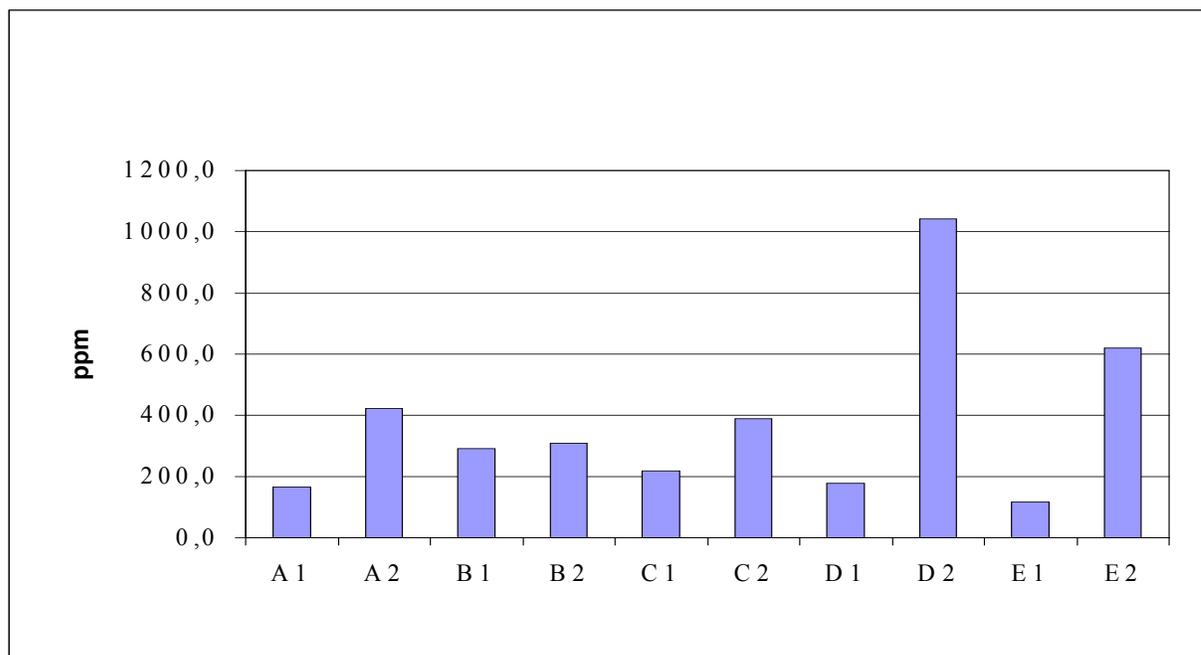
Potássio

A significância das variações nos níveis de potássio no solo (v. tabela 12) expõe uma interrogação acerca da magnitude do incremento apresentado nos canteiros E e, principalmente no D, que iniciou o estudo com média de 176,3 ppm e terminou com 1042,3 ppm, valor médio (tabela 11 e gráfico 8). Somando-se quantidades acrescentadas pelos materiais formadores do canteiro D (gráficos 3 e 6) temos aproximadamente 700 ppm de potássio. Já o canteiro C, que teve um acréscimo de potássio pelo material formador do canteiro e dos berços de cerca de 958 ppm, e apresentou apenas 388,7 ppm de potássio, em média, no momento 2. O canteiro B teve variação quase nula nos teores desse elemento, mesmo com o acréscimo de 125 ppm, via material formador. Uma diferença importante entre o manejo dos canteiros foi o número de cultivos. Os canteiros D e E tiveram apenas 4 e 3 cultivos, respectivamente, o que implica numa menor exportação de potássio via colheita.

O teor de potássio do material formador do canteiro E reduziu drasticamente da construção deste ao final do ciclo (gráficos 3 e 9), ao passo que o teor do elemento solúvel no solo (tabela 11) saltou de 116,7 para 620 ppm. Mesmo supondo uma rápida lixiviação deste cátion no perfil do canteiro, depositando-o no solo, não está explicada a totalidade do incremento no solo. O teor de 0,26 % de K_2O no material formador do canteiro forneceria aproximadamente 330 ppm ao solo, supondo a redução apresentada nos gráficos 3 e 9.

É importante lembrar que para o canteiro E foi usado cinzas de lenha na sua composição, material que possui até 11% de potássio (Dadonas, 1989). No entanto, este não foi o canteiro de maior teor deste elemento (gráfico 3). Isto pode ser explicado pela alta solubilidade do potássio contido nas cinzas, sendo rapidamente levado ao solo (gráfico 8) pela percolação de água de irrigação ou chuvas.

Gráfico 8 – Teores médios de potássio do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.



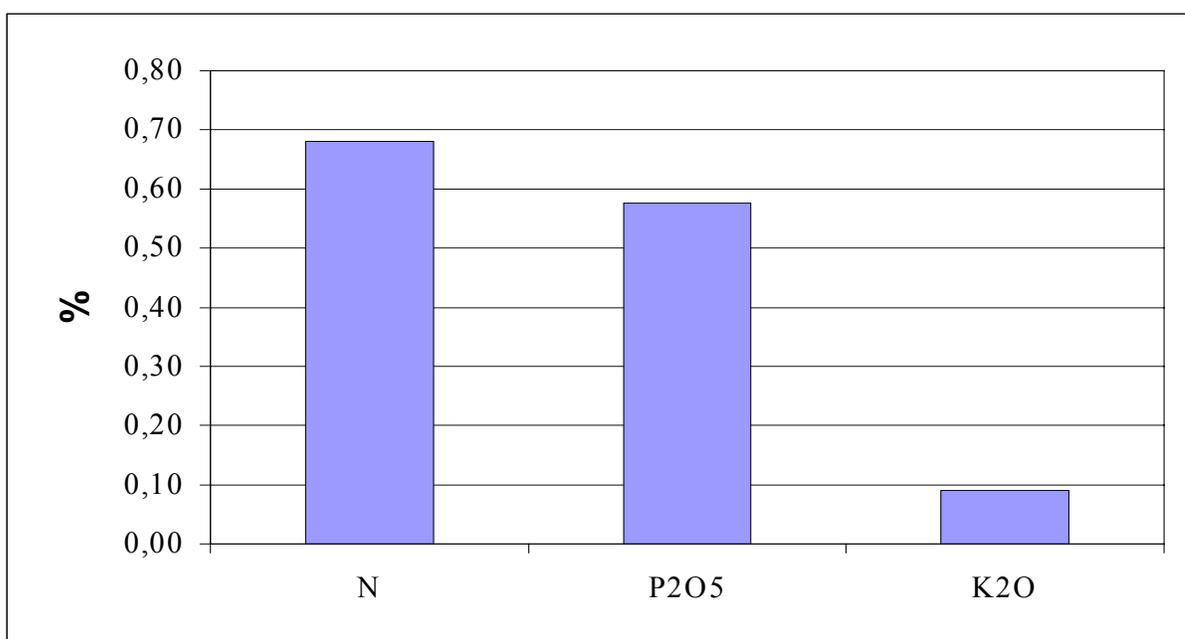
Uma explicação usada por técnicos para os aumentos dos níveis de potássio é a solubilização do elemento que estaria na forma fixada ou não trocável, segundo Malavolta (1976), a qual é muitas vezes superior ao teor de potássio em solução ou trocável. É uma hipótese pouco plausível, pois a fixação do potássio não se dá por força de ligações químicas, mas pelo seu ‘isolamento’ entre lâminas de argilo-mineral, que são inacessíveis às plantas. Num solo com elevada atividade biológica, porém, pode-se cogitar a formação de uma estrutura mista de matéria orgânica e argilas, como isoladora de íons como o potássio. Parece que a maior atividade biológica no solo, relacionada com algumas plantas específicas, permite que a liberação desse potássio isolado ocorra. É o que pode ter ocorrido no experimento conduzido por da Silva *et al* (1985), onde os tratamentos de adubação verde com mucuna apresentou uma elevação dos níveis de potássio solúvel, mesmo antes da incorporação da leguminosa.

Assim como o trabalho supracitado, este estudo é inconclusivo sobre o aumento nos teores de potássio, que estes autores atribuíram a perdas por lavagem das folhas e pela mineralização de resíduos de folhas caídas de mucuna (*Stylobium aterrimum*). No canteiro D (bem como no C) foi cultivado o feijão-de-porco, leguminosa que poderia causar o mesmo

efeito. Uma possível explicação seria a maior necessidade de potássio pelas leguminosas, devido à sua acentuada síntese proteica. Essa maior demanda causaria uma liberação mais rápida do potássio não acessível às plantas, conforme raciocínio apresentado na seção 3.3.3.2. No entanto, não existem estudos do comportamento de plantas em situações de excesso do nutriente solúvel no solo, como nos canteiros D e E.

Outra explicação plausível é a possibilidade do aumento do potássio solúvel nos solos após a passagem de detritos orgânicos pelo aparelho digestivo de colêmbolos (Salmon *et al.*, 2002) e isópodos (Zimmer & Topp, 2002).

Gráfico 9 – Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) do resíduo final do canteiro E.



Fósforo

As variações dos teores de fósforo se mostraram significativas para as unidades de análise e a interação entre elas.

Os níveis de fósforo extraível contido nas amostras em 1997 (tabela 2) e no momento 1 do canteiro E foi baixo (tabela 11). O pH, a reação entre os íons fosfato e os de cálcio, magnésio, manganês, os óxidos de ferro e alumínio, certos minerais de argila ricos nesses elementos e a presença de microrganismos, são fatores responsáveis pela maior ou menor disponibilidade de fósforo no solo (Kiehl, 1985). Podemos dizer que do fósforo total,

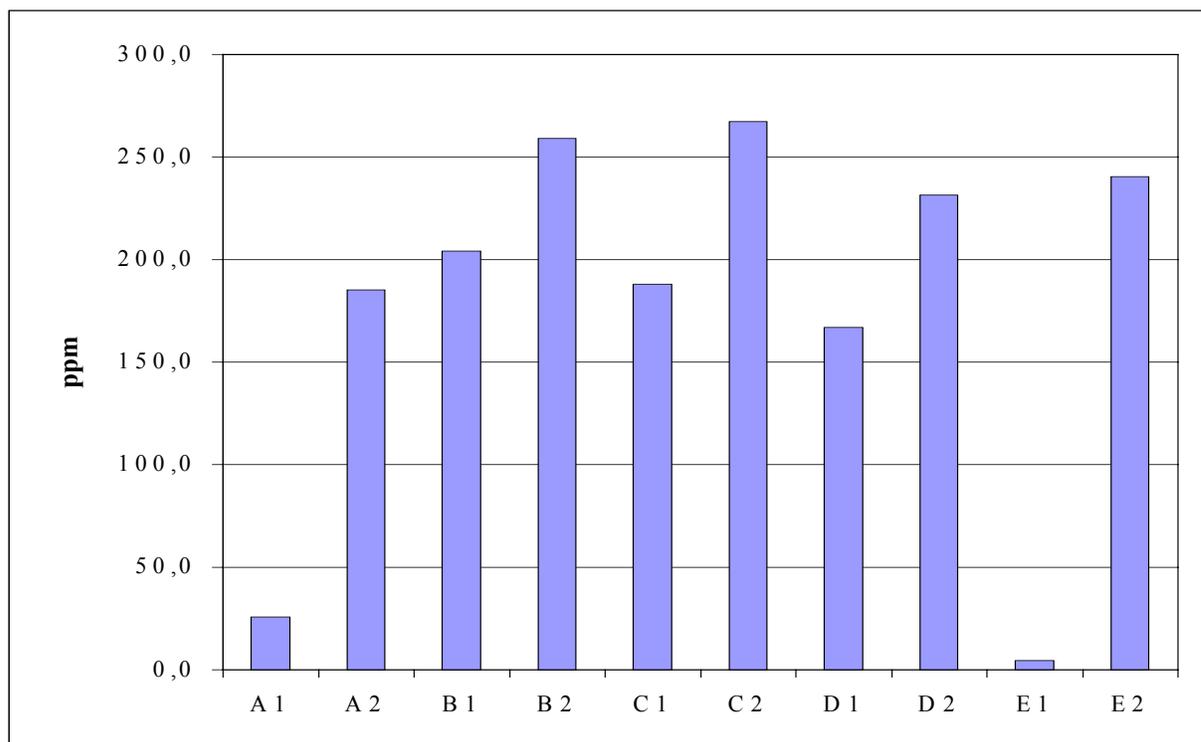
grande parte estaria imobilizada nas argilas, pelas quais o íon fosfato tem grande afinidade, e pelo pH baixo que retém o fósforo na matéria orgânica, nas situações anteriores ao manejo dos canteiros elevados.

É importante lembrar que o canteiro E recebeu adubação com fosfato natural em 2002, como denota o gráfico 4, e os canteiros A, B e C, em 1997 e 1998. O canteiro D não recebeu esta adubação. O resíduo do canteiro E apresentou teores semelhantes de fósforo, ao passo que o solo revelou a elevação do nutriente trocável de 4,6 para 240,2 ppm, valores médios. A explicação desta elevação pode estar na quantidade de fósforo total do solo e seu potencial biológico de solubilização, ativado pela adição de matéria orgânica, já que os quase 700 ppm adicionados pelo material formador nele permaneceram (gráficos 4 e 10), além de ter havido extração pelas culturas.

Os canteiros B e C receberam aproximadamente 500 e 270 ppm de fósforo, respectivamente, através dos materiais formadores, mas a variação entre os momentos 1 e 2 não atingiu esta magnitude. Isso pode indicar que este elemento aplicado está sendo ‘estocado’ no solo em formas menos solúveis, porém não fixadas aos minerais, o que as tornaria inacessíveis às plantas (Pinheiro & Barreto, 1996). O manejo mais intenso com canteiros elevados pode ter determinado esta situação. Nota-se que os canteiros A e D apresentaram teores iniciais inferiores de fósforo. Podemos sugerir que, quando se adiciona sistematicamente matéria orgânica, o fósforo ficaria associado à ela, não solúvel, mas facilmente solubilizado por ação biológica.

Pelos resultados apresentados pode-se reconhecer que a adubação com fosfato natural de rocha foi desnecessária, pois a área do canteiro D não recebeu este insumo e tem níveis de fósforo semelhante aos demais.

Gráfico 10 - Teores médios de fósforo no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.



Matéria orgânica, carbono orgânico e nitrogênio

Um dado que pode ser questionado na análise de 1997 (tabela 2) são os teores de matéria orgânica das amostras. Pelo tipo de manejo realizado até então e pela condição de degradação encontrada na época (figuras 3 e 32), os níveis esperados seriam ainda mais baixos. Outra hipótese seria a de que esta matéria orgânica seria do tipo altamente estável (humificada) o que leva a concluir que sua contribuição para a CTC do solo é nula ou mínima. Pela tabela 2 percebe-se que a CTC deste solo é em grande parte atributo da fração mineral, pois o pH é baixo e supondo ser a matéria orgânica estável. Sendo o teor de argila relativamente baixo e a quantidade de sítios de troca desta argila naturalmente baixos, e, já que as cargas dependentes de pH não são consideradas, resulta numa CTC baixa. A saturação de bases (V) demonstra que a maior parte dos sítios de troca está ocupada com alumínio e hidrogênio. É o quadro típico do solo tropical distrófico (V<50%).

O resultado da análise de 2001 (tabela 3), mostra que a porcentagem de argila detectada nas amostras foi inferior a de 1997, que pode ser devido à ‘reconstrução’ do

horizonte A deste solo. Para um mesmo volume de solo amostrado, encontrou-se uma maior fração orgânica em relação à fração mineral.

A CTC do solo foi aumentada de 1997 para 2001 (tabelas 2 e 3) como consequência da adição de matéria orgânica, devido à grande superfície específica desta. A saturação de bases mostra que o solo passou de distrófico para eutrófico, isto é, a maior parte dos sítios de troca está ocupada por cátions básicos.

Os dados de nitrogênio total do solo apresentaram diferença significativa nas unidades de análise, mas não para a interação entre elas. Na análise de contrastes (v. tabela 12) houve diferença significativa na comparação entre canteiros A, B, C e D com E, mas não para A e D com B e C. Com isso podemos inferir que um ciclo de cultivos apenas não foi suficiente para alterar os teores de nitrogênio total do solo; porém não seria necessário um manejo tão intensivo quanto o realizado nos canteiros B e C. Os teores de nitrogênio foram semelhantes para os berços do canteiro C e para a reconstrução do canteiro D.

Os teores menores de nitrogênio do material formador do canteiro E (gráfico 3) é explicado pelo uso do composto, que possui, em geral, menores quantidades deste elemento quando comparado com esterco bovino, segundo Kiehl (1985).

Para os teores de carbono orgânico do solo houve diferença significativa nas unidades de análise e também na interação entre elas. Já para a matéria orgânica não houve diferença significativa para a interação entre canteiro e momento. O resultado do contraste demonstrou diferença significativa na comparação entre canteiros A, B, C e D com E, o que não ocorreu na comparação de A e D com B e C. Portanto seria necessária uma intensidade de manejo intermediária (A e D) para modificar os teores de matéria orgânica do solo. Cabe acrescentar que a reconstrução do canteiro D pode ter mascarado estes resultados, pois houve um aporte dobrado de material orgânico, seguido de apenas um cultivo (cenoura).

A disparidade entre variáveis tão semelhantes como carbono orgânico e matéria orgânica, detectada na interação canteiro e momento (tabela 12) pode ser explicada pela natureza da matéria orgânica e pelas metodologias para determinação destas variáveis e do nitrogênio total. O material formador dos canteiros (gráfico 3) mostra teores maiores e semelhantes de nitrogênio total para os canteiros B e D, intermediários para A e C e menores para E. O efeito no solo mostrou maiores teores de nitrogênio total (gráfico 11) para o momento 2 nos canteiros B, C e D. Examinando o gráfico 12 pode-se perceber que os maiores

teores de matéria orgânica foram detectados nos canteiros B, C e D, todos no momento 2. Estaria aí a explicação dos teores maiores de matéria orgânica no solo destes últimos canteiros: o nitrogênio total do solo estaria presente em maior proporção. Assim, os valores maiores de matéria orgânica destes canteiros podem ser devidos aos maiores teores de compostos orgânicos nitrogenados, geralmente muito solúveis. A possível causa foi o manejo: intensivo nos últimos anos para B e C; e repetido pela reconstrução do canteiro D durante o estudo.

A relação C/N do material formador também acrescenta dados a esta discussão. Analisando o gráfico 14, vemos que a relação C/N esteve próxima de 20:1 para todos os canteiros exceto para o E, que ultrapassou 120:1, valor médio. Isto se deve ao uso da serragem de madeira como parte da cobertura da camada de jornais neste canteiro, enquanto que para os outros foi utilizado capim elefante triturado. Segundo Kiehl (1985), a serragem pode apresentar relação C/N de até 800:1. Este fato explica em parte a menor produção das hortaliças do canteiro E, lembrando que o processo de domesticação das hortaliças e sua história de convivência com o homem ocorreu em ambientes físicos eutrofizados (v. cap. I). Materiais de alta relação C/N depositados no solo acarretam num 'seqüestro' temporário da maior parte do nitrogênio deste (e do canteiro) para o metabolismo dos microrganismos, tornando-o inacessível aos vegetais.

No resíduo do canteiro E a relação C/N baixou para 19,5:1 (gráfico 13), mostrando a liberação do nitrogênio temporariamente imobilizado, que quase dobrou de valor percentual (gráficos 3 e 9) e significando também a perda de carbono para a atmosfera através da respiração dos seres autotróficos do solo.

Gráfico 11 – Valores médios de nitrogênio total do solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.

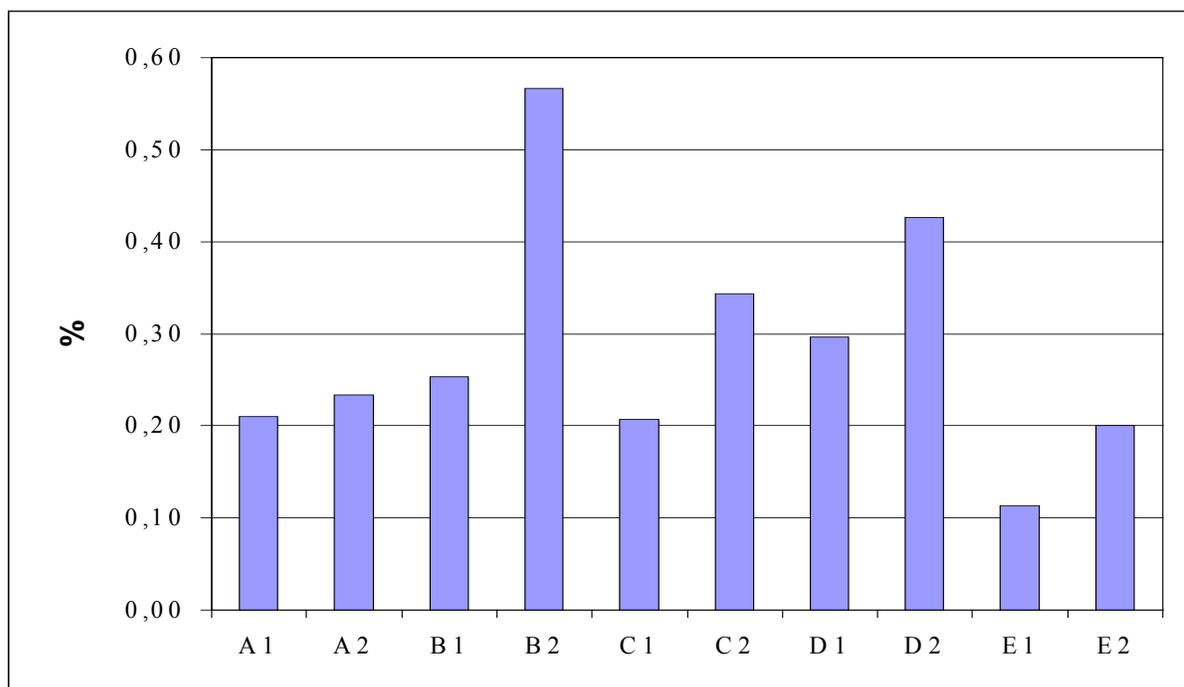


Gráfico 12 – Teores médios de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (C org) do solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.

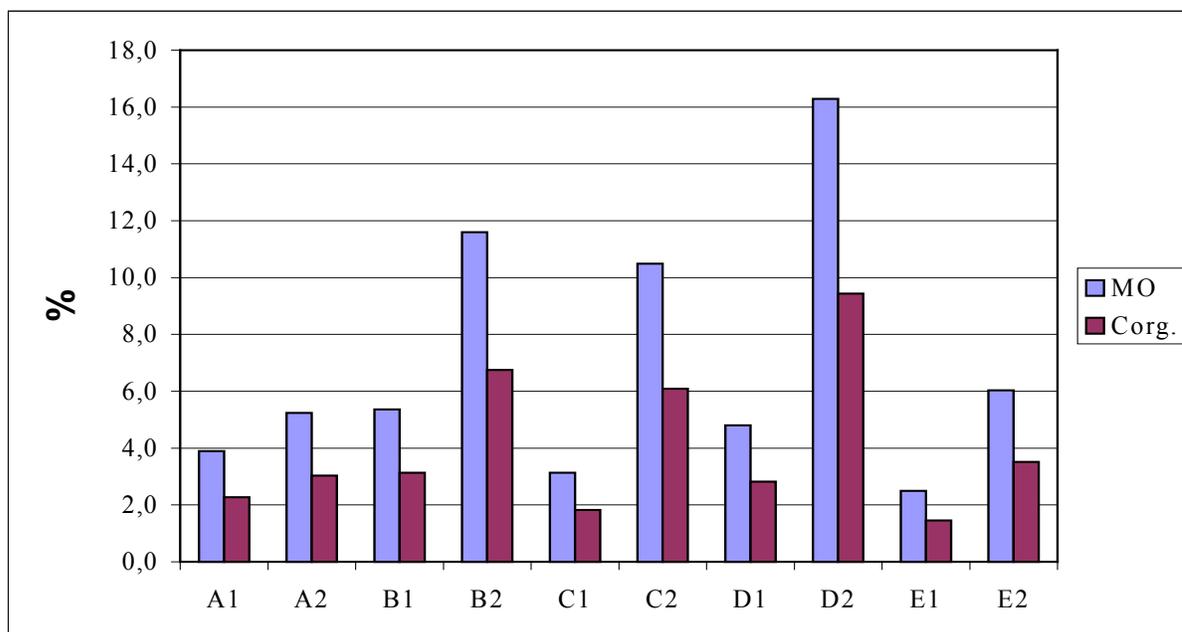


Gráfico 13 – Relação média carbono/nitrogênio do material formador dos canteiros do estudo.

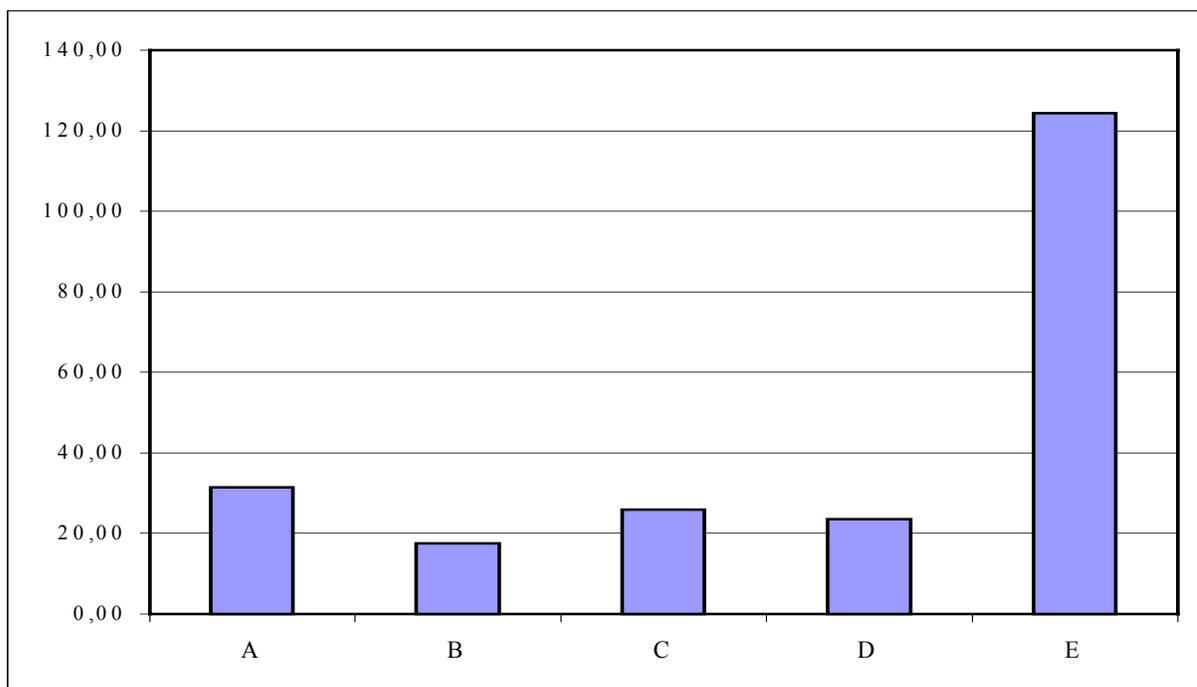
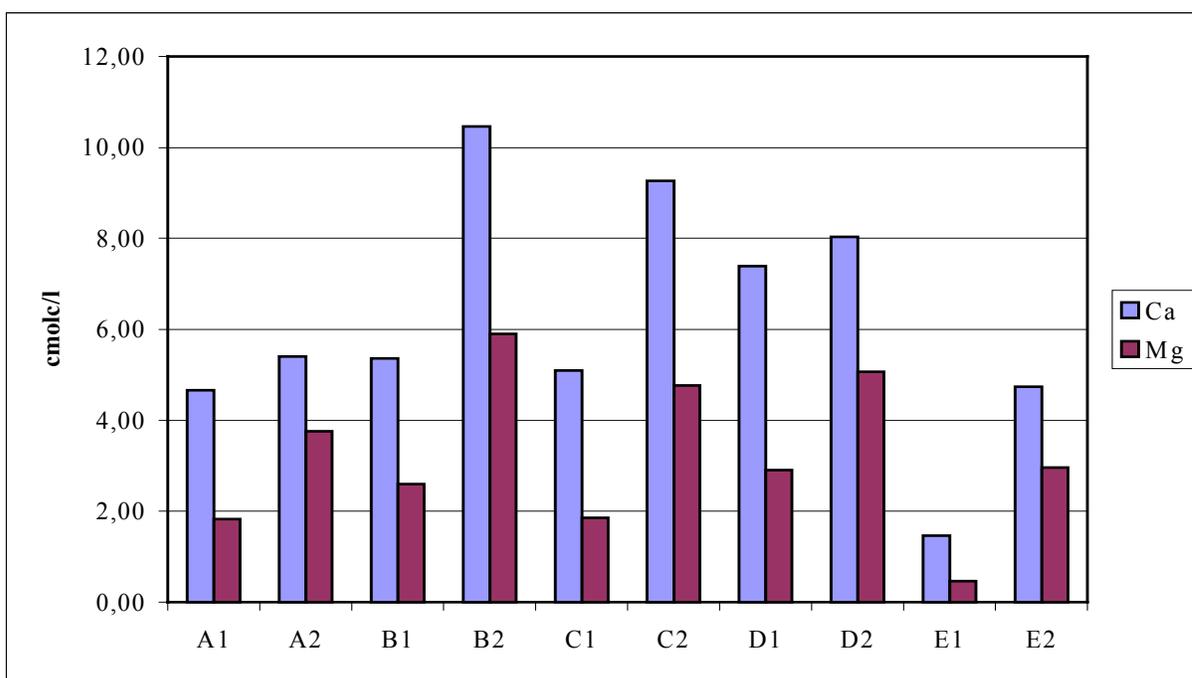


Gráfico 14 - Teores médios de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados.



Cálcio e Magnésio

Os níveis iniciais de cálcio e magnésio seriam resultantes diretas da união entre o manejo dos colonizadores (v. seção 4.1.1.) e à natureza mineral deste tipo de solo. A condição de acidez em 1997 (tabela 2) e no início do canteiro E (tabela 11), significa que grande parte das chamadas bases do solo, entre elas o cálcio e o magnésio, foram lixiviadas, predominando em solução os íons hidrogênio e alumínio. Antes da ação dos colonizadores, uma maior parte do cálcio e do magnésio era mantida nas camadas superficiais, em compostos orgânicos do solo.

Os dados de magnésio solúvel do solo apresentaram diferença significativa nas unidades de análise, mas não para a interação entre elas. Na análise de contrastes houve diferença significativa na comparação entre canteiros A, B, C e D com E, mas não para A e D com B e C. Para os resultados de cálcio solúvel houve diferença significativa nas unidades de análise e entre elas.

A apreciação conjunta dos gráficos 12 e 14 parece indicar que, a exemplo do nitrogênio, os maiores teores de cálcio e magnésio estão ligados às porcentagens maiores de matéria orgânica no solo. Isto se deve às quantidades destes dois elementos no esterco usado como material formador de canteiros, já que os animais excretam cálcio e magnésio principalmente por via sólida, ao contrário do potássio. A massa verde usada nos canteiros, representada principalmente pelo capim elefante triturado, pode também ter contribuído para os incrementos de cálcio e magnésio.

4.5.2. Parâmetros biológicos

Avaliação da comunidade vegetal

Pela observação das tabelas 6 a 10 podemos inferir que houve a ocorrência simultânea de plantas cultivadas em produção e espontâneas nas unidades de análise. A ocupação de 100% com a planta cultivada ocorreu apenas uma vez, no canteiro B (tabela 7). A situação de canteiro aparente, isto é, sem cobertura vegetal viva aconteceu quatro vezes, nos canteiros A e C, com 10%, D, com 30% e E com 60% (v. seção 4.2.), lembrando que as avaliações foram sempre feitas na fase final de cada cultivo. Ocorreram duas frustrações de

colheita; em ambas a ocupação da planta cultivada (rabanete) foi de 10%, nos canteiros A e E (tabelas 6 e 10). Estas frustrações podem ser interpretadas como resultante da domesticação desta hortaliça em ambiente eutrofizado (v. seção 1.4.). Uma das possíveis origens do rabanete remota à China de 2000 anos atrás, segundo Crisp (1995), cultivada em terrenos adubados com esterco de suínos e aves. Os canteiros A e E foram os que apresentaram menores teores de N, Ca, Mg e matéria orgânica finais, portanto os menos eutrofizados.

Empiricamente podemos aferir que as maiores ocupações com plantas espontâneas ocorreram nos canteiros A e E (tabelas 6 e 10), que apresentaram menores produtividades e menor número de ciclos de hortaliças cultivadas. O tamanho e a diversidade da população de plantas espontâneas num agroecossistema é determinado pelo seu banco de sementes (v. seção 2.5.), pelas condições edafo-climáticas e pelo manejo antrópico. Encontramos aqui mais uma alusão à ‘tripla hélice’ de Lewontin (2002): o potencial genético das plantas conseguindo ou não se manifestar no ambiente modificado pelo homem.

Avaliação da comunidade de invertebrados do solo

As análises dos índices escolhidos para avaliar a comunidade de invertebrados do solo apresentou diferença significativa (v. tabela 13 e 14) para o índice de diversidade de Shannon nas unidades primárias (canteiros), tanto nas coletas por funil como por armadilha de solo. A ocorrência de diversos *taxa* com poucos ou apenas um indivíduo foi a principal causa desta variação, pois este índice dá maior peso aos *taxa* raros que o índice de Simpson. Isto implica em assumir que o histórico de manejo de cada canteiro fez variar a diversidade de invertebrados do solo mais pelo estabelecimento de *taxa* anteriormente ausentes, que pelo crescimento populacional dos *taxa* já estabelecidos. Podemos interpretar esta possibilidade como a criação de condições (nutrientes, gradiente de temperatura amenizado, abrigo contra predadores) para ocorrência de novos nichos ecológicos.

Tabela 13 - Médias e erros padrões da avaliação da comunidade de invertebrados do solo.

unidades de análise*	H	<i>e</i>	<i>c</i>	<i>S</i>	n° taxa	H	<i>e</i>	<i>c</i>	<i>S</i>	n° taxa
	Coletas em armadilha de solo					Coletas em funil				
A1	0,56 ± 0,086	0,79 ± 0,084	0,32 ± 0,097	0,34 ± 0,092	5 ± 0,796	0,74 ± 0,08	0,81 ± 0,12	0,22 ± 0,12	0,78 ± 0,12	8 ± 0,483
A2	0,66 ± 0,086	0,89 ± 0,084	0,22 ± 0,097	0,78 ± 0,092	6 ± 0,796	0,46 ± 0,08	0,48 ± 0,12	0,50 ± 0,12	0,50 ± 0,12	9 ± 0,483
B1	0,76 ± 0,086	0,79 ± 0,084	0,22 ± 0,097	0,78 ± 0,092	9 ± 0,796	0,40 ± 0,08	0,53 ± 0,12	0,51 ± 0,12	0,49 ± 0,12	5 ± 0,483
B2	0,68 ± 0,086	0,72 ± 0,084	0,28 ± 0,097	0,72 ± 0,092	9 ± 0,796	0,50 ± 0,08	0,48 ± 0,12	0,45 ± 0,12	0,55 ± 0,12	11 ± 0,483
C1	0,74 ± 0,086	0,73 ± 0,084	0,23 ± 0,097	0,77 ± 0,092	10 ± 0,796	0,78 ± 0,08	0,80 ± 0,12	0,19 ± 0,12	0,81 ± 0,12	10 ± 0,483
C2	0,77 ± 0,086	0,73 ± 0,084	0,21 ± 0,097	0,79 ± 0,092	11 ± 0,796	0,63 ± 0,08	0,69 ± 0,12	0,31 ± 0,12	0,69 ± 0,12	8 ± 0,483
D1	0,81 ± 0,086	0,78 ± 0,084	0,18 ± 0,097	0,81 ± 0,092	10 ± 0,796	0,22 ± 0,08	0,26 ± 0,12	0,75 ± 0,12	0,25 ± 0,12	8 ± 0,483
D2	0,58 ± 0,086	0,62 ± 0,084	0,40 ± 0,097	0,60 ± 0,092	9 ± 0,796	0,74 ± 0,08	0,72 ± 0,12	0,25 ± 0,12	0,75 ± 0,12	11 ± 0,483
E1	0,37 ± 0,086	0,73 ± 0,084	0,42 ± 0,097	0,58 ± 0,092	3 ± 0,796	0,15 ± 0,08	0,51 ± 0,12	0,58 ± 0,12	0,42 ± 0,12	2 ± 0,483
E2	0,58 ± 0,086	0,69 ± 0,084	0,31 ± 0,097	0,68 ± 0,092	6 ± 0,796	0,39 ± 0,08	0,39 ± 0,12	0,55 ± 0,12	0,45 ± 0,12	10 ± 0,483

Legenda: H – índice de diversidade de Shannon; *e* – índice de uniformidade de Pielou; *c* – índice de dominância de Simpson; *S* – índice de diversidade de Simpson.

As letras representam as unidades primárias de análise (canteiros) e os algarismos as unidades secundárias (momentos).

Tabela 14 Valores das probabilidades (P) do erro tipo I* para a avaliação da comunidade de invertebrados do solo.

análises de variância	H	<i>e</i>	<i>c</i>	<i>S</i>	n° taxa	H	<i>e</i>	<i>c</i>	<i>S</i>	n° taxa
	Coletas em armadilha de solo					Coletas em funil				
canteiro	0,0559	NS	NS	NS	0,0001	0,0032	NS	NS	NS	0,0002
momento	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,0001
canteiro x momento	NS	NS	NS	0,0488	NS	0,0039	0,0718	0,0756	0,0756	0,0001
contrast										
A, B, C, e D x E	0,0093	NS	NS	-	0,0001	-	-	-	-	-
A e D x B e C	NS	NS	NS	-	0,0006	-	-	-	-	-

Legenda: H – índice de diversidade de Shannon; *e* – índice de uniformidade de Pielou; *c* – índice de dominância de Simpson; *S* – índice de diversidade de Simpson.

**Erro tipo I é o erro que se comete ao declarar que existe diferença entre os valores das variáveis encontrados quando estatisticamente ela não existe (Ferreira, 1991).

A avaliação nas unidades secundárias (momento) não apresentou diferença significativa (exceto para o número de *taxa* das coletas por funil), implicando em assumir que o manejo do estudo não causou variação expressiva nos índices. Esta variação foi detectada apenas na interação canteiro e momento e nos contrastes (tabela 14).

Observando os gráficos 15 a 21 e a tabela 13 temos que os canteiros B e C não apresentaram diferença significativa entre os momentos 1 e 2, enquanto que A, D e E variaram significativamente seus índices, entre os momentos 1 e 2:

- canteiro A aumentou os valores dos índices de diversidade para mesofauna (coleta por funil); e, para macrofauna (coleta por armadilha de , aumentou apenas o índice de diversidade de Simpson, entre os momentos 1 e 2;
- canteiro D aumentou os valores dos índices de diversidade para mesofauna; e, para macrofauna, diminuiu. Chama a atenção o elevado índice de dominância no momento 1, e sua redução no momento 2;
- canteiro E teve seus índices de diversidade de Shannon significativamente maiores no momento 2, tanto para mesofauna como para macrofauna.

Gráfico 15 - Valores médios do índice de diversidade de Shannon para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo.

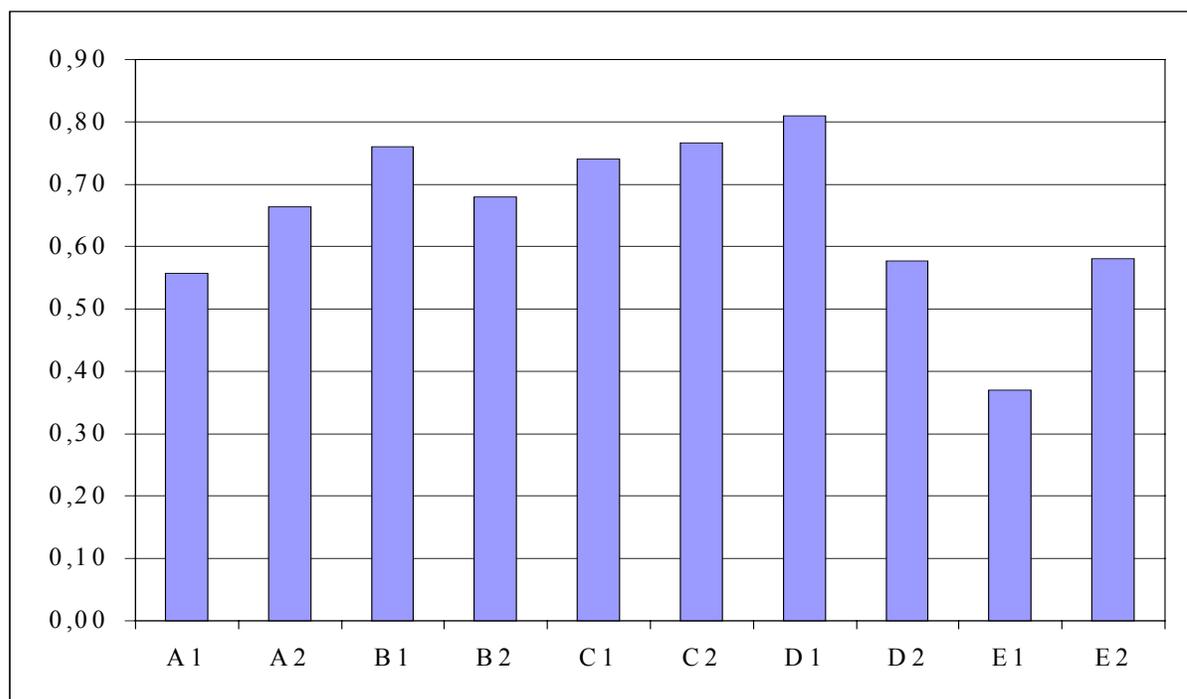


Gráfico 16 - Valores médios do índice de diversidade de Simpson para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo.

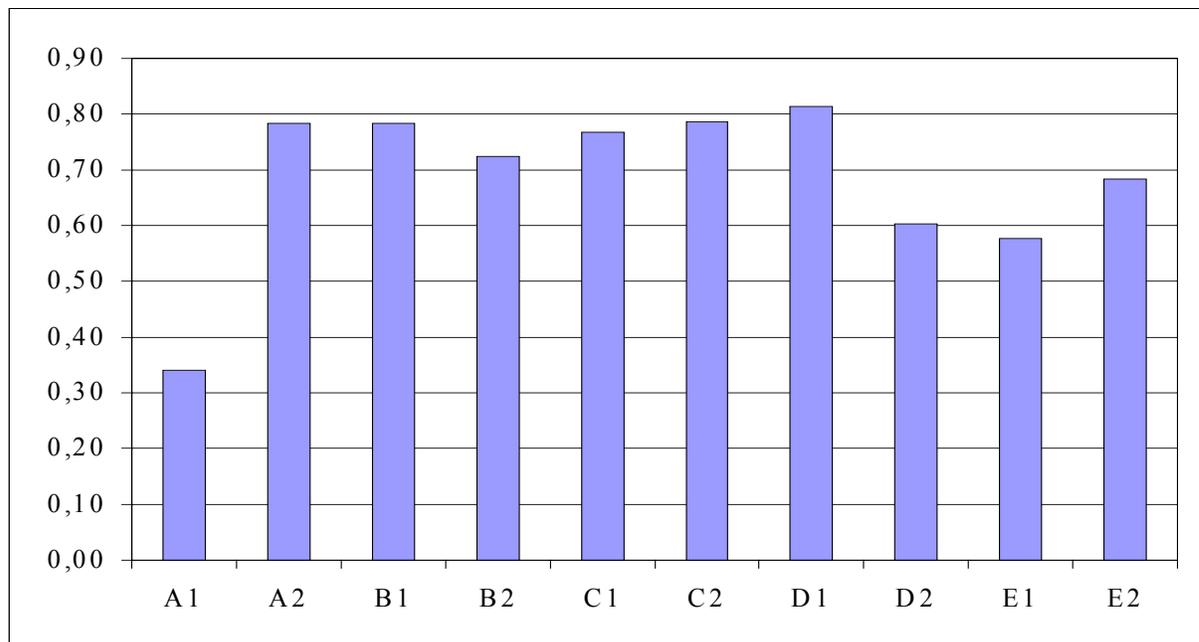
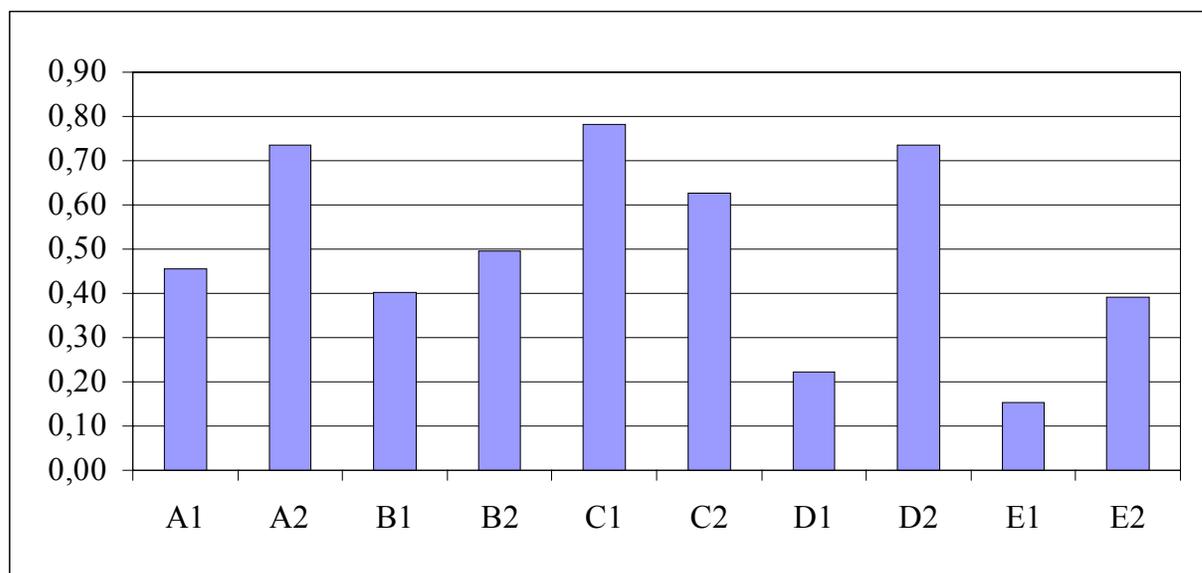


Gráfico 17 - Valores médios do índice de diversidade de Shannon para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.



Estas variações podem indicar que:

- os canteiros B e C apresentaram uma maior estabilidade de populações de fauna do solo devido ao manejo mais intensivo, ou ainda tiveram sua diversidade reduzida pelo forrageamento de uma colônia de *Eciton* sp (v. p. 124 – Análises complementares de fauna do solo);
- os canteiros A e E estariam num processo de incremento de populações de fauna do solo, concomitantemente com a elevação dos níveis de nutrientes;
- canteiro D apresentou excesso de potássio solúvel (gráfico 8), o que pode ter influenciado ou até ser consequência das variações de dominância e diversidade de fauna. Esta assertiva tem embasamento nos trabalhos de Salmon *et al* (2002) e Zimmer & Topp (2002), já mencionados à p. 109, no entanto seriam necessários experimentos direcionados para investigar tal suposição.

A interação canteiro e momento foi significativa para o índice de diversidade de Simpson, nas coletas por armadilha de solo e para todos os índices nas coletas por funil (tabela 14). Assim podemos supor que a união dos fatores histórico passado e manejo do estudo proporcionou um crescimento significativo de populações da macrofauna do solo já estabelecidas. Podemos também usar esta afirmação em relação aos índices e número de *taxa* das coletas por funil, o que implica em indicar que a mesofauna (colêmbolos e ácaros) é a população inicialmente mais ‘beneficiada’ pela adição de matéria orgânica característica do manejo.

A análise do contraste dos canteiros A, B, C e D com E foi significativa para o índice de diversidade de Shannon, nas coletas por armadilha de solo, bem como para o número de *taxa* deste método de coleta. Isto implica em concordar que apenas um ciclo de cultivos em canteiros elevados não foi suficiente para alterar o índice de diversidade de Shannon e o número de *taxa* de macrofauna edáfica. Mas uma intensidade de manejo intermediária (A e D) tornou estes canteiros equiparados com B e C, (maior intensidade de manejo) para os índices de diversidade de Shannon. O mesmo foi detectado para o número de *taxa*, nas coletas por armadilha de solo, pois o estabelecimento de novos *taxa* incrementa o índice de diversidade de Shannon.

A observação da tabela 14 evidencia que, das variáveis testadas para avaliar a fauna do solo, o número de *taxa* foi a que mostrou menor probabilidade de ocorrência do erro tipo I. Isto se deve à escala logarítmica dos índices. Possivelmente quando estes índices foram criados escolheu-se esta escala, pois as comunidades bióticas são, em geral, numerosas. Assim, uma escala logarítmica expressa melhor sua complexidade, pois seriam necessárias grandes variações em valores absolutos para alterar sensivelmente os índices.

O gráfico 22 mostra que o número médio de *taxa* era significativamente inferior no momento 1 do canteiro E, em relação aos outros canteiros e momentos. Esta é a referência que temos de coleta de invertebrados do solo em uma área não manejada com canteiros elevados, aludindo assim valores semelhantes para a propriedade no período anterior a 1997.

Gráfico 18 – Valores médios do índice de diversidade de Simpson para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.

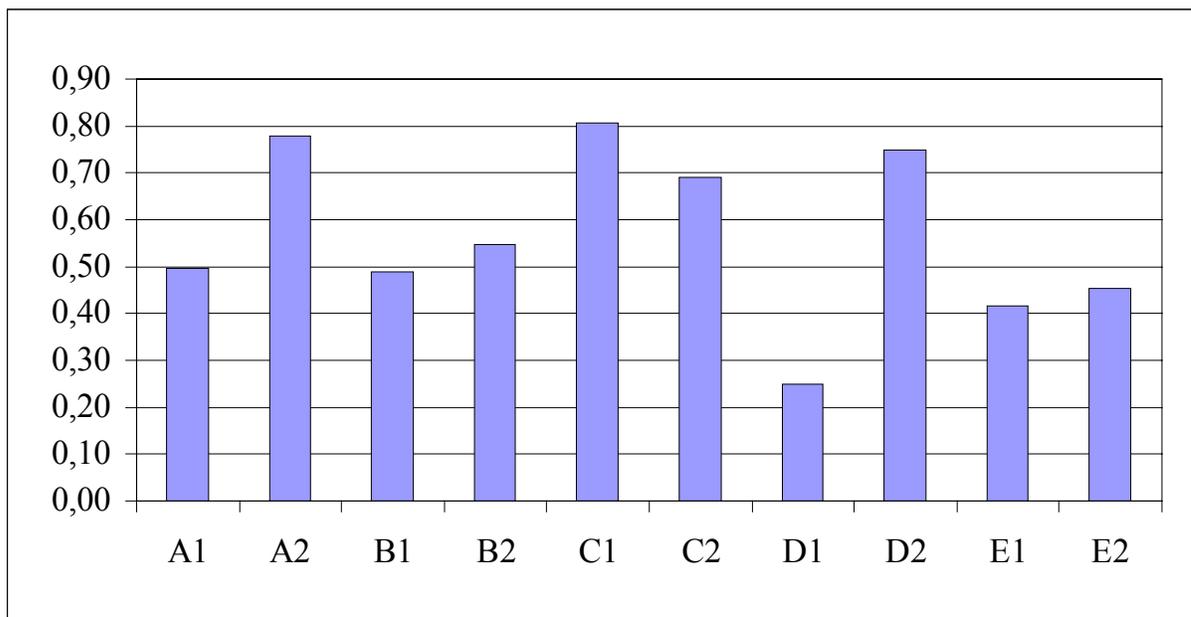


Gráfico 19 – Valores médios do índice de uniformidade de Pielou para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.

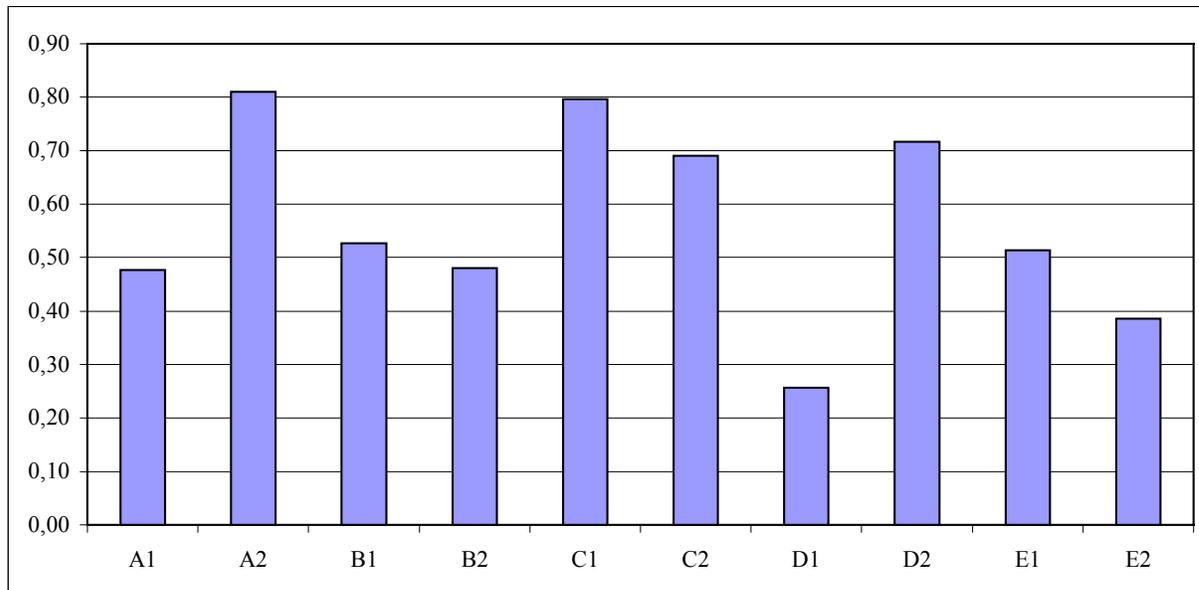
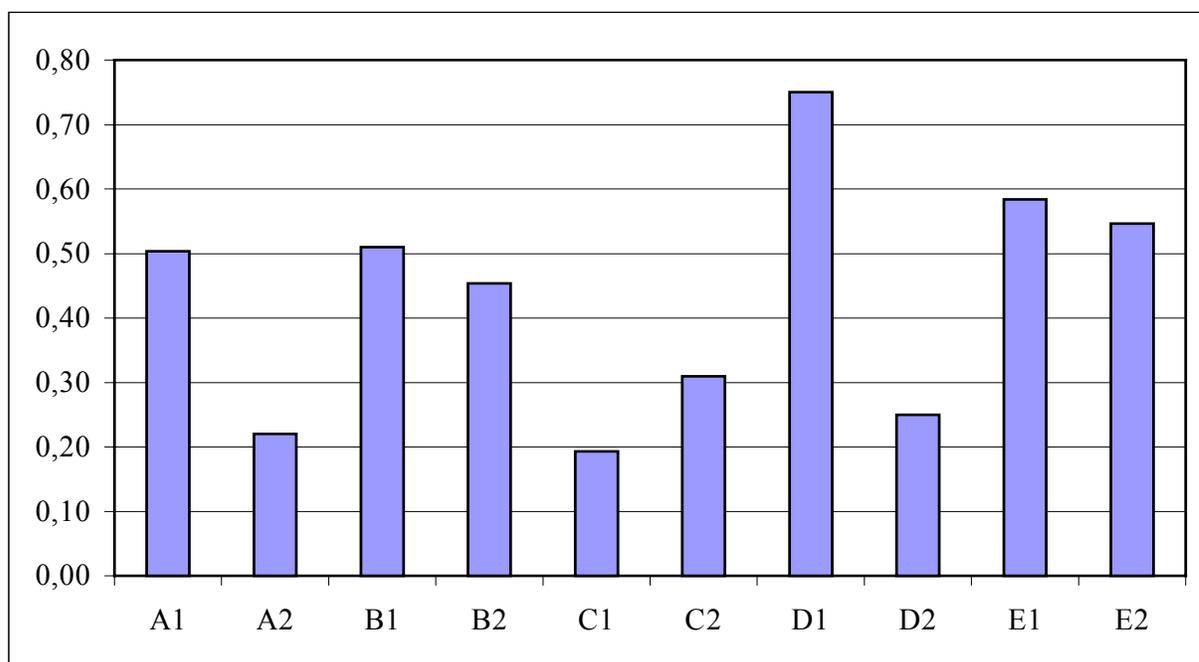


Gráfico 20 – Valores médios do índice de dominância de Simpson para fauna de invertebrados no solo dos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através do funil de Berlese-Tullgreen.



Duas imprecisões foram detectadas durante o estudo. A primeira refere-se ao índice de uniformidade de Pielou: como ele é calculado em função do logaritmo do número de *taxa*, quando este era igual a 10, o índice ficava igual ao de diversidade de Shannon, pois o resultado do logaritmo de 10 na base 10 é a unidade. Certamente que o uso destes índices é mais comum com um número elevado de *taxa* (ou espécies, como originalmente criados), o que não permite que tal imprecisão se manifeste. A segunda foi a captura no funil de animais jovens de *taxa* considerados como macrofauna na forma adulta, como isópodos e diplópodos, o que pode ocasionar desvios, principalmente nas coletas onde o número de ácaros e colêmbolos foi menor.

Análises complementares da fauna do solo

A análise conjunta das probabilidades calculadas para os dados da comunidade de invertebrados do solo (tabela 14) nos permite inferir que as alterações dos componentes da diversidade foram mais (rapidamente) notadas na mesofauna que na macrofauna.

Para explicar esta constatação utilizamos duas análises não previstas inicialmente na metodologia deste trabalho. A primeira é o uso de um grupo funcional ou guilda: os invertebrados detritívoros²³ do solo. Pela observação dos gráficos 23 e 24, percebe-se que o incremento no número médio de detritívoros do momento 1 para o momento 2 foi maior para mesofauna (funil) do que para macrofauna, guardando as proporções que os dados das coletas por funil referem-se a um volume conhecido de solo (aproximadamente 314 cm³) e o da coleta por armadilha contabilizam animais que poderiam estar atuando numa área de solo de tamanho desconhecido.

Este incremento maior para mesofauna detritívora é justificável se considerarmos que muitos ácaros e colêmbolos podem, além de se alimentar dos detritos orgânicos, forragear hifas de fungos (Eisenbeis & Wichard, 1987; Bakonyi *et al*, 2002), que são os organismos que respondem pela maior parte do carbono metabolizado no processo da decomposição (Paul & Clark, 1989). Estariam, portanto, privilegiados pelo manejo dos canteiros elevados, que é um resultado concordante com afirmações de Wardle (1995). O canteiro D escapa dessa generalização pois apresentou redução desta população.

Esse comportamento alimentar dos invertebrados do solo é documentado por Maraun *et al* (2003), onde contestam a suposta afirmação que os fungos e animais decompositores têm relações semelhantes entre si, de modo similar às plantas e animais polinizadores. Segundo eles, o tempo acumulado de co-evolução no sistema do solo é maior do que o acima da superfície, conferindo-lhe laços co-evolucionários mais fortes. Assim, o comportamento alimentar dos animais decompositores é predominantemente generalista, com preferência pelos fungos pigmentados. As razões desta preferência são discutidas pelos autores, e uma delas é que os fungos pigmentados são menos tóxicos aos animais, o que denota uma evidência co-evolucionária.

A segunda estratégia não prevista na metodologia é a atenção específica a algum organismo, para explicar alterações no ecossistema. É o uso de organismos – chave, como são chamados por diversos autores (Wolters, 1991; Bond, 1994; Brussaard, 1998; Andrén *et al*, 1999).

Os organismos – chave da fauna de invertebrados do solo escolhidos pelo seu impacto na biota dos canteiros foram duas espécies de formigas: *Acromyrmex* sp, a formiga quênquem, e *Eciton* sp, a formiga de correição. Esse procedimento é embasado pelo trabalho de Lobry de Bruyn (1999).

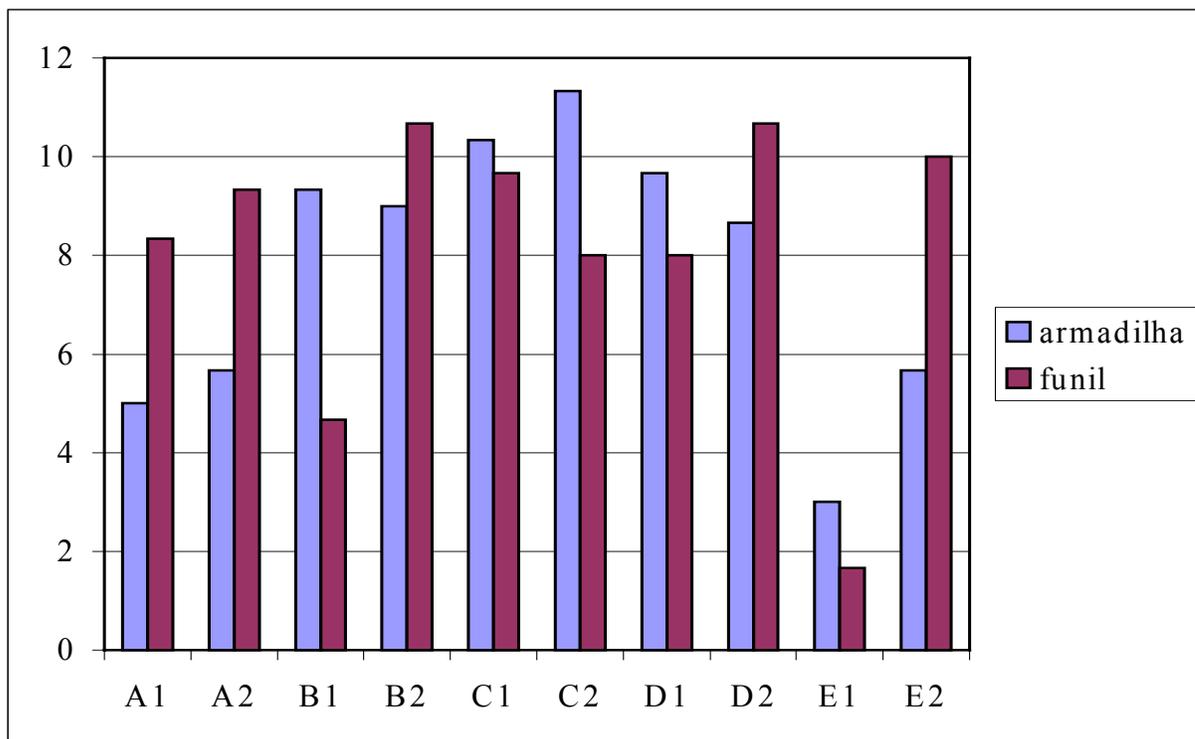
As primeiras atuaram no canteiro D: as folhas de cenoura foram cortadas para o cultivo de seu fungo, conforme já citado na seção 4.4.4. (p. 91)

Pinheiro & Barreto (1996) afirmam à página 207, citando Haldane e Engels, que “*os insetos têm visão espectral, principalmente nas faixas do ultravioleta. (...) É bem possível que os insetos com este tipo de visão possam ‘ver’ o espectro das plantas desequilibradas e assim irem até elas para buscar o alimento. (...) Cada substância química tem seu espectro específico, variável de acordo com seu estado atômico. No caso da saúva, é muitíssimo importante um vegetal proteoliticamente desequilibrado, pois o fungo que cultiva e consome é um organismo parasita e, como tal, necessita desse tipo de alimento desequilibrado.*” O raciocínio pode ser usado para a quenquém que tem o mesmo comportamento de cultivar fungo como alimento da saúva (*Atta* spp). O desequilíbrio proteolítico das plantas de cenoura

²³ Arbitrou-se para esta análise que os detritívoros são aqueles organismos que se alimentam de resíduos orgânicos, exclusivamente ou não.

pode ter sido causado pelo excesso de potássio solúvel detectado no momento final do canteiro D (gráfico 8), análise que foi repetida pela dúvida gerada sobre os valores elevados.

Gráfico 21 - Número médio de *taxa* para fauna de invertebrados do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo e por funil de Berlese-Tullgreen.



As formigas de correição forragearam presas nos canteiros A e D (uma ocasião), e B e C (diversas vezes). Estas são as formigas que apresentam nível máximo do comportamento predador, segundo Fowler *et al* (1991) e provavelmente tratava-se da espécie *Eciton burchelli*, que é a única do gênero que captura qualquer invertebrado além de vespas e outras formigas. Não podemos afirmar categoricamente que a presença constante (desde 1999 elas ocorrem, sazonalmente) das correições é uma indicação de equilíbrio exclusiva da propriedade pois a área abrangência de migração das colônias é diversas vezes maior que a horta do estudo. Podemos somente assegurar que essas formigas necessitam presas invertebradas em quantidade elevada, como seria normal numa floresta tropical, e isso elas encontram na horta da propriedade cada vez que passam por ali. Durante este estudo elas construíram um acampamento (*bivouac*) estacionário dentro de um galinheiro desativado da propriedade, entre os canteiros B e C. Ali elas permaneceram por 26 dias, o que proporcionou sua observação mais detalhada (de Pinho & Gomes, 2003). Durante este período elas

forragearam diversas vezes os canteiros B e C. Esta poderia ser uma causa de não ter havido diferença significativa entre os momentos 1 e 2 para todos os índices calculados (tabela 14): as correções reduziram a diversidade nos canteiros que poderiam apresentar maior incremento (B e C), e também atuaram, com menor frequência, nos canteiros A e D. Esta hipótese, porém está no campo especulativo e sua confirmação necessitaria de um estudo específico da diversidade de fauna edáfica nas trilhas das correções.

Gráfico 22 - Número médio de indivíduos da fauna de detritívoros do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de funil de Berlese-Tullgreen.

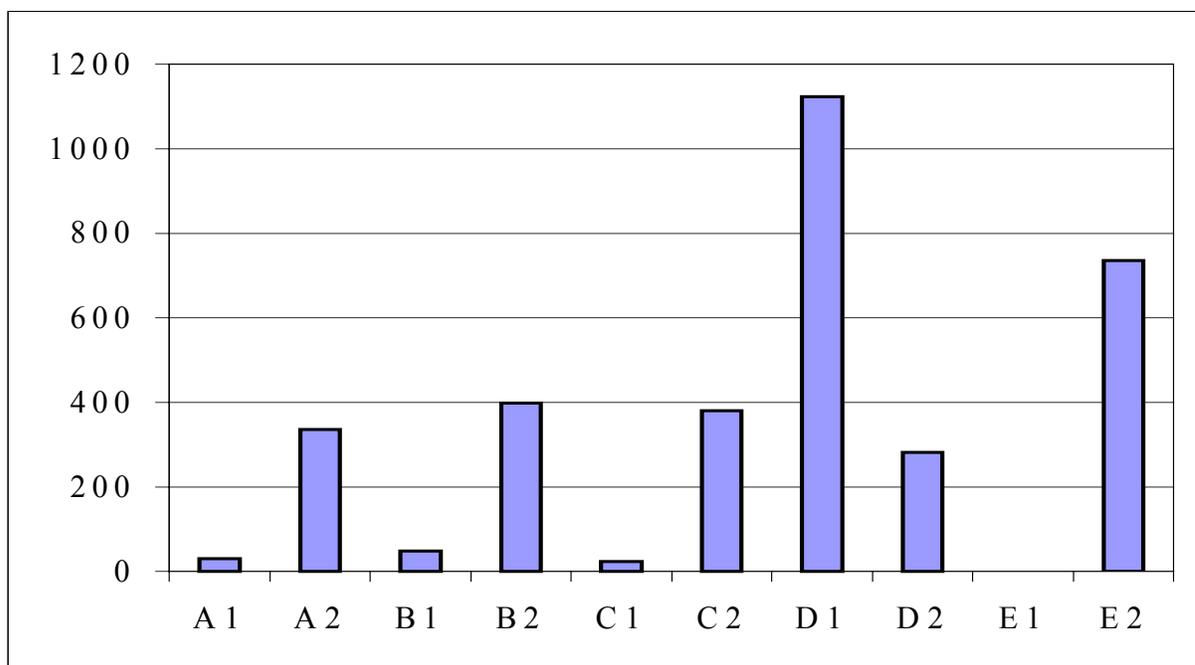
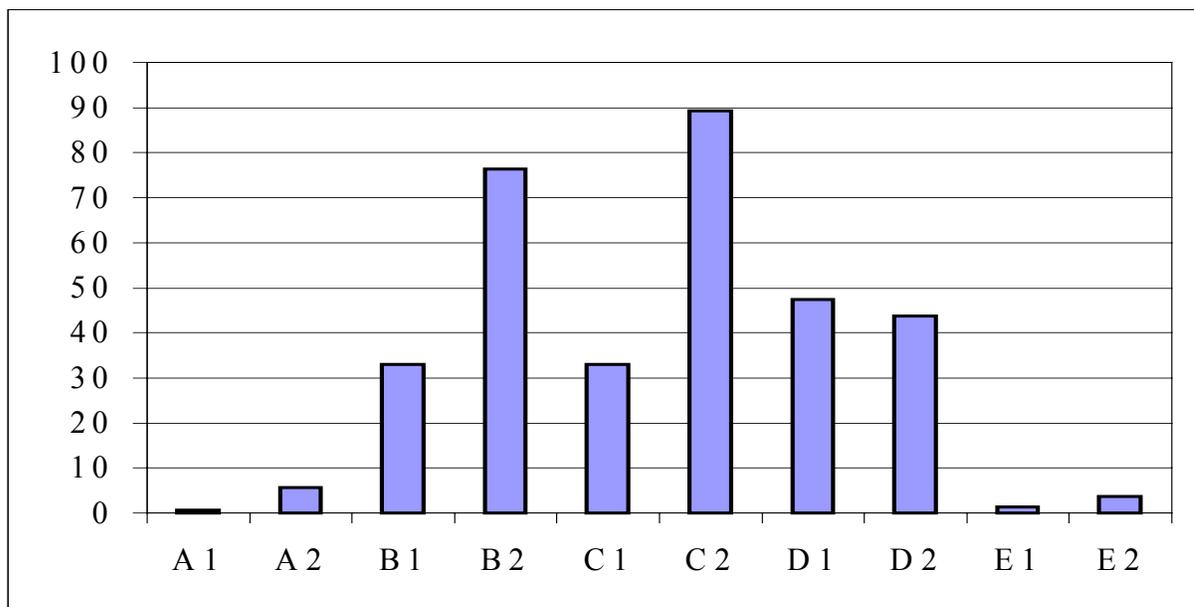


Gráfico 23 – Número médio de indivíduos da fauna de detritívoros do solo nos canteiros do estudo (A, B, C, D e E) nos momentos de coleta anterior (1) e posterior (2) ao manejo com canteiros elevados, através de armadilha de solo.



RESUMO DOS RESULTADOS

O manejo de solo deste estudo permitiu a significativa elevação da fertilidade do solo simultaneamente com cultivos contínuos de hortaliças em produção convivendo com plantas espontâneas.

A densidade do solo foi uma das variáveis mais sensíveis ao manejo, provavelmente devido a sua relação com a heterogeneidade espacial do solo.

Todas as variáveis químicas do solo mostraram-se sensíveis ao manejo, confirmando a característica do ambiente domesticado determinado pela interação humana com os componentes do ambiente horta. O estudo demonstra a validade de um manejo que minimiza o revolvimento, na imitação de características do ambiente domesticado.

As metodologias utilizadas deixam algumas questões como o entendimento de fenômenos ocorridos com o potássio, o fósforo e o nitrogênio no solo. A análise do material formador dos canteiros explica parcialmente estes fenômenos.

Possíveis efeitos da fauna do solo sobre a disponibilidade de nutrientes são referidos, como a possibilidade de solubilização do potássio via fauna detritívora.

A verificação da diversidade biológica dos vegetais cultivados e espontâneos foi positiva, indicando variações nos locais onde houve extremos de concentrações de nutrientes no solo.

A estimativa de diversidade de fauna de invertebrados do solo através de índices foi dificultada pela baixa precisão taxonômica. Os resultados apontaram para o aparecimento de *taxa* de invertebrados antes ausentes, indicando a possibilidade do estabelecimento de novos nichos ecológicos. O incremento de população mais notado foi o de ácaros e colêmbolos, como efeito do manejo, devido à sua participação na cadeia decompositora de detritos.

A ocorrência de formigas cortadeiras (*Acromyrmex* sp) numa das áreas pode estar ligada ao excesso de potássio no solo.

A passagem de uma colônia de formigas de correição (*Eciton* sp) pode ter reduzido a diversidade de fauna do solo em algumas áreas, porém sua presença é indicativa da complexidade da rede trófica estabelecida.

A perspectiva co-evolucionária parece ser o enfoque mais plausível para explicar essas variações não explicadas pelo estudo. Podemos sugerir, por exemplo, que uma maior diversidade de plantas gera maiores oportunidades de estabelecimento de organismos fitófagos, que, por sua vez, permite o crescimento de populações de invertebrados coprófagos. Assim, estes organismos co-evoluíram e suportam seus metabólitos secundários mutuamente. A convivência entre organismos não co-evoluídos pode gerar a inibição ou supressão de algum deles.

CONCLUSÕES

O solo é um dos fatores essenciais à produção de alimentos. Mais do que isso, é o ambiente onde fotossíntese e decomposição disponibilizam reciprocamente produto de um como substrato de outro.

Margulis (2001), mostrou-se estarecida ao assistir o lançamento do programa espacial norte-americano, onde a ocupação humana do espaço se daria com reduzida presença de outros seres vivos. Esta é uma exacerbação de um modo de vida que exclui (ou tenta) outros organismos da convivência humana. Práticas agrícolas convencionais têm feito o mesmo e, por esvaziar nichos ecológicos dos campos, perdem sua capacidade de serem úteis às próximas gerações.

Plantar, colher e, ao mesmo tempo melhorar a qualidade do solo, tem um significado maior que a dimensão acadêmica deste estudo.

Esta possibilidade começa pela compreensão do que significa 'qualidade de solo'. A tradução desta expressão não está apenas em aumentar o potencial de retenção de água, controlar drenagem, neutralizar o pH e repor nutrientes dos solos, entre outros. Talvez os melhores solos no futuro sejam aqueles capazes de tornar disponíveis com maior eficiência os elementos de um resíduo morto para elaboração de organismos vivos. E não é por acaso que estes solos retêm e drenam melhor a água, têm pH em torno de 6,0 e possuem estoques de nutrientes.

Os processos biológicos de ciclagem de nutrientes necessitam de melhor investigação. Este conhecimento permitirá a definição de parâmetros biológicos representativos da capacidade produtiva do solo. Tais parâmetros podem complementar ou até substituir os balizamentos físicos e químicos utilizados atualmente, uma vez que são indissociáveis, partes do mesmo ecossistema.

Fazemos isso empiricamente, quando por exemplo, reduzimos a adubação numa área onde determinada erva vegeta, pois ela só ocorre em terras de maior fertilidade.

A ciência do solo pode usar esta analogia como estímulo inicial para investigar quais as relações co-evolucionárias entre plantas espontâneas, organismos do solo, homem e plantas cultivadas que resultam num ambiente domesticado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74 p. 19-31, 1999.
- Alves, J.R. **Trajetórias de agricultores familiares em busca da sustentabilidade – o caso de três agricultores em ambiente periurbano**. Florianópolis, UFSC. Dissertação de mestrado, 2003. 150f.
- Andrén, O.; Brussaard, L. & Clarholm, M. Soil organism influence on ecosystem – level processes – bypassing the ecological hierarchy? **Applied Soil Ecology**, v. 11 p. 177-188, 1999.
- Andrén, O.; Kätterer, T. & Hyvönen, R. Projecting soil fauna influence on long – term soil carbon balances from faunal exclusion experiments. **Applied Soil Ecology**, v. 18 p. 177-186, 2001.
- Aquino, A. M. de Meso- e macrofauna do solo e sustentabilidade agrícola perspectivas e desafios para o século XXI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília: DF, 1999 *Anais...* SBCS, 1999, CD-ROM.
- Assad, M.L.L. Fauna do solo. In: Vargas, M.A.T. & Hungria, M. **Biologia dos solos dos Cerrados** Planaltina: EMBRAPA – CPAC, p. 363-443. 1997.
- Baker, H.G. The Natural History of Seed Banks. In: Alessio Leck, M.; Paker, V.T.; Simpson, R.L. **Ecology of Soil Seed Banks**. San Diego: Academic Press. 1989.
- Bakonyi, G.; Posta, K.; Kiss, I.; Fábrián, M.; Nagy, P. & Nosek, J.N. Density-dependent regulation of arbuscular mycorrhiza by collembola. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34 p. 661-664, 2002.
- Beare, M.H.; Coleman, D.C.; Crossley Jr., D.A.; Hendrix, P.F. & Odum, E.P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. In: Collins, H.P.; Robertson, G.P. & Klug, M.J. (eds). **The significance and regulation of soil biodiversity**. Amsterdam: Kluwer, 1995. p. 5-22.
- Benech-Arnold, R.L.; Sánchez, R.A.; Forcella, F.; Kruk, B.C.; Ghersa, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**. v. 67 p. 105-122, 2000.
- Benton, W. (ed) **Enciclopédia Barsa**. São Paulo, Rio de Janeiro: Encyclopaedia Britannica Editores Ltda. v. 7, p. 377, 1968.
- Bertoni, M.S. **Agenda y mentor agrícola**, 4ª. Edición Ampliada de la 3ª encargada por el Congreso Nacional Paraguayo. Puerto Bertoni: Imprenta y edición ‘Ex Sylvis’, p. 443-467, 1927.

Bond, W.J. Keystone Species. In: Schulze, E.-D. & Mooney, H.A. (eds.) **Biodiversity and Ecosystem Function**. Berlin: Springer-Verlag, 1994. p. 237-253.

Brady, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7^aed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1989. 878p.

Brussaard, L. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. **Applied Soil Ecology**, v. 9 p. 123-135, 1998.

Caruso, M.M.L. **O Desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. 2^a edição. Editora da UFSC. Florianópolis. 1990. 158p.

Cavers, P.B. & Benoit, D.L. Seed Banks in Arable Land. In: Alessio Leck, M.; Paker, V.T. & Simpson, R.L. **Ecology of Soil Seed Banks**. San Diego: Academic Press. 1989. p. 309-328.

Chaboussou, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Porto Alegre: L&PM, 1987. 256p.

Chan, K.Y. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. **Soil & Tillage Research** v. 57 p. 179-191, 2001.

Childe, G. **A Evolução Cultural do Homem**. Rio de Janeiro: Zahar. 3^aed. 1975. 229p.

Clawson D.L. Small scale polyculture: an alternative development model. **The Philippine Geographical Journal** v. 29 p. 92-103, 1985.

Comin, J.J. **Efeitos na estrutura do solo pelo manejo do pH, teor de matéria orgânica e fosfatos**. Curitiba: Projeto de pesquisa apresentado à Disciplina de Manejo dos Solos Agrícolas do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFPR, 1990.

Cortez, L.A.B.; Honório, S. L.; Neves Filho, L. de C. & Moretti, C.L. Importância do Resfriamento para Frutas e Hortaliças no Brasil. In: Cortez, L.A.B.; Honório, S. L. & Moretti, C.L. (Eds. técnicos) 2002. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. p. 17-36. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 2002.

Crisp, P. Radish. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (eds) **Evolution of crop plants**. London: Longman. 2^a ed, 1995. p. 86-89.

Dadonas, M. **A Horta orgânica em seu quintal**. 2^a ed. Editora Ground. São Paulo. 1989. 174 p.

Derpsch, R.; Roth, C.H.; Sidiras, N. & Köpke, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: IAPAR/GTZ, 1991. p. 71-114.

Dhillon, S.K. & Dhillon, K.S. Kinetics of release of non-exchangeable potassium by cation-saturated resins from Red (Alfkisols), Black (Vertisols) and Alluvial (Inceptisols) soils of India. **Geoderma**. v. 47, p. 283-300, 1990.

Dinchev, D. & Yagodin, G. **Agroquímica**. In: Pinheiro, S. & Barreto, S.B. MB-4: Agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes. Porto Alegre: Fundação Juquira Candiru/MIBASA. 1996. 273p.

Doran, J.W. & Safley, M. Defining and Assessing Soil Health and Sustainable Productivity. In: Pankhurst, C.; Doube, B.M. & Gupta, V.V.S.R. **Biological Indicators of Soil Health**. Oxon: Cab International, 1997. p. 265-296.

Doran, J.W. & Zeiss, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15 p. 3-11, 2000.

Doube, B.M. & Schmidt, O. Can the Abundance or Activity of Soil Macrofauna be used to Indicate the Biological Health of Soils? In: Pankhurst, C.; Doube, B.M. & Gupta, V.V.S.R. **Biological Indicators of Soil Health**. Oxon: Cab International, 1997. p. 265-296.

Dunnigan, J.F. & Nofi, A.A. Disponível em: <http://www.hym.com/books/history/Agricult.htm>. Acessado em 14/09/2003. 1997.

Eisenbeis, G & Wichard, W. **Atlas on the biology of soil arthropods**. Berlin: Springer – Verlag. 1987. 437p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2^a ed. rev. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, Documentos, 1, 1997. 212p.

Fenton, G. & Helyar, K. The role of the nitrogen and carbon cycle in soil acidification. POTAFOS/Encarte técnico. **Informações Agrônomicas** No. 98, junho. 2002.

Ferreira, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: EDUFAL, 1991. 437p.

Filgueira, F.A.R. **Novo manual de olericultura – Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2^a ed. Viçosa: Editora UFV. 2003. 412p.

Fitter, A. H. & Moyersoen, B. Evolutionary trends in root-microbe symbioses. In: Silvertown, J.; Franco, M.; Harper, J. L. (eds.) **Plant life histories: ecology, phylogeny and evolution**. Cambridge: University Press. 1997. p. 265-282.

Ford-Lloyd, B.V. Sugarbeet, and other cultivated beets. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (eds) **Evolution of crop plants**. London: Longman. 2^a ed. 1995. p. 35-40.

Fowler, H.G.; Forti, L.C.; Brandão, C.R.F.; Delabie, J.H.C. & Vasconcelos, H.L. Ecologia Nutricional de Formigas. In: Panizzi, A.R. & Parra, J.R.P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole; Brasília: CNPq. 1991. p. 131-223.

Fukuoka, M. **Agricultura natural: teoria e prática da filosofia verde**. São Paulo: Nobel, 1985. 300p.

Futuyma, D. J. **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/ CNPq, 2^a ed. 1992. 646p.

Gardner, E.J. & Snustad, D.P. **Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 7^aed, 1987. 497 p.

Garwood, N.C. Tropical Soil Seed Banks: a review. In: Alessio Leck, M.; Paker, V.T.; Simpson, R.L. **Ecology of Soil Seed Banks**. Academic Press: San Diego. 1989. p. 149-209.

Gayet, J.P.; Cortez, L.A.B & Moretti, C.L. O Marketing do frio para frutas e hortaliças. In: Cortez, L.A.B.; Honório, S. L. & Moretti, C.L. (Eds. técnicos) **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 2002. p. 49-58.

Giller, K.E.; Beare, M.H.; Lavelle, P.; Izac, A.-M.N. & Swift, M.J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, v. 6 p. 3-16, 1997.

Gillon, D. & David, J.F. The use of near infrared reflectance spectroscopy to study chemical changes in the leaf litter consumed by saprophagous invertebrates. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 33 p. 2159-2161, 2001.

Gliessman, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS. 2002. 653p.

Goolley, F.B.; McGinnis, J.T.; Clements, R.G.; Child, G.I. & Duever, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1978. 256p.

Górny, M. & Grüm, L. **Methods in soil zoology**. Amsterdam: Elsevier Waszawa, 1993. p.112-141.

Gras, N.S.B. **A History of Agriculture in Europe and America**. F.S. Crofts & Co. Publishers. p. 211. Disponível em: <http://deathstar.comnet.ca/~jkhane/jtull/jtbits/historical-tull.html>. acessado em 26/12/2003. 1925.

Griffths, A.J.F.; Miller, J.H.; Suzuki, D.T.; Lewontin, R.C. & Gelbart, W.M. **Introdução à Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 6^aed, 1996. 856 p.

Grime, J.P. Foreword: Seed bank in ecological perspective. In: Alessio Leck, M.; Paker, V.T.; Simpson, R.L. **Ecology of Soil Seed Banks**. Academic Press: San Diego. 1989. p. xv - xxii

Groube, L. The taming of the rain forests: a model for Late Pleistocene forest exploitation in New Guinea. In: Harris, D.R. & Hillman, G.C. (eds) **Foraging and Farming: the evolution of plant exploitation**. London: Unwin Hyman. 1989. p. 292-304.

Hanazaki, N. Comunidades, conservação e manejo: o papel do conhecimento ecológico local. **Biotemas** v. 16 (1), p. 23-47, 2003.

Harper, J.L. & Hawksworth, D.L. Biodiversity: measurement and estimation. Preface. In: **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**. v. 345, p. 5-12, 1994.

Harris, D.R. An evolutionary continuum of people-plant interaction. In: Harris, D.R. & Hillman, G.C. (eds) **Foraging and Farming: the evolution of plant exploitation**. London: Unwin Hyman. 1989. p. 11-27.

Hassink, J.; Bouwman, L.A.; Zwart, K.B.; Bloem, J. & Brussaard, L. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. **Geoderma**, v. 57, p. 105-128, 1993.

Hemingway, J.S. Mustards. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (eds) **Evolution of crop plants**. London: Longman. 2^a ed. 1995. p. 82-86.

Hengeveld, R. Measuring ecological biodiversity. **Biodiversity Letters**. v. 3 p. 58-65, 1996.

Hillman, G.C. Late Palaeolithic plant foods from Wadi Kubaniya in Upper Egypt: dietary diversity, infant weaning, and seasonality in a riverine environment. In: Harris, D.R. & Hillman, G.C. (eds) **Foraging and Farming: the evolution of plant exploitation**. London: Unwin Hyman. 1989. p. 207-239.

Hodgkin, T. Cabbages, kales, etc. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (eds) **Evolution of crop plants**. London: Longman. 2^a ed. 1995. p. 76-82.

House, G.J.; Stinner, B.R.; Crossley, D.A.; Odum, E.P. & Langdale, G.W. Nitrogen cycling in conventional and no-tillage agroecosystems in the Southern Piedmont. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 39, p. 194-200, 1984.

Howard, A. **Un testamento agrícola**. Santiago: Imprenta Universitaria, 1947. 237p.

Jackson, W. Natural systems agriculture: a truly radical alternative. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 88, p. 111-117, 2002.

Jones, R. & Meehan, B. Plant foods of the Gidjingali: ethnographic and archaeological perspectives from northern Australia on tuber and seed exploitation. In: Harris, D.R. & Hillman, G.C. (eds) **Foraging and Farming: the evolution of plant exploitation**. London: Unwin Hyman. 1989. p. 120-135.

Juma, N.G. A conceptual framework to link carbon and nitrogen cycling to soil structure formation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 51, p. 257-267, 1994.

Kiehl, E.J. **Fertilizantes orgânicos** Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba. 1985. 492p.

Killion, T.W. (ed.) **Gardens of Prehistory – The Archaeology of Settlement Agriculture in Greater Mesoamerica**. Tuscaloosa: The University of Alabama Press. 1992. 334p.

Kladivko, E.J. Tillage systems and soil ecology. *In: Soil & Tillage Research 61: 61-76*. Amsterdam: Elsevier Waszawa, 2001.

Koprotkin, P. **Fields, Factories and Workshops**. Transaction Publishers: New Brunswick and London. Originalmente publicada em 1912 por Thomas Nelson & Sons. 1993. 477p.

Korsaeth, A.; Henriksen, T.M. & Bakken, L.R. Temporal changes in mineralization and immobilization of N during degradation of plant material: implications for the plant N supply and nitrogen losses. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, p. 789-799, 2002.

Krebs, C.J. **Ecological Methodology**. Addison-Wesley Educational Publishers, Menlo Park. 1999. 329p.

LANARV – Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes – Métodos Oficiais**. Brasília: Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Referência Vegetal. 1988.

Langmaack, M.; Schrader, S.; Helming, K. Effect of mesofaunal activity on the rehabilitation of sealed soil surfaces. **Applied Soil Ecology**, v. 16, p. 121-130, 2001.

Lee, T. **Earthworms, their ecology and relationships with soil and land use**. Sidney: Academy Press. 1985. p. 333-349.

Lewontin, R.C. **A Tripla Hélice: gene, organismo e ambiente**. São Paulo: Companhia das Letras. 2002. 138p.

Liebman, M. Sistemas de Policultivos. In: Altieri, M.A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária/AS-PTA. 2002. p.347-368

Lobry de Bruyn, L.A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 74, p. 425-441, 1999.

Machado da Rosa, A.C. **Educação ambiental para a sustentabilidade agrícola: análise de livros-referência**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC/CCA/PGAGR, 1998. No prelo.

Magurran, A.E. **Ecological Diversity and its Measurement**. London: Croom Helm. 1988. 179p.

Malavolta, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. Piracicaba: Ceres. 1976. 528p.

Margulis, L. **O Planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução**. Rio de Janeiro: Rocco. 2001. 137p.

Maraun, M.; Martens, H.; Migge, S.; Theenhaus, A. & Scheu, S. Adding to ‘the enigma of soil animal diversity’: fungal feeders and saprophagous soil invertebrates prefer similar food substrates. **European Journal of Soil Biology**. v. 39, p. 85-95, 2003.

McGrady-Steed, J.; Harris, P.M. & Morin, P.J. Biodiversity regulates ecosystem predictability. **Nature**. v. 390, p. 162-165, 1997.

Meurer, E.J & Klamt, E. Composição da fase sólida mineral do solo. In: Meurer, E.J (ed.) **Fundamentos de Química do solo**. Porto Alegre: Gênese. 2000. p. 23-44.

Midmore, D. J. **Chinese waterchestnut**. Disponível em: <http://www.rirdc.gov.au/pub/handbook/chinwchst.html> acessado em 17/09/03. 1997.

Midmore, D. J. & Jansen, H.G.P. Supplying vegetable to Asian cities: is there a case for peri-urban production? **Food Policy**. Amsterdam: Elsevier. 2003.

Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Franchini, J.C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. POTAFOS/Encarte técnico. Informações Agrônomicas No 92, Dezembro. 2000.

Monegat, C. **Avaliação multidimensional do manejo do solo no sistema do pequeno agricultor**. Florianópolis: UFSC, Dissertação de Mestrado. 1998. 131f.

Moore, J.C. Impact of agricultural practices on soil food web structure: Theory and application. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 51, p. 239-247, 1993.

Moore, J.C. & de Ruiter, P.C. Temporal and spatial heterogeneity of trophic interactions within below-ground food webs. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 34, p. 371-397, 1991.

Moreira, F.M.S. & Siqueira, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA. 2002. 626p.

Morra, M.J. & Kirkegaard, J.A. Isothiocyanate release from soil-incorporated *Brassica* tissues. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, p. 1683-1690, 2002.

Niklas, K.J. **The Evolutionary Biology of Plants**. Chicago and London: University of Chicago Press. 1997. 449p.

Noble, I.R. & Dirzo, R. Forests as Human – Dominated Ecosystems. **Science**, v. 277, p. 522-525. 1997.

Nunan, F. Urban organic waste markets: responding to change in Hubli-Dharwad, India. **Habitat International**, v. 24, p. 347-360, 2000.

Odum, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

Oldroyd, H. **Collecting, preserving and studying insects**. London: Hutchinson Scientific and Technical, 1973. 336p.

Otto, P.G. **Genética básica para veterinária**. 3^a ed. São Paulo: Roca. 2000. 299p.

Pankhurst, C.E. Biodiversity of Soil Organisms as na Indicator of Soil Health. In: Pankhurst, C.; Doube, B.M. & Gupta, V.V.S.R. **Biological Indicators of Soil Health**. Oxon: Cab International, 1997. p. 265-296.

Parker, G. (ed.) **Atlas da História do Mundo**. São Paulo: Empresa Folha da Manhã. 1995. 320p.

Paul, E.A. & Clark, F.E. **Soil Microbiology and Biochemistry**. San Diego: Academy Press Inc., 1989. 275p.

Pereira, J.C. **Roland Ristow: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável**. Florianópolis, UFSC, Dissertação de Mestrado. 1999. 94 f.

Perner, J. Sample size and quality of indication – a case study using ground – dwelling arthropods as indicators in agricultural ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 2065, p. 1-8, 2003.

de Pinho, L.C. & Gomes, G. **Estudo da presença de uma colônia de formiga de correição (*Hymenoptera: Formicidae*) em área rural no município de Florianópolis, SC**. In: Lopes, B.C. (org.) Anais do XVI Simpósio de Mirmecologia, Florianópolis: Universitária. 2003. p. 443-445.

Ponting, C. **Uma história verde do mundo**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. 1995. 648p.

Pundek, M. **A matéria orgânica do solo**. EPAGRI 2^a edição. 1992. 15p.

Ricklefs, R.E. **A Economia da Natureza**. 3^aed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1993. 470p.

Riggs, T.J. Carrot. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (eds) **Evolution of crop plants**. London: Longman. 2^a ed. 1995. p. 477-480.

Rosenzweig, M.L. & Abransky, Z. How are Diversity and Productivity Related? In: Ricklefs, R.E. & Schluter, D. (ed.) **Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives**. Chicago and London: The University of Chicago Press. 1993. p. 52-65.

de Ruiter, P.C.; Van Veen, J. A.; Moore, J.C.; Brussaard, L. & Hunt, H.W. Calculation of nitrogen mineralization in soil food webs. **Plant and Soil**, v. 157, p. 263-273, 1993.

Rupert, E.E. & Barnes, R.D. **Zoologia dos invertebrados**. 6^a ed. São Paulo: Roca. 1996. 1029p.

Salmon, S.; Ponge, J.F. & Van Straalen, N.M. Ionic identity of pore water influences pH preference in Collembola. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, p. 1663-1667, 2002.

Saturnino, H.M. & Landers, J.N. O Que é plantio direto? **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. p. 16-24.

Scheu, S. The soil food web: structure and perspectives. **European Journal of Soil Biology**, v. 38, p. 11-20, 2002.

Schinner, F.; Öhlinger, R.; Kandeler, E. & Margesin, R. **Methods in soil biology**. Heidelberg: Springer, 1996. p.338-363.

da Silva, E.M.R.; de Almeida, D.L.; Franco, A.A. & Döbereiner, J. **Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1985. p. 85-88.

Smith, B.D. **The emergence of agriculture**. New York: Scientific American Library. 1998. 231p.

Southwood, T.R.E. **Ecological Methods with particular reference to the study of insect populations**. London: Chapman and Hall, 1978. p. 170-201.

Sprague, M.A. Overview. In: Sprague, M.A.; Triplett, G.B. (eds.) **No tillage and surface tillage agriculture**. New York: J. Willy, 1986. p. 1-18.

Swift, M.J. & Anderson, J.M. Biodiversity and Ecosystem Function in Agricultural Systems. In: Schulze, E.-D. & Mooney, H.A. (Eds.) **Biodiversity and Ecosystem Function**. Berlin: Springer-Verlag, 1994. p. 237-253.

Tedesco, M.J.; Volkweiss, S.J.; Cohnen, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985.

Tomás, E. D. **O Tietê, o higienismo e as transformações na cidade de São Paulo (1890-1930)**. Florianópolis: UFSC/CFH. Dissertação de Mestrado.

Walter, D.E.; Kaplan, D.T. and Permar, T.A. Missing links: a review of methods used to estimate trophic links in soil food webs. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 34, p. 399-405, 1991.

Wardle, D.A. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. **Advances in ecological research** v. 26, p. 105-185, 1995.

Weber, M. **História agrária romana**. São Paulo: Martins Fontes. 1994. 284 p.

Widdowson, R.W. **Hacia una agricultura holística: un enfoque científico**. Buenos Aires: Hemisferio Sur. 1993. 270p.

Wiethölter, S. **Calagem no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000. 104p.

Wolters, V. Soil Invertebrates – Effects on Nutrient Turnover and Soil Structure – A Review. **Z. Pflanzenernähr. Bodenk.**, v. 154, p. 389-402, 1991.

Yin, R.Y. **Applications of case study research**. Applied Social Research Methods Series. Vol. 34. Newbury Park: Sage Publications, 1993. 131p.

Yin, R.Y. **Case study research: design and methods**. Applied Social Research Methods Series. Vol. 5. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994. 171p.

Yodzis, P. Environment and Trophodiversity. In: Ricklefs, R.E. & Schluter, D. (ed.) **Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives**. Chicago and London: The University of Chicago Press. 1993. p. 26-38.

Zimmer, M. & Topp, W. The role of coprophagy in nutrient release from feces of phytophagous insects. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, p. 1093-1099, 2002.