Campus de São Carlos

ESTUDO PROSPECTIVO VISANDO O USO DE SISTEMAS
AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SP.

SABRINA FERREIRA LAURITO

ORIENTADOR: PROF. DR. SILVIO CRESTANA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Sabrina Ferreira Laurito

ESTUDO PROSPECTIVO VISANDO O USO DE SISTEMAS
AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SP.

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para obtenção do Título
de Mestre em Ciências a Engenharia
Ambiental.

DEDALUS - Acervo - EESC

31100050044

Orientador: Prof. Dr. Silvio Crestana

São Carlos

2004

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço... 11 / 11 / 04

Leonor Duz

Class.	TESE-EESC
Curr.	3296
Tombo	T272/04
Sysno	1407512

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da
Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

L386e Laurito, Sabrina Ferreira
Estudo prospectivo visando o uso de sistemas
agroflorestais no município de São Carlos, SP /
Sabrina Ferreira Laurito. -- São Carlos, 2004.

Dissertação (Mestrado).-- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.
Área : Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Silvio Crestana.

1. Sistemas agroflorestais. 2. Sistemas de
informações geográficas. 3. Árvores. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharel **SABRINA FERREIRA LAURITO**

Dissertação defendida e julgada em 10-09-2004 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **SILVIO CRESTANA** (Orientador)

(Empresa Brasileira de Apoio a Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA)

APROVADO

Prof. Dr. **LUIS FERNANDO GUEDES PINTO**

(Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola/IMAFLORA – SP))

APROVADO

Profa. Dra. **AKEMI INO**

(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Associado **EVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Às vidas que estão por vir.

Agradeço,

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro;

Ao orientador Prof. Dr. Silvio Crestana, pela oportunidade, confiança, riqueza de idéias compartilhadas e pelo aprendizado resultante desse conjunto;

Ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – CRHEA, pela vivência proporcionada pelo ambiente multidisciplinar e a diversidade de colegas;

Aos Drs. Francisco Dupas e Sérgio Rohm, por terem gentilmente cedido as bases cartográficas digitais de suas pesquisas, para elaboração deste estudo;

Aos Drs. Odo Primavesi e Luis Fernando Guedes, pelas relevantes contribuições dadas durante o exame de qualificação;

Aos meus pais, Antonio Carlos Laurito e Ceres Borges Ferreira Laurito, pelo amor e apoio irrestritos; minha irmã, Monica Ferreira Laurito, pela amizade e torcida; e minha sobrinha Yasmim Laurito Shimoda, pela alegria que me faz sentir;

Ao Leonardo Beraldo Masuttti, pelo carinho, paciência, motivação e pela nova vida que estamos formando;

À Daniela Modna e Maria Angélica Beccato, que estiveram presente durante toda esta trajetória;

Às oportunidades que virão, a partir deste trabalho.

"Quando a águia alça vôo alto sobre a terra,
Sua sombra, por um tempo, desaparece de vista;
Mas pássaro e sombra continuam ligados.

O mesmo com nossas ações:
Quando as condições se reúnem seus efeitos são vistos com clareza."

Jigme Lingpa- O Tesouro das qualidades preciosas.

RESUMO

LAURITO, S. F. (2004) Estudo prospectivo visando o uso de Sistemas Agroflorestais no município de São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

A crescente demanda por recursos naturais e a conseqüente perda de qualidade e quantidade dos mesmos, indica a necessidade do desenvolvimento de alternativas, nas diversas áreas do conhecimento e das atividades humanas. No caso dos agroecossistemas, as práticas convencionais provocaram ao longo do tempo a degradação do solo e dos recursos hídricos, a perda da biodiversidade e a desestruturação dos ecossistemas, que culminaram em desequilíbrios globais de balanço hídrico e temperatura. O presente estudo visa analisar o potencial de utilização de Sistemas Agroflorestais (SAFs). SAFs são práticas de manejo da terra há muito tempo conhecidas, que associam, deliberadamente, árvores com culturas agrícolas temporárias, permanentes e/ou animais simultaneamente ou sucedendo-se temporalmente no espaço; obtendo os benefícios de proteção ambiental e de produção proporcionados pelas árvores. Para a realização do estudo foram utilizadas as bases cartográficas digitalizadas das características ambientais (solo, topografia, hidrologia e clima) do município e as mesmas foram sobrepostas através do Sistema de Informação Geográfica (SIG). As características ambientais de São Carlos, indicam a necessidade da adoção de sistemas de produção sustentáveis, capazes de conservar a qualidade e a quantidade do solo e dos recursos hídricos disponíveis, bem como sua biodiversidade, por isso apresenta grande aptidão para a utilização dos SAFs e uma ampla variedade de espécies com potencial de uso. A prioridade de adoção de SAFs é para áreas degradadas e subutilizadas, áreas de preservação ambiental e adjacentes, reservas legais e áreas suscetíveis à erosão. Sugere-se novos estudos, em campo, para comprovação dos resultados teóricos obtidos. Palavras-chave: sistemas agroflorestais, sistemas de informação geográfica, árvores.

ABSTRACT

LAURITO, S. F. (2004) *Prospective study, objecting the use of Agroforestry Systems in São Carlos, SP*. M. Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

Growing demand for natural resources and the consequent losses on their quality and quantity indicates that it is necessary to develop alternatives for knowledge as well as for human activities. In the case of agroecosystems, conventional practices stimulated, at the same time, depletion of soil, water resources, loss of biodiversity and ecosystem disorganization, that takes to global unbalances on water and temperature. The aim of this study was to analyze the potencial for utilization of Agroforestry Systems (AFSs) in São Carlos, SP. AFSs are land management practices known since long time ago. AFSs consist in association of trees with another activities (such as temporary/permanent agricultural species and/or animals), simultaneously or succeeding temporally on space. The trees used in this practice provide benefits like production and environmental protection. In this study, it was used local environmental features – soil, topography, hidrology and climate – represented on digital cartographic bases. They were overlaid by Geographic Information Systems (GIS). São Carlos environmental features indicate the necessity of adoption of sustainable production systems, enabling to conserve soil and water resources quality and quantity as well as the biodiversity. Therefore, São Carlos presents vocation for Agroforestry Systems utilization, with wide species variety that presents potencial use. Priority areas for AFSs implementation are those degraded and underutilized ones, environmental preservation areas and surroundings, as well as soils with high susceptible of erosion. It is suggested new studies with a practical approach aiming the confirmation of theoretical results obtained.

Key words: agroforestry systems, geographic information systems, trees.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- São Carlos e municípios vizinhos.	34
FIGURA 2- Localização do município de São Carlos no estado de São Paulo.	35
FIGURA 3- Microbacias Hidrográficas do município de São Carlos.	37
FIGURA 4- Temperatura máxima anual no município de São Carlos.	40
FIGURA 5- Temperatura mínima anual no município de São Carlos.	41
FIGURA 6- Probabilidade de ocorrência de temperaturas menores que 1°C no município de São Carlos.	43
FIGURA 7- Mapa pedológico do município de São Carlos.	45
FIGURA 8- Modelo digital tridimensional do município de São Carlos.	47
FIGURA 9- Modelo digital tridimensional representativo do relevo, dos solos e dos rios do município de São Carlos.	48
FIGURA 10- Utilização da terra no município de São Carlos.	50
FIGURA 11- Tipos e alternativas de organização de sistemas agroflorestais na propriedade rural.	53
FIGURA 12- Esquema de propriedade rural, com diferentes tipos de sistemas agroflorestais.	60
FIGURA 13- Exemplos de configurações de sistemas agroflorestais.	60
FIGURA 14- Agricultor implantando um sistema agroflorestal.	76

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Áreas ocupadas pela agricultura, pastagens, florestas e por coberturas não vegetais e perdas de terra por erosão no Estado de São Paulo.	16
QUADRO 2: Estrutura Fundiária da Área Rural do Município de São Carlos.	51
QUADRO 3: Espécies selecionadas para testes de uso em Sistemas Agroflorestais no município de São Carlos, SP.	63
QUADRO 4: Escala de tempo para avaliação de diferentes aspectos da sustentabilidade.	72
QUADRO 5: Escala temporal e sistêmica para a avaliação da ação indutora de mudanças nas propriedades, processos e no microclima do solo.	72

LISTA DE SIGLAS

AFSs- Agroforestry systems

Al- Alumínio

APA- Área de proteção ambiental

AR- Água residente

C- Carbono

CFCs- Clorofluocarbonos

CO₂- Gás carbônico

CSB- Capacidade de suporte biológico

FIOCRUZ- Fundação Osvaldo Cruz

ICRAF- International Centre for Research in Agroforestry

IPÊ- Instituto de Pesquisas Ecológicas

SAFs- Sistemas agroflorestais

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	04
2.1 Objetivo Geral	04
2.2 Objetivos Específicos	04
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	05
3.1 A visão sistêmica	05
3.2 O ecossistema	06
3.3 Água	07
3.4 Termostatos naturais	09
3.5 Efeito estufa e seqüestro de carbono	10
3.6 A biodiversidade	11
3.7 O agroecossistema	12
3.8 O modelo agrícola predominante e os impactos ambientais	15
3.9 Sistemas agroflorestais	21
3.10 Classificação dos sistemas agroflorestais	28
3.11 Sistemas agroflorestais e o novo rural	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Localização do município de São Carlos	34
5.2 Caracterização ambiental	35
5.2.1 Hidrografia	35

5.2.2 Clima	38
5.2.3 Geadas	42
5.2.4 Solos	44
5.2.5 Geomorfologia	46
5.2.6 Vegetação	49
5.3 Distribuição e caracterização sócio-econômica	49
5.4 Sistemas agroflorestais e o município de São Carlos	52
5.4.1 Tipos potenciais de Sistemas agroflorestais	52
5.4.2 Espécies potencialmente utilizáveis	61
5.4.3 Aspectos a serem observados	71
6 CONCLUSÕES	75
7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
<hr/>	
APÊNDICE A – Modelo Digital Tridimensional do Município de São Carlos, SP: aspectos pedológicos, hidrográficos e tipos de SAFs potenciais.	85

1 INTRODUÇÃO

Vivemos em uma época em que a mudança de paradigma da ciência, da economia e da política, é não só necessária, como urgente. Segundo Kuhn (1997) a natureza não se ajusta aos paradigmas, eles é que têm que se ajustar a ela; já que são as leis naturais que determinam a disponibilidade dos recursos naturais, sejam eles água, suprimentos alimentares e conforto ambiental.

Os problemas advindos das atividades antrópicas requerem estudos sistêmicos que possibilitem e apontem alternativas de desenvolvimento mais adequadas social, econômica e ambientalmente aos locais, regiões, países e ao planeta.

O cenário global aponta para as mudanças climáticas, a escassez de água e de alimentos (senão em quantidade, em qualidade), o esgotamento dos recursos energéticos convencionais e os naturais, o crescimento acelerado da população mundial (em especial nos países pobres), o aumento da pobreza, baixa qualidade de vida da maioria da população, a perda da biodiversidade e dos benefícios indiretos dos ecossistemas.

Em face a isso, diversas reuniões ambientalistas foram realizadas e diretrizes de desenvolvimento, como a Agenda 21 e o Protocolo de Kioto, foram apontadas. Entretanto, o ritmo de degradação é muito maior do que suas atividades compensadoras. Por exemplo, o plantio de 60 milhões de hectares (ha) de áreas florestais por ano, durante 10 anos, pode absorver $2,9 \times 10^9$ t.ano⁻¹ de carbono (C), que corresponde ao incremento líquido anual de CO₂ atmosférico de todas as fontes. Atualmente, são plantados 1,8 milhão de t.ano⁻¹ em todo o mundo. O plantio de 2 milhões de hectares ao ano, por 30 anos, representará o seqüestro de 10% do aumento líquido anual de CO₂ (Carpanezzi, 2000).

As atividades agropecuárias ocupam cerca de 30% da superfície terrestre, sendo que as melhores terras, ou seja, as terras que podem ser cultivadas com a tecnologia convencional, já estão sendo usadas (Odum E., 1988).

Entretanto, a utilização das tecnologias agrícolas mais convencionais, nos trópicos, causa diversos impactos ambientais como o desmatamento, a

erosão, a contaminação do solo e da água, alterações no ciclo hidrológico e conseqüentemente no clima, entre outros. Além disso, os pacotes tecnológicos importados são fundamentados em produtos derivados de petróleo, energia não renovável e poluente (Vasconcellos, 2002).

Para a sociedade, essas práticas agrícolas conseguiram fragmentar e desestruturar social e economicamente a pequena produção de origem familiar, provocando desemprego e êxodo rural.

Necessita-se assim, de tecnologias apropriadas, que sejam desenvolvidas e adaptadas às condições locais (Primavesi 2002), ao mesmo tempo que conservem a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas locais.

Para planejar sistemas de produção e proteção, adequados às características da agricultura local é necessário considerar as características naturais (climáticas e pedológicas), sociais, econômicas e culturais da região de interesse, além de suas estruturas de produção (culturas utilizadas e nível de manejo) (Altieri, 1989).

Investigando o potencial da utilização de adubos verdes nos agroecossistemas da região de São Carlos (Pinto, 1996) sugere a realização de trabalhos de pesquisa de espécies arbustivas e arbóreas para a utilização em sistemas agroflorestais, e de desenvolvimento dos mesmos.

O município de São Carlos, encontra-se na confluência de duas importantes Bacias Hidrográficas, a do Mogi-Guaçu e a do Tietê-Jacaré, sendo por isso, relevante na manutenção da disponibilidade, em quantidade e qualidade, dos recursos hídricos da região.

Além disso, a porção sul do município encontra-se dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí, criada para a proteção das escarpas das Cuestas Basálticas, morros testemunhos e entorno; das áreas de afloramento da formação Botucatu-Pirambóia (áreas de recarga do aquífero Guarani); dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e seus entornos; dos remanescentes da biota local; e do patrimônio arqueológico da região (Azevedo et al, 1990, apud Cabral e Souza, 2002). Legalmente (Lei 6.902 de 1981), as APAs exigem um uso diferenciado do solo, sendo vetadas atividades potencialmente poluidoras, capazes de provocar grandes alterações nas condições ecológicas locais, acelerada erosão das terras ou assoreamento dos corpos d'água, e atividades que ameacem extinguir a biota regional.

Assim, procurou-se apontar neste estudo, como os Sistemas Agroflorestais podem contribuir, em seus aspectos produtivos e ambientais, para a construção de um desenvolvimento, cultura e identidade, que respeitam e valorizam seus recursos e vocação naturais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de utilização de Sistemas Agroflorestais no município de São Carlos, SP.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o meio rural do município de São Carlos, sobretudo em seus aspectos ambientais, sendo eles pedológicos, topográficos, climáticos e hidrológicos.
- Identificar os tipos de SAFs potenciais, que podem ser utilizados no município.
- Estabelecer critérios de seleção de espécies arbóreas e selecionar algumas espécies arbóreas com potencial agroflorestal.
- Identificar áreas prioritárias para a utilização de SAFs.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A VISÃO SISTÊMICA

Segundo Lovelock (1997), a idéia de que a Terra é viva é tão antiga quanto a humanidade. Antes do século XIX, os cientistas não só aceitavam essa concepção, como faziam analogias entre fenômenos que ocorriam no ambiente e mecanismos fisiológicos dos organismos. Por exemplo, James Hutton, segundo o historiador McIntyre, citado por Lovelock (1997), o fez entre a circulação do sangue e a circulação dos elementos nutrientes da terra, e a maneira que o sol destila água dos oceanos para que torne a cair como chuva e refresque a terra.

Entretanto, o aprofundamento contínuo do conhecimento, nos séculos seguintes, por meio da decomposição e análise das partes do todo provocaram a perda da visão de conjunto e da interdependência das partes, que constituem a realidade principal. A idéia segundo a qual o todo é igual a soma de suas partes corresponde a um conceito matemático quantitativo e não qualitativo, que não é aplicável ao estudo da função, e sim da estrutura do objeto (Branco, 1989).

Recentemente, as conquistas tecnológicas e os problemas advindos do desenvolvimento de uma sociedade baseada em princípios reducionistas, denunciam a insuficiência dessa abordagem do pensamento analítico ocidental, e levam o pensamento de cientistas e ambientalistas a perceber a distância que estamos da realidade.

Visto do espaço pelos astronautas e pelos olhos dos instrumentos à luz infravermelha, o sinal da atmosfera terrestre transporta informações que evidenciam a presença de vida. Em contraste com a atmosfera de gases, exauridos pela combustão, de Marte e Vênus, a atmosfera terrestre é uma mistura de gases que, embora instável, tem a capacidade de controlar sua composição química enquanto o ambiente externo está mudando. Esta propriedade, chamada homeostase, ocorre também nos seres vivos, o que pareceu a Lovelock (1997), uma evidencia de que o planeta é mesmo vivo.

Nasce daí a Hipótese Gaia, segundo a qual, os organismos individuais não somente se adaptam ao ambiente físico, mas também, adaptam o ambiente biogeoquímico segundo as suas necessidades, por meio de sua ação conjunta nos ecossistemas. Essa evolução conjunta dos organismos com o ambiente físico forma um sistema complexo de controle, que mantém as condições da Terra, favoráveis à vida (Odum E., 1988).

3.2 O ECOSISTEMA

O ecossistema é definido, como uma unidade qualquer que abranja todos os organismos que operam em conjunto numa determinada área, interagindo com o ambiente físico, de maneira que um fluxo de energia produza estruturas bióticas definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas, (Odum E. 1988).

Um ecossistema funcional é aberto, necessita de uma entrada de energia para manter seus processos vitais e, na maioria dos casos, de um ambiente de saída, para exportar a energia e os materiais já processados. A funcionalidade do ecossistema ocorre devido a interação de seus três componentes básicos: a comunidade, o fluxo de energia e a ciclagem de materiais. O fluxo de energia ocorre num só sentido, uma parte da energia solar que entra é utilizada (através da sua conversão em matéria orgânica) pela comunidade, e a maior parte é degradada, passa pelo sistema e sai como energia calorífica.

Diferente da energia, que flui pelo ecossistema, os materiais, incluindo os nutrientes (carbono, nitrogênio e fósforo) essenciais à vida, e a água, podem ser reutilizados inúmeras vezes. A eficiência da reciclagem e a grandeza das importações e exportações de nutrientes variam conforme o tipo de ecossistema.

3.3 ÁGUA

A água é fundamental para o funcionamento dos organismos e ecossistemas.

A natureza trabalhou desde o início do período Pré-Cambriano, na evolução da vida e do meio ambiente terrestre (Pough et al, 1999). Um interessante retrospecto é feito por Primavesi (2003), enfatizando a evolução do ciclo hidrológico: no início, o ambiente terrestre era formado só por rochas, que se aqueciam com a luz solar e não permitiam a infiltração da água das chuvas, que logo retornavam para o mar, caracterizando um ciclo hidrológico curto. Com o surgimento da vida nos mares e a formação da camada de ozônio, foi possível a ocupação do ambiente terrestre, inicialmente pela associação de algas e fungos, os líquens, que aceleraram os processos de decomposição da rocha, originando um substrato mais permeável, o solo, capaz de reter água, chamada água residente (AR). Conforme aumentava a espessura do solo e a vegetação se desenvolvia, diminuindo a temperatura do mesmo (devido à sua cobertura), e mantendo a sua permeabilidade (através das raízes, micélios e canais), formava-se o lençol freático, uma reserva de água residente para as épocas de pouca chuva. Quanto mais água disponível, mais vegetação se estabelece e produz matéria orgânica, que mantém a umidade do solo e ao ser reciclada disponibiliza nutrientes para a biota do solo e para os vegetais. Isso gerou um aumento na capacidade de suporte biológico (CSB) do solo, que aumentou seu potencial de produção vegetal. Paralelamente, menos água era perdida por escoamentos superficiais e o ciclo da água aumentava. A água era transpirada e voltava a precipitar diversas vezes antes de voltar ao oceano. Estabelecia-se assim o ciclo hidrológico longo. O seqüestro dos gases estufa pela vegetação e a água residente transpirada provocaram uma diminuição da amplitude térmica por mais tempo, influenciando ainda mais os sistemas atmosféricos, já que a menor temperatura do solo causou uma diminuição das massas de ar quente ascendentes, reduzindo a intensidade de formação de brisas e ventos horizontais que podem ser significativos agentes de deslocamento da água local. Formou-se, assim, um ambiente solo-ar, mais úmido e fresco que possibilitou o estabelecimento

de mais espécies, em resposta a disponibilidade de habitats formados pela combinação dos componentes bióticos e abióticos emergentes.

A quantidade e a qualidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica em condições naturais dependem do clima e das características físicas e biológicas dos ecossistemas que a compõem.

O equilíbrio dinâmico definido pela interação constante da litosfera, biosfera e atmosfera para o ciclo da água está relacionado com alguns fatores (Salati et al, 1999): a quantidade e distribuição das chuvas, que apresentam variações sazonais e temporais; o balanço de energia, entre a quantidade de água perdida pela evapotranspiração, que depende da energia solar disponível, da natureza da vegetação e das características do solo; a geomorfologia, que regula o tempo de permanência da água, dependendo da topografia da bacia hidrográfica; a natureza e dimensão das formações geológicas, que controlam o armazenamento da água no solo, subsolo e seu fluxo de base dos afluentes e canais principais; a vegetação natural que cobre a área e controla o balanço de energia, a infiltração da água, a evapotranspiração e a vazão final; e a interação das espécies, que regulam os ciclos biogeoquímicos, inclusive a microfauna e a microflora.

Alterando qualquer dos componentes do clima e ou da paisagem provocará variações na quantidade e qualidade de água e o tempo de residência da mesma nos ecossistemas, atingindo o fluxo da água e suas características no canal principal do rio (Salati et al, 1999).

As regiões mais úmidas da Terra se localizam geograficamente entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, aproximadamente 10° N e 20 ° S do equador terrestre nos domínios continentais e 20 ° N e 20 ° S nas áreas oceânicas (Rebouças, 1999). Verifica-se também que é na faixa intertropical que se localizam os maiores rios do mundo e é onde há maior abundância na distribuição das chuvas.

As quantidades de água transformadas em vapor pelos processos de evaporação física, provocados pela radiação solar e pela transpiração dos organismos vivos chama-se evapotranspiração potencial.

Nas regiões onde a quantidade de chuvas é maior que a evapotranspiração potencial, ocorre um excedente hídrico, e a região é definida como úmida (Rebouças, 1999). Uma parte desse excedente hídrico forma o

escoimento superficial que deságua nos rios e lagos, e pode, local e ocasionalmente provocar enchentes. Outra parte infiltra nos terrenos alimentando a umidade do solo, e possibilitando o desenvolvimento de biomassa vegetal, natural ou cultivada. A umidade do solo é chamada de reserva de água local, já que é consumida no local das chuvas.

Depois de preencher o déficit de água do solo, o excedente hídrico vai abastecer os fluxos subterrâneos de água. Uma grande parte desses fluxos deságua nos rios, perenizando-os, mesmo em épocas de seca. A reserva de água subterrânea constitui uma reserva móvel, pois pode ser captada fora da área onde ocorrem as chuvas que lhe originam (Rebouças, 1999).

Existem casos, como a zona semi-árida do Nordeste do Brasil, em que há um excedente hídrico, entretanto não há condições geológicas para a formação de reservas importantes de água subterrânea. Assim forma-se um quadro de rios temporários e intermitentes durante a estação seca.

Já nas regiões onde a quantidade de água precipitada é menor do que a quantidade de água evapotranspirada, ocorre um déficit hídrico e a região caracteriza-se como seca (Rebouças, 1999). Em situações assim, as recargas de água subterrânea e os escoamentos de superfície podem se tornar escassos. Nesse caso, os rios e lagos podem secar temporariamente e os solos perdem umidade sob o efeito dos processos de evaporação. Essas condições exigem irrigação para o desenvolvimento de biomassa, natural ou cultivada.

3.4 TERMOSTATOS NATURAIS

As plantas se interpõem entre a diferença de potencial hídrico da atmosfera e do solo. O déficit de pressão de vapor, criado pelos baixos valores de potencial hídrico da atmosfera, a que a parte aérea das plantas fica submetida, gera um fluxo de água, que se movimenta no interior da planta em direção à atmosfera (Larcher, 2000). A maior diferença do potencial hídrico no gradiente solo-planta-atmosfera está entre a parte aérea das plantas e o ar seco. Esse gradiente do potencial hídrico no sistema solo-planta-atmosfera é a força motora para o transporte da água através das plantas, para a atmosfera.

A planta transpira e perde água em forma de vapor. Na passagem do estado líquido para o gasoso, a água retira 539 calorias do ar, para cada milímetro de água transpirada, refrigerando a superfície foliar e transformando as florestas nos maiores termostatos que existem. A água transpirada aumenta na proporção do aumento da temperatura, e retira o calor do ar, minimizando os extremos de temperatura (Primavesi, 2002).

Segundo Ometto (1981) apud Primavesi (2003), estima que 80% da água disponível no planeta é destinada para a retirada de calor da atmosfera.

As ações humanas que podem alterar o balanço hídrico em escala local e regional, são principalmente, o desmatamento, a mudança do uso do solo, os projetos de irrigação e a construção de barragens. Em escala global, destaca-se a mudança climática conseqüente da alteração das características químicas da atmosfera, com gases que potencializam o efeito estufa (Salati et al, 1999).

3.5 EFEITO ESTUFA E SEQÜESTRO DE CARBONO

O aumento dos gases de efeito estufa é contínuo e constante na atmosfera, desde a era pré-industrial. Entretanto, nas últimas décadas o aumento foi acelerado, principalmente devido às atividades antrópicas, relacionadas ao uso de combustíveis fósseis, mudanças de uso da terra e atividades agrícolas.

Os gases são o gás carbônico, o metano, os óxidos de nitrogênio e os clorofluocarbonos (CFCs); e seu potencial de produção de aquecimento da atmosfera deve-se a possuírem a propriedade intrínseca na sua estrutura molecular de absorver radiação infravermelha. O gás carbônico é o principal dos gases do efeito estufa, devido a sua concentração na atmosfera, entretanto, gases menos abundantes como o metano e o clorofluocarbono, são mais potentes (Carpanezi 2000).

Estudos de modelagem climática desenvolvidos para a escala planetária, apontam para um aumento da temperatura caso a concentração dos gases continue a aumentar. Entretanto, a inércia do sistema resultará em alterações climáticas mesmo que sejam mantidos os valores atuais (Salati et al, 1999).

As consequências previstas dependem da região do globo considerada. Destacam-se a diminuição dos estoques de água das geleiras, aumento da umidade do ar em algumas regiões, aumento do número de tufões e furacões e variações da quantidade e qualidade da água potável nas regiões litorâneas em decorrência da alteração do nível do mar.

Carpanezzi (2000), comenta que especulações sobre reflorestamentos comerciais surgiram em resposta aos problemas decorrentes do aumento de temperatura do globo. O reflorestamento seria o meio de retirar o CO₂ da atmosfera e transferi-lo para a biomassa em crescimento, sendo que o C representa em torno de 50% da biomassa seca.

O autor aponta para a eficácia das regiões tropicais no seqüestro do carbono, já que as árvores crescem bem mais rápido do que nas regiões temperadas.

No entanto, as florestas maduras, não são eficientes na remoção do CO₂ da atmosfera, já que o seu crescimento em biomassa anual tende a ser nulo. Sua eficiência está em manter o C imobilizado na biomassa e retido nos solos florestais. Por isso, a substituição da floresta por outra vegetação permanente de menor biomassa contribui para agravar o efeito estufa.

3.6 A BIODIVERSIDADE

A maior diversidade de organismos é encontrada nos ambientes tropicais úmidos, em especial nas florestas e nos mares (Ricklefs, 2003). Estima-se que dois terços dos quatro a cinco milhões de espécies do mundo estão localizados nos trópicos e subtropicais (Raven, 1997).

Entretanto, apesar da exuberante riqueza de espécies, as florestas tropicais estão entre os habitats mais frágeis (Wilson, 1997). Quanto maior é a biodiversidade de um local e região, maior é o nível de especialização de seus componentes. Por exemplo, os microorganismos decompositores, em ambientes tropicais possuem uma enzima, no caso das bactérias, a quatro enzimas, no caso dos fungos, necessárias para o processo de decomposição em cadeia de um tecido vegetal, exigindo um maior número de indivíduos para

realizar o processo completo em um grande número de tecidos vegetais (Primavesi, 2003).

Os altos níveis de especialização das espécies geram uma grande interdependência das mesmas, o que faz com que o desaparecimento de uma delas tenha impacto direto ou indireto sobre as outras.

As plantas são muito úteis aos seres humanos e a biodiversidade tem sido muito pouco explorada nesse sentido. As plantas úteis são divididas em três categorias: medicinais, agrícolas e industriais (Plotkin, 1997).

As plantas medicinais são as que têm maior apoio da mídia, entretanto tem havido pouco desenvolvimento de novas drogas originadas de plantas tropicais.

As plantas agrícolas das florestas tropicais podem ser úteis para a agricultura de três maneiras: como fonte de novas plantações, capazes de serem cultivadas; como fonte de reprodução de variedades melhoradas de plantas e como fonte de novos pesticidas biodegradáveis.

Já as plantas industriais, são importantes na produção de gorduras e óleos para a fabricação de revestimentos, lubrificantes, plastificantes. Wang e Huffman (1981) apud Plotkin (1997), comentam que a maioria das substâncias produzidas atualmente a partir do petróleo, poderiam ser produzidas a partir de matéria prima vegetal.

Os óleos e gorduras vegetais são utilizados também com fins alimentícios.

As plantas industriais também são as produtoras de fibras, cuja importância só é menor que a das plantas alimentícias.

É importante realçar que o conhecimento da utilidade das espécies da floresta está com seus povos e esses por sua vez estão desaparecendo mais rápido do que elas mesmas (Plotkin, 1997).

3.7 O AGROECOSSISTEMA

Todas as atividades agrícolas desenvolvem-se em locais, que originalmente, eram parte de um ecossistema natural. Com o estabelecimento do ser humano em uma área, essas partes do ecossistema passam a funcionar

como agroecossistemas, que são uma fração do ecossistema que tem seus ciclos biogeoquímicos intencionalmente alterados pelo homem, com o objetivo de aumentar a produtividade de organismos nativos, ou possibilitar a produção de organismos exógenos (Campanhola et al, 1999).

Os recursos de que dispõe um agroecossistema podem ser naturais, humanos, de capital e de produção. Os naturais referem-se aos elementos relacionados à paisagem como a topografia e tipo de solo, disponibilidade de água, clima e vegetação. Os humanos estão relacionados ao número de pessoas que vivem e trabalham na propriedade e aproveitam seus recursos para a produção. Os de capital são os bens e serviços criados e adquiridos e, finalmente, os de produção são todos aqueles que foram transformados, animal ou vegetal, e que posteriormente serão comercializados (Altieri, 1989).

Como os ecossistemas naturais, os agroecossistemas possuem fluxos de energia condicionados por suas estruturas e funções internas,

Assim, os mecanismos internos do processo produtivo escolhido determinarão as relações de troca com o meio ambiente e regularão o balanço entre as suas entradas e saídas (Campanhola et al, 1999). Um fator relevante é o comportamento e a necessidade dos agricultores diante das tecnologias disponíveis e das interferências conjunturais decorrentes da estrutura agrária e das políticas agrícolas.

No entanto, diferente dos ecossistemas naturais, os agroecossistemas recebem inputs de energia auxiliar, para execução de trabalhos de manutenção, permitindo que mais energia solar seja diretamente convertida em alimentos; possuem uma diversidade de organismos reduzida, visando a maximização da produção de um determinado alimento ou produto; e estão sujeitos à seleção artificial de plantas e animais dominantes e não à seleção natural (Odum E., 1988).

Nos sistemas agrícolas ocorrem processos ecológicos para os quais o produtor deve estar atento quando manipula seus recursos físicos e biológicos utilizando algum tipo de tecnologia. Afinal, é a energia humana que molda a estrutura do agroecossistema, pois a mesma conduz a energia animal e os insumos energéticos químicos e mecânicos introduzidos no sistema (Altieri, 1989).

Um agroecossistema funcionando em desequilíbrio, tende a perder sua capacidade produtiva, sendo que a sobrevivência dos sistemas agrícolas está ligada à produção tanto na agricultura comercial quanto de subsistência, utilizando altos ou baixos níveis de tecnologia (Campanhola et al, 1999).

O balanço entre o fluxo energético de entrada e de saída de energia útil de um sistema produtivo demonstra a sua eficiência. Segundo o princípio da máxima potência de (Odum H., 1988) os esquemas de sistemas que sobrevivem são organizados de tal modo que trazem energia para si, o mais rápido possível e utilizam essa energia para se retroalimentar e trazer mais energia. Por exemplo, uma árvore numa floresta utiliza a energia solar para aumentar o número e o tamanho de suas folhas, assim podendo captar mais energia solar. Paralelamente, o processo da árvore auxilia o sistema da floresta, por meio da produção de nutrientes, da construção de um micro-clima estável, da reciclagem de nutrientes e da oferta de alimentos para os animais. Assim a árvore maximiza sua própria potência e a potência do sistema maior ao qual pertence.

Durante as etapas iniciais de sucessão, quando o abastecimento de energia é abundante, maximizar o crescimento maximiza a potência, e as comunidades incrementam sua biomassa rapidamente. Já quando o fornecimento de energia é estável, a máxima potência implica em menos competição e aumento na diversidade e eficiência. O desenvolvimento da eficiência através da diversidade maximiza a potência útil. Em uma floresta madura, cada organismo tem seu nicho e os organismos tendem a cooperar entre si ao invés de competir.

Lovelock (1997), comenta que os modelos ecológicos, influenciados pela Hipótese Gaia, demonstram que à medida que aumenta a diversidade biológica, aumenta também a estabilidade e a resiliência do sistema. Esse enfoque integrativo corrobora com o pensamento sistêmico, de que, embora o todo seja um complexo sistema formado pelas suas partes, as suas funções não podem ser subdivididas sob pena de, ao menos, serem deformadas (Branco, 1989).

Atualmente os caminhos indicados para o aumento da oferta de produtos agrícolas, a produção, são o aumento da área plantada, ou aumento da produtividade das áreas já cultivadas.

Ao aumento da área plantada corresponde a substituição dos ecossistemas naturais por agroecossistemas. Isso implica em impactos de migração humana para o local, de redução da cobertura vegetal original, da fragmentação da paisagem, provocando a extinção de espécies endêmicas e da introdução de espécies animais e vegetais exógenas.

Para conseguir o aumento da produtividade, a maioria dos sistemas de produção agrícola o faz através do uso intensivo de insumos e biotecnologia. Para o modelo agrícola atual, os insumos são sementes e mudas com material genético modificado e/ou melhorado, fertilizantes, corretivos, agrotóxicos e água para irrigação. O uso de todos eles, em muitas situações causa uma diminuição do uso da mão de obra por área, além de provocar uma valorização da terra que gera alterações do uso e posse da mesma, com conseqüentes conflitos fundiários e êxodo rural (Campanhola et al, 1999).

Segundo Neto (2003), no Brasil, até a década de 1970, o aumento da área cultivada foi responsável por 90% do aumento da produção agrícola, enquanto a produtividade contribuiu com apenas 10%. A partir da década de 80, a área plantada manteve-se estável e a produtividade aumentou 47% (taxa de 2% ao ano); esse aumento de produtividade teve origem na introdução de insumos e novas tecnologias, sobretudo na década anterior.

No entanto, não houve uma aumento de produtividade por igual entre as diferentes grandes culturas brasileiras, nem tampouco entre os agricultores brasileiros. Enquanto o aumento da produtividade beneficiava o crescimento da produção de soja, a partir de 1975, de cana-de-açúcar, a partir de 1973 e de produtos como o cacau, o café, a laranja, que correspondem a produtos de exportação ou relacionados a agroindústria, apenas 10% dos agricultores do Estado de São Paulo beneficiam-se do conhecimento resultante das pesquisas (Neto, 2003).

3.8 O MODELO AGRÍCOLA PREDOMINANTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

O modelo agrícola convencionalmente utilizado no Brasil, foi desenvolvido para o cultivo de solos, em climas temperados (Primavesi, 2002). Entretanto a fertilidade dos solos tropicais é biológica, em contraste com a

fertilidade dos solos temperados, que é mineral. E solo e clima influenciam-se desde a sua origem.

O manejo do solo tropical, com as tecnologias desenvolvidas para o solo temperado, provocam diversos impactos ambientais como o desmatamento, a erosão, a contaminação do solo e da água, alterações no equilíbrio hidrológico local e regional, diminuição da biodiversidade e outros.

O desmatamento modifica o ambiente, o que altera a microflora e fauna regionais, a produção de peixes, a comunidade de insetos e as condições de erosão e sedimentação na bacia hidrográfica. O aproveitamento racional requer, portanto, a manutenção de parte da área em condições naturais (reservas legais e áreas de preservação permanente, como previsto no Código Florestal, ao menos), preservando o ecossistema e servindo como local de refúgio e de reprodução da fauna (Codevasf, 2002).

A necessidade de utilização de máquinas agrícolas nos sistemas de produção convencionais, também causam impactos negativos, como alterações na estrutura do solo, e sua microbiota associada, facilitando o processo de erosão.

A erosão dos solos agrícolas é facilmente visível. O Quadro 1, mostra as estimativas de perdas de solo por erosão no estado de São Paulo, de acordo com a cobertura do mesmo.

Quadro 1: Áreas ocupadas pela agricultura, pastagens, florestas e por coberturas não vegetais e perdas de terra por erosão no Estado de São Paulo. Fonte: Neto (2003), adaptado de Belinazzi Jr. et al. "A Ocorrência da Erosão Rural no Estado de São Paulo."

Tipo de ocupação	Área ocupada	Área ocupada	Perdas por erosão	Perdas por erosão	
	Milhões ha	%	t/ano	%	t/ha/ano
Culturas anuais	3,26	13	68,3	31,7	20,9
Culturas temporais	1,5	6	20	9,3	13,3
Culturas permanentes	1,6	6,5	1,5	0,7	0,9
Pastagens	10,4	42	4,2	1,9	0,4
Florestas/Reflorestamentos	3,2	13	0,05	0,02	0,02
Coberturas não vegetais	4,9	19,5	121,7	56,4	24,8
Totais	24,86	100,0	215,5	100,02	88,72

A ocupação do solo por coberturas não vegetais mencionada no quadro 1, refere-se a caminhos, estradas e zonas urbanas e como observa-se a quantidade de solo perdida é duas vezes maior do que pelas culturas anuais, indicando que este não é um problema exclusivamente agrícola.

Externamente ao agroecossistema, a erosão tem um impacto negativo muito grande, carregando aos corpos d'água, um volume muito maior de solo do que o normal, e junto com ele agrotóxicos, fertilizantes, corretivos e dejetos animais.

Os fertilizantes e os corretivos, causam alterações nas características físicas, químicas e biológicas naturais do solo, levando ao desequilíbrio, que diminui a capacidade produtiva do sistema, e à contaminação do próprio solo, e da água (Campanhola et al, 1999).

Os agrotóxicos geram problemas internos ao agroecossistema, prejudicando a saúde dos envolvidos na sua manipulação e alterando o equilíbrio biológico, e externos, relacionados à saúde do consumidor do produto contaminado e da população em geral, por causa da poluição e contaminação ambiental.

Já as sementes e mudas selecionadas e/ou geneticamente modificadas levam a uniformização do material genético em uma propriedade e até mesmo em uma região, ocasionando uma especialização correspondente das plantas daninhas, insetos - praga e dos microorganismos patogênicos. Isto gera desequilíbrios ao próprio agroecossistema, com prejuízos à produtividade e também ao meio ambiente, alterando a biodiversidade.

O uso da água para irrigação, acelera os ciclos biogeoquímicos para aumentar a produtividade.

Entretanto, irrigar culturas pode causar sérios impactos no meio ambiente, como a salinização do solo, a contaminação dos recursos hídricos, problemas de saúde pública e consumo exagerado da água (Codevasf, 2002).

O termo salinidade se refere à presença, no solo, de sais solúveis; quando a concentração de sais se eleva ao ponto de prejudicar o rendimento econômico das culturas, diz-se que tal solo está salinizado. A salinização do solo afeta a germinação e a densidade das culturas, bem como seu desenvolvimento vegetativo, reduzindo sua produtividade e, nos casos mais

sérios, levando à morte generalizada das plantas. O processo de salinização ocorre, de maneira geral, em solos situados em região de baixa precipitação pluvial e elevada evapotranspiração e que possuam lençol freático próximo da superfície.

A contaminação dos recursos hídricos é provocada pelo excesso de água aplicada na irrigação, que retorna aos rios, por meio do escoamento superficial e subsuperficial ou vai para os depósitos subterrâneos, por percolação profunda, arrastando consigo resíduos de fertilizantes, defensivos, herbicidas e de outros elementos tóxicos, denominados de sais solúveis. Os recursos hídricos assim contaminados requerem tratamento apropriado quando destinados ao suprimento de água potável.

A contaminação das águas superficiais, notadamente de rios e córregos é rápida e acontece imediatamente após a irrigação. Tem-se verificado sérios problemas decorrentes da aplicação de herbicidas na irrigação por inundação; na irrigação por sulco, a água aplicada carrega, além de herbicidas, fertilizantes, defensivos, sedimentos e dejetos animais. Também pode ocorrer de forma mais lenta, por meio do lençol freático subsuperficial, que recebe fertilizantes, defensivos e herbicidas dissolvidos na água aplicada. Essa contaminação pode ser agravada se houver sais solúveis no solo pois, ao se infiltrar, a água já contendo os sais aplicados na lavoura, ainda dissolverá os sais do solo, tornando-se mais prejudicial.

A contaminação da água subterrânea é bem mais lenta. O tempo necessário à percolação até o lençol subterrâneo aumenta com o decréscimo da permeabilidade do solo e com a profundidade do lençol. Para atingir um lençol freático situado a cerca de 30 m de profundidade, dependendo da permeabilidade do solo, podem ser necessários de 3 a 50 anos. Aí reside um sério problema, pois só muito tempo após é que se saberá se a água subterrânea vem sendo poluída; esse problema se agrava quando os poluentes são sais dissolvidos, nitratos, pesticidas e metais pesados.

Um estudo geológico prévio pode revelar concentração de sais solúveis no perfil do solo e indicar as áreas mais favoráveis, ou seja, com menor potencial de contaminação dos recursos hídricos. Quanto maiores as perdas por percolação e por escoamento superficial na irrigação, maiores serão as chances de contaminação dos mananciais e da água subterrânea. Torna-se

necessário, cada vez mais, dimensionar e manejar os sistemas de irrigação com maior eficiência, bem como dosar corretamente os fertilizantes, herbicidas e defensivos.

Entre os impactos da irrigação também estão problemas de saúde pública. A prática da irrigação pode acarretar problemas de saúde pública relacionados com a contaminação do irrigante, da comunidade próxima à área irrigada e do consumidor dos produtos irrigados. Os principais problemas são a propagação da esquistossomose, a proliferação de mosquitos e a ocorrência de verminoses. Os critérios de análise de projetos de irrigação, além de custo/benefício, produtividade e produção total, deverão, cada vez mais, considerar os aspectos relacionados com a saúde pública e com os impactos ambientais. Nesse sentido, o objetivo da irrigação não deve se limitar ao aumento da produtividade dos cultivos e da produção de alimentos mas, abranger, também, a preservação da saúde dos trabalhadores e dos consumidores, a proteção do meio ambiente e, principalmente, o aumento do bem-estar da população.

Dentre os problemas de saúde pública, a questão dos agrotóxicos é conhecida, mas pouco abordada em relação a aspectos de prevenção de danos na saúde humana. De acordo com Sá (2002), há um uso abusivo dos defensivos e a utilização errada ou ausente dos equipamentos de proteção individual e coletiva no trabalho. Só na região Sudeste, em 1999, foram registrados 1.118 casos de intoxicação em acidente individual, sendo 322 com agrotóxicos em uso agrícola e 796 em uso doméstico (Ministério da Saúde/Fiocruz/Sinitox apud Sá, 2002).

O consumo exagerado de água também é um problema sério. A humanidade já passou por diversas crises, como de epidemias, de alimentos e de petróleo; provavelmente, as próximas serão de energia e de disponibilidade de água de boa qualidade. A crise de disponibilidade de água afetará a irrigação e será afetada por ela. Já surgem disputas pela água: o uso para irrigação, para hidrelétricas e para consumo urbano e industrial. A implantação de vários projetos de irrigação, sem a prévia quantificação da vazão possível de ser usada, tem acarretado, em algumas bacias, falta de água para as áreas situadas a jusante. Tem-se chegado ao extremo da total falta de água para o

consumo humano, animal e da fauna, causando sérios impactos ambientais e conflitos entre os usuários (Codevasf, 2002).

As ações humanas que podem modificar o balanço hídrico – desmatamento, mudança de uso do solo, projetos de irrigação e barragens e emissão de gases urbanos e industriais – contribuem com alterações na atmosfera que causam, em escala planetária, uma mudança climática global capaz de afetar a quantidade e a qualidade das reservas de água doce.

Com a crescente competição pela água, alguns setores da sociedade e os movimentos ecológicos vêm conscientizando a população sobre a importância da preservação do meio ambiente; e a legislação, por sua vez, vem sendo aperfeiçoada. Com isso, deverá haver maior pressão para que a irrigação seja praticada com maior eficiência e com o mínimo possível de impacto no meio ambiente, notadamente no que diz respeito à disponibilidade e qualidade de água para as múltiplas atividades.

Atualmente uma gestão adequada e coerente dos recursos hídricos é extremamente relevante para resolver conflitos pelo uso da água, devido à sua escassez relativa, que atinge todos os setores da sociedade, inclusive o agrícola, e garantir um desenvolvimento sustentável. Neste aspecto a oferta de água se apresenta como um fator fundamental para a manutenção dos ecossistemas naturais e produtores de alimentos e fibras, através de atividades humanas. As modificações na oferta natural de água poderão trazer profundas oscilações tanto no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas naturais como na produtividade agrícola com sérias conseqüências econômicas e sociais (Salati et al, 1999).

Segundo Tundisi (2003), o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado e adaptativo, efetuando-se a partir da bacia hidrográfica e envolvendo ações estratégicas de planejamento, participação de usuários e organização institucional, implementação de tecnologias diferenciadas, avançadas e de baixo custo. Para tanto, é fundamental a ampliação do conhecimento dos principais processos e mecanismos de recuperação e proteção dos ecossistemas e da capacidade de integrar continuamente a ciência, o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, num esforço conjunto.

Diante desse conjunto, é nítida a necessidade do desenvolvimento de atividades agrícolas sustentáveis. De acordo com Crestana (2000), a agricultura sustentável deve buscar sistemas de produção compatíveis com a conservação dos recursos naturais do solo, da água, de fauna e flora; que utilizem práticas de reciclagem interna e externamente ao sistema e sejam mais eficientes energeticamente, de maneira que a dependência de fontes de energia externas ao sistema seja minimizada pela maximização do uso de fontes renováveis de energia. Além disso, os sistemas agrícolas, para serem sustentáveis, devem considerar e otimizar parâmetros que levem à maior estabilidade física, biológica, ecológica, social e econômica; ser planejados e avaliados numa abordagem sistêmica, global e simultânea, associando objetivos sociais, econômicos e preservacionistas, necessitando de um ordenamento territorial que compatibilize a atividade agrícola com a aptidão econômica-ecológica de cada área.

3.9 SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são práticas e tecnologias de manejo da terra muito antigas, tradicionalmente conhecidos como policultivos. Os SAFs são definidos por Huxley & Houten (1997), como sistemas de uso da terra em que espécies perenes de árvores, arbustos, palmeiras ou bambus, são, deliberadamente, utilizados na mesma unidade de manejo que culturas agrícolas (permanentes ou não), animais, ou ambos, em algum arranjo espacial ou seqüência temporal; ocorrendo interações ecológicas e econômicas entre os seus diferentes componentes.

O termo, agrofloresta, é genérico para diferentes tipos de sistemas e teve rápida aceitação na linguagem internacional durante os anos 70 e 80. Porém, inicialmente, sua definição deu margem a ambiguidades e confusões, já que cada publicação a seu respeito trazia ao menos uma definição e muitas interpretações.

Analisando estas definições, Björn Lundgren, citado por Nair (1993), do International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) concluiu que a prática agroflorestal tem alto potencial de incremento da produção e de

estabilidade econômica, em relação a outras práticas. Entretanto, isto não pode constar da sua definição, pois depende da escolha certa das espécies, das práticas adequadas de manejo e do entendimento e motivação das pessoas envolvidas, sob o risco de insucesso como qualquer outro sistema de uso da terra.

Neste sentido, uma definição estritamente científica de agrofloresta deve conter duas características comuns a todas as formas de agrofloresta, e que as diferencia dos outros modos de uso da terra: o crescimento deliberado de espécies lenhosas na mesma unidade de manejo que culturas agrícolas e/ou animais, em um arranjo misto ou seqüencial e deve haver uma significativa interação, ecológica e econômica, positiva ou negativa, entre os componentes do sistema.

Depois disso, Nair (1993), descreve que as idéias foram refinadas em discussões internas do ICRAF e a seguinte definição foi sugerida:

"Agrofloresta é um nome coletivo para sistemas de uso da terra e tecnologias onde espécies florestais perenes (árvores, arbustos, palmeiras, bambus, etc.) são deliberadamente usados na mesma unidade de manejo que culturas agrícolas e/ou animais, em alguma forma de arranjo espacial ou seqüência temporal. Em sistemas agroflorestais existem, ambos, interações ecológicas e econômicas entre os diferentes componentes. " (Lundgren e Raintre, 1982, apud Nair, 1993).

Esta definição implica que haja duas ou mais espécies de plantas envolvidas, sendo, ao menos uma, florestal perene; um sistema agroflorestal sempre terá dois ou mais produtos; o ciclo do SAF, é normalmente maior que um ano; e que mesmo o mais simples dos SAFs é mais complexo ecológica (estrutural e funcionalmente) e economicamente que um sistema de monocultura.

Apesar de muito aceita, a definição citada não é considerada perfeita e as discussões sobre "o que é agrofloresta" ressurgem, eventualmente. No entanto, Nair (1993), comenta que, mesmo disciplinas a tempos estabelecidas como a agricultura e as ciências florestais possuem definições que não satisfazem perfeitamente, e o mais importante é que isso não é pré-requisito para o desenvolvimento destas disciplinas.

Altieri (1989) também destaca a inexistência de uma definição universalmente aceita para descrever a agrossilvicultura e descreve o termo

como um nome genérico para descrever sistemas antigos e amplamente praticados de uso da terra, nos quais as árvores são associadas no espaço e no tempo com culturas agrícolas e/ou animais.

Para Engel (1999), a agrossilvicultura inclui tanto o conhecimento e uso de práticas agroflorestais quanto o desenvolvimento de sistemas agroflorestais.

Vivan (1998) conceitua os SAFs regenerativos análogos: como o nome diz, o sistema busca regenerar um consórcio de espécies que estabeleça uma dinâmica de formas, ciclagem de nutrientes e equilíbrio dinâmico mais próximos à vegetação original do ecossistema onde será implantado. Para isso, baseia-se na própria sucessão de espécies nativas, não só para alavancar o sistema, mas também para compô-lo nas várias fases. Para Vivan (1998) os SAFs convencionais são sistemas de monocultivo por estratos e por não adotarem técnicas de manejo de roçagem e capina seletivas, são mais estáticos em termos de produção de biomassa, assim dependem de mais energia externa.

Seguindo a mesma lógica Götsch (1995) apud Peneireiro (1999), sugere que os sistemas agroflorestais agroecologicamente conduzidos transcendem qualquer modelo pronto, garantindo a sustentabilidade por partir de conceitos básicos fundamentais, aproveitando os conhecimentos locais e desenhando sistemas adaptados ao potencial natural local.

Reunir diferentes culturas em um mesmo sistema de produção requer um planejamento da sua evolução ao longo do tempo e de sua distribuição espacial. Planejar sistemas biodiversos, requer atenção para as necessidades de luz, o porte, a forma do sistema radicular de cada espécie e como ela se comporta diante de fatores climáticos e edáficos locais, e além disso é preciso entender como as espécies interagem entre si ao longo do tempo e no espaço, (Armando et al, 2002).

Ao processo de planejar a reunião das espécies e sua organização no espaço e sucessão no tempo, chama-se desenho de um sistema agroflorestal. Uma infinidade de desenhos é possível, dado que pode-se utilizar a multiplicidade dos estratos horizontais e verticais do sistema.

As práticas agroflorestais surgiram, primeiramente, em resposta às necessidades especiais e condições dos países tropicais em desenvolvimento,

que não foram satisfatoriamente contemplados pelos avanços da agricultura e da silvicultura.

Existem quatro atributos que, teoricamente, todos os SAFs possuem: a estrutura, a produtividade, a sustentabilidade e a adaptabilidade sócio-econômica-cultural.

A estrutura diverge da agricultura e silvicultura convencionais pois combina as árvores com as culturas agrícolas e os animais e tem uma função ambiental. A produtividade ocorre por causa do uso mais eficiente dos recursos naturais (espaço, solo, água, luz e nutrientes), e às relações complementares entre os componentes.

A sustentabilidade das agroflorestas deve-se ao aumento dos efeitos benéficos das interações entre as espécies lenhosas e as culturas ou animais, principalmente se forem utilizados, como modelos, os ecossistemas naturais locais, aplicando suas características ecológicas aos ecossistemas agrícolas. Espera-se, assim, que a produtividade seja mantida a longo prazo, sem a degradação do solo (Altieri, 1989). A agrossilvicultura é apropriada para uma ampla faixa de dimensões de propriedades e condições sócio-econômicas, entretanto seu potencial é particularmente reconhecido para pequenos produtores, geralmente marginalizados em áreas pobres dos trópicos e subtropicais e sem condições de adoção das tecnologias agrícolas modernas e de alto custo.

De acordo com Engel (1999), o objetivo principal dos SAFs é otimizar o uso da terra e da energia radiante, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão pelo uso da terra para produção agrícola. Além disso, os SAFs formam sistemas ecologicamente e economicamente mais estáveis, com menor entrada de recursos externos e maior auto-suficiência.

Nos SAFs, tanto as espécies perenes quanto as culturas agrícolas são escolhidas, primeiramente, por sua capacidade produtiva.

Em geral, o componente arbóreo é sub utilizado nas unidades produtivas, e seu potencial é inexplorado e/ou desconhecido. Porém, as funções das árvores nos sistemas agrícolas podem ser tanto de produção, quanto de serviços ambientais.

Os SAFs de produção, apresentam benefícios diretos que são os seus produtos úteis ao homem como a madeira, lenha, resinas, óleos essenciais, frutos, mel, plantas medicinais, forragem para os animais (especialmente em épocas de seca ou frio, quando as pastagens são escassas), ornamentação e outros.

O produto florestal cuja extração causa mais impacto é a madeira. Esses impactos advindos do desmatamento e suas conseqüências, possuem dimensões inter-regionais. Estima-se que 86% da madeira extraída na Amazônia é para abastecer o mercado interno brasileiro, sendo 20% para o Estado de São Paulo (Sobral et al, 2002).

Para ter-se idéia da demanda de madeira do Estado de São Paulo, Sobral et al (2002) contabilizaram que só a indústria moveleira consumiu, em 2001, aproximadamente 457 mil metros cúbicos de madeira amazônica serrada, representando 1,3 milhão de metros cúbicos de madeira em tora; a indústria de pisos e esquadrias de madeira consumiu cerca de 52 mil metros cúbicos de madeira serrada da Amazônia (147 mil metros cúbicos de madeira em tora), sendo as principais espécies utilizadas, Ipê e Jatobá; e a indústria de casas pré-fabricadas consumiu, no mesmo ano, cerca de 165 mil metros cúbicos de madeira em tora.

Segundo o mesmo autor, o ramo de construção civil vertical no estado de São Paulo, também utiliza largamente a madeira amazônica em produtos como fôrmas e andaimes nas etapas de fundação e estruturação dos prédios, além dos produtos de madeira usados para acabamentos. Estima-se que, em 2001, foi utilizado um volume total de 360 mil metros cúbicos de madeira serrada (1 milhão de metros cúbicos em tora), sendo que 80% desse volume foi consumido como madeira descartável (fôrmas e escoramento da obra), que após seu uso foi acumular-se em entulhos.

Sendo assim, o plantio de espécies madeireiras no próprio estado causaria uma diminuição dos custos de transporte, a valorização das terras, sem se falar na conservação das espécies nativas da Floresta Amazônica e do ecossistema amazônico em si. Além disso daríamos um passo no caminho da nossa própria sustentabilidade e poderíamos explorar mercados externos, hoje em dia exigentes, em termos de certificação florestal.

A madeira colhida da cultura florestal tem múltiplas possibilidades de uso, como combustível (lenha), madeira roliça para construções rurais, matéria-prima para produção de pasta celulósica e papéis, para construção de painéis à base de madeira (aglomerados e compensados), artigos de mobiliário e construções habitacionais em geral (Jankowsky e Galvão, 2000).

O estabelecimento de SAFs pode oferecer benefícios ecológicos, sociais e econômicos para os produtores rurais, que propiciam maior sustentabilidade. Segundo Passos e Couto (1997) citados por Rodigheri (2000), os benefícios ecológicos são a melhoria da conservação do solo, da água e do microclima para as plantas e os animais [que aumentam de peso (Montoya et al, 1994)]; aumento da biodiversidade, redução dos impactos ambientais negativos locais e regionais e redução das pressões sobre os remanescentes vegetais originais. Os possíveis benefícios sociais são a melhoria da distribuição da mão-de-obra ao longo do ano, diversificação da produção, melhoria das condições de trabalho no meio rural e melhoria da qualidade de vida do agricultor. E os benefícios econômicos são a obtenção de produtos florestais e agrícolas na mesma área, redução das perdas na comercialização, redução dos custos de implantação e de manutenção florestal, aumento da renda líquida por unidade de área da propriedade e diminuição dos riscos relacionados à flutuação dos preços no mercado.

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) apresentam grande potencial na conservação de reservas florestais em paisagens fragmentadas e pouca atenção tem sido dada a isso (Pádua et al, 2002).

No Pontal do Paranapanema, o Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ), realiza um sistemático trabalho de disseminação de conhecimentos e práticas agroflorestais junto a assentamentos rurais visando a conservação de remanescentes do ecossistema florestal original que é a Floresta Estacional Semidecídua. Os SAFs são utilizados como zonas de amortecimento na interface de áreas naturais protegidas e áreas agrícolas, reduzindo os efeitos de borda (Fenimore e Cullen Jr., 2002); na implantação de corredores ecológicos que aumentam a conectividade entre fragmentos florestais (Pádua e Cullen Jr., 2002); na formação de quintais agroflorestais, que aumentam a heterogeneidade da paisagem e estimulam o movimento saltitante de algumas espécies (Cullen Jr., 2003); e são utilizados para a produção de café

sombreado e sem agrotóxico, de ótima qualidade. Em todos os casos, os SAFs representam zonas de benefício múltiplo aos agricultores, diminuindo assim as pressões de caça e de bens exercidas pela comunidade local nas áreas remanescentes do ecossistema original.

O sucesso da experiência do IPÊ foi conseguido por meio de processos de econegociação, uma parceria estabelecida de comum acordo entre as partes interessadas no recurso natural protegido, para compartilhar com os responsáveis pela sua proteção as funções de manejo e conservação. O que significa por um lado, assumir os direitos e responsabilidades de conservação e de outro, compreender as necessidades econômicas e sociais dos interessados. E demonstra que a conservação em escala comunitária, ecossistêmica e de paisagem oferece uma das mais promissoras alternativas para a salvação da biodiversidade da Mata Atlântica de Planalto, bem como de outros ecossistemas brasileiros, ressaltadas as características sociais, ambientais e econômicas de cada um deles no planejamento das respectivas estratégias (Pádua et al, 2002).

No caso da recuperação de matas ciliares (Rodrigues e Filho, 2001), recomendam, dentre outras atividades, o enriquecimento com espécies de interesse econômico, já que essas áreas podem ser redefinidas como de uso agrícola em pequenas propriedades. Sendo assim, o planejamento da recuperação deve ser adequado para possibilitar a exploração econômica, com o menor impacto possível.

Armando et al. (2002) desenvolveram e implantaram um módulo de agrofloresta, que reúne 36 espécies diferentes, incluindo frutíferas, hortaliças, forrageiras, madeireiras, grãos, plantas medicinais e hortaliças. Esse módulo é passível de replicação, está aberto a visitas na Sede -Embrapa em Brasília e são apresentadas todas as etapas de implantação e manejo do módulo (www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/ct016.pdf).

Para instalar o módulo de 225 m², acordo com o desenho planejado por Armando et al. (2002), é necessário investir R\$ 219,75, sendo 56,86% deste total, gastos com insumos, materiais e serviços e os restantes 43,14% são gastos com mão-de-obra. Estes valores podem variar de acordo com o tamanho do módulo, o desenho do sistema, o nível tecnológico do manejo, as espécies culturais e operações de cultivo utilizadas e as especificidades de

cada propriedade rural. Pode haver a substituição das espécies, de acordo com sua disponibilidade, adequando-se o porte, e as necessidades de luz e nutrientes ao desenho do sistema.

A análise econômica de sistemas agroflorestais regenerativos é muito complexa já que são compostos por dezenas de espécies que se sucedem. Para o agricultor que planta, maneja e colhe em um sistema agroflorestal dois fluxos são básicos: quantificar entradas e saídas, relacionadas a volume, data e natureza da atividade ou produto. Essas anotações primárias, permitem traçar um perfil de consumo de capital, mão-de-obra e insumos, bem como de produtos obtidos ao longo do tempo. A grande dificuldade é analisar item por item, uma vez que os insumos, manutenção e mão de obra afetam, praticamente todo o sistema, não importando se será colhido em 3 meses ou 30 anos. Entretanto, os retornos proporcionados pelos produtos de curto e médio prazo podem ser relativizados aos custos integrais do sistema no período, o que dá uma relação de custo/benefício do produto em relação ao sistema como um todo. Em relação aos produtos de longo prazo, uma previsão de retorno por unidade de área deve ser somada aos benefícios proporcionais dos produtos de curto e médio prazo, amortizando o custo inicial de implantação de modo progressivo (Vivan, 1998).

3.10 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

A classificação dos sistemas agroflorestais pode ser realizada de acordo com vários critérios, dependendo do seu propósito. Os critérios mais utilizados são a estrutura do sistema, a função, a escala sócio-econômica e o nível de manejo e a extensão ecológica (Altieri, 1989).

Estruturalmente os SAFs podem ser agrossilviculturais, silvipastoris e agrossilvipastoris. Os sistemas agrossilvipastoris são sistemas agroflorestais que incluem árvores ou arbustos, culturas alimentícias herbáceas e animais / pasto (Huxley e Houten, 1997). Os sistemas agrossilviculturais incluem árvores, arbustos e culturas agrícolas. E os sistemas silvipastoris são formados por árvores e animais / pasto.

A classificação funcional dos SAFs refere-se aos principais produtos e ao papel dos componentes, em especial das árvores. As funções podem ser produtivas (alimentos, forrageiras, lenha e outras) e protecionistas (conservação do solo, melhoria da fertilidade do solo, proteções oferecidas por quebra-ventos e demais). A escala sócio-econômica e o nível de manejo dos sistemas servem para caracterizá-los como comerciais, intermediários e de subsistência.

Numa referência ecológica, os SAFs podem ser organizados em zonas agroecológicas definidas, como planícies dos trópicos úmidos, trópicos áridos e semi-árido, planaltos tropicais e outros.

3.11 SISTEMAS AGROFLORESTAIS E O NOVO RURAL

Paralelamente ao conceito da obtenção de múltiplos benefícios e produtos agrícolas de áreas agroflorestadas está o fenômeno do novo rural, relacionado à multifuncionalidade do espaço rural.

As atividades do chamado novo rural, relacionam-se à práticas agropecuárias modernas, cujos produtos têm grande valor agregado, à atividades agropecuárias voltadas para nichos particulares do mercado, tais como horticultura, agricultura ecológica e piscicultura, e à atividades não-agrícolas voltadas ao turismo, lazer e prestação de serviços, principalmente.

A exploração do turismo no meio rural vem sendo adotada como uma alternativa promissora de geração de trabalho e renda.

Segundo Silva (1998) apud Ortega e Cardoso (1998), o turismo rural caracteriza-se por atividades internas à propriedade rural, que geram ocupações complementares às atividades agrícolas. Devem ser entendidas como parte de um processo de agregação de serviços aos produtos agrícolas e bens não-materiais existentes nas propriedades rurais (paisagem, ar puro, etc), com eventuais contratações de mão-de-obra.

O aumento da demanda por turismo e lazer nas áreas rurais, deve-se à valorização das coisas ligadas à natureza e às "raízes" humanas, que contrastam com a artificialidade do meio urbano e a frieza e o anonimato que caracterizam as relações nas grandes cidades (Ortega e Cardoso, 1998). A

clientela principal deste ramo é formada pela classe média residente na área urbana.

As principais formas de se explorar o turismo rural constituem-se nos hotéis-fazenda, turismo histórico, atividades de piscicultura dos “pesque-pague” e o chamado “ecoturismo”. É também verificada outra tendência de dinamização da economia rural, que vem a ser a utilização de mão-de-obra em chácaras de veraneio, ou “segundas-residências”.

O exagerado crescimento das grandes cidades verificado nos últimos 30 anos provocou o aumento do custo de vida. Mais recentemente, o aumento das taxas de desemprego no cenário urbano forçou a saída de um grande número de pessoas para locais mais distantes das regiões centrais das cidades. Em razão dos preços dos lotes rurais serem mais baixos que o dos lotes urbanos, e também das leis de ocupação serem menos restritivas nos primeiros, iniciou-se um movimento de ocupação das áreas rurais. Em muitas localidades, houve o surgimento de pequenos núcleos urbanos em pleno espaço rural, muitas vezes configurando um processo de “favelização”.

Por outro lado, notou-se também a ocupação de espaços rurais por famílias de alta renda, que vêm deixando as cidades de médio e grande portes por conta do aumento de fatores de stress, como a violência, o trânsito caótico e a acentuada artificialidade do ambiente urbano. A migração das populações ricas ou pobres caracterizam um êxodo no sentido contrário àquele verificado no passado, que vêm influenciando as atividades econômicas exercidas pelos novos e antigos habitantes do meio rural. Estas mostram-se tipicamente urbanas, tais como prestação de serviços, especialmente os domésticos, indústria de transformação, comércio e construção civil. O surgimento destas atividades não agrícolas ocorreu em respostas às próprias demandas locais, e também como uma maneira de absorver a mão-de-obra ociosa, prejudicada pela adoção de técnicas mecanizadas na agricultura (Silva, 1996).

Existe uma diferença entre o número de propriedades existentes na área rural do município de São Carlos (1029) e o número de unidades de produção agrícola (794). Essa diferença ocorre devido ao destino de algumas propriedades à atividades não-agrícolas como chácaras de lazer, de recreio, moradia e trusísticas (Conferência da Cidade, 2002).

Segundo Leite Jr. (2000), o turismo rural e o ecoturismo são a segunda grande vocação para o desenvolvimento do turismo em São Carlos. Isto se dá em parte, pelos sinais deixados pela época histórica da produção de café, como citado anteriormente em referência ao Vale do Quilombo, e pela grande beleza dos acidentes geográficos locais.

Neste contexto os sistemas agroflorestais se apresentam como uma atividade de potencial turístico e educativo, capazes de oferecer beleza cênica, conforto térmico, possibilidade de interação com a natureza, abastecimento da propriedade com frutos, madeira e etc, além dos serviços ambientais que são prestados pelas árvores.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo partiu da caracterização ambiental do município de São Carlos. Para isso utilizou-se bases cartográficas digitais e informações encontradas na literatura.

Os mapas utilizados foram os seguintes:

- Mapa pedológico do município de São Carlos (Dupas e Röhm, 2002)- escala 1: 50.000;

- Mapa de curvas em nível do município de São Carlos (Dupas e Röhm, 2002)- escala 1:10.000;

- Mapa hidrográfico do município de São Carlos (Dupas e Röhm, 2002)- escala 1:50.000;

- Delimitação político-administrativa do município de São Carlos (Dupas e Röhm, 2002);

- Mapa de Temperatura Máxima Anual (www.agritempo.br);

- Mapa de Temperatura Mínima Anual (www.agritempo.br);

- Mapa de probabilidade de ocorrência de temperaturas menores que 1°C no município de São Carlos (www.agritempo.br).

As bases digitais georreferenciadas dos aspectos pedológicos, topográficos, hidrográficos e a delimitação político-administrativa do município de São Carlos foram geradas pelo Projeto de Políticas Públicas: Uso atual e uso potencial do solo no município de São Carlos, SP - base do planejamento urbano e rural, do Centro de Ciência Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos e foram gentilmente cedidas para a elaboração deste estudo.

Para melhor visualização das características topográficas do município, gerou-se um modelo digital tridimensional a partir do mapa de curvas em nível (Dupas e Röhm, 2002) com o uso do software Surfer.

Os mapas pedológico, hidrográfico, limite municipal e o modelo digital tridimensional foram manipulados e sobrepostos utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas ArcGIS, Esri, gerando assim um mapa contendo todas essas informações reunidas.

Os mapas de Temperatura Máxima Anual, de Temperatura Mínima Anual, e de Temperatura Mínima Extrema Anual foram utilizados para

caracterização das variações e extremos de temperatura que ocorrem no município.

Considerando-se, então, as características do ambiente e informações sobre o uso do solo da região, os tipos de culturas produzidas e a área que ocupam, que constam no planejamento do Plano Diretor do Município de São Carlos (Conferência da Cidade, 2002), identificou-se os tipos de SAFs potencialmente utilizáveis em São Carlos.

A lista de espécies potenciais a serem testadas no município de São Carlos, foi formulada a partir de levantamentos florísticos e fitossociológicos das diferentes formações florestais da região de São Carlos, Primavesi et al (1999), Durigan et al (2002), Silva (2002), Silva (1996), em obras especializadas em árvores, Carvalho (1999), Carvalho (2002) e Lorenzi (1992) e na disponibilidade de mudas em viveiros especializados.

Os critérios de seleção foram estabelecidos com base na compatibilidade das exigências ecofisiológicas das espécies florestais com as características edafoclimáticas encontradas no município e na disponibilidade de informações silviculturais.

Sugere-se também o uso de algumas espécies exóticas com potencial agroflorestal, que podem, de acordo com Lugo (1997), contribuir para o restabelecimento da riqueza de espécies em áreas degradadas e facilitar a sucessão, além de apresentarem utilidade ao ser humano.

Para a indicação das áreas e situações prioritárias para a adoção dos SAFs, considerou-se, em geral, locais com características físicas ou bióticas frágeis e que necessitam de proteção, de maneira que os SAFs possam oferecê-la e contribuir para sua conservação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS

O município de São Carlos (figuras 1 e 2) localiza-se na região centro-oriental do Estado de São Paulo. Sua posição geográfica é determinada pelas coordenadas $22^{\circ} 01' 22''$ de latitude sul e $47^{\circ} 53' 38''$ de longitude oeste (Dias et al, 2000).

O município encontra-se na borda oeste das Cuestas Basálticas, próximo ao Planalto Ocidental Paulista a uma altitude da ordem de 600 a 900 m (Ross e Moroz, 1997).

Figura 1: São Carlos e Municípios vizinhos.

Fonte: Conferência da cidade, 2002.

Figura 2: Localização do Município de São Carlos no estado de São Paulo.

Fonte: Conferência da Cidade, 2002.

5. 2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

5.2.1 HIDROGRAFIA

São Carlos encontra-se no domínio da Bacia Geológica do Paraná, que forma a Província Hidrogeológica mais importante do Brasil e uma das maiores do mundo. Nela, se encontram três sistemas de aquíferos, o Botucatu-Pirambóia (também chamado Guarani), Basaltos da Formação Serra Geral e os sedimentos do Grupo Bauru.

O Aquífero Guarani, é um sistema hidroestratigráfico do Mesozóico, constituído por depósitos de origem flúvio-lacustre-eólicos do Triássico e depósitos de origem eólica do Jurássico. Possui área de ocorrência de 1.195.200 km², avançando para as porções da Bacia do Paraná, localizadas no Paraguai, Uruguai e Argentina. Estima-se que as reservas de água subterrânea brasileiras são de 48.000 km³. No Brasil, o aquífero aflora em 118.000 km², e são nessas áreas que ocorrem as recargas naturais diretas no aquífero, da ordem de 26 km³.ano⁻¹. As recargas indiretas do aquífero ocorrem através da

passagem da água pelos basaltos e sedimentos, induzida pelos potenciais hidráulicos superiores da água acumulada, e gira em torno de 140 km³/ano (Rebouças, 1999).

As águas do Aquífero Guarani são de ótima qualidade, podendo ser utilizadas para o consumo doméstico, irrigação, industrial e até para o desenvolvimento de balneários, já que as temperaturas são superiores a 30°C em todo o domínio confinado. Entretanto a perfuração indiscriminada de poços, sem os cuidados necessários, e o desperdício no uso da água podem provocar, respectivamente, a contaminação das águas do aquífero e um déficit entre a quantidade de água utilizada e a quantidade de água que é repostada naturalmente, em um determinado tempo, ou seja, a sua recarga.

O município está inserido em duas grandes bacias hidrográficas: a Mogi-Guaçu e a Tiete-Jacaré. Estas duas bacias estão subdivididas em 10 microbacias, sendo as mais relevantes a Bacia do Monjolinho, a Bacia do Feijão e a Bacia do Quilombo (Figura 3), (Conferência da Cidade, 2002).

A Bacia do Monjolinho a montante é um importante ponto de captação de água para abastecimento e a jusante recebe todo o esgoto da cidade, sem tratamento, que é levado as áreas vizinhas, predominantemente rurais.

A Bacia do Feijão é responsável por 40% do abastecimento da cidade. Situada dentro da APA Corumbataí, é área de recarga do Aquífero Guarani. As Áreas de Preservação Ambiental requerem uso diferenciado do solo previsto na legislação brasileira (Lei 6.902, de 27 de abril de 1981); a lei citada veta, limita ou proíbe, na área protegida, a instalação de atividades potencialmente poluidoras dos recursos hídricos, atividades que importarem em sensível alteração das condições ecológicas locais, as capazes de provocar uma acelerada erosão das terras e/ou acentuado assoreamento dos corpos d'água, e o exercício de atividades que ameacem extinguir as espécies raras da biota regional.

A Bacia do Quilombo, abriga o Vale do Quilombo que foi um importante veio de comunicação histórico, ao longo do qual se estabeleceram propriedades do Ciclo Cafeeiro. Atualmente é o maior vetor potencial do desenvolvimento de atividades turísticas histórico-ecológicas no município.

Mapa Hidrográfico do município de São Carlos, SP

Figura 3 : Microbacias Hidrográficas do Município de São Carlos.
Adaptado de: Conferência da Cidade (2002) e Dupas e Röhm (2002).

Na Bacia do Quilombo, encontra-se a Microbacia do Córrego Cachoeira, que teve uma reorganização fundiária após o declínio do Ciclo Cafeeiro, por isso a microbacia destaca-se pela concentração de pequenos e médios produtores. No entanto a utilização do solo sem a adoção de práticas conservacionistas e intensa mecanização faz com que a região sofra constante desgaste e empobrecimento do solo e dos recursos hídricos.

Para reverter esse problema a Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, São Carlos (SMAA) e a Associação dos Agricultores Familiares de São Carlos e Região (AFASC) vêm desenvolvendo um trabalho conjunto visando o desenvolvimento de práticas conservacionistas de manejo do solo, a recuperação e recomposição das matas ciliares e a adoção de medidas que favoreçam o aumento de volume e a melhoria da qualidade da água na Microbacia, ao mesmo tempo que promovam seu desenvolvimento sócio-econômico. Esta região apresenta potencial para a utilização de Sistemas Agroflorestais, tanto para produção quanto para proteção ambiental.

5.2.2 CLIMA

São Carlos está inserido na zona climática determinada por massas polares e equatoriais (Monteiro, 2000). Os sistemas atmosféricos que influenciam o clima e a pluviosidade de uma zona climática, o fazem em qualquer época do ano, tanto no inverno como no verão. No entanto a intensidade desses sistemas atmosféricos muda de acordo com a estação do ano.

O clima da região de São Carlos é tropical de altitude, com estações secas e úmidas alternadas. A estação chuvosa vai de outubro a março, e a estação seca, de abril a setembro (Monteiro, 2000). No mês mais seco, o total das chuvas é menor que 30 mm e no mês mais chuvoso o valor é dez ou mais vezes maior (Primavesi et al, 1999).

Segundo a classificação de Köppen, o clima é o Cwa, clima quente com inverno seco, sendo que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C (Figura 4) e a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C (Figura 5).

As variações climáticas e pluviais locais são influenciadas, principalmente por fatores geomorfológicos. Por estar localizado no Planalto Ocidental, na região da Serra de São Carlos e das Cuestas Basálticas, São Carlos revela um ligeiro aumento na quantidade de precipitação, mas mantém-se unido à área regional pelo ritmo dos sistemas atmosféricos. Embora se verifique um aumento de pluviosidade, por efeito orográfico no inverno, o número de dias de chuva também mantém a unidade dentro da área (Monteiro, 2000). A origem genética das chuvas, é determinada pela ritmicidade dos eventos atmosféricos. Os ritmos podem ser anuais e sazonais e sofrer variações de acordo com o equilíbrio entre os sistemas atmosféricos, que atuam numa determinada zona.

5.2.3 HIDROLOGIA

A pluviosidade acumulada anual, segundo o Ministério da Agricultura, varia de 1138 a 1593 mm.

Porém verifica-se que a evapotranspiração potencial anual é maior do que a precipitação anual, sugerindo grande déficit hídrico em determinada época do ano, provavelmente em consequência da frequência e intensidade de brisas e ventos na região.

A média anual de déficit hídrico, é de 344 mm, concentrado de junho a novembro. O nível mais baixo de armazenamento de água no solo ocorre de agosto a outubro (podendo haver falta de água no solo por mais de 90 dias acumulados), e associado à grande demanda evaporativa na região e a baixa umidade relativa do ar, aumenta o perigo de incêndios.

O período de excedente hídrico ocorre de janeiro a março, com média anual de 209 mm, o que equivale a média anual de perda de 2090 m³ por hectare de água. Isso representa um grande risco de carregamento de partículas sólidas (erosão) para os corpos de água (assoreamento), principalmente quando há coincidência com o período de preparo de solo ou em locais com solo descoberto.

Figura 4: Temperatura máxima anual no município de São Carlos, SP.
Adaptado de www.agritempo.br

Figura 5: Temperatura mínima anual no município de São Carlos, SP.
Adaptado de www.agritempo.br

Esse quadro demonstra a importância de realizar todos os manejos possíveis para minimizar as perdas de água do ambiente e aumentar a capacidade de armazenar água residente, tais como: proteger permanentemente a superfície do solo, construir terraços e bacias de captação de água, instalar quebra-ventos, estabelecer reflorestamento estratégico com função umidificadora, termostática e retentora de água, rejuvenescer e recuperar as áreas de proteção permanente, reservas legais e matas ciliares; melhorar as condições de solo para o desenvolvimento das raízes vegetais em profundidade entre outros procedimentos (Primavesi et al, 1999).

5.2.4 GEADAS

As geadas são fenômenos meteorológicos de escala microclimática, que, nas altitudes tropicais acontecem, em planaltos e áreas serranas, onde a temperatura média é mais baixa em relação às áreas circundantes, por causa da maior altitude (Conti, 1998).

O município de São Carlos está sujeito à ocorrência de geadas (Figura 6). Segundo Mello et al (1994) apud Primavesi et al (1999), a probabilidade de ocorrência de temperaturas abaixo de 2°C é de 21%, por isso existe a probabilidade de ocorrer uma a duas geadas por ano.

Normalmente, a geada coincide com a chegada de uma massa polar. Por isso as vertentes voltadas para o sul, são as mais afetadas. Além disso, as áreas de maior vulnerabilidade são os fundos de vale (baixadas), devido ao acúmulo de ar frio que desce pelas encostas durante a noite (vento catabático), provocando uma inversão térmica, isto é, a temperatura do ar adjacente ao solo é menor do que a temperatura da camada acima, também associada ao acontecimento das geadas (Conti, 1998).

A geada ocorre quando a temperatura do ambiente é menor do que o ponto de congelamento da água, provocando a passagem direta da água do estado de vapor para o estado sólido. Podem ou não acontecer com formação de cristais de gelo na superfície do vegetal,

Figura 6: Probabilidade de ocorrência de temperatura menores que 1°C, no município de São Carlos, SP.
 Adaptado de www.agritempo.br

e provoca a morte da planta pelo congelamento de suas soluções intercelulares. Neste caso, as árvores podem fornecer proteção para as culturas, mantendo a temperatura menos extrema abaixo de suas copas.

5.2.5 SOLOS

Os solos encontrados no município (Figura 4), segundo o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), são (entre parênteses serão apresentados seus antigos nomes): Latossolo Vermelho Férrico Típico (Latossolo Roxo), Latossolo Vermelho-Amarelo Típico (Latossolo Vermelho-Amarelo), Latossolo Vermelho Típico (Latossolo Vermelho-Escuro), Argilossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico (Podzólico Vermelho-Amarelo), Nitossolo Vermelho Eutroférico Típico (Terra Roxa Estruturada), Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (Areias Quartzosas), Neossolo Litólico Eutrófico Chernozêmico (Litólicos) e Solos Hidromórficos.

A maioria dos solos são arenosos, sendo predominantes os Latossolos Vermelho-Amarelo Álico Típico, e Vermelho Típico, que apresentam baixa disponibilidade de nutrientes e presença de alumínio (Al); e possuem elevada permeabilidade interna e baixa capacidade de adsorção, o que facilita a infiltração de água e insumos agrícolas, e aumenta os riscos de erosão na estação chuvosa.

Os níveis de fragilidade potencial associados variam de baixo, médio, alto e muito alto (Ross e Moroz, 1997), de acordo com o tipo de solo e o relevo. No entanto, os tipos de solo predominantes no município de São Carlos, apresentam consideráveis níveis de fragilidade potencial e de suscetibilidade à erosão, o que aumenta com a acentuação do relevo indicando a necessidade de práticas agrícolas conservacionistas.

As árvores promovem a conservação e a melhoria do solo, através da redução da erosão eólica e hídrica, da maior estabilidade do solo, especialmente em encostas, da ação descompactante das raízes e do aumento da atividade antimicrobiana associada. Promovem também, a reciclagem de nutrientes, principalmente quando associada a árvores fixadoras de nitrogênio e com micorrizas, aumentando o nível de nutrientes disponíveis.

Mapa Pedológico do município de São Carlos, SP

LEGENDA

- LATOSSOLO VERMELHO FÉRRICO TÍPICO
- LATOSSOLO VERMELHO TÍPICO
- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO TÍPICO
- ARGILOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO
- NITOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO TÍPICO
- NEOSSOLO QUATZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO
- NEOSSOLO LITÓLICO EUTRÓFICO CHERNOZÊMICO
- SOLOS HIDROMÓRFICOS

Figura 7 : Mapa Pedológico do município de São Carlos.

Adaptado de: Dupas e Röhm (2002)

5.2.6 GEOMORFOLOGIA

De acordo com Ross e Moroz (1997), São Carlos encontra-se na unidade morfoescultural chamada Planalto Residual de São Carlos.

As formas de relevo desta unidade constituem-se, basicamente de colinas de topos convexos e tabulares (Figura 8).

As vertentes variam de 2 a 20% na maior parte da área, e pode ser superior a 30% nas áreas mais dissecadas do relevo. As formas de dissecção são médias, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, implicando num nível de fragilidade potencial de médio a baixo, para os terrenos pouco dissecados e alto a muito alto para os terrenos muito dissecados (Ross e Moroz, 1997).

Pachepsky et al. (2001) demonstraram que as variáveis topográficas de uma região podem ser utilizadas para a interpretação das variações de propriedades do solo como sua textura e capacidade de retenção de água, sendo que o aumento da declividade e o formato mais convexo da rampa, diminuem a capacidade de retenção de água e de partículas de pequena granulometria como a argila.

A Figura 9, apresenta a correlação dos aspectos topográficos, pedológicos e hidrográficos do município de São Carlos. Observa-se uma grande quantidade de nascentes nos topos dos morros e drenagens, que convergem para os rios, que se encontram nos fundos de vales. Isso demonstra a importância de manter o solo protegido (coberto), principalmente na época das chuvas, prevenindo a erosão dos mesmos e o assoreamento e contaminação dos corpos d'água. O conjunto pode se apresentar mais ou menos frágil, de acordo com o tipo de solo e a cobertura vegetal existente em uma determinada área, sendo que quanto mais arenoso e descoberto for o solo, maior será sua susceptibilidade à erosão.

Figura 8: Modelo Digital Tridimensional do município de São Carlos.

Figura 9: Modelo Digital Tridimensional representativo do relevo, dos solos e dos rios do município de São Carlos, SP.

5.2.6 VEGETAÇÃO

No município de São Carlos, ocorriam formações vegetais naturais de Cerrados, Cerradão, Floresta Estacional Semidecídua, Florestas Ripárias e Floresta com *Araucária angustifolia* (Soares et al, 2003).

Atualmente, a porcentagem do município que ainda apresenta vegetação é de aproximadamente 2,31% de cerrado, 2,63% de cerradão, 1,09% de floresta semidecídua e ripária e 0% de floresta semidecídua com *Araucária*.

Os poucos remanescentes das formações vegetais originais do município são muito pobres devido ao corte seletivo de espécies de interesse, em especial para suprimento de madeiras duras. Outro fator de degradação dos remanescentes florestais localizados no meio rural é o fogo, utilizado antes da colheita da cana e nas pastagens (Soares et al, 2003).

A devastação da vegetação nativa é consequência do uso do solo, em grande escala pela agricultura e pastagens, iniciada em 1860, com a cultura do café.

Esse cenário, demonstra como a agropecuária vem se desenvolvendo, em detrimento da estrutura e funcionamento dos ecossistemas naturais, dos quais dependem direta ou indiretamente, e aponta para a necessidade de reinserir o elemento árvore na paisagem rural e na cultura do homem rural, seja como fonte de produtos para sua própria propriedade e de benefícios ambientais para a coletividade.

5.3 DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA

A área total do município é de 1.140,9 km², sendo que 1.073,05 km² (94,1 %) constituem a área rural e 67,25 km² (5,9%) compõem a área urbana. Apesar da extensa área rural, apenas 5% da população reside no meio rural, os 95% da população concentram-se no perímetro urbano, sendo no total, cerca 197.187 habitantes (Conferência da Cidade, 2002).

As principais atividades agropecuárias (Figura 10) relacionam-se às redes agroindustriais sucroalcooleira, citrícola, láctea, de carne bovina e

avicultura de corte. As áreas de pastagem vêm sendo, ao longo dos últimos anos, substituídas pelas lavouras, que podem ser permanentes ou temporárias. Das lavouras temporárias, 81% são destinadas para a cana de açúcar e das lavouras permanentes, 89% destinam-se a cultura da laranja.

Figura 10: Utilização da terra no município de São Carlos

Fonte: IBGE, 1996. In: Conferência da cidade, 2002.

Predominam na zona rural (Quadro 2) as pequenas e médias propriedades. As propriedades com 1 a 50 hectares são a maioria, representando 66%; as propriedades com 50 a 100 hectares, 12,5%; as com 100 a 500 hectares 16,5%; as com 500 a 1000 hectares 13,5%; e as propriedades com área variando entre 1.000 a 10.000 hectares 1,5%, (INCRA, 2002, apud Conferência da Cidade, 2002).

Existem, também, dois distritos localizados na área rural de São Carlos: Água Vermelha e Santa Eudóxia, nos quais a maior parte do uso do solo é agrícola.

No distrito de Santa Eudóxia, existe uma cooperativa de produção de mudas de espécies florestais (Coopermudas), visando atender demandas de

reflorestamento e adequação das propriedades rurais à legislação ambiental, o que demonstra as possibilidades que as atividades florestais e agroflorestais apresentam de geração de emprego, renda e ocupação da mão-de-obra no meio rural ao mesmo tempo que traz benefícios produtivos e ambientais.

UNIDADES DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Fonte: Estatísticas Agrícolas, LUPA, 1995/98

Área	Número de propriedades	
1 a 50 Ha	490	62,0%
50 a 100 Ha	107	13,5%
100 a 500 Ha	153	19,0%
500 a 1000 Ha	24	3,0%
1000 a 10000 Ha	20	2,5%
Total	794	

PROPRIEDADES

Fonte: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INCRA - 2002

Área	Número de propriedades	
1 a 50 Ha	680	66,0%
50 a 100 Ha	130	12,5%
100 a 500 Ha	168	16,5%
500 a 1000 Ha	35	3,5%
1000 a 10000 Ha	16	1,5%
Total	1029	

Quadro 2: Estrutura Fundiária da Área Rural do Município de São Carlos. Fonte: Conferência da Cidade, 2002.

5.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS E O MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS

A caracterização ambiental do município de São Carlos configura um cenário propício à prática dos SAFs: a maioria dos solos do município são arenosos (Latosolos Vermelho-Amarelo Álico Típico, e Vermelho Típico, figura 7 e 9), com baixa disponibilidade de nutrientes, presença de Al e consideráveis níveis de fragilidade potencial e de suscetibilidade à erosão, que aumenta com a acentuação do relevo (figura 9); o município encontra-se na confluência de duas importantes bacias hidrográficas (a do Mogi-Guaçu e do Tietê-Jacaré) e engloba áreas de recarga do aquífero Guarani; e apresenta uma estação seca bem definida, apresentando considerável déficit hídrico.

Os SAFs, podem ser utilizados nas mais diferentes combinações de características ambientais, sendo especialmente benéficos para áreas que possuam alguma fragilidade ambiental, já que as árvores propiciam melhorias nas condições físicas e químicas do solo e também uma manutenção de seus teores de água.

Em algumas condições são mais indicados tipos de SAFs específicos, como em encostas, onde são utilizados o sistema taungya, que propicia o terraceamento.

5.4.1 TIPOS DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Devido a sua plasticidade, praticamente, todos os tipos de Sistemas Agroflorestais, possuem potencial de uso no município de São Carlos, sendo eles: a capoeira melhorada (sistema silvo-rotativo) e o sistema taungya, que são SAFs seqüências e os hortos caseiros mistos, as árvores em associação com cultivos perenes, as árvores em associação com culturas agrícolas (também chamado cultivo em aléias ou Alley cropping), os sistemas agrossilvopastoris e silvopastoris e as cercas vivas e cortinas quebra-vento, que são SAFs simultâneos (Figura 11). As definições são dadas a seguir, de acordo com Engel (1999).

1- Árvores dispersas, 2- Cultivo em aléias, 3- Plantação em linhas, 4- Árvores de borda, 5- Cerca viva, 6- Árvores de borda, 7- Proteção d'água, 8- Sombra, 9- Quebra-ventos, 10- Estabilização de encostas, 11- Barreiras em contorno, 12- Barreiras vivas, 13- Controle de voçorocas.

Figura 11: Tipos e alternativas de organização de sistemas agroflorestais na propriedade rural. Desenho: Joel Penteado Jr.

Fonte: Adaptado de Martinez Higuera (1989) apud Medrado (2000).

O sistema chamado capoeira melhorada ou sistema silvo-rotativo consiste no enriquecimento de capoeiras existentes em áreas agrícolas abandonadas ou em pastagens, com espécies madeireiras de valor, frutíferas perenes como o palmito, banana, pitanga, jabuticaba, e com cultivos agrícolas nas clareiras, como tomate, abóbora, inhame, milho. Deve-se tomar cuidado para que esse sistema não seja utilizado como uma justificativa para o uso inadequado das capoeiras, mas sim indicar alternativas de renda para o agricultor.

O sistema taungya significa cultivo de encostas, e é utilizado para designar sistemas cujo objetivo principal é a produção de madeira (implantação de floresta). O sistema implica na combinação das árvores com qualquer cultivo agrícola, nas fases iniciais do estabelecimento do plantio florestal e é indicado para pequenos agricultores que possuem área para produção de madeira, e que precisam reduzir os custos de implantação e manutenção e para terrenos de vocação florestal, não degradados e fortemente inclinados.

No sistema taungya ocorrem interações como competição e alelopatia entre seus componentes, dependendo das espécies escolhidas, como por exemplo eucalipto, e o sombreamento das árvores nos cultivos, conseqüente do crescimento das mesmas, determina o fim do sistema e o início do plantio florestal puro. No entanto, o manejo do povoamento florestal, com podas e desbastes, pode abrir espaço para novos cultivos ou para forrageiras. Os cultivos cuja colheita são as raízes devem ser plantados com distância maior que 1m, durante o estabelecimento das árvores, e a mais de 2m nos períodos posteriores (se mais do que 2 anos, pode-se haver necessidade do uso de fertilizantes). O manejo das árvores deve favorecer os cultivos agrícolas e deve-se ainda, evitar a repetição da mesma cultura por anos seguidos.

Nos sistemas agroflorestais simultâneos, que serão descritos a seguir, os componentes agrícolas e florestais possuem uma interação direta ao longo de todo o tempo, em um determinado terreno.

Os hortos caseiros mistos constituem uma prática agroflorestal muito antiga utilizada por famílias para prover necessidades básicas, familiares ou comunitárias, ocasionalmente com a venda dos excedentes. São muito complexos, com diversos estratos e variedades de árvores, cultivos e animais domésticos, sendo o tipo de SAF mais biodiverso. A produção de frutas, legumes, fibras, madeira, plantas medicinais e aromáticas, galinhas e outros gêneros ocorre ao longo de todo o ano. Os hortos caseiros têm necessidade de poucos insumos, de mão de obra familiar distribuída ao longo do ano, poucas demandas econômicas e grande resistência aos intemperismos ambientais e econômicos e são os mais parecidos com os ecossistemas naturais e sua produtividade. Entretanto, sua expansão é limitada pela pouca disponibilidade de terras das famílias de pequenos agricultores e pela baixa disponibilidade de tempo dos mesmos.

A combinação de árvores com cultivos perenes, associa árvores madeiráveis que produzem sombra com cultivos tolerantes à sombra, como o café, palmito, pupunha e frutíferas como pitanga, uvaia, caju. Além de otimizar o uso da terra, aumentar a produtividade do terreno e diminuir o uso de agroquímicos, a escolha de variedades adequadas, como no caso do café que tem variedades para sombreamento, propicia melhor rendimento com a proteção da cultura em regiões sujeitas à geadas ocasionais. Esse sistema pode ser utilizado em São Carlos, combinando-se espécies madeiráveis com plantas de ciclo anual, no início e depois do estabelecimento das árvores, as perenes, como palmito, coco anão, café, frutíferas exóticas e nativas, como pitanga, uvaia, acerola, caju e outras.

As características das árvores de sombra a serem utilizadas com cultivos perenes são sistema radicular forte, folhas pequenas, copa resistente ao vento, reprodução por estacas e boa capacidade de rebrota. As práticas de manejo do sistema incluem podas da parte aérea, desbastes, desramas, visando influir na quantidade e qualidade da colheita da cultura perene.

Outro sistema agroflorestal, parecido com o anterior, associa árvores com cultivos anuais tolerantes a sombra, também chamado cultivo em aléias ou Alley Cropping. As árvores e os cultivos anuais podem ser distribuídos em diferentes arranjos ou como é mais comum, o sistema de cultivo em aléias que associa renques de árvores com cultivos tolerantes ou não a sombra. Os cultivos em aléia constituem práticas potenciais de controle da erosão em terrenos declivosos, pois favorecem o terraceamento e em áreas de baixa fertilidade natural. As árvores são plantadas em fileiras únicas ou multiestratificadas, entre faixas largas de 6 a 8 metros onde são cultivados milho, feijão, mandioca, cereais, e outras plantas. Normalmente utiliza-se espécies arbóreas leguminosas, que fixam nitrogênio e que se associam a micorrizas, como as do gênero *Acácia*, *Leucena*, *Gliricidia*, *Calliandra*, *Prosopis*. Planta-se primeiramente as árvores (estacas ou mudas de viveiros), em fileiras únicas ou duplas a espaçamentos de 0,5 a 1m dentro das linhas, na estação chuvosa. As culturas anuais podem ser plantadas simultaneamente ou na próxima estação chuvosa, neste caso após uma poda e incorporação da matéria orgânica no solo. A sombra das árvores desfavorece o crescimento de plantas daninhas, diminuindo os custos de manutenção e as árvores protegem

o solo e as culturas na época de seca e são podadas anualmente após a colheita agrícola, produzindo lenha e matéria orgânica a ser incorporada no solo ou a ser aproveitada como forragem para os animais. A poda é um dos aspectos mais importantes deste sistema. Dependendo da cultura agrícola ou do aproveitamento desejado para o produto florestal, as árvores podem ser submetidas a corte raso; a 10-15cm do solo ou 0,5 a 1,0 m do solo, sendo que cortes a alturas maiores favorecem a brotação e a produção de biomassa futura, mas diminuem a produção de lenha. Para o controle da erosão em terrenos declivosos, a escolha de espécies com sistema radicular bastante ramificado e profundo é importante.

Os sistemas agrossilvopastoris ou silvopastoris são associações de árvores madeiráveis ou frutíferas com animais e seu alimento, com presença de cultivos anuais ou perenes, no primeiro caso, e sem a presença de cultivos agrícolas, no segundo caso. Podem ser plantações florestais de larga escala, onde os animais são introduzidos para pastoreio até criação de animais como complemento para sistemas de agricultura de subsistência. Esses sistemas podem ter como objetivo principal a produção animal tendo as árvores um papel secundário de produção de lenha, forragem, sombra para os animais e outros produtos. Neste caso as árvores são plantadas em renques, em pequenos bosques mais densos ou distribuídas esparsamente na pastagem. Para implantação de sistemas de baixo custo, pode-se aproveitar a vegetação secundária que cresce naturalmente em pastagens abandonadas e possuem alto valor forrageiro como as do gênero *Trema*, *Cecropia*, *Guazuma*, *Lonchocarpus* e *Brosimum*, principalmente para ruminantes de pequeno porte. Têm sido utilizadas leguminosas de múltiplo uso, em sistemas agrossilvopastoris, como suplemento alimentar para o gado, principalmente em épocas de seca e são plantadas em associação com pastagens em piquetes e constituir de 30 a 50% da dieta animal. Um exemplo é a *Leucena leucocephala*, que possui cerca de 25% de proteína bruta em suas folhas, mas contém alto teor de mimosina, tóxica aos animais, o que impede seu uso em mais de 30% na dieta de ruminantes e mais de 10% na dieta de não ruminantes. Espécies como *Gliricidia sepium*, *Erythrina poeppigiana*, *Guazuma ulmifolia*, *Albizia falcataria* apresentam altos teores de proteína bruta nas folhas e digestibilidade acima de 40%. As plantações de árvores podem funcionar como banco de

forrageiras na época seca e para complementação da dieta de animais confinados ou semi-confinados.

Outro caso de sistemas silvopastoris é quando o objetivo principal do sistema é a produção florestal, de látex (seringueira) ou de frutos. Neste caso o pastoreio tem o objetivo de auxiliar no controle de pragas invasoras e diminuir os custos da plantação florestal. A associação pode se iniciar quando as árvores tenham idade suficiente para não serem danificadas pelo gado, ou após desbastes de plantações comerciais de ciclo mais longo, como pinus e nativas madeiráveis. Devem ser considerados, neste caso, possíveis danos dos animais nas plantações comerciais e o sombreamento excessivo ou efeitos alelopáticos que diminuam muito a produção de forragem.

As cercas vivas e quebra-ventos são sistemas considerados complementares aos demais, já que associam-se a eles na propriedade, com fins de delimitação de lotes ou proteção contra o vento, ou ambas associados a produção de bens, objetivo secundário, como lenha, madeira, forragem, mel, e os benefícios ambientais. Uma vantagem desses sistemas é a pequena diminuição de áreas agricultáveis, importante em pequenas propriedades.

As cercas vivas exigem uma mão de obra inicial grande, em contrapartida não são necessárias a manutenção de cercas tradicionais e a aquisição de mourões. No manejo das cercas vivas é fundamental a escolha de espécies, que podem ser lenhosas, cactáceas, bromeliáceas ou qualquer outra espécie que se adapte ao local. As características preferenciais das espécies são crescimento rápido, boa capacidade de rebrota, com múltiplos usos e que exista conhecimento silvocultural, para que seja possível um planejamento de manejo do agricultor, de acordo com seus objetivos. Podem ser utilizadas *Erythrina* e *Gliricidia sepium*, que são espécies de múltiplo uso e podem ser utilizadas para forragem. São muito comuns as cercas vivas de sansão do campo ou sabiá, *Mimosa caesalpinaefolia*, que possui atributos como a densa ramificação desde a base, a presença de espinhos, a fixação de nitrogênio, potencial melífero, boa madeira e lenha. A nativa *Patagonula americana*, guajuvira, apresenta potencial agroflorestal e brotação com ramos epicórmicos grandes, característica favorável de espécies para cerca viva. Outras espécies com este tipo de brotação são amoreira, cajueiro, eucaliptos, leucena, mutambo, albizia e outras. As cercas vivas podem ser de dois ou três estratos,

como na combinação com sisal, que dá proteção mais próximo ao solo, ou com árvores de diferentes portes e arquiteturas.

Os quebra-ventos são estabelecidos para dar proteção a culturas, animais, a casas, a instalações e etc.

Ao atravessar uma barreira de árvores, o vento tem sua velocidade perto do solo diminuída e sua temperatura e umidade são alteradas. A diminuição da velocidade do vento, diminui também o carreamento das partículas finas do solo por ele, assim minimizando os efeitos da erosão eólica, e ajuda a conservar a umidade dos solos e a moderar a transpiração. Em locais, como São Carlos, onde os ventos quentes e secos provocam elevadas taxas de evapotranspiração nas plantas, os rendimentos dos cultivos podem aumentar, mesmo se considerada a área da cortina florestal. Por outro lado, as cortinas quebra-ventos também amenizam a temperatura do vento em situações de frio extremo, protegendo culturas e criações sensíveis ao frio e reduzindo gastos com o aquecimento das casas. Na pecuária, os quebra-ventos podem trazer benefícios como a diminuição da mortalidade de recém-nascidos, a redução da necessidade de ingestão de alimentos no inverno, a manutenção da produtividade, a melhoria da qualidade e quantidade da pastagem e sombra para o gado (Carpanezzi, 2000).

As espécies a serem utilizadas como quebra-ventos, devem apresentar resistência das copas e do sistema radicular, altura, porosidade e densidade da parte aérea, e a capacidade de fornecer outros produtos. Podem ser usadas fileiras únicas ou múltiplas, com uma ou mais espécies, podendo ser dispostas em diferentes direções, de acordo com a topografia do terreno e direção predominante dos ventos. O desenho ideal é o de fileiras multiestratificadas, com espécies em várias alturas, não devendo ser muito densos, sob o risco de aumentar a turbulência na direção oposta ao vento predominante. A área protegida é maior se o quebra-vento é poroso e geralmente a área de proteção chega até a 16 vezes a sua altura, sendo a proteção mais efetiva em torno de 4 a 8 vezes este valor. Em áreas grandes, várias fileiras de quebra vento devem ser distribuídas distantes entre si a cerca de 100-200m, em função do desenho e da altura da cortina. Eles devem ser distribuídos perpendicularmente à direção do vento predominante e no caso do vento mudar de direção durante o

ano, deve-se saber qual época e direção são mais danosos para a cultura, abrigo, ou criação que se quer proteger.

Correlacionando os tipos de SAFs com potencial de uso no município com suas características ambientais, distinguem-se dois grupos (A e B), marcadamente pelas características topográficas.

No grupo A, estão reunidas as áreas com declive acentuado, e podem ser utilizados os seguintes tipos de SAFs: sistema taungya, árvores em associação com cultivos perenes, hortos caseiros mistos, árvores em associação culturas agrícolas (cultivo em aléias ou Alley cropping), cercas vivas e cortinas quebra-vento; no grupo B, estão as áreas sem declive acentuado e os tipos de SAFs potencialmente utilizáveis são a capoeira melhorada, árvores em associação com cultivos perenes e agrícolas, hortos caseiros mistos, sistemas agrossilvopastoris e silvopastoris, cercas vivas e cortinas quebra-vento.

No Apêndice A, encontra-se o Modelo Digital Tridimensional do município de São Carlos, contendo os aspectos pedológicos, topográficos, hidrográficos e a distribuição dos tipos de SAFs potenciais a serem utilizados.

As principais atividades agrícolas realizadas no município estão relacionadas aos cultivos de cana-de-açúcar e citrus, e à criação de gado de leite, corte e avicultura de corte, por isso, os tipos de SAFs mais viáveis em São Carlos são os que adequam-se a essas atividades, sendo eles as associações de árvores com culturas anuais, de árvores com cultivos perenes, os sistemas agrosilvopastoris e o sistema taungya.

O cultivo de cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais, foi avaliado por Pinto (2002), em Piracicaba, SP, como uma maneira de viabilizar sua produção por pequenos proprietários, em áreas declivosas. O estudo utilizou modelos de simulação para demonstrar a viabilidade do cultivo da cana em aléias de contorno, consorciadas com seringueira e eucalipto. Houve competição por luz e água, acima e abaixo do solo, porém a importância da mesma depende da distância entre a cultura e as árvores, por isso testes de campo devem ser feitos para verificação das condições ideais do consórcio.

A diversidade de tipos de SAFs, permite sua utilização em pequenas, médias e grandes propriedades, o uso de mais de um tipo em uma mesma

propriedade e diversas configurações (Figuras 11, 12 e 13), conforme os benefícios desejados, os objetivos do proprietário e o potencial da área.

Figura 12: Esquema de propriedade rural, com diferentes tipos de sistemas agroflorestais. Desenho: Miriam Ikeda. Fonte: Lima et al (2003).

Figura 13: Exemplos de configurações de sistemas agroflorestais. Desenho: Miriam Ikeda. Fonte: Lima et al (2003).

5.4.2 ESPÉCIES POTENCIALMENTE UTILIZÁVEIS

A lista de espécies potenciais a serem testadas no município de São Carlos, foi formulada a partir dos levantamentos florísticos e fitossociológicos das diferentes formações florestais da região de São Carlos, (Primavesi et al, 1999; Durigan et al, 2002; Silva, 2002; Silva 1996), em obras especializadas em árvores (Carvalho, 1999; Carvalho, 2002 e Lorenzi, 1992) e na disponibilidade de mudas em viveiros especializados.

Realizou-se uma visita ao Viveiro de Mudas Florestais Camará (Ibaté, SP), para conhecer e acrescentar à lista, espécies com disponibilidade de mudas no mercado e que já são utilizadas com sucesso na região. Analisou-se também, as espécies produzidas no Viveiro de Mudas Coopermudas (Cooperativa de Produção de Mudas de Santa Eudóxia, São Carlos) e no Viveiro de Mudas Araucária (www.araucariaviveiro.com.br).

A seleção das espécies, baseou-se em critérios de tolerância à geadas, exigência de fertilidade, adaptação à disponibilidade de água e extremos de temperatura e existência de informações silvoculturais (Quadro 3).

As espécies selecionadas, apresentam disponibilidade de informações silvoculturais, e se adaptam aos valores médios de temperatura máxima e mínima ocorrentes na área de estudo, por isso esses dados não estão presentes no quadro.

Quadro 3: Espécies selecionadas para testes de uso em Sistemas Agroflorestais no município de São Carlos, SP.

Legenda: i, tolerante; m, medianamente tolerante; i, intolerante; mod, tolerância moderada à deficiência hídrica; l, crescimento lento; m, crescimento moderado; r, crescimento rápido; P, espécie pioneira; Si, espécie secundária inicial; St, espécie secundária tardia; C, espécie clímax.

Família	Espécie	Nome popular	Tolerância à geadas	Exigência de fertilidade	Deficiência hídrica	Crescimento	Grupo sucessional
Anacardiaceae	Astronium graveolens	Guaritá	t	baixa	mod	l a m	Si a St
Anacardiaceae	Lithraea molleoides	Aroeira-brava	t	baixa	mod	r	P
Anacardiaceae	Myracrodruon urundeuva	Aroeira-verdadeira	m	baixa	mod a forte	l a m	St
Anacardiaceae	Myracrodruon urundeuva	Aroeira-preta	m	baixa	mod a forte	m	C
Anacardiaceae	Schinus molle	Aroeira-salsa	m	baixa	forte	r	P a Si
Anacardiaceae	Schinus terebinthifolia	Aroeira-pimenteira	m	baixa a alta	nula a forte	m	P a S
Anacardiaceae	Spondias tuberosa	Umbú	i	baixa	forte	l	S
Anacardiaceae	Tapirira guianensis	Peito-de-pombo	t	baixa	nula a forte	r	P
Anacardiaceae	Tapirira marchandii	Fruto-de-pombo	i	média	mod	r	S
Annonaceae	Annona cacans	Araticum-cagão	i	baixa	mod	m a r	St
Annonaceae	Annona coriacea	Araticum-liso	i	baixa	forte	l	P
Annonaceae	Rollinia mucosa	Araticum	m	média a alta	nula a mod	m	S
Annonaceae	Xylopia seicea	Pindaíba-vermelha	i	baixa	nula a mod	l	P
Apocynaceae	Aspidosperma cylindrocarpon	Peroba-poca	m	baixa a média	nula a mod	r	P
Apocynaceae	Aspidosperma polyneuron	Peroba-rosa	m	alta	moderada	l	St ou C
Apocynaceae	Aspidosperma ramiflorum	Guatambu	i	alta	nula a mod	m	C
Apocynaceae	Peschiera fuchsiaefolia	Leiteiro	m	baixa a média	nula a mod	r	P a S
Araliaceae	Dendropanax cuneatum	Maria-mole	i	alta	mod	m	Pi
Araliaceae	Didymopanax morototoni	Mandiocão	i a m	baixa a alta	mod	r	Si a St ou C
Araucariaceae	Araucaria angustifolia	Araucaria	t	alta	nula	l	S
Asteraceae	Gochnatia polymorpha	Cambará	t	baixa	forte	l a m	P, Si a t e C
Bignoniaceae	Cybastax antispyllitica	Caroba-da-flor-verde	t	baixa	nula a forte	l	P
Bignoniaceae	Jacaranda cuspidifolia	Jacarandá-branco	m	baixa	mod	m	P
Bignoniaceae	Jacaranda micrantha	Caroba, carobão	t	média	mod	m	C
Bignoniaceae	Tabebuia alba	Ipê Amarelo	t	alta	mod	l	Si

Bignoniaceae	Tabebuia avellanedae	Ipê-roxo	t	média	nula a forte	r	S
Bignoniaceae	Tabebuia caraiba	Ipê-amarelo-do-cerrado	m	baixa	nula a forte	l	S
Bignoniaceae	Tabebuia dura	Ipê-branco-do-brejo	m	média	mod	m	P
Bignoniaceae	Tabebuia heptaphylla	Ipê-roxo-de-sete-folhas	m	média a alta	mod a forte	l a m	St
Bignoniaceae	Tabebuia impetiginosa	Ipê-rosa	m	alta	nula a forte	l a m	St ou C
Bignoniaceae	Tabebuia ochracea	Ipê-amarelo	m	baixa a média	mod	m	S
Bignoniaceae	Tabebuia roseo-alba	Ipê-branco	i	baixa	mod	r	S
Bignoniaceae	Tabebuia vellosi	Ipê-amarelo-liso	i	média a alta	nula a mod	l	S
Bignoniaceae	Zeyheria tuberculosa	Ipê-felpudo	i	baixa	forte	m	S
Bixaceae	Bixa orellana	Urucum	i	alta	mod	r	P
Bombacaceae	Bombacopsis glabra	Castanha-do-maranhão	i	média	nula a mod	r	P
Bombacaceae	Ceiba pentandra	Sumaúma	i	média	nula	r	P
Bombacaceae	Chorisia speciosa	Paineira	m	baixa	forte	m a r	Si a St
Bombacaceae	Eriotheca gracilipes	Embira	m	baixa	nula a mod	l	S
Bombacaceae	Eriotheca pubescens	Embiruçu-peludo	m	baixa	mod	l	S
Bombacaceae	Ochroma pyramidale	Topa	i	baixa	nula a mod	r	P
Bombacaceae	Pachira aquatica	Monguba	i	média a alta	nula a mod	r	P
Bombacaceae	Pseudobombax grandiflorum	Embiruçu	i	média	nula a mod	r	S
Boraginaceae	Cordia ecalyculata	Claraíba	m	alta	mod	m	S
Boraginaceae	Cordia glabrata	Louro-preto	i	baixa	mod a forte	m	S
Boraginaceae	Cordia goeldiana	Freijó	i	média	moderada	m	C
Boraginaceae	Cordia sellowiana	Chá-de-bugre, Jurutê	m	média	nula a forte	m	P
Boraginaceae	Cordia superba	Babosa-branca	m	média	mod	m	S a C
Boraginaceae	Cordia tricotoma	Louro pardo	i	média a alta	mod	l a m	Si, St ou C
Boraginaceae	Patagonula americana	Guajuvira	t	baixa	leve a mod	l	S
Boraginaceae	Patagonula americana	Guaiuvira	t	média	mod	r	P
Burseraceae	Protium heptaphyllum	Almecegueira	m	baixa	nula a forte	m	S
Caricaceae	Carica quercifolia	Mamoeiro-do-mato	t	baixa	mod	r	P
Caricaceae	Caryocar brasiliense	Pequi	m	baixa	mod a forte	l	P
Caricaceae	Jacaratia spinosa	Jaracatiá	t	alta	mod	r	P
Cecropiaceae	Cecropia hololeuca	Embaúba-Prateada	i	baixa	nula a forte	r	P
Cecropiaceae	Cecropia pachystachia	Embaúba	t	baixa	mod	r	P
Celastraceae	Austroplenckia robusta	Marmeleiro-do-campo	m	média	mod	l	S
Celastraceae	Maytenus robusta	Cafezinho	m	baixa	mod	m	S
Chrysobalanaceae	Couepia grandiflora	Fruta-de-ema	m	baixa	mod	l	P

Clethraceae	Clethra scabra	Carne-de-vaca	m	baixa	mod	r	P
Combretaceae	Terminalia argentea	Capitão-do-campo	m	baixa	mod	m	P
Combretaceae	Terminalia brasiliensis	Amarelinho	m	baixa	mod a forte	r	P
Combretaceae	Terminalia triflora	Capitãozinho	m	média	mod	m	P
Compositae	Gochnatia polymorpha	Candeia	t	baixa	mod	r	P
Compositae	Piptocarpha angustifolia	Vassourão-branco	t	baixa	mod	r	P
Compositae	Vernonia discolor	Vassourão-preto	t	baixa	mod	r	P
Cunoniaceae	Lamanonia ternata	Guaraperê	t	baixa a alta	nula a forte	l	Si
Euphorbiaceae	Alchornea triplinervia	Tapiá	i	baixa a alta	nula a mod	l a r	Si
Euphorbiaceae	Croton floribundus	Capixingui	m	baixa a alta	leve	r a m	P
Euphorbiaceae	Croton urucurana	Sangra-d'água	t	baixa	mod	r	P
Euphorbiaceae	Hevea brasiliensis	Seringueira	m	alta	mod	r	P
Euphorbiaceae	Johannesia princeps	Boleira, Cutiero	i	baixa	mod	m a r	P a S
Euphorbiaceae	Mabea fistulifera	Canudo-de-pito	m	baixa	mod	l	P
Euphorbiaceae	Micrandra elata	Leiteiro-branco	t	média	mod	r	P
Euphorbiaceae	Pachystroma longifolium	Canxim	t	média	mod	l	S
Euphorbiaceae	Pera glabrata	Sapateiro	m	média	mod	m	P
Euphorbiaceae	Sapium glandulatum	Pau-de-leite	m	média	mod	m	P, Si
Euphorbiaceae	Sebastiania commersoniana	Branquinho	m	alta	mod	l	Si
Flacourtiaceae	Casearia sylvestris	Guaçatonga	m	média	nula a forte	r	P, Si
Guttiferae	Kielmeyera lathrophytum	Pau-santo-da-serra	m	baixa a média	mod	l	P
Lauraceae	Cryptocarya aschersoniana	Canela-batalha	t	média	nula a mod	l	P
Lauraceae	Nectandra megapotamica	Canelinha	t	baixa	nula a mod	l	C
Lauraceae	Ocotea corymbosa	Canela-corvo	m	baixa	mod	l	P
Lauraceae	Ocotea odorifera	Canela-sassafrás	t	média	nula a mod	l	P
Lauraceae	Ocotea porosa	Imbuia	t	baixa a alta	mod	l a m	Si e P
Lauraceae	Ocotea pulchella	Canela-pimenta	t	baixa	mod	m	P
Lauraceae	Ocotea velutina	Canelão-amarelo	m	média	mod	l	S
Lecythidaceae	Cariniana estrellensis	Jequitibá-branco	m	média a alta	mod	m a r	St ou C
Lecythidaceae	Cariniana legalis	Jequitibá-rosa	i	baixa	mod	m a r	St
Leguminosae-							
Caesalpinioideae	Bauhinia forficata	Pata-de-vaca	m	alta	forte	m	P a Si
Leguminosae-							
Caesalpinioideae	Bauhinia longifolia	Pata-de-vaca sem espinho	m	alta	mod	r	P
Leguminosae-							
Caesalpinioideae	Caesalpinia equinata	Pau-Brasil	i	baixa	nula a leve	l	C

Leguminosae- Caesalpinoideae	Caesalpinia ferrea	Pau-ferro	i	baixa a alta	mod	l a r	Si
Leguminosae- Caesalpinoideae	Caesalpinia peltophorioides	Sibipiruna	m	média	mod	m a r	P
Leguminosae- Caesalpinoideae	Copaifera langsdorffii	Copaíba	m	baixa a alta	forte	l a m	St a C
Leguminosae- Caesalpinoideae	Holocalix balansae	Alecrim	m	média a boa	mod	l	Si
Leguminosae- Caesalpinoideae	Hymenaea courbaril	Jatobá	i	baixa a alta	leve a mod	l a m	St ou C
Leguminosae- Caesalpinoideae	Peltophorum dubium	Canafístula	t	baixa a alta	forte	r	P a Si
Leguminosae- Caesalpinoideae	Pterogyne nitens	Amendoim-bravo	t	baixa	mod a forte	l a m	Si a St
Leguminosae- Caesalpinoideae	Schizolobium parahyba	Guapuruvu	i	baixa a alta	nula a mod	r	P a Si
Leguminosae- Caesalpinoideae	Sclerobium paniculatum	Táxi-branco	i	baixa	mod a forte	r	P
Leguminosae- Caesalpinoideae	Senna macranthera	Manduirana	i	média	mod	r	P
Leguminosae- Caesalpinoideae	Senna multijuga	Pau-cigarra	m	baixa	nula a forte	r	P, Si, C
Leguminosae- Caesalpinoideae	Senna spectabilis	São-João	i	alta	forte	r	P
Leguminosae- Mimosoideae	Acácia auriculiformis		m	baixa	mod	r	P
Leguminosae- Mimosoideae	Acacia mearnsii	Acácia-negra	m	média	mod	r	P
Leguminosae- Mimosoideae	Acacia polyphylla	Monjoleiro	m	baixa	mod	r	P
Leguminosae- Mimosoideae	Albizia hasslerii	Farinha-seca	m	média	moderada	r	P
Leguminosae- Mimosoideae	Anadenanthera colubrina var. cebil	Angico-vermelho	m	baixa	leve a forte	m a r	Si
Leguminosae- Mimosoideae	Anadenanthera colubrina var. colubrina	Angico-branco	m	baixa a alta	mod a forte	m a r	P a Si
Leguminosae- Mimosoideae	Anadenanthera falcata	Angico-cascudo	m	baixa a alta	forte	m a r	P a Si
Leguminosae-	Dimorphandra mollis	Faveiro	m	baixa	mod	m	P

Mimosoideae								
Leguminosae-								
Mimosoideae	Enterolobium contortisiliquum	Timburi, Timbaúva	m	baixa a alta	nula a forte	r		P, Si ou St
Leguminosae-								
Mimosoideae	Inga edulis	Ingá-cipó	m	média	mod	r		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Inga laurina	Ingá-branco	m	média	nula a mod	r		P a S
Leguminosae-								
Mimosoideae	Inga marginata	Ingá-feijão	m	média	nula a mod	r		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Inga uruguensis	Ingá-do-brejo	t	média	nula a mod	r		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Mimosa bimucronata	Maricá	t	baixa	nula a mod	m		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Mimosa caesalpiniaefolia	Sansão-do-campo	m	baixa	mod a forte	r		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Mimosa scabrella	Bracatinga	m	baixa a alta	leve	r		P a Si
Leguminosae-								
Mimosoideae	Parapiptadenia rigida	Gurucaia	t	baixa a alta	mod	i a m		St ou C
Leguminosae-								
Mimosoideae	Piptadenia gonoacantha	Pau-Jacaré	i	baixa a boa	mod	r		P, Si ou C
Leguminosae-								
Mimosoideae	Pithecolobium incuriale	Angico-rajado	i	média	mod	r		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Pithecolobium tortum	Tataré	t	média a alta	mod	m		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Plathymenia reticulata	Vinhático	m	baixa	mod a forte	l		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Samanea tubulosa	Sete cascas	m	alta	mod	r		P
Leguminosae-								
Mimosoideae	Stryphnodendron adstringens	Barbatimão	m	baixa	mod	l		P
Leguminosae-								
Papilionoideae	Acosmium subelegans	Amendoim-falso	m	baixa	mod	l		P
Leguminosae-								
Papilionoideae	Amburana cearensis	Cerejeira, Cumaru	m	baixa	mod	l		P
Leguminosae-								
Papilionoideae	Andira anthelmia	Angelim-do-campo	m	baixa	mod	m		P
Leguminosae-								
Papilionoideae	Bowdichia virgilioides	Sucupira-do-cerrado	m	baixa	mod	r		P

Leguminosae- Papilionoideae	Centrolobium microchaete	Araribá-amarelo	m	baixa	leve a mod	m	Si
Leguminosae- Papilionoideae	Centrolobium robustum	Araribá-rosa	i	baixa	leve a mod	m	St
Leguminosae- Papilionoideae	Centrolobium tomentosum	Araribá	m	baixa	mod	r	P
Leguminosae- Papilionoideae	Clitoria farchildiana	Sombreiro	m	baixa	nula a mod	r	P
Leguminosae- Papilionoideae	Dalbergia brasiliensis	Marmeleiro	t	alta	mod	r	S
Leguminosae- Papilionoideae	Dalbergia miscolobium	Caviúna-do-cerrado	m	baixa	mod	l	P
Leguminosae- Papilionoideae	Dalbergia nigra	Jacarandá-da-Bahia	i	baixa	mod	m a r	St
Leguminosae- Papilionoideae	Dipterix alata	Baru	i	média	forte	m a r	Si a St
Leguminosae- Papilionoideae	Erythrina falcata	Corticeira-da-serra	m	alta	mod a forte	l e irreg	Si ou C
Leguminosae- Papilionoideae	Erythrina mulungu	Mulungú	m	média	mod	m	P
Leguminosae- Papilionoideae	Erythrina velutina	Corticeira	m	média	nula a mod	r	P
Leguminosae- Papilionoideae	Erythrina verna	Verna	m	média	nula a mod	r	P
Leguminosae- Papilionoideae	Lonchocarpus muehlbergianus	Embira-de-sapo	t	baixa a alta	mod	r	P
Leguminosae- Papilionoideae	Machaerium aculeatum	Pau-de-angu	m	baixa	mod a forte	r	P
Leguminosae- Papilionoideae	Machaerium acutifolium	Jacarandá-do-campo	m	baixa	mod	m	P
Leguminosae- Papilionoideae	Machaerium nyctitans	Bico-de-pato	t	baixa	mod	m	P
Leguminosae- Papilionoideae	Machaerium scleroxylon	Sabiúna	m	baixa	mod	m	P
Leguminosae- Papilionoideae	Machaerium stipitatum	Sapuva	t	baixa	mod	m	P
Leguminosae- Papilionoideae	Machaerium villosum	Jacarandá-paulista	m	média	mod	m	P
Leguminosae-	Myroxylon peruiferum	Cabreúva	m	média	mod	m	P a S

Papilionoideae							
Leguminosae-							
Papilionoideae	Platipodium elegans	Amendoim-do-campo	m	baixa	mod	I	P
Leguminosae-							
Papilionoideae	Poecilanthe parviflora	Coração-de-negro	t	baixa	mod	I a m	Si a St
Leguminosae-							
Papilionoideae	Pterocarpus violaceus	Aldrago, Pau-sangue	m	média	mod	m	S
Leguminosae-							
Papilionoideae	Sweetia fruticosa	Guaiçara	m	alta	mod	I	S
Leguminosae-							
Papilionoideae	Ormosia arborea	Olho-de-cabra	i	média a alta	mod	I	P a S
Leguminosae-							
Papilionoideae	Platycamus regnelli	Pau-pereira	i	baixa	mod	r	P
Lythraceae	Lafoensia glyptocarpa	Mirindiba-rosa	m	média	mod	m a r	S
Lythraceae	Lafoensia pacari	Dedaleiro	m	baixa	nula a forte	I a m	Si
Magnoliaceae	Talauma ovata	Pinha do brejo	i	alta	mod	m a r	St
Melastomaceae	Miconia cinnamomifolia	Jacatirão-açu	i	baixa	mod	m	Si
Melastomaceae	Tibouchina granulosa	Quaresmeira	m	baixa a média	mod	m	P
Melastomaceae	Tibouchina mutabilis	Manacá-da-serra	m	baixa a média	mod	m	P
Meliaceae	Cabralea canjerana	Canjarana	m	baixa a alta	nula a forte	I a m	P
Meliaceae	Cedrela fissilis	Cedro	m a t	média	mod	varia	Si, St a C
Meliaceae	Guarea guidonia	Marinheiro	i	média	mod	I	S
Meliaceae	Swietenia macrophylla	Mogno	m	alta	mod	I	C
Miristicaceae	Virola oleifera	Bocuva	m	média	mod	I	P
Miristicaceae	Virola sebifera	Ucuúba	m	baixa	mod	I	P
Moraceae	Ficus guaranitica	Figueira-branca	m	alta	mod	I	S
Moraceae	Maclura tinctoria	Taiúva	m	alta	nula a forte	m	Si a C
Myrsinaceae	Rapanea ferruginea	Capororoca	t	baixa	forte	m	P
Myrsinaceae	Rapanea guianensis	Caporororoca-branca	m	baixa a alta	mod a forte	I	P
Myrtaceae	Campomanesia xanthocarpa	Guabiroba	t	alta	mod	m	S
Myrtaceae	Eugenia brasiliensis	Grumixama	t	alta	mod	I	P
Myrtaceae	Eugenia involucrata	Cerejeira-do-mato	t	média a alta	mod	I	S a C
Myrtaceae	Eugenia pyriformis	Uvaia	t	média a alta	mod	I	P a S
Myrtaceae	Eugenia uniflora	Pitanga	t	média a alta	mod	m	P
Myrtaceae	Myrciaria tenella	Cambuí	m	média a alta	mod	I	S
Myrtaceae	Myrciaria trunciflora	Jabuticaba	m	média a alta	mod	I	P a S

Myrtaceae	Psidium cattleianum	Araçá-amarelo	m	média a alta	mod	l	P
Myrtaceae	Psidium guajava	Goiaba-vermelha	m	média a alta	mod	r	P
Palmae	Acromia aculeata	Macaúba	m	alta	mod	l	P
Palmae	Bactris gasipaes	Pupunha	i	média	nula a mod	m	P
Palmae	Syagrus oleraceae	Guariroba	m	baixa	mod	m	P
Palmae	Syagrus romanzoffiana	Jerivá	m	baixa a média	mod	m	P
Phytolaccaceae	Gallesia integrifolia	Pau d'alho	i	alta	mod	l a r	P, Si a St
Proteaceae	Roupala brasiliensis	Carvalho brasileiro	t	baixa a alta	forte	l	Si, C
Rhamnaceae	Colubrina glandulosa	Sobrasil	i	média	nula a mod	m	Si
Rhamnaceae	Rhamnidium elaeocarpus	Saraguaji-amarelo	t	alta	nula a forte	r	P
Rhamnaceae	Zizyphus joazeiro	Juazeiro	m	baixa	mod a forte	l	P a S
Rosaceae	Prunus brasiliensis	Varoveira	t	alta	mod	m a r	P ou Si
Rosaceae	Prunus sellowii	Pessegueiro-bravo	t	média	mod	m	P a S
Rubiaceae	Calycophyllum spruceanum	Pau-mulato	i	média	nula	m	P a S
Rubiaceae	Genipa americana	Jenipapeiro	i	baixa	nula a mod	m	P, Si, St
Rutaceae	Balfourodendron riedelianum	Pau- Marfim	m	alta	mod	l a m	St
Rutaceae	Dictyoloma vandellianum	Tingui	i	média a alta	mod	r	P
Rutaceae	Esenbeckia leiocarpa	Guarantã	m	alta	mod	m	S a C
Rutaceae	Helieta apiculata	Osso-de-burro	t	média	mod	m	P
Rutaceae	Metrodorea nigra	Carrapateira	m	média a alta	mod	l	S
Rutaceae	Zanthoxylum riedelianum	Mamica-de-porca	m	baixa	mod	r	P
Sapindaceae	Allophyllus edulis	Murta-vermelha	t	baixa a alta	mod	r	St
Sapindaceae	Cupania vernalis	Camboatã-vermelho	t	média a alta	mod	l	Si
Sapindaceae	Diatenopteryx sorbifolia	Maria-preta	m	alta	leve	l	St
Sapindaceae	Dilodendron bipinnatum	Maria-pobre	m	média	mod	r	P
Sapindaceae	Magonia pubescens	Timbopeba	i	baixa	mod	m	P
Sapindaceae	Matayba eleagnoides	Camboatã	t	média	mod	m	S
Sapindaceae	Sapindus saponaria	Saboneteiro	i	baixa	moderada	m	P
Sapotaceae	Chrysophyllum gonocarpum	Guatambu-de-sapo	t	média a alta	mod	l	S
Sapotaceae	Pouteria ramiflora	Massaranduba	i	média	mod	m	P
Sapotaceae	Pouteria torta	Abiu	t	média a alta	mod	r	P
Sterculiaceae	Guazuma ulmifolia	Mutambo	m	média	nula a mod	r	P
Sterculiaceae	Pterigota brasiliensis	Pau-rei	i	alta	nula a mod	r	S
Sterculiaceae	Sterculia chicha	Chichá	i	média	nula a mod	m	P a S
Sterculiaceae	Sterculia striata	Chichá-do-cerrado	m	baixa	nula a mod	r	P

Styracaceae	Styrax ferrugineus	Benjoeiro	m	baixa	mod	l	P
Styracaceae	Styrax pohlii	Estoraqueiro	m	média	mod	l	P
Tiliaceae	Heliocarpus americanus	Algodoeiro	m	alta	mod	r	P
Tiliaceae	Luehea divaricata	Açoita-cavalo	m	baixa	mod a forte	l	Si a St
Tiliaceae	Luehea grandiflora	Açoita-cavalo-graúdo	m	baixa	mod a forte	r	P
Ulmaceae	Trema micrantha	Pau-pólvora	i	baixa	forte	r	P
Verbenaceae	Aegiphila sellowiana	Tamanqueiro	m	baixa	mod	r	P
Verbenaceae	Aloysia virgata	Lixeira	m	média	nula a mod	m	Si, St
Verbenaceae	Cytharexylum myrianthum	Pau-viola	t	média	mod	r	P
Verbenaceae	Tectona grandis	Teca	i	alta	mod	m	
Verbenaceae	Vitex montevidensis	Tarumã	t	baixa	mod	m	P
Vochysiaceae	Qualea dichotoma	Pau-terra	m	baixa	mod	l	P
Vochysiaceae	Qualea grandiflora	Pau-terra-do-cerrado	i	baixa	mod	l	P
Vochysiaceae	Qualea jundiahy	Pau-terra-da-mata	i	baixa	mod	l	P a S
Vochysiaceae	Qualea parviflora	Pau-terra-mirim	i	baixa	mod	l	P
Vochysiaceae	Vochysia tucanorum	Cinzeiro	m	baixa	mod	l	P

Segundo Carvalho (2000), as espécies *Mimosa scrabella*, *Mimosa bimucronata*, *Parapiptadenia rígida*, *Peltophorum dubium*, *Dipterix alata*, *Pithecollobium tortum*, são nativas a serem utilizadas no Sudeste como facilitadoras da regeneração natural.

5.4.3 ASPECTOS A SEREM OBSERVADOS

Uma análise mais detalhada sobre o local a ser implantado um SAF e sobre seus objetivos de produção e/ou ambientais podem indicar as demais espécies a serem utilizadas e uma seleção mais específica deve ser feita considerando as características ambientais locais e os objetivos citados.

Os SAFs de produção possuem potencial diversificado e até ilimitado de bens. Deve-se observar primeiramente o que se deseja produzir e então identificar os nichos disponíveis na área a ser utilizada.

É da introdução deliberada de árvores no sistema e da utilização dos diversos nichos disponíveis que surge o aumento da produtividade e da sustentabilidade. A identificação dos diversos nichos deve ocorrer, através da correspondência das necessidades de cada espécie com o reconhecimento de seu nicho no ambiente.

Rodrigueri (2000), destaca os sistemas agroflorestais como alternativa para utilização de áreas inaproveitadas, por apresentarem solos quimicamente degradados e de baixa produtividade agrícola, através do estabelecimento de bosquetes, cordões de contorno ou faixas de proteção.

O estabelecimento de SAFs pode oferecer diversos benefícios ecológicos, sociais e econômicos para os produtores rurais. Segundo Passos e Couto (1997) citados por Rodrigueri (2000), os benefícios ecológicos são a melhoria da conservação do solo, da água, dos recursos hídricos e do microclima para as plantas e os animais; aumento da biodiversidade, redução dos impactos ambientais negativos locais e regionais e redução das pressões sobre os remanescentes vegetais originais. Os benefícios sociais são a melhoria da distribuição da mão-de-obra ao longo do ano, diversificação da produção, melhoria das condições de trabalho no meio rural e melhoria da qualidade de vida do agricultor. E os benefícios econômicos são a obtenção de produtos florestais e agrícolas na mesma área, redução das perdas na comercialização, redução dos custos de implantação e da manutenção florestal e aumento da renda líquida por unidade de área da propriedade.

No entanto, para produzir resultados confiáveis Lal (1991), citado por Ferraz (2003), a avaliação dos aspectos da sustentabilidade de

agroecossistemas deve considerar as diferentes escalas de tempo, correspondente a cada um, conforme o quadro 4.

Quadro 4: Escala de tempo para avaliação de diferentes aspectos da sustentabilidade. Fonte: Lal (1991) apud Ferraz (2003).

ASPECTOS	ESCALA DE TEMPO
Avaliação econômica da lucratividade	Uma a várias safras
Tendências do rendimento	Cinco a vinte anos
Características do solo	Uma a várias décadas
Características hidrológicas	Uma a várias décadas
Parâmetros ecológicos	Várias décadas a séculos
Aspectos sociais e culturais	Poucas a várias gerações

Ferraz (2003), discute ainda, a necessidade de considerar a escala sistêmica apropriada (amplitude da área de estudo) para a avaliação das mudanças induzidas por uma determinada prática agrícola, como mostra o quadro 5.

Quadro 5: Escala temporal e sistêmica para a avaliação da ação indutora de mudanças nas propriedades, processos e no microclima do solo.

Fonte: Ferraz (2003).

Parâmetros	Escala temporal	Escala sistêmica
PROCESSOS DO SOLO		
Erosão	5 a 20 anos	Bacia hidrográfica
Compactação/Acidificação	1 a várias safras	Parcela de terreno /propriedade
Queda de fertilidade	5 a 20 anos	Tipos de solo /propriedade
PROPRIEDADES DO SOLO		
Físicas, químicas, nutricionais	1 a diversos anos	Tipos de solo /propriedade
MICROCLIMA		
Provisão energética	10 a 50 anos	Parcela de terreno
Temp. do ar e do solo	Poucos a diversos anos	Parcela de terreno
Regime de chuvas	Poucas a diversas décadas	Microbacia

Nota-se assim que, a avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção é complexa e deve ser realizada em escala de tempo maior do que as normalmente utilizadas, que consideram, principalmente a dimensão econômica envolvida, confundindo sustentabilidade com a perdurabilidade da produção e o máximo rendimento a curto prazo.

É característica também dos SAFs, um ciclo longo de maturação já que envolve espécies perenes, muitas vezes de crescimento lento.

Alguns dos benefícios indiretos proporcionados pelas árvores, podem ser obtidos com pequenas áreas agroflorestadas, como um quebra-ventos que protege culturas ou um grupo de casas. Porém benefícios como a regulação da vazão dos rios e o controle da erosão infiltração elevada e ao armazenamento temporário da água no solo e subsolo prevenção de enchentes, exigem superfícies florestais maiores (além das matas ciliares) e espalhadas pelas propriedades de uma microbacia, por exemplo, Carpanezzi (2000).

Segundo o mesmo autor, de acordo com o serviço principal que se deseja obter, varia a composição da cobertura florestal. Casos como o seqüestro de carbono (CO_2), dependem da velocidade do crescimento das árvores e de seu porte final, ou seja, da função do ecossistema (processos básicos relacionado ao uso de água, nutrientes e energia) e pode ser conseguido através do plantio comercial de árvores. Já uma área florestal que possa oferecer controle natural de pragas para um cultivo deve ser biodiversificada, dependendo assim, da estrutura do ecossistema, ou seja, a riqueza das espécies e a organização da comunidade natural.

Na Bahia, Peneireiro (1999) analisou e discutiu um SAF, como estratégia para recuperação de solos degradados. A área de SAF estudada tinha 12 anos e seus levantamentos florísticos, fitossociológicos, a análise química do solo e da serapilheira e a composição da macrofauna do solo, foram comparados com os mesmos parâmetros de uma área de capoeira abandonada, de mesma idade. Segundo a autora, a composição florística e fitossociológica do SAF era mais avançada sucessionalmente do que a da capoeira, apresentando maior diversidade e equabilidade; na análise química do solo o destaque foi para o fósforo (P_2O_5), que sob o SAF apresentou índice sete vezes maior que o solo da capoeira. A área de SAF também apresentou maiores teores de nutrientes na serapilheira e a sua macrofauna edáfica também apresentou-se mais avançada sucessionalmente do que a da área da capoeira. Constatou-se, então que o SAF, transformou um solo distrófico em uma área produtiva, com alta fertilidade, em 12 anos, demonstrando o potencial da agrofloresta em recuperar solos degradados.

Assim, são indicadas como áreas prioritárias para a implantação de SAFs, as áreas inproveitadas ou subutilizadas, por apresentarem solos quimicamente degradados e de baixa produtividade agrícola; áreas degradadas; encostas e topos de morros, por sua susceptibilidade à erosão; demais áreas sujeitas à erosão; entorno de matas ciliares, de proteção ambiental e de recarga de aquíferos, devido às pressões humanas exercidas e ao efeito de borda; e reservas legais.

Em qualquer situação que se implante um SAF, poderá haver benefícios locais, regionais e globais.

As vantagens locais, são mais significativas para o agricultor que, além de ter uma área de múltiplas funções, de produção e proteção ambiental em sua propriedade, ao longo do ano, adquire maior estabilidade às flutuações ambientais e econômicas.

Regionalmente, caso haja uma área agroflorestada significativa, pode-se obter maior estabilidade do ciclo hidrológico, contribuições para a manutenção da qualidade e da quantidade das águas superficiais e subterrâneas, manutenção do clima favorável, e da biodiversidade, conservação do solo, capacidade de atendimento da demanda de madeira e produtos diversos da região.

E, por fim, globalmente, os SAFs podem influenciar num maior equilíbrio dos processos de manutenção da atmosfera e dos balanços globais de água.

6 CONCLUSÕES

O cenário ambiental do município de São Carlos aponta para uma relevância de recursos hídricos superficiais e profundos, solos em maioria frágeis, relevo propício à erosão, características climáticas que apresentam riscos às práticas agrícolas e biodiversidade extremamente reduzida.

As características ambientais do município, sugerem a necessidade de adoção de sistemas de produção sustentáveis, capazes de conservar a qualidade e a quantidade do solo e dos recursos hídricos disponíveis, bem como, sua biodiversidade.

O município apresenta grande potencial de utilização de Sistemas Agroflorestais em seus agroecossistemas, bem como uma ampla variedade de espécies que podem ser utilizadas.

Os tipos de Sistemas Agroflorestais mais adequados ao ambiente a às principais atividades agrícolas são as associações de árvores com culturas anuais, de árvores com cultivos perenes, os sistemas agrosilvopastoris, o sistema taungya e os quebra-ventos.

São diversas as espécies de árvores, com potencial agroflorestal, que possuem exigências ecofisiológicas compatíveis com as características edafoclimáticas de São Carlos e que apresentam disponibilidade de conhecimentos silviculturais, sendo por isso indicadas para testes em SAFs.

A prioridade de adoção de SAFs é para áreas degradadas e subutilizadas, encostas e topos de morros, áreas adjacentes à matas ciliares, reservas legais, de proteção ambiental e de recarga de aquíferos e áreas suscetíveis à erosão.

As recomendações aqui apresentadas podem ser extrapoladas para os demais municípios da região que possuírem características semelhantes.

7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido ao caráter prospectivo e teórico deste estudo, novas pesquisas devem ser realizadas, para validação dos resultados aqui apresentados.

Sugere-se a elaboração de desenhos de sistemas agroflorestais adaptados às principais atividades agropecuárias desenvolvidas em São Carlos, para testes em campo e estudos de modelagem, com diferentes combinações de espécies. Neste contexto, surgiriam interfaces entre diversas áreas do conhecimento para análise e esclarecimento das relações interespecíficas.

Seria interessante também a realização de estudos em escalas menores, por exemplo bacias e microbacias, para a identificação mais detalhada das características sócio-econômico-ambientais e vocações agroflorestais.

Por fim, a prática agroflorestal poderia ser incorporada como um rumo à sustentabilidade nos documentos do Plano Diretor do Município de São Carlos, através de um zoneamento ambiental das áreas prioritárias para adoção dos SAFs, juntamente com a elaboração de Políticas Públicas que estimulem e criem as condições necessárias para sua realização, como na figura 14.

Figura 14: Agricultor implantando um sistema agroflorestal.

Desenho: Miriam Ikeda. Fonte: Lima et al (2003).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. (1989) **Agroecologia: As bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE.
- ARMANDO, M.S. et al (2002) **Agrofloresta para agricultura familiar**. Brasília: Embrapa Biotecnologia. Circular Técnica 16.
- BALSADI, O.V. (s/d) **O emprego rural nos anos 90**. Inédito.
- BRANCO, S.M. (1989) **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. São Paulo: Edgard Blucher.
- CABRAL, N.R.A.J.; SOUZA, M.P. (2002) **Área de proteção ambiental, planejamento e gestão de paisagens protegidas**. São Carlos: Rima.
- CAMPANHOLA, C. (2000) **A sustentabilidade do novo rural brasileiro**. Site da web www.eco.unicamp.br/ (consultado em outubro de 2002).
- CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A.J.B; LUCCHIARI JR, A. (1999) O problema ambiental no Brasil: agricultura. In: ROMEIRO, R.R.; REYDON, B.P.; LEONARDI, M.L.A. **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: Unicamp. Pg. 267-282.
- CARPANEZZI, A. A. (2000) Benefícios indiretos da floresta. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, Pr: Embrapa Florestas.
- CARVALHO, P.E.R. (2003) **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, Pr: Embrapa Florestas.

- CARVALHO, P.E.R. (1999) **Espécies Florestais Brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo, Pr: Embrapa Florestas.

- CARVALHO, P.E.R. (2000) Técnicas de Recuperação e Manejo de Áreas Degradadas. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.

- CONFERÊNCIA DA CIDADE (2002) **Processo de elaboração do plano diretor do Município de São Carlos**. Governo Participativo de São Carlos.

- CODEVASF (2002) **Conselho de desenvolvimento do Vale do Rio São Francisco**. www.codevasf.gov.br

- CONTI, J.B. (1998) **Clima e Meio Ambiente**. Série Meio Ambiente. São Paulo: Atual.

- CRESTANA, S. (2000) Harmonia e respeito entre homens e natureza: uma questão de vida - A contribuição da agricultura. In: CASTELLANO, E.G.; CHAUDRY, F.H. **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias**. São Carlos: EESC.

- CULLEN JR., L. (2003) **Trampolins ecológicos e zonas de benefício múltiplo: ferramentas agroflorestais para a conservação de paisagens rurais fragmentadas na Floresta Atlântica Brasileira**. Natureza e Conservação, volume 1, número 1, Abril, 2003-pp. 37-46.

- DIAS, J.A.K.; YAMAMOTO, Y.; TUNDISI, J.G. (2000) **Contribuição para uma síntese do diagnóstico ambiental do município de São Carlos**. In: DIAS, J.A.K.; YAMAMOTO, Y.; TUNDISI, J.G. **Perspectivas para o desenvolvimento sustentável**. São Carlos: Prefeitura Municipal de São Carlos.

- DUPAS, F.A.; RÖHM, S.A. (2002) **Uso atual e uso potencial do solo no município de São Carlos, SP -base do planejamento urbano e rural**. Projeto de Políticas Públicas – Centro de Ciência Exatas e Tecnologia. Universidade Federal de São Carlos. (inédito)
- DURIGAN, G.; et al (2002) **Caracterização de dois estratos da vegetação em uma área de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil**. Acta Botânica Brasílica 16 (3): 251-262.
- ENGEL, V. L. (1999) **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: UNESP.
- FENIMORE, C.; CULLEN JR, L. (2002) **Projeto Abraço Verde: A Practice-Based Approach to Brazilian Atlantic Forest Conservation**. Endangered Species UPDATE. Vol. 19, número 4.
- GRAZIANO DA SILVA, J. (1996) **O novo rural brasileiro**. Campinas: Editora da UNICAMP.
- HUXLEY, P.; HOUTEN, H. (1997) **Glossary for agroforestry**. International Centre for Research in Agroforestry.
- JANKOWSKY, I.P.; GALVÃO, A.P.M. (2000) Principais usos da madeira de reflorestamento. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.
- KUHN, T. S. (1997) **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva. 5ed.
- LARCHER, W. (2000) **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA.

- LEITE Jr. P.P. (2000) **Desenvolvimento da cultura do turismo**. In: DIAS, J.A.K.; YAMAMOTO, Y.; TUNDISI, J.G. Perspectivas para o desenvolvimento sustentável. São Carlos: Prefeitura Municipal de São Carlos.

- LIMA, J. F. (2003) **Agrofloresta**: reconstruindo paisagens sustentáveis. Teodoro Sampaio: Ministério do Meio Ambiente – PROBIO; Instituto de Pesquisas Ecológicas.

- LORENZI, H. (1992) **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum.

- LORENZI, H. (1998) **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Volume 2. 2ed. Nova Odessa: Plantarum.

- LOVELOCK, J.E. (1997) **A Terra como um organismo vivo**. In: WILSON, E. O. Biodiversidade. Rio de Janeiro: Nova fronteira.

- LUGO, A.E. (1997) **The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures**. Forestry Ecology and Management, 99, 9-19.

- MEDRADO, M.J.S (2000) Sistemas Agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.

- MONTEIRO, C.A.F. (2000) **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**. CD-ROM, Versão 1.0. Rio Claro: UNESP.

- MONTROYA, L.J.; MEDRADO, M.S.J.; MASCHIO, L.M.A. (1994) **Aspectos de arborização de pastagens e de viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril**. Colombo: I Seminário sobre Sistemas Agroflorestais na Região Sul. Pg. 157-171.

- ODUM, E.P. (1988) **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A.
- ODUM, H.T. et al. (1988) **Environmental Systems and Public Policy**. Florida: University of Florida.
- ODUM, H.T.; ODUM, E.C. (1981) **Hombre y Naturaleza: bases energeticas**. Barcelona: Omega.
- ORTEGA, A. C. ; CARDOSO, A. (1998) **O novo rural no Triângulo Mineiro: três estudos de caso**. Site da web www.qipaf.cnptia.embrapa.br/itens/publ/sober/trab365.pdf (consultado em setembro de 2002).
- PÁDUA, C. V. et al. (2002) **Sistemas agroflorestais em assentamentos da reforma agrária, IPÊ e Terra Viva**. Experiências PDA, número 2. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- PÁDUA, C. V.; CULLEN JR., L. (2002) **Within and surrounding the Morro do Diabo State Park: biological value conflicts, mitigation and sustainable development alternatives**. Environmental Science & Policy, volume 5, pp 69-78.
- PENEIREIRO, F.M. (1999) **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz.
- PINTO, L.F.G. (2002) **Avaliação do cultivo de cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais em Piracicaba, SP**. Tese de Doutorado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz.
- PINTO, L.F.G. (1996) **Estudo prospectivo visando o planejamento do uso da adubação verde nos agroecossistemas de São Carlos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos/USP.

- PLOTKIN, M. J. (1997) A perspectiva para os novos produtos agrícolas e industriais nos trópicos. In: WILSON, E.O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- POUGH, F. H.; HELSER, J. B.; MCFARLAND, W. N. (1999) **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu. 2ed.
- PRIMAVESI, A. (2002) **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel.
- PRIMAVESI, O. (2003) **Integração dos sistemas de manejo do solo à ecologia regional e qualidade de vida**. In: Anais Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. CD ROM. Ribeirão Preto: UNESP/SBCS. (Palestras)
- PRIMAVESI, O. et al. (1999) **Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Canchim: Um modelo real de laboratório ambiental**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste.
- RAVEN, P.H. (1997) Nossas decrescentes florestas tropicais. In: WILSON, E.O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- REBOUÇAS, A. C. (1999) Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras.
- REBOUÇAS, A. C. (1999) Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras.

- RODIGHERI, H.R. (2000) Rentabilidade Econômica Comparativa entre Plantios Florestais, Sistemas Agroflorestais e Cultivos Agrícolas. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais** – um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.
- RODRIGUES, R.R.; FILHO, H.F.L. (2001) **Matas Ciliares, conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. (1997) **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo 1:500.000**. São Paulo: Instituto de Pesquisas tecnológicas.
- SALATI, E.; LEMOS, H.M.; SALATI, E. (1999) Água e o Desenvolvimento Sustentável. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas Doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras.
- SCHNEIDER, S.; FILHO, M. A. V. **Atividades não agrícolas e turismo rural no Rio Grande do Sul**. II Congresso Internacional sobre turismo rural e desenvolvimento sustentável, 9-12/05/2000, Santa Maria – RS. Site da web www.eco.unicamp.br
- SILVA, D.W. (1996) **Estudo florístico e fitossociológico de um remanescente de cerrado na Fazenda Canchim, São Carlos, SP**. São Carlos: Dissertação, Universidade Federal de São Carlos.
- SILVA, L.A. (2002) **Levantamento fitossociológico em um fragmento de floresta estacional semidecídua, no município de São Carlos, SP**. Acta Botânica Brasílica 16 (2): 205-216.
- SOBRAL, L. et al (2002) **Acertando o alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo**. Belém: Imazon. 72 p.
- TUNDISI, J.G. (2003) **Água no Século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE.

-VIVAN, J. (1998) **Agricultura & Florestas**: Princípios de uma interação vital. Guaíba: Agropecuária.

-WILSON, E.O. (1997) A situação atual da biodiversidade brasileira. In: WILSON, E.O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

APÊNDICE A

Modelo Tridimensional do Município de São Carlos, SP

Aspectos Pedológicos, Hidrográficos e Tipos de SAFs Potenciais.

Tipos de SAFs potenciais

A

Áreas com declive acentuado.

Tipos de SAFs potenciais: taungya, árvores em associação com cultivos perenes, hortos caseiros mistos, árvores em associação culturas agrícolas, cercas vivas e cortinas quebra-vento.

B

Áreas com baixa declividade.

Tipos de SAFs potenciais: capoeira melhorada, árvores em associação com cultivos perenes e agrícolas, hortos caseiros mistos, sistemas agrossilvopastoris e silvopastoris, cercas vivas e cortinas quebra-vento.

Legenda Pedológica

- LATOSSOLO VERMELHO FÉRRICO TÍPICO
- LATOSSOLO VERMELHO TÍPICO
- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO TÍPICO
- ARGILOSSOLO VERMELHO-AMARELO TÍPICO
- NITOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO TÍPICO
- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO TÍPICO
- NEOSSOLO LITÓLICO EUTRÓFICO CHERNOZÊMICO
- SOLOS HIDROMÓRFICOS