

**DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO ECOLÓGICO E ANÁLISE DA ADUBAÇÃO  
VERDE NOS AGROECOSSISTEMAS DE SÃO CARLOS, SP**

Luís Fernando Guedes Pinto  
Sílvia Crestana



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária*

*Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

*Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP*

*Telefone: (016) 274 2477 - Fax: (016) 272 5958*

**DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO ECOLÓGICO E ANÁLISE  
DA ADUBAÇÃO VERDE NOS AGROECOSSISTEMAS DE  
SÃO CARLOS, SP**

Luís Fernando Guedes Pinto<sup>1</sup>  
Sílvia Crestana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Msc., CRHEA/USP. Av. Carlos Botelho, 853.  
13.416-145. Piracicaba, SP

<sup>2</sup>Físico, PhD , EMBRAPA/ CNPDIA. Caixa Postal 741. 13560-970, São  
Carlos, SP.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza (SHS/EESC/USP), pelos comentários, sugestões e orientação no uso do sistema de informações geográficas.

Ao Dr. Odo Primavesi (CPPSE/EMBRAPA), pelas contribuições teóricas e práticas para a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado concedida ao autor L.F.G. PINTO no Programa de Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

## SUMÁRIO

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Introdução                         | 4  |
| Diagnóstico                        | 5  |
| Delimitação da área                | 5  |
| Características naturais           | 6  |
| Uso da terra e Estrutura fundiária | 11 |
| Planejamento Ecológico             | 13 |
| Adubação Verde                     | 16 |
| Demanda de Trabalhos               | 20 |
| Referências bibliográficas         | 22 |

## Diagnóstico, Planejamento Ecológico e Análise da Adubação Verde nos Agroecossistemas de São Carlos, SP.

### INTRODUÇÃO

O agroecossistema deve ser entendido como o ecossistema que causa mais impacto sobre a espécie humana, pois este nos fornece alimentos e fibras, elementos essenciais para a sobrevivência do homem; ocupando 30% da superfície terrestre continental, Elliot & Cole (1989). Porém, em função dos modelos adotados e das técnicas aplicadas aos agroecossistemas dominantes no mundo, estes têm causado sérios impactos ao meio ambiente como o desmatamento, a erosão acelerada, a contaminação química dos solos, dos recursos hídricos e atmosfera, além do risco direto e indireto à própria saúde humana.

Este quadro de degradação ambiental deve ser alterado através da compatibilização da atividade agrícola com os conceitos globais e específicos do desenvolvimento sustentável. De maneira geral, este pode ser entendido como um desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades, Elliot (1994).

Segundo Pinto (1996), esta compatibilização deve ser feita através do estudo dos agroecossistemas existentes e da formulação de sistemas de produção e técnicas que respeitem as características naturais, culturais e socio-econômicas destes agroecossistemas ao mesmo tempo que obtenham índices de produção rentáveis. Gonçalves et al. (1991) discutindo a ocupação do uso das terras na região de São Carlos, indicam a pequena e má utilização das terras da região devido à baixa fertilidade de seus solos, o relevo relativamente acidentado e a falta de técnicas adequadas à estas características. Sugere, então, que se realizem novos trabalhos sobre a ocupação das terras da região, o que

poderia trazer um melhor índice de aproveitamento das terras locais e possivelmente uma menor agressão ao meio ambiente local associado à um aumento da produtividade. Esta é uma região com potencial para a atividade agrícola, porém possui características naturais que restringem esta atividade e potencializam os impactos da mesma sobre o ambiente.

Assim, o estudo das características naturais (clima, solos), aliado ao levantamento de características socio-econômicas básicas dos sistemas de produção, fornecem importantes elementos para o planejamento racional e adequado destes, visando o estabelecimento da agricultura em harmonia com o meio ambiente e economia regional.

A matéria orgânica tem efeito direto sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, afetando fortemente a qualidade do agroecossistema. O manejo do solo, das culturas, e consequentemente o manejo da matéria orgânica do solo influencia tanto os rendimentos obtidos no processo agrícola como a qualidade ambiental deste, (Pinto & Crestana 1996).

Sistemas de informações geográficas (SIG), programas e modelos computacionais têm se apresentado como ferramentas importantes para a realização tanto do diagnóstico, quanto do planejamento agrícola e ambiental. Através de manipulações de imagens e simulações de cenários, tem se obtido importantes resultados, que orientam a atividade em si e a própria pesquisa, tendo como consequência a obtenção de resultados adequados e a otimização de recursos e tempo, Star & Estes (1990).

Assim, este trabalho visa descrever e analisar os agroecossistemas de São Carlos e estudar o potencial de utilização da adubação verde, visando atingir maior sustentabilidade destes.

## DIAGNÓSTICO

### DELIMITAÇÃO DA ÁREA

Ao se levantar o potencial do meio físico e a aptidão ecológica de uma região, é necessário considerar conjuntamente os elementos do clima (aptidão climática) e do solo (aptidão edáfica). Os elementos do clima são, comumente, muito mais generalizados, abrangendo áreas extensas. Por essa razão os trabalhos de zoneamento ecológico iniciam-se pelo zoneamento climático, introduzindo-se em seguida os elementos do fator edáfico; em geral mais variados e desuniformes no espaço geográfico (Camargo et al. 1974).

Desta forma, inicialmente delimitou-se uma região climática considerada como homogênea na escala deste trabalho. Esta foi determinada através da manipulação dos mapas climáticos de Isotermas anuais e Deficiência Hídrica Anual do Estado de São Paulo, desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (escala 1:2.000.000). Como as informações sobre os sistemas de produção agrícolas estão disponíveis em função da Divisão Administrativa dos municípios, o mapa de Divisões Administrativas do Instituto Geográfico e Cartográfico foi também considerado na definição da área a ser estudada. Foram selecionados todos os municípios que possuíam pelo menos 20% de sua área coincidente com a Zona climática determinada anteriormente.

Estas operações com mapas foram realizadas no software Idrisi de sistema de informações geográficas, o qual trabalha em microcomputadores pessoais do tipo 486 ou Pentium.

Assim, foi selecionada a região que envolve os municípios de Analândia, Itirapina, Santa Maria da Serra, São Carlos, São Pedro e Torrinha, sendo esta denominada Zona Agroecoadministrativa.

## CARACTERÍSTICAS NATURAIS

A Zona Agroecoadministrativa está localizada entre as latitudes 21°32'S e 22°36'S e as longitudes 47°33'W e 48°18'W, ocupando uma área total de 286.824 ha.

A área localiza-se na região central do Estado de São Paulo, fazendo parte da província geomorfológica das Cuestas basálticas, estando em uma altitude da ordem de 800 a 900 metros. A vegetação predominante é o Cerrado.

Trabalho da E.E.S.C.-USP (1980) descreve o clima da região: é classificado como Cwa segundo Koeppen. O clima é subtropical mesotérmico, úmido, com chuvas de verão, com estiagem branda no inverno. A estação chuvosa vai de outubro a março e a estação seca de abril a setembro. Há ocorrência esporádica de geadas.

De acordo com Verdade et al. (1974) a área se encontra na faixa da isoterma anual de 19 a 20 °C, estando a isoterma do mês mais frio (julho) entre 15 e 16 °C. A deficiência hídrica anual varia de 20 a 40 mm, distribuindo-se em: 0-10 mm (abril-maio), 0-10 mm (junho-julho) e 20-40 mm (agosto-setembro).

Outro fato que distingue e ressalta a importância desta região é a coincidência da mesma com a APA (Área de Proteção Ambiental) Corumbataí - Perímetro Corumbataí. De acordo com Sema (1990), todos os municípios em questão possuem uma grande porcentagem de sua área dentro da delimitação da APA: Analândia: 80,93%; Itirapina: 100%; Santa Maria da Serra: 100%; São Carlos: 13%; São Pedro: 84,71% e Torrinha: 78,43%.

Os solos da região foram estudados a partir da digitalização e manipulação das Cartas de Solo do Instituto Agrônomo de Campinas (escala 1:100.000), quadrículas Descalvado, São Carlos, Piracicaba e Brotas.

A descrição dos solos da região se encontra na Tabela 1 onde são apresentados os solos ocorrentes na Zona Agroecoadministrativa, classificados também em fertilidade

textura. Usou-se a seguinte legenda: *a* para solos álicos, *d* para distróficos e *e* para eutróficos; *s* para textura arenosa e *r* para textura argilosa. A primeira letra se refere à fertilidade e a segunda à textura. Assim o solo descrito como PV d,s é um Podzólico vermelho amarelo distrófico e de textura arenosa.

Deve-se lembrar que os solos de textura média foram classificados como de textura *arenosa*, justificando assim, a presença de latossolos arenosos.

Os solos encontrados foram: Podzólico vermelho amarelo, Podzólico vermelho escuro, Terra roxa estruturada, Latossolo vermelho amarelo, Latossolo roxo, Latossolo vermelho escuro, Areia quartzosa, Litólicos e Hidromórficos.

Tabela 1 - Solos da região de São Carlos, área total e relativa de ocorrência

| Solo                           | Área total (ha) | Área relativa (%) |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| Podzólico vermelho amarelo a,s | 16.192          | 5,84              |
| Podzólico vermelho amarelo d,s | 20.493          | 7,39              |
| Podzólico vermelho escuro e,r  | 112             | 0,04              |
| Terra roxa estruturada e, r    | 2.132           | 0,77              |
| Terra roxa estruturada d,r     | 1.205           | 0,43              |
| Latossolo vermelho amarelo a,s | 82.769          | 29,84             |
| Latossolo vermelho amarelo a,r | 21.396          | 7,71              |
| Latossolo roxo e,r             | 4.122           | 1,49              |
| Latossolo roxo d,r             | 21.746          | 7,84              |
| Latossolo vermelho escuro a,r  | 7.700           | 2,78              |
| Latossolo vermelho escuro a,s  | 10.463          | 3,77              |
| Areia quartzosa a,s            | 54.464          | 19,64             |
| Litólicos e,r                  | 25.434          | 9,17              |
| Hidromórficos                  | 9042            | 3,26              |
| Total                          | 277.364         | 100,00            |

*a*- álico, *d*- distrófico e *e*- eutrófico; *s*- textura arenosa e *r*- textura argilosa.

Esclarece-se que a área total não coincide com a área da Zona Agroecoadministrativa em função da inexistência da quadrícula Botucatu, que complementaria a área ocupada pelos

municípios de São Pedro, Torrinha e Santa Maria da Serra.

Nota-se a grande importância de Latossolos vermelho amarelo e de Areias quartzosas, ocupando 56% da área total. Em seguida aparecem os Podzólicos vermelho amarelo com 13% e os Litólicos ocorrendo em 9,17% da área total.

Os solos Hidromórficos foram desconsiderados para uso agrícola neste trabalho devido à localização dos mesmos (ocorrem em áreas alagadas -várzeas- e margens de rios). Ainda há muitas controvérsias sobre a utilização deste tipo de solo e ecossistema e, segundo o Código Florestal (Lei 4.771), as várzeas são consideradas áreas de preservação permanente. Desta forma, optou-se pela indicação preliminar das áreas de ocorrência destes como áreas de proteção ambiental.

As Figuras 1 e 2 mostram a distribuição espacial dos solos de acordo com textura e fertilidade respectivamente.

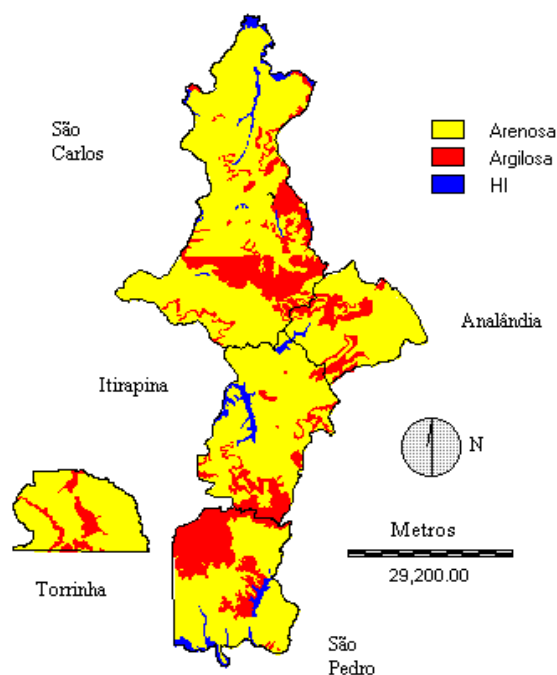


Figura 1 - Mapa de textura dos solos da Zona Agroecoadministrativa (HI = solos hidromórficos)

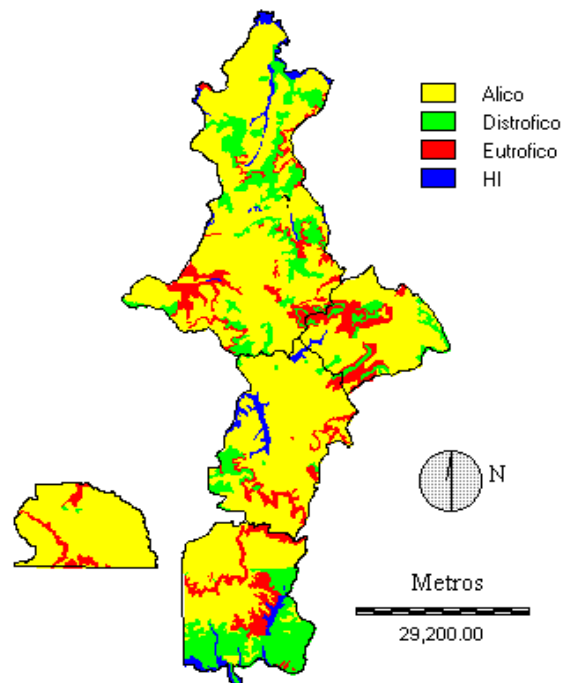


Figura 2 - Mapa de fertilidade dos solos da Zona Agroecoadministrativa. (HI = solos hidromórficos)

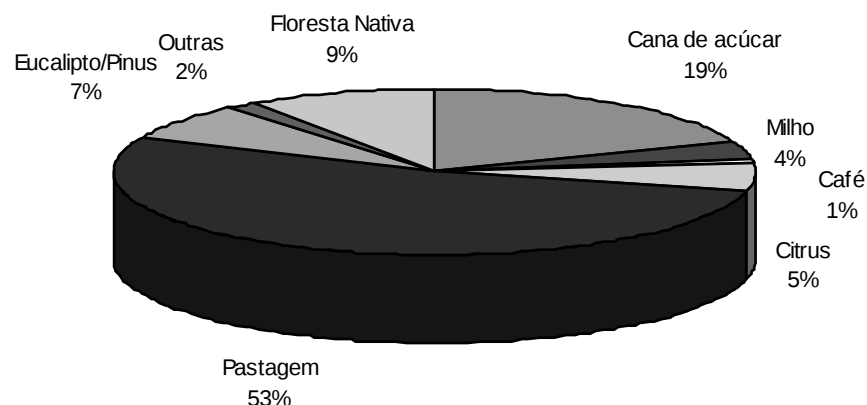
Verifica-se a dominância de solos de textura arenosa (78,38%) contra a pequena ocorrência de solos argilosos (21,62%). Quanto à fertilidade, 88,15% dos solos são de baixa fertilidade, sendo 71,95% álicos e 16,2% distróficos. Apenas 11,86% dos solos são eutróficos ou de alta fertilidade.

## USO DA TERRA E ESTRUTURA FUNDIÁRIA

Conforme enunciado na Introdução, o estudo ecológico deve estar aliado a realidade socio-econômica do sistema de produção como um todo, isto é, quais são as principais culturas cultivadas, o perfil dominante de propriedade existente, assim como do próprio produtor rural.

Deste modo, procurou-se levantar estas informações a partir de dados existentes do IBGE e do Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo.

As informações sobre o uso da terra (quais culturas são exploradas e que área ocupam) foram coletadas diretamente no IEA. A Figura 3 mostra a distribuição em área cultivada das principais culturas da região na safra 1993/94.



Fonte: IEA (1994) adaptado

Figura 3 - Distribuição relativa das áreas ocupadas pelas principais culturas na Zona Agroecoadministrativa.

Assim, 53% está ocupada por pastagens, 19% por culturas semi- perenes (cana), 13% por culturas perenes (citrus, café e reflorestamento) e apenas 4% por culturas anuais; restando 9% para florestas nativas (mata, cerrado e cerradão). No ítem *Outras*, estão agrupadas todas as culturas que ocupam área inferior a 1% do total.

A Estrutura Fundiária da região (distribuição e tamanho das propriedades rurais em função de classes de tamanho) foi identificada no Censo Agropecuário do IBGE de 1991. A Figura 4 apresenta a distribuição do número de estabelecimentos e da área ocupada por estes, de acordo com classes de tamanho dos estabelecimentos rurais.

Pelo gráfico, verifica-se um desencontro da curva de número de estabelecimentos com a de área ocupada, indicando uma distribuição desigual da terra por propriedades. Assim, 5,44% dos grandes estabelecimentos ocupam 43,17% da área total enquanto, 28,4% dos pequenos estabelecimentos ocupam apenas 2,03% desta área.

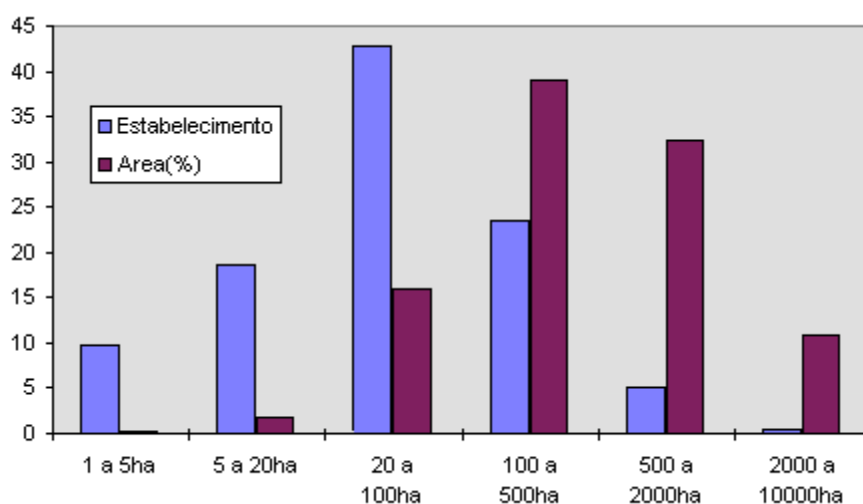


Figura 4 - Distribuição relativa de número e área ocupada por estabelecimentos rurais em classe de tamanho na Zona Agroecoadministrativa.

Com o objetivo de enriquecer esta discussão, coletou-se outros dados existentes no mesmo Censo do IBGE sobre a região.

Sobre a utilização de assistência técnica pelos estabelecimentos rurais, verificou-se que apenas 38% do total dos estabelecimentos utilizam assistência técnica para o desempenho de suas atividades e que somente 21,3% a utilizam para produção vegetal.

Quanto ao uso de fertilizantes e agroquímicos, do total de estabelecimentos, 74% utilizam fertilizantes químicos e 85% dos estabelecimentos utilizam agroquímicos em suas atividades. O calcário é utilizado por apenas 35% dos estabelecimentos.

Do total de estabelecimentos da região, 57% utilizam alguma técnica de conservação de solo e apenas 10,5% do total utilizam a técnica de terraceamento.

Estes dois pontos levantados anteriormente (uso de calcário e de práticas conservacionistas) exprimem e sintetizam a inadequação das práticas culturais utilizadas com as características naturais da região (solos álicos e relevo acidentado). Em função disto, é razoável supor que os agricultores alcançam rendimentos agrícolas inferiores aos que poderiam atingir com um manejo adequado do solo e colaboram para a degradação ambiental da região. Isto deve ocorrer em função da pequena utilização de assistência técnica pelos agricultores e pela lacuna deixada pelo atual sistema da extensão rural predominante na região e no Estado de São Paulo como um todo.

## PLANEJAMENTO ECOLÓGICO

Baseado na discussão anterior, verifica-se a necessidade de planejar adequadamente a agricultura na região, utilizando culturas, sistemas de produção e técnicas compatíveis com as características regionais apresentadas.

Desta forma, com o objetivo de iniciar este planejamento, identificou-se as Zonas edáficas comuns da área em questão (Figura 5). Este mapa

de vista climático, apresentando a variação espacial das características edáficas estudadas (textura e fertilidade). O mapa foi obtido através da sobreposição dos mapas básicos de Textura e Fertilidade no SIG Idrisi e serve como importante subsídio para a seleção das espécies agrícolas a serem cultivadas nesta região. Ressalta-se que este desconsidera os solos Hidromórficos.

As áreas totais e relativas de cada zona edáfica obtida encontram-se na Tabela 2

Tabela 2 - Área total (ha) e relativa das Zonas edáficas.

| <b>Zona</b>         | <b>Área total (ha)</b> | <b>Área relativa (%)</b> |
|---------------------|------------------------|--------------------------|
| I-Areia/álica       | 163.888                | 61.10                    |
| II-Areia/distrófica | 42.239                 | 15.74                    |
| III-Areia/eutrófica | 4.122                  | 1.53                     |
| IV-Argila/álica     | 29.096                 | 10.84                    |
| V-Argila/distrófica | 1.205                  | 0.44                     |
| VI-Argila/eutrófica | 27.678                 | 10.31                    |
| <b>Total</b>        | <b>268.228</b>         | <b>100</b>               |

Nota-se o predomínio da Zona I, caracterizada pela ocorrência de solos de textura arenosa e álicos, confirmando a teoria sobre solos de cerrado de FERRAZ (1987). Este relata o predomínio de areias quartzosas e latossolos álicos no cerrado, porém reforça que esta região apresenta grande potencial para o desenvolvimento da agricultura através do uso de técnicas compatíveis com as características naturais desta área.

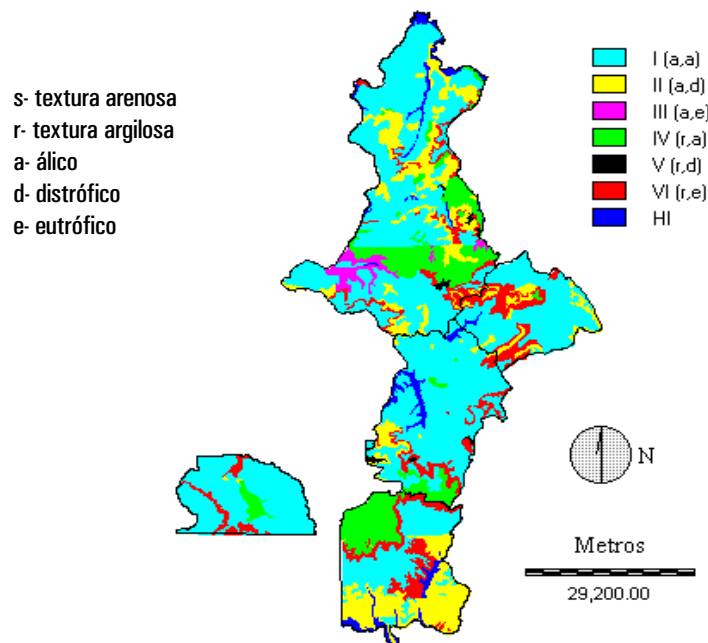


Figura 5 - Zonas edáficas da Zona Agroecoadministrativa

Após este estudo preliminar, pode-se inferir quais são os fatores limitantes e determinantes para o desenvolvimento da agricultura nesta região.

Quanto a questão edafo-climática, de modo geral, as culturas a serem cultivadas na região devem observar as seguintes características listadas a seguir:

- dominância de solos arenosos,
- ocorrência de déficits hídricos,
- possibilidade de controle de nematóides,
- ocorrência de verões quentes e úmidos e invernos frios e secos, e
- ocorrência de geadas.

Relativo a fertilidade do solo deve-se considerar a baixa fertilidade natural do solo, pequena disponibilidade de fósforo e matéria orgânica e o alto teor de alumínio.

Estas, são características que devem ser consideradas, entretanto, podem ser corrigidas através do uso adequado e racional de insumos e técnicas agrícolas, com possibilidade para uma elevação considerável do potencial produtivo da região, sendo possível assim atingir-se rendimentos agrícolas iguais ou até superiores às médias do estado.

## ADUBAÇÃO VERDE

Como já apresentado anteriormente, o manejo da matéria orgânica do solo cumpre um importante papel no sentido de manter e melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo e do próprio agroecossistema.

Deste modo, indica-se a adoção de sistemas de produção que adicionem matéria orgânica ao solo e otimizem seus efeitos neste. Logo, sugere-se a adoção da adubação verde e o estudo sobre a viabilidade técnica e econômica da implementação do plantio direto e de sistemas agroflorestais nos agroecossistemas da região.

Para seleção de espécies de adubo verde a serem utilizadas na região deste estudo, buscou-se na literatura existente espécies com características ecofisiológicas compatíveis com a situação edafoclimática descrita e que possam ser utilizadas em rotação ou consórcio com as culturas exploradas na região: rotação com milho e reforma de cana-de-açúcar, pastagem e reflorestamento e consórcio com milho, pastagem, citricultura e reflorestamento.

Os principais estudos sobre a ecofisiologia de espécies de adubo verde no Estado de São Paulo são de FANCELLI et al. (1985), COSTA (1993) e WUTKE (1993). Sobre a região objeto do trabalho destaca-se o trabalho realizado por PRIMAVESI (1995).

Desta forma, baseado no experimento de PRIMAVESI (1995), sugere-se a utilização de milheto, milho híbrido e as

mucunas preta e cinza. Embora tenham atingido resultados insuficientes neste experimento, baseado nos demais autores citados, sugere-se nova experimentação de crotalaria juncea, feijão de porco, tremoço, guandu e lab-lab no sistema de rotação com culturas anuais. Reforça-se também o grande potencial de utilização do sistema de consorciação de milho com mucuna.

Para pastagens, segundo COSTA (1993) e WUTKE (1993), deve-se utilizar gramíneas forrageiras tradicionais consorciadas com espécies de leguminosas forrageiras. Uma das vantagens é o de adicionar nitrogênio ao solo e incrementar a qualidade nutricional da forragem. Para a região, indica-se a experimentação das seguintes espécies: calopogônio, centrosema, e soja perene.

Nas áreas de plantio de cana-de-açúcar, a adubação verde deve ser realizada na época de reforma dos canaviais. Neste sistema, segundo COSTA (1993), a adubação verde pode adicionar nitrogênio ao solo, reduzir infestação de nematóides e plantas invasoras e reciclar nutrientes, além de proteger o solo contra a erosão. Para este sistema indica-se a utilização de crotalaria juncea, mucuna, lab-lab e soja. No caso de soja, pode-se ainda fazer a colheita dos grãos, dependendo do planejamento e objetivos do agricultor.

Em culturas perenes, a adubação verde pode trazer grandes benefícios, porém esta prática não pode prejudicar a cultura principal. Posto isso, o sucesso desta prática depende não só da escolha das espécies, mas também do manejo do sistema. Segundo COSTA (1993), as seguintes espécies têm potencial para serem utilizadas: mucuna-preta, nabo forrageiro, feijão de porco, crotalaria juncea, *Brachiaria* (*Brachiaria ruziziensis*) e estilosantes.

Tais indicações ainda são bastante preliminares. Validá-las, inclusive quanto à escolha da época de plantio ideal, do espaçamento adequado, à quantidade de sementes a ser utilizada com cada espécie e em cada sistema exigem testes em experimentos em condições de campo, para posteriormente serem

recomendadas e adotadas como técnicas de uso rotineiro.

A Tabela 3 apresenta as características ecofisiológicas das espécies com potencial para utilização, de acordo com textura e fertilidade de solo, controle de nematóides e resistência à geada.

Tabela 3 - Espécies de adubo verde com potencial de utilização na região de São Carlos e suas texturas preferenciais, exigência em fertilidade, tolerância à alumínio, controle de nematóides e resistência à geada.

| Espécie           | Textura preferencial | Exigência em fertilidade | Tolerância ao alumínio | Controle de nematóides | Resistência à geada |
|-------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Brachiaria        | arenosa              | baixa                    | média                  | -                      | ruim                |
| Calopogônio       | indiferente          | baixa                    | média                  | -                      | ruim                |
| Centrosema        | indiferente          | média a alta             | média                  | médio                  | ruim                |
| Crotalaria juncea | arenosa              | média                    | média                  | bom                    | ruim                |
| Estilosantes      | arenosa              | baixa                    | alta                   | médio                  | -                   |
| Feijão-de-porco   | indiferente          | baixa                    | alta                   | ruim                   | ruim                |
| Girassol          | indiferente          | alta                     | baixa                  | -                      | boa                 |
| Guandu            | indiferente          | baixa                    | média                  | ruim                   | moderada            |
| Lab-lab           | indiferente          | alta                     | baixa                  | ruim                   | ruim                |
| Milheto           | indiferente          | baixa                    | média                  | -                      | boa                 |
| Milho híbrido     | indiferente          | alta                     | baixa                  | -                      | ruim                |
| Milho variedade   | indiferente          | média                    | média                  | -                      | ruim                |
| Mucuna-cinza      | indiferente          | baixa                    | alta                   | bom                    | ruim                |
| Mucuna-preta      | indiferente          | baixa                    | alta                   | bom                    | ruim                |
| Nabo forrageiro   | indiferente          | média                    | média                  | -                      | boa                 |
| Soja              | indiferente          | média                    | baixa                  | -                      | ruim                |
| Soja perene       | indiferente          | alta                     | baixa                  | -                      | moderada            |
| Tremoço           | indiferente          | média                    | média                  | -                      | boa                 |

“-” sem informação

Fonte: Adaptado de COSTA (1993), WUTKE (1993) e MONTEIRO (1993).

Com o resultado da Tabela 3, é possível agrupar espécies de acordo com suas exigências específicas. Assim, em função da exigência em fertilidade e tolerância ao alumínio, criou-se três grupos de espécies: *Muito rústicas*, *Rústicas* e *Exigentes*, agrupadas da seguinte forma:

Grupo I - *Muito Rústicas*: Brachiaria, Estilosantes, Feijão de porco, Mucuna cinza e Mucuna preta. Grupo II - *Rústicas*: Calopogônio, Crotalaria juncea, Milheto, Milho variedade, Nabo forrageiro, Soja e Tremoço. Grupo III - *Exigentes*: Centrosema, Girassol, Lab-lab, Milho híbrido e Soja perene.

O plantio direto tem se destacado na região sul do país, como um sistema que alia altos rendimentos agrícolas com conservação ambiental. Neste, adota-se com frequência a rotação da cultura principal com espécies de adubo verde, havendo um incremento dos benefícios econômicos e ecológicos. Desta maneira, deve-se estudar as possibilidades de implementação e adoção do plantio direto na região deste estudo.

Quanto às características naturais (clima e solos), conforme FANCELLI et al. (1985), a região abordada pelo trabalho está apta para a utilização do sistema de plantio direto. Os sistemas adequados de rotação podem ser estabelecidos pesquisando-se espécies e os ciclos das mesmas, sendo também uma tarefa viável.

Desta forma, deve-se considerar o plantio direto como um sistema compatível com as demandas dos sistemas de produção da região de São Carlos. As espécies de adubo verde sugeridas neste trabalho podem também ser testadas conjugadas com o sistema de plantio direto na palha, rotacionadas com culturas anuais. Também pode haver o manejo de espécies de adubo verde neste sistema no plantio, nas entre-linhas de culturas perenes, conforme COSTA (1993).

Como resultado da discussão sobre os sistemas de produção da região estudada, concluiu-se a carência de assistência técnica básica e extensão rural. Também há forte indicação do uso inadequado de técnicas e procedimentos

básicos, inclusive daqueles já consagrados na agricultura paulista, como o terraceamento e o uso da calagem. Isto mostra que superar o desafio de produzir mais e impactar menos os agroecossistemas da região abordada neste trabalho é uma necessidade. Assim, as técnicas aqui discutidas, devem ocupar papel de destaque para superar o referido desafio.

A adubação verde pode ser também abordada e realizada com sucesso através dos sistemas agroflorestais. Estes são sistemas complexos e pouco conhecidos e conseqüentemente, pouco utilizados. Porém, mostram um grande potencial visando proporcionar grandes benefícios, com um alto aproveitamento dos recursos naturais e grande qualidade ambiental.

Fica evidente a necessidade de se avaliar a possibilidade de utilização dos sistemas já existentes, levando-se em conta a riqueza de espécies florestais desta região (Cerrado, florestas mesófilas semidecíduas e matas ciliares). Deste modo, deve-se pesquisar e desenvolver sistemas adaptados às condições edafoclimáticas e humanas (sociais, econômicas e culturais) desta região do estado de São Paulo.

Por tratar-se de um trabalho de caráter exploratório as conclusões finais devem ser testadas posteriormente para a sua validação ou não. Da mesma forma, deve-se realizar estudos mais profundos das características econômicas, sociais e culturais dos sistemas em questão, a fim de se caminhar na direção da sustentabilidade integral dos mesmos.

É importante projetar cenários quanto à utilização destes sistemas e técnicas sugeridas. Como foi visto, há um grande número de pequenos estabelecimentos rurais em contraste a um pequeno número de grandes estabelecimentos que ocupam uma grande área na região.

A adubação verde, como técnica conservacionista e de incremento qualitativo do agroecossistema, deve atingir, diferenciadamente, os dois padrões básicos encontrados.

Em relação ao pequeno agricultor, em função da pequena área disponível à agricultura, deve-se estudar sistemas que

privilegiem a otimização do espaço. Assim, a consorciação de adubos verdes com a cultura principal (principalmente milho) parece ser o melhor caminho para a obtenção dos benefícios pretendidos; assim como o estudo de espécies que possam ser utilizados no sistema de sucessão e ou rotação, sem prejudicar o rendimento da cultura principal.

Quanto aos grandes agricultores, basicamente pecuaristas ou plantadores de cana-de-açúcar, deve-se pesquisar a sucessão de adubos verdes com a cana na reforma dos canaviais. Porém, como estes possuem uma grande área para o cultivo, deve-se conscientizá-los que a adoção da rotação de distintas porções da área cultivada anualmente (cana e pastagem) com adubos verdes trará grandes benefícios ao seu sistema de produção, inclusive com a possibilidade de aumento dos rendimentos obtidos posteriormente, em detrimento da perda da safra em uma porção de sua propriedade.

Deve-se estudar detalhadamente o impacto da adoção da adubação verde nos custos da atividade agrícola e se a rotação de culturas proporciona também benefícios econômicos a longo prazo. Isto se tornará mais explícito no futuro, quando o custo ambiental das atividades humanas forem adicionados às planilhas do custo de produção dos agricultores e pecuaristas em geral.

## DEMANDA DE TRABALHOS

Para o prosseguimento deste estudo e, visando o desenvolvimento em base mais sustentável dos agroecossistemas da região de São Carlos, sugere-se a realização dos seguintes trabalhos:

- 1- Estudo mais detalhado das características sócio-econômico-culturais dos agroecossistemas da região;
- 2- Realização de levantamentos ecológicos (climáticos, pedológicos e de uso da terra) em escala mais detalhada, para proporcionar análises e estudos de maior precisão e confiabilidade;

- 3- Verificação dos impactos ambientais da agricultura nesta área (erosão, assoreamento, contaminação de solos, recursos hídricos e danos à saúde humana);
- 4- Continuação da seleção e experimentação de espécies de adubo verde para utilização no sistema de plantio direto, iniciado por PRIMAVESI (1995);
- 5- Estudo e experimentação da adubação verde nos demais sistemas agrícolas da região e sua utilização em sistemas de plantio direto;
- 6- Pesquisa de espécies arbustivas e arbóreas nativas para utilização em sistemas agroflorestais, assim como desenvolvimento dos mesmos e
- 7- Localizar as atuais experiências de sistemas de produção agrícola manejados adequadamente na região.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, A. P. de. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: VERDADE, F. da C. coord. *Zoneamento agrícola do estado de São Paulo*. Vol 1. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Governo do Estado de São Paulo. p.109, 1974.
- COSTA, M. B.B.da, coord. *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro, Pta/Fase, 1993.
- ELLIOT, E.T.; COLE, C.V. A perspective on agroecosystem science. **Ecology**. 70(6): 1597-1602, 1989.
- ELLIOT, J.A. *An Introduction to Sustainable Development*. London, Routledge. 121p, 1994.
- ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS-UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Bacia experimental rio Jacaré-Guaçu-Convênio DNAEE-EESC 1980. São Carlos. p. 24-25, 1980.

FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J.. *Atualização em plantio direto*. Campinas, Fundação Cargill, 343p, 1985.

FERRAZ, E.C. A ecofisiologia vegetal e a produção de alimentos no Cerrado. In: CASTRO, P.R.C. et. al.. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Potafos. p. 101-111, 1987.

GONÇALVES, A.R.L.; LORANDI, R.; ELLERT, N.; GONÇALVES, .M.M. Geologia ambiental da área de São Carlos-solos. In: AN. SEM. REG. ECOL, 6., São Carlos, 1991. *Anais*. São Carlos. 1991. p.565-579, 1991.

IBGE. *Censo agropecuário de 1985- São Paulo*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. v. 21, p.1-1332, 1991.

MONTEIRO, A.R. Controle de nematóides por adubo verde. In: I CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRONÔMICO, 1, Campinas, 1993. *Documentos IAC*, 35. Campinas, Instituto Agrônômico. p.109-121, 1993.

PINTO, L.F.G. (1996). *Estudo prospectivo visando o planejamento do uso da adubação verde nos agroecossistemas de São Carlos, SP*. São Carlos, 1996. 87p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PINTO, L.F.G.; CRESTANA S. Planejamento do uso da adubação verde nos agroecossistemas de São Carlos, SP. In: SOLO-SUELO 96 XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Águas de Liundóia, 1996. *Resumos expandidos*. SBCS. CD ROM, 1996.

PRIMAVESI, O. Espécies vegetais para produção de cobertura morta de solo, em plantio no outono, sem irrigação, na região de São Carlos, SP. II-Período 1994. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Viçosa, 1995. *Resumos*. Viçosa. SBCS. v4, p.2002-2004, 1995.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Agricultura. *Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto Agrônômico de Campinas, 1974. Escala 1:2.000.000.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Economia e Planejamento. *Regiões de Governo do Estado de São Paulo*. São Paulo, IGC. Escala 1:2.000.000. 1 mapa.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. *Áreas de Proteção Estaduais - Perímetro Corumbataí: Zoneamento Ambiental*. São Paulo, SMA. Série Documentos. 41p, 1990.

STAR, J. & ESTES, J. *Geografic Information Systems*. New Jersey, Prentice-Hall. 303p, 1990.

VERDADE, F. da C. et. al. (1974). Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. V. I. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura. São Paulo.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo de fitomassa e espécies utilizadas no estado de São Paulo. In: I CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRONÔMICO, 1, Campinas, 1993, *Documentos IAC*, 35. Campinas, Instituto Agrônômico. p.17-29, 1993.