

# Análise sistêmica de ambientes agrícolas na região costeira sul-brasileira\*

*Daniela Coswig Kalikoski\*\**  
*Milton L. Asmus\*\*\**

## Introdução

Os ecossistemas agrícolas podem ser considerados como ecossistemas domesticados, isto é, controlados pelo manejo humano. Nessas condições situam-se numa posição intermediária entre os ambientes naturais, como, por exemplo, oceanos e os ambientes urbanos representados pelas cidades. Energeticamente, todos esses ecossistemas dependem da energia solar para o seu funcionamento. Porém, os ecossistemas agrícolas diferem dos demais em alguns aspectos, tais como: 1) utilizam de forma acentuada subsídios energéticos (petróleo entre outros) para aumentar sua produtividade; 2) induzem a uma diminuição na diversidade de culturas através de um ma-

nejo humano que prioriza a existência de um tipo de cultura e busca o aumento do lucro; 3) constituem sistemas autotróficos, com interesse na produção primária; e 4) orientam o controle do ecossistema para os objetivos econômicos que se pretendem alcançar, desconsiderando, muitas vezes, a capacidade natural da dinâmica do sistema (Odum, 1984).

Historicamente, os ecossistemas agrícolas, comumente presentes na economia brasileira e, em especial, no Rio Grande do Sul, são sistemas antrópicos que surgiram com o objetivo de produzir bens renováveis, através de culturas diversificadas com base familiar. O estado rio-grandense, por não se tratar de uma região naturalmente apta para a produção de gêneros tropicais, como é o caso da

maior parte do território brasileiro, experimentou um tipo de colonização que se diferencia daquela do restante do País, escorando-se em sistemas de pequena propriedade, sem predomínio marcante de grupos sociais nacionais e com uma população etnicamente variada (alemães, italianos, poloneses) (Graziano Neto, 1988). Tais sistemas refletiram originalmente a preocupação com a produção de alimentos suficientes para alimentar as populações e garantir a manutenção do equilíbrio social e ambiental. Porém, com o advento da industrialização e da modernização da agricultura por volta dos anos de 1960 e de 1970, ocorrida principalmente após 1970 e fortemente intensificada nos anos de 1980, houve uma transformação na forma de produção com reflexos na

\* Trabalho do Laboratório de Ecologia de Sistemas, Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande-FURG

\*\* Geógrafa, mestranda do curso de pós-graduação em Educação Ambiental do Departamento de Oceanografia da Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG

\*\*\* Professor Titular do Departamento de Oceanografia da Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Os autores agradecem a Luís Fernando Fontoura e José Costa Fróes por sugestões e revisão do manuscrito. Este trabalho foi parcialmente financiado pela FINEP Projeto PADCT/CIAMB 66 93 0217 00

produção agrícola com base familiar. Essa produção foi em grande parte substituída por uma produção de culturas específicas (soja, por exemplo) com o objetivo de aumentar a produtividade e maximizar rendimentos, visando atender às necessidades do sistema produtivo mundial.

A denominada modernização agrícola caracteriza-se por uma modificação não somente nas bases técnicas da produção, como, por exemplo, a substituição do adubo orgânico pelo adubo químico, como também nas relações sociais de produção. Agricultores de subsistência deram lugar a empresas rurais, intensificando assim os problemas sociais, bem como os problemas ecológicos, até então destituídos de grande importância, ou não percebidos em toda sua extensão. Na agricultura a utilização crescente de insumos da indústria química (adubos e agrotóxicos), o uso de combustíveis fósseis como principal subsídio energético, a intensa mecanização e a predominância da produção destinada ao mercado externo, que gerou extensas monoculturas, trouxeram consigo sérios problemas socioambientais. Nesse quadro podem ser referidos a contaminação da biota e de alimentos, desagregação de solos, intoxicações de trabalhadores, incidência de pragas, alterações climáticas, êxodo rural e incremento da miséria. Tal situação acarretou grandes modificações nas características rurais, urbanas e ambientais das regiões em que o tipo de agricultura acima referido se estabeleceu (Graziano Neto, 1988, Jackson, 1984; Odum, 1984).

Um sistema agrícola com base familiar, com baixo subsídio energético (petróleo e eletricidade) compensado pela energia humana (trabalho), tende a estabelecer uma relação harmônica com a natureza, onde o produtor utiliza fontes energéticas renováveis como

sol, vento, chuva, determinando assim o nível de produtividade do sistema. Tal sistema se caracteriza por apresentar alta rotatividade de produção, diversificação de culturas destinada à subsistência do produtor, pequena propriedade de terra e ausência de mecanização (Delgado, 1985, Asmus, M L, Asmus, H.E., 1991). Já um sistema do tipo *agrobusiness* (alta energia) caracteriza-se por apresentar uma alta produção, obtida através da modernização agrícola com o emprego de máquinas, tratores e fontes de energia não-renováveis (combustíveis fósseis), em grandes propriedades de terra e com alta dependência do sistema econômico. Além do mais, apresenta uma acentuada simplificação do ambiente (monocultura), gerando uma potencial desestabilização com graves conseqüências aos aspectos ecológicos, econômicos e sociais (Cox, 1984; Spedding, 1984).

A análise sistêmica de ambientes agrícolas, enfocando seus aspectos ambientais e socioeconômicos, tem utilizado de forma crescente, técnicas de modelagem ecológica. A modelagem ecológica é uma importante ferramenta aplicável ao estudo dinâmico dos agroecossistemas (Spedding, 1984). Ela permite o entendimento desses ecossistemas de forma global e integrada, uma vez que analisa o ambiente a partir de sua estrutura e funcionamento. Modelos são artifícios que representam de maneira simplificada os atributos funcionais importantes do sistema real (Hall; Day, 1977). Para que um modelo exprima de maneira concisa a realidade a ser trabalhada é necessário que o cientista conheça de maneira sistêmica o ambiente de estudo, seus componentes mais importantes e suas principais inter-relações. A modelagem, desta maneira, pode ser freqüentemente usada em situações de manejo de recursos, permitindo a avaliação de impactos ambientais, socio-

econômicos, ou eventuais transformações em andamento. Os modelos possuem grande utilidade na análise de ações antrópicas, como, por exemplo, exploração agrícola muitas vezes conduzida de maneira inadequada, priorizando o crescimento econômico em detrimento da qualidade ambiental e social do ambiente em que se realiza. Ademais, uma abordagem integrada, com utilização de modelos, permite que se determinem de forma bastante clara as inter-relações e interações entre os aspectos ambientais e socioeconômicos das várias atividades.

Este trabalho lida com aspectos ambientais e socioeconômicos de áreas agrícolas da região costeira sul-brasileira, aplicando técnicas de modelagem ecológica. Para tal, selecionou-se como área de estudo o Município de São Lourenço do Sul, no Rio Grande do Sul. O município possui uma população predominantemente rural, fazendo com que seu setor primário apresente grande relevância para a região. O trabalho teve como objetivos: 1) identificar tipos dominantes de sistemas agrícolas no Município de São Lourenço do Sul, no Rio Grande do Sul; 2) identificar os componentes, processos, controladores externos e internos, e principais fontes energéticas dos agroecossistemas, visando ao entendimento desses em termos de sua estrutura (composição) e seu funcionamento (processos dinâmicos); 3) elaborar modelos ecológicos das atividades agrícolas de base familiar e do tipo *agrobusiness*, visando a uma representação de forma integrada desses agroecossistemas; e 4) fornecer, através da caracterização ambiental e modelagem, subsídios para futuras ações de mitigação, conservação e de planejamento do Município de São Lourenço do Sul.

Através do conhecimento assim adquirido, poder-se-á colaborar na obtenção de informações voltadas a

um desenvolvimento sustentável para a área em questão, tendo em conta sua atual má distribuição de recursos e sua elevada demanda social

## Metodologia

A definição e delimitação de duas províncias (Planície Costeira, Embasamento Cristalino), que englobam o mosaico da paisagem onde está inscrito o Município de São Lourenço do Sul, foram realizadas em nível macro-ambiental, através da interpretação de imagens de satélite na escala de 1:100 000. Paisagem pode ser definida como um ambiente espacialmente heterogêneo (Turner; Gardner, 1991) Essa heterogeneidade é verificada na área de estudo, através da caracterização e delimitação de unidades ambientais próprias de cada subprovincia acima citada. Unidade ambiental é aqui considerada como uma subdivisão do terreno onde atributos físicos como topografia, morfologia, solos, vegetação, clima e processos ativos mostram pequena variação e são distintos daqueles presentes nas unidades vizinhas (Christian; Stewart, 1952 apud Cendrero; Diaz de Terán, 1987).

A definição e delimitação das unidades ambientais foram realizadas a partir da interpretação de mapas geológico-geomorfológicos, segundo uma abordagem metodológica sintética (Asmus, H.E.; Asmus, M.L.; Matarezzzi, 1991) com auxílio de imagens de satélite e checagem de campo. O uso e ocupação desiguais dessas unidades ambientais "homogêneas" por sistemas agropastoris determinam uma diversificação no padrão da paisagem que se reflete nas diferentes culturas ali produzidas. Essa heterogeneidade indica a diferenciação do terreno associada à base econômica e cultural em que cada cultura está fundamentada.

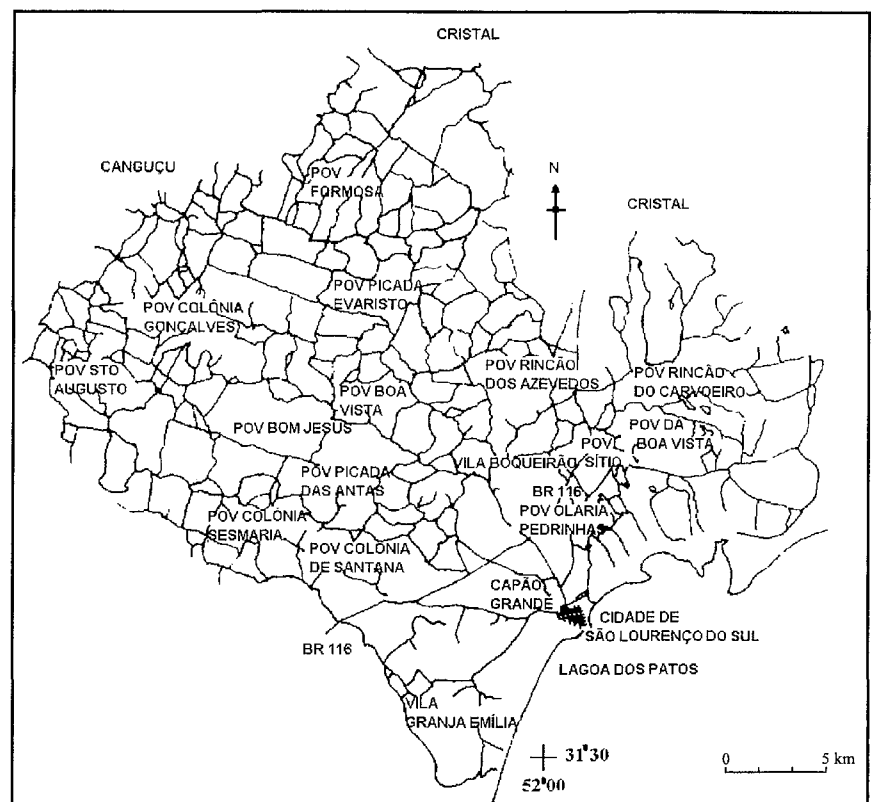
Para a caracterização de cada sistema agrícola incluindo seus componentes, processos, controladores e principais fontes energéticas, efetivou-se um levantamento de dados a partir de fontes variadas. Elas incluíram a literatura disponível, dados obtidos no IBGE, entrevistas com setores da administração local (Secretário da Agricultura) e técnicos da EMATER, bem como a aplicação de um questionário realizado junto aos agricultores. Essas informações possibilitaram o desenvolvimento de um modelo conceitual diagramático de cada sistema. Tal modelo produziu uma visão desses sistemas agrícolas em termos de sua composição, de seu funcionamento e de suas inter-relações representados a partir dos principais fluxos de matéria, energia e capital (Odum 1983; Odum et al., 1988).

## Resultados e discussão

### Características ambientais e socioeconômicas do Município de São Lourenço do Sul

O Município de São Lourenço do Sul, com uma área de 2 084,5 km<sup>2</sup> (30° 58' S - 31° 31' S e 051° 44' W - 052° 27' W), localiza-se junto à Lagoa dos Patos e possui uma altitude média de 25m em relação ao nível do mar (Figura 1). O clima da região é temperado úmido com temperaturas médias no mês mais quente superior a 22° C e a anual inferior a 18° C. As precipitações oscilam entre 1 300 e 1 400 mm anuais, distribuídos ao longo das estações, podendo o máximo e o mínimo de pluviosidade ocorrer em qualquer estação do ano. Há, porém, tendência para a ocorrência de cheias na primavera e secas no verão

Figura 1 - Mapa do Município de São Lourenço do Sul



Fonte : Secretaria Municipal de Agricultura de São Lourenço do Sul

São Lourenço do Sul encontra-se assentado sobre dois grandes sistemas geológicos: o Embasamento Cristalino e a Planície Costeira Sul-Brasileira (Figura 2). O Embasamento Cristalino, localmente denominado por área da serra, caracteriza-se por terrenos cristalinos de idade pré-cambriana relacionados a eventos magmáticos e metamórficos que afetaram a região no final do proterozóico. Possui uma topografia soerguida e acidentada e uma rede de drenagem relativamente densa, formada por canais de pequeno porte, encaixados e com padrão dendrítico que controla a morfologia ondulada desses terrenos. A passagem lateral desta unidade morfogeológica para terrenos mais baixos e su-

avizados da Planície Costeira propriamente dita se dá na forma de uma brusca e irregular mudança na declividade e padrão do relevo (Paim; Long; Asmus, H.E., 1987). A Planície Costeira Sul-Brasileira, localmente denominada por área da várzea, caracteriza-se por terrenos sedimentares de idade pliocênica e quaternária relacionados a regressões e transgressões ao nível do mar. Possui terrenos planos formados por ambientes que alternam origem marinha, lacustre e continental associados a uma série de corpos de água do tipo lagos e lagoas.

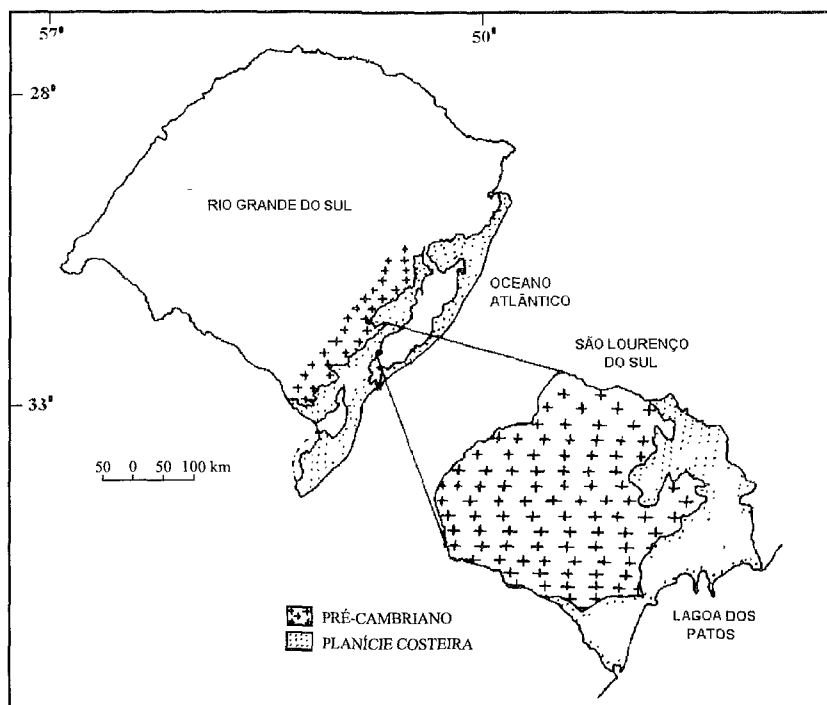
As unidades ambientais que compõem a área de estudo se referem aos terraços 3,2,1, terraço fluvial, cordões lagunares, terraço 5, terraço 4, Gra-

xaim e Pré-Cambriano (Figura 3). Esses ambientes definem padrões ambientais diferenciados que irão refletir a capacidade e uso do solo da região. Tais unidades ambientais, por sua vez, associadas a um conjunto de fatores culturais e socioeconômicos determinam o tipo de ocupação característico na área em consideração.

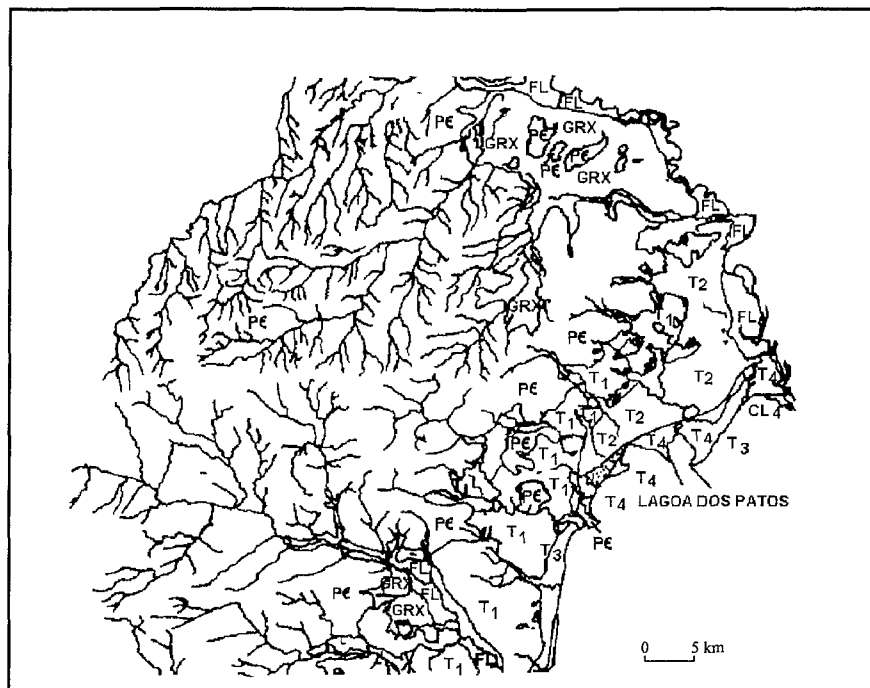
No setor agropecuário, o município se caracteriza pela presença de dois tipos básicos de sistemas agrícolas representativos: o sistema agrícola do tipo familiar e o sistema agrícola do tipo *agrobusiness*. Estes sistemas compõem a principal fonte econômica de São Lourenço do Sul e se distribuem com suas características próprias, ao longo da área da serra e da área da várzea.

A área da várzea, dominada por médias e grandes propriedades de terra (150 - 10 000 ha), está destinada à orizicultura, criação de gado de corte, pequenas áreas de soja com intensa mecanização e simplificação do ambiente. Ocupa principalmente ambientes como terraços lagunares 3,2,1 e Graxaim (Figura 3) e se localiza da BR 116 em direção à Lagoa dos Patos, onde os solos tendem a ser mais ricos em matéria orgânica. Essa área do município pode ser caracterizada pela presença marcante da agricultura capitalista moderna (*agrobusiness*), onde a concentração da posse da terra se dá com intensa diferenciação e exclusão de grupos sociais, sendo, muitas vezes, responsável pelo agravamento da crise da produção de alimentos e do êxodo rural. Segundo Graziano Neto (1988), a análise dos aspectos econômicos, sociais e políticos da moderna agricultura permite perceber que tal processo de transformação agrícola-

**Figura 2 - Mapa geológico simplificado do Município de São Lourenço do Sul**



**Figura 3 - Mapa das Unidades Geológicas Ambientais do Município de São Lourenço do Sul. T1, T2, T3 - Terraços Lagunares; FL-Terraço Fluvial; CL4 - Cordões Lagunares; GRX - Graxaim; Pe - Pré-Cambriano**



Fonte : Secretaria Municipal de Agricultura de São Lourenço do Sul

la pode representar para os trabalhadores rurais e pequenos produtores a perda da terra onde trabalham ou seu crescente endividamento. Aspectos técnicos e ecológicos demonstram que a moderna agricultura pode produzir uma grande gama de impactos ambientais. Ela desagrega os solos, causa desequilíbrios e instabilidades, polui o ambiente e utiliza elevadas quantidades de energia para produzir alimentos cada vez mais contaminados e de baixa qualidade biológica, pondo em risco a saúde humana.

A área da serra, localizada da BR-116 em direção a Canguçu, Camaquã e interior de Pelotas, é composta em toda a sua extensão por sistemas agrícolas de base familiar, distribuídos em propriedades entre

8 e 50 ha e raramente superiores a 100 ha. Trata-se de um conjunto de pequenas e médias propriedades altamente diversificadas, onde o agricultor produz alimentos para a sua subsistência e comercialização. Esse pequeno e médio produtor se especializa em determinada cultura como sua principal atividade socioeconômica produtiva, de onde obtém sua fonte de rendimento. Essa agricultura de subsistência é problemática e nem sempre garante a sobrevivência do agricultor, pois é suscetível às condições ambientais e econômicas do meio em que se estabelece. A área da serra apresenta-se bastante diversificada em termos ambientais, definindo atividades agropastoris que variam de acordo com a topografia, qualidade do solo,

presença de água, dependência do mercado econômico e disponibilidade de energia. Convivem, no local, agricultores pouco capitalizados, ao lado de agricultores com elevados níveis de produtividade e capital.

É difícil explicar quais fatores determinam uma acentuada melhoria nas condições econômicas de alguns produtores em detrimento dos outros. Este fato deve-se possivelmente a um conjunto de aspectos, tais como: qualidade do solo, disponibilidade do capital, acesso à tecnologia, área agrícola economicamente utilizada (lavoura ou pecuária), facilidade de informação e de escoamento que garantam uma atividade capaz de transformar o excedente da produção num tipo de atividade especializada e profissional.

A área da serra, baseada no tipo de cultura e no tipo de tamanho de propriedade, mantém presente, e isto é uma característica geral de toda região, o cultivo de uma diversidade de produtos e criação de animais voltados ao abastecimento interno da família. No entanto, cada propriedade associa à diversificação regional de produtos uma especialização no cultivo de determinadas culturas voltadas à comercialização como fumo, batata e soja. Essa característica, onde a diversificação não tende a ocorrer dentro de uma propriedade e sim no conjunto das propriedades, faz com que haja na região uma agricultura com características profissionais mais variadas, opondo-se a uma simplificação típica de áreas dominadas por monocultura. Entenda-se aqui por agricultura profissional a atividade produtiva que permite a comercialização do excedente da produção de determinada cultura, na maioria dos sistemas agropecuários, já que o índice de profissionalização,

de fato, no município é baixo e atende a uma minoria de agricultores.

Do ponto de vista ecológico, esse tipo de realidade encontrada na área da serra resulta em padrões de paisagem relativamente dinâmicos e heterogêneos, importantes para a manutenção do equilíbrio ecossistêmico. Do ponto de vista socioeconômico, este alto índice de diversificação faz com que muitos agricultores acabem por não se especializar de maneira profissionalizada num único tipo de cultura, na forma de agroindústria. Isto faz com que a produtividade e a rentabilidade das culturas fiquem aquém do desejado, e que haja um dispêndio de trabalho, energia e dinheiro ao considerarmos o conjunto das culturas como um todo. Por outro lado, estes ambientes agrícolas são menos vulneráveis às oscilações do mercado econômico, pois são sistemas auto-suficientes que não dependem exclusivamente de recursos econômicos e energéticos não renováveis para se reproduzir

Um trabalho voltado à profissionalização do agricultor se mostra presente na área da serra há bastante tempo. Em alguns casos, como no do leite e fumo, está refletindo a tendência geral da Nação onde a indústria, muitas vezes desestimulada de entrar no ramo agrícola devido à ameaça da perda de capital, integra-se com os agricultores. A indústria passa, nesse momento, a controlar o tipo de produto a ser comercializado numa forma de diversificação de investimentos com a agricultura servindo a seus interesses. Isto é o que se pode observar nos chamados complexos agroindustriais. Os capitalistas, donos das fábricas processadoras de matérias-primas, ao invés de compra-

rem terras para produzirem diretamente, tendem a dominar a produção de forma indireta, através da comercialização pelo controle de preços, restando um excedente que caberia aos produtores. Os padrões de produção dessas indústrias e ainda a regularidade de suas entregas impõem um perfil tecnológico à produção que deve ser seguido pelos agricultores (Delgado, 1985). Nesses casos diz-se que da indústria só não são a terra e o risco da produção. O agricultor, apesar de manter sua condição de proprietário dos meios de produção, é transformado, em alguns casos como no do fumo, num operário do campo (Graziano Neto, 1988)

Os ambientes do Município de São Lourenço do Sul possuem diferentes situações geológico-geomorfológicas, pedológicas e hídricas que irão se refletir em diferenças na cobertura vegetal, na fauna associada e no tipo de uso do solo adequado à região. No seu conjunto, essas diferenças irão determinar distintas características ambientais em termos de capacidade de suporte, biodiversidade, produtividade, resiliência e estabilidade (Asmus, H E.; Asmus, M.L.; Matarezi, 1991) Conseqüentemente, cada ambiente irá responder de maneira específica às atividades ali desenvolvidas, refletindo na adequabilidade ao meio onde se realizam. O nível de produtividade, extremamente fundamental para a atividade agropecuária pelo caráter econômico que representa, varia no município de acordo com o ambiente que o sistema agropecuário está inserido e de acordo com o próprio tipo de cultura ou criação realizada. Tal variação apresenta uma relação muito direta com a qualidade do solo. Solos têm sido freqüentemente utilizados como indicadores da capaci-

dade agrícola. Em São Lourenço do Sul esse é um aspecto que deve ser ressaltado, uma vez que áreas de maior produtividade e dotadas de certa infra-estrutura possuem os solos de melhor qualidade (Cunha, 1992). Isso gera para essas áreas uma expressiva melhoria do seu padrão socioeconômico e atrativos para o setor de investimentos. Se a qualidade do solo é boa todo o investimento feito no setor agropecuário terá seu retorno compensado, uma vez que as áreas de melhor solo apresentam, normalmente, um alto nível de produtividade e concentram os melhores produtores rurais. Como bom exemplo desse processo pode-se citar os agropecuaristas voltados para a produção de arroz na Várzea, e alguns pequenos agricultores que se destacam por um melhor padrão socioeconômico na área da serra. É preciso, porém, que fique claro que este cenário é válido quando não são levados em conta fatores energéticos não-renováveis (petróleo e eletricidade) como principais determinantes do processo produtivo, uma vez que estes agem como catalisadores da produtividade, a custa de um elevado custo de capital e energia. Afinal, as atividades ecologicamente desaconselháveis em um tipo de sistema podem ser viáveis em outro, onde os aspectos econômicos justifiquem a infusão massiva de energia e tecnologia. A atividade agrícola inclui como fator determinante do processo produtivo a associação de componentes ecológicos, econômicos e sociais. O manejo agrícola deve, desta forma, estar baseado necessariamente na combinação desses três fatores para que não se tenha uma percepção distorcida dos agroecossistemas e de seu funcionamento (Rikiel, 1984).

## Sistemas agropastoris dominantes

Os sistemas agropastoris que compõem o Município de São Lourenço do Sul são utilizados, conforme referidos anteriormente, por agricultores modernizados (*agrobusiness*) e por produtores de base familiar que buscam a manutenção da auto-suficiência. Para a compreensão das relações entre estes sistemas e de como os fatores socioeconômicos e ecológicos influenciam no seu funcionamento, partiu-se de uma análise sistêmica dos agroecossistemas, através de modelagem ecológica. Os modelos ecológicos permitem que se produza um cenário do objeto de estudo avaliando a atuação dos processos e controladores no comportamento do sistema. Ademais, modelos agrícolas são a base para atividades de manejo, intervenção e tomada de decisões (Spedding, 1984). Nesse sentido foram elaborados modelos conceituais-diagramáticos representativos dos agroecossistemas dominantes de São Lourenço do Sul, incluindo fumo,

arroz, leite, batata e soja, utilizando a "linguagem de circuitos energéticos" proposta por Odum (1983) e amplamente aplicada a estudos ambientais sistêmicos.

## Fumo

A atividade agrícola voltada à produção da cultura do fumo está localizada na área da serra do Município de São Lourenço do Sul, abrangendo cerca de 4 500 ha de terras distribuídas em 2 500 propriedades rurais de até aproximadamente 20 ha (Tabela 1). Esta atividade agrícola é bastante representativa e dominante na área em consideração, tendo em vista que para cada duas propriedades rurais, uma está diretamente envolvida com a produção e comercialização do fumo. Tal cultura pode ser caracterizada como um sistema produtivo de base familiar onde o produtor visa a sua auto-suficiência. Para caracterizar esse cultivo, elaborou-se um modelo conceitual-diagramático de uma propriedade padrão que representasse a maioria das propri-

idades produtoras de fumo (Figura 4). Neste sistema agrícola produz-se uma diversidade de bens renováveis representados no modelo pelos componentes primários: fumo, milho e hortifrutigranjeiros; e secundários: gado leiteiro. Áreas de matas nativas e eucalipto também estão presentes na unidade de produção. As matas nativas, quando não utilizadas para o abastecimento de lenha, normalmente são preservadas em áreas onde a declividade do terreno é bastante acentuada, e, portanto, impróprias para o cultivo agrícola. O florestamento de eucalipto, por sua vez, também destina-se ao abastecimento de lenha utilizada em larga escala, tanto para o uso doméstico como para a secagem do fumo em estufas.

Os principais condicionadores e fontes energéticas determinantes do nível de produtividade destas culturas são representadas pelo sol, chuva e relevo. Este sistema é bastante dependente destes fatores ambientais, visto que os subsídios energéticos e equipamentos oriundos de fora do sistema são pouco representativos e exercem uma importância menor sobre a produção. Tais subsídios referem-se no modelo às ferramentas básicas como enxada, arado, tecedeira, motosserra e estufa, e à utilização de fertilizantes.

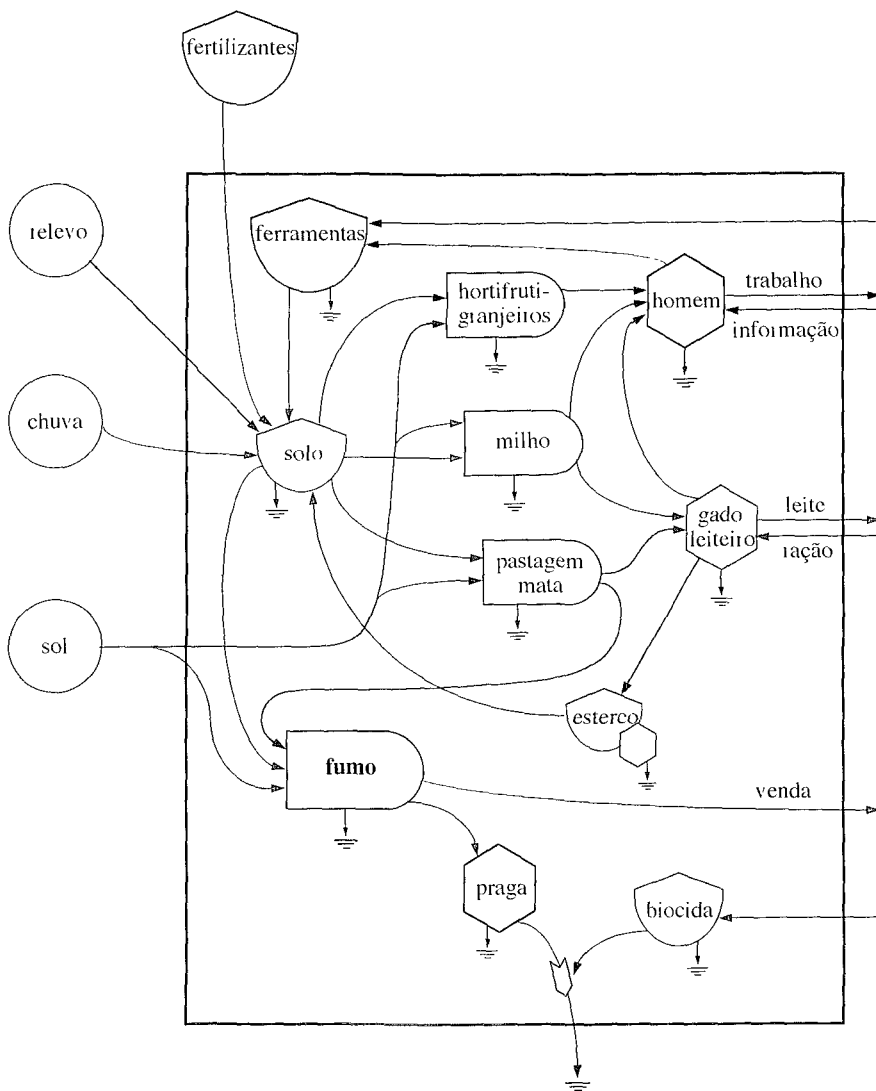
A cultura do fumo é a principal fonte de rendimento neste tipo de propriedade. Outros componentes primários e secundários destinam-se geralmente à subsistência do produtor, ainda que, em alguns casos, como o do leite e do milho, o excedente da produção seja comercializado. A remuneração do agricultor obtida com a comercialização do

**Tabela 1 - Área total destinada às principais culturas e amplitude de tamanho das propriedades no Município de São Lourenço do Sul**

| Culturas | Área (ha) | Tamanho da propriedade (ha) |
|----------|-----------|-----------------------------|
| Fumo     | 4 500     | 1 - 20                      |
| Milho    | 18 000    | 1 - 20                      |
| Soja     | 4 500     | 50 - 200                    |
| Arroz    | 9 000     | 200 - 10 000                |
| Batata   | 8 000     | 20 - 50                     |

Fonte: Cunha, N. Mapa de capacidade de uso do solo do Município de São Lourenço do Sul, RS [S.L.]: EMBRAPA, 1992

**Figura 4 - Modelo conceitual-diagramático de uma propriedade produtora de fumo**



Nota: Entradas e saídas no lado direito do diagrama representam relação com sistema econômico

fumo e do excedente das demais culturas é bastante limitada. De acordo com produtores entrevistados, limita-se em torno de um a dois salários mínimos mensais (US\$ 65 a 130), variando com os preços de mercado e com as condições ambientais da área em que se inserem. Essa relação é representada no modelo pelo intercâmbio que se processa entre mercado econômico e empresa fumageira com a produção do fumo e com o excedente das

outras culturas. Ambos deixam o sistema produtivo, transformam-se em dinheiro, e retornam na forma de mercadorias (sal, açúcar, materiais de higiene e de limpeza e vestuário), ferramentas agrícolas, rações e influência cultural.

Cabe ressaltar que, embora este sistema mantenha uma diversidade de produtos, garantindo uma certa heterogeneidade espacial, ele busca um aumento de produtividade concentrando esforços no cultivo

do fumo. Por se tratar, porém, de um sistema agrícola onde há pouca quantidade de energia subsidiada importada de fora do sistema, a produção é condicionada pelo tipo de solo, terreno e relevo presentes na área considerada, pela quantidade de insolação, pela quantidade de chuva, pelo tamanho da área plantada e pelo tamanho e composição da família produtora, entre outros. O tamanho da área plantada é normalmente relacionado à quantidade de estufas existentes na propriedade, numa proporção de uma estufa para 2 ha de fumo. Esta cultura é freqüentemente adotada por produtores que possuem um considerável número de indivíduos na composição familiar, pois se trata de um produto agrícola que carece de um tratamento bastante intenso. É o proprietário da terra e sua família que atuam no processo produtivo, a partir do emprego de sua força de trabalho, transformando os bens renováveis ali produzidos em mercadorias a serem comercializadas. Não há, de maneira geral, para toda a área da serra, a contratação de trabalhadores de fora do sistema agrícola, uma vez que todas as atividades realizadas na propriedade são feitas exclusivamente pelos componentes da família. Em alguns casos, quando os fatores ambientais (clima) e econômicos (classificação abaixo do preço) influenciam de forma negativa na produção, o agricultor e sua família são obrigados a exercer outras atividades que auxiliem na remuneração da propriedade, como uma forma de garantir a sua permanência no campo. A empresa fumageira destaca-se como o fator econômico acima mencionado, exercendo um papel determinante no processo de pro-



dução e comercialização do fumo. Embora o produtor seja o dono da terra em que está inserida sua propriedade, é a indústria que fornece os insumos e que determina o tipo de fumo que deverá ser produzido. Além de comandar o processo de produção impondo aos agricultores o tipo de produto a ser comercializado, a indústria domina o processo de comercialização, uma vez que a classificação do fumo proposta pelo agricultor nem sempre é compatível àquela que a empresa determina. Quando isso acontece, os agricultores tornam-se gradativamente mais endividados e, conseqüentemente, mais vulneráveis e dependentes. Como as indústrias de fumo no Brasil são na maioria multinacionais, a produção de fumo torna-se não só dependente do mercado nacional, mas também dependente do mercado externo. Ambientalmente este é um fator importante, pois, por se tratar de uma produção que busca atingir as exigências do mercado externo, a utilização de agrotóxicos foi reduzida de maneira expressiva no município para atender a um padrão de qualidade mais elevado (dados obtidos nas entrevistas com agricultores).

A agricultura auto-suficiente, quando envolvida neste tipo de relação social, corre o risco da perda crescente de sua característica, tornando-se cada vez mais dependente do setor industrial. Tal possibilidade ocorre devido à dinâmica da acumulação econômica encontrada nos setores industriais, onde os capitais são mais concentrados ou oligopolizados e tendem, portanto, a comandar o direcionamento da economia (Graziano Neto, 1988). No entanto, para a maioria dos pequenos proprietários rurais a produção desses gêneros vin-

culados ao mercado interno ou externo ainda é uma opção mais segura e rentável a médio prazo

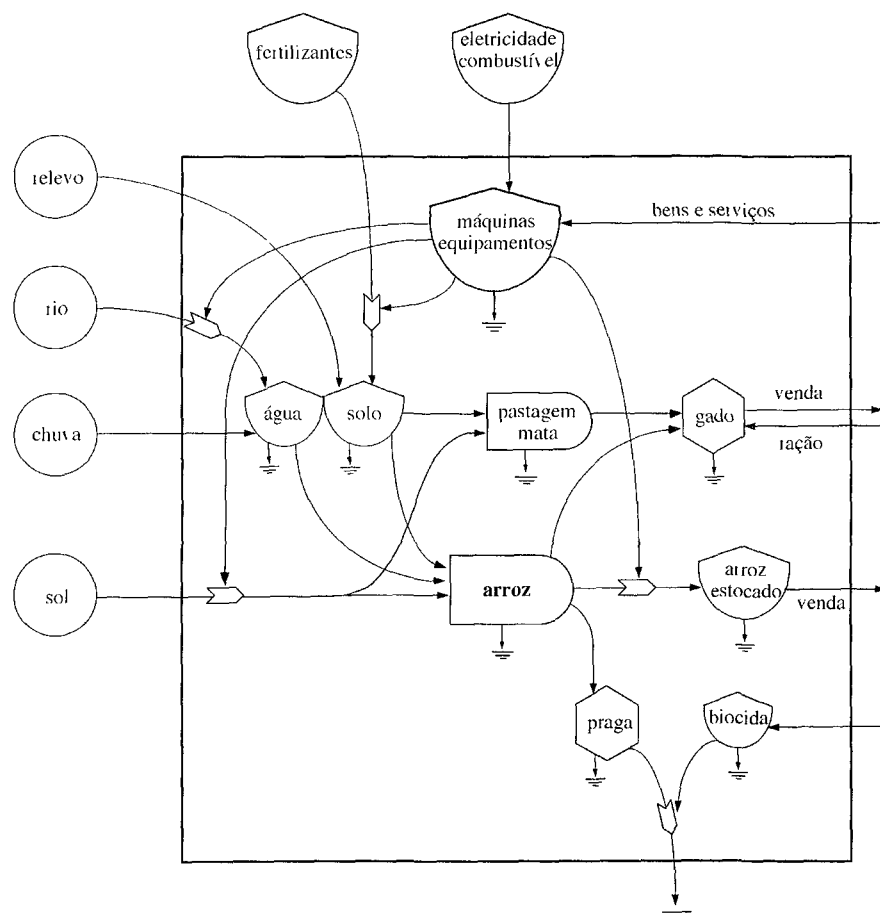
## Arroz

A área da várzea de São Lourenço do Sul é composta na sua maior parte pelo cultivo do arroz irrigado associado à pecuária de corte. A cultura do arroz ocupa 9 000 ha, envolvendo em torno de 300 propriedades rurais (Tabela 1) Tem-se ali uma agricultura tipicamente capitalista do tipo *agrobusiness* com alto índice de produtividade obtido a custa de uma diminuição na diversidade de culturas e do uso acentuado de subsídios ener-

géticos não-renováveis (Asmus, M.L., Asmus, H.E, 1991).

O modelo conceitual que representa os sistemas de produção de arroz (Figura 5) mostra um cenário bastante homogêneo e simplificado do local em que o mesmo está inserido. Eles são agroecossistemas intensivamente manejados para maximizar a produção desse importante produto. Concomitante à cultura do arroz cria-se o gado de corte em áreas destinadas às pastagens, que são diretamente dependentes de fonte energética solar e controladas pelos demais fatores climáticos. O gado bovino é um componente relevante, auxiliando na fonte de rendimento do agropecuarista.

**Figura 5 - Modelo conceitual-diagramático de uma propriedade produtora de arroz**



Nota: Entradas e saídas no lado direito do diagrama representam relação com sistema econômico

O arroz aparece como principal produto primário nesse sistema. Para ele são canalizados todos os esforços em busca da obtenção do nível de produtividade desejado. A produção é, assim, obtida com a ajuda de máquinas que requerem o uso intensivo de energia, sistemas de irrigação e a aplicação de defensivos e fertilizantes. Este alto *input* de subsídios energéticos de fora do sistema produtivo faz com que diminua de modo expressivo a dependência desse sistema aos fatores energéticos renováveis, simbolizados no modelo pelas fontes naturais: sol, chuva e relevo. Cria-se, portanto, um ecossistema totalmente artificializado e manejado a custo de um decréscimo acentuado da heterogeneidade ambiental e, conseqüentemente, de sua estabilidade (Odum, 1984).

Analisado sob o prisma agrícola, a produção de arroz em São Lourenço do Sul é compatível ao tipo de ambiente ali presente. O arroz é plantado sobre os terraços lagunares 3,2,1 (Figura 3), que apresentam solos hidromórficos ideais para a prática da orizicultura (Rocha, 1991). O problema reside no fato de que esta prática agrícola produz monocultura extremamente dependente da aplicação de fertilizantes artificiais. Estes métodos, além de destruírem o equilíbrio orgânico do solo, geram uma maior dependência aos aspectos econômicos externos. Além disso, esta agricultura moderna leva a distúrbios nos ciclos ecológicos naturais. Alguns desses distúrbios estão representados no modelo pelo aparecimento

de pragas (plantas competidoras, pássaros predadores) no agroecossistema. Ao combater as pragas, o grande produtor importa mais energia de fora do sistema, pulverizando quantidades cada vez maiores de biocidas, ou aumenta a área plantada para compensar as perdas. Nota-se, portanto, que este sistema mantém-se devido ao emprego constante de capital e energia. A modernização da agricultura levou a um estágio de sistema altamente dispendioso, consumidor de energia fóssil e manuseado pelo setor industrial. Além do subsídio energético e econômico, esse sistema produtivo apresenta uma acentuada dependência do fator político. A manutenção da estabilidade econômica dessas propriedades é geralmente obtida por subsídios governamentais que garantem comercialização, através de políticas de um preço mínimo que definirá a margem de lucro ao produtor.

A figura do arroteiro não é representada no modelo, embora seja o principal componente externo, controlando todos os processos desde a etapa da produção até a comercialização. O trabalho humano está presente no modelo e vem de fora do sistema. Ele é pouco significativo, visto que a acentuada utilização de tecnologia dispensa o emprego de grande parte da mão-de-obra, agravando o problema social do desemprego na região. O dinheiro obtido com a venda das mercadorias retorna à propriedade na forma de insumos, combustíveis, fertilizantes, eletricidade e capital que retroalimentam o sistema produtivo.

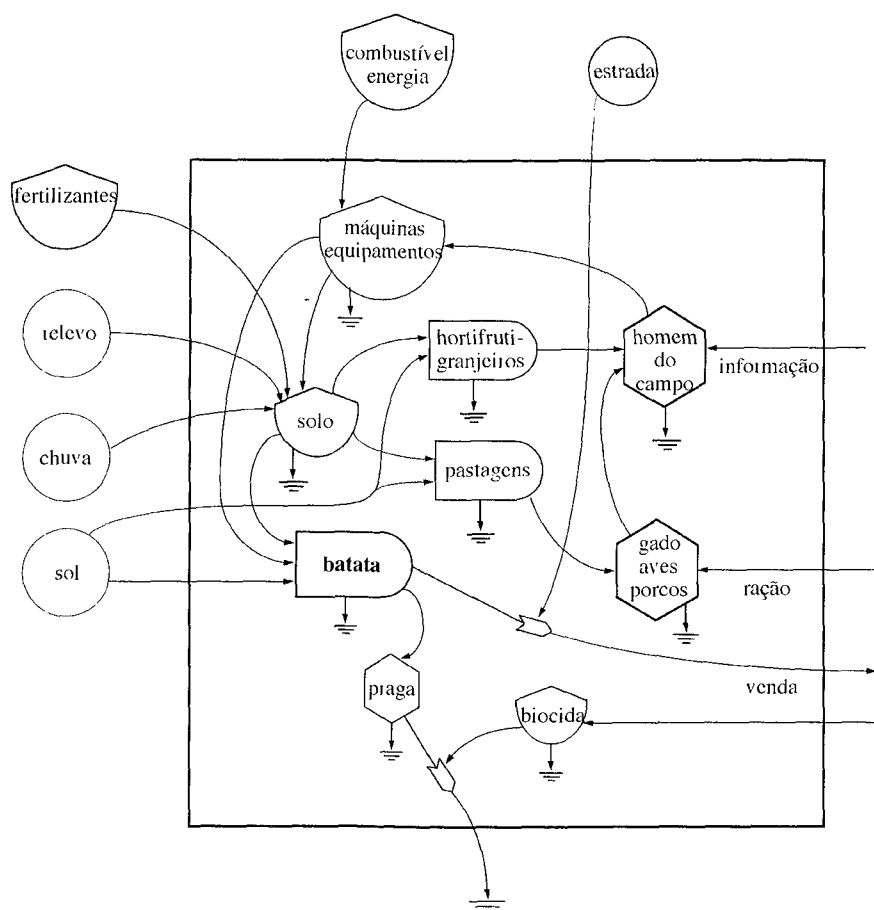
## Batata

A cultura da batata é desenvolvida na área da serra, envolvendo um número considerável de produtores. Ocupa um total de 8 000 ha das terras do município e aparece em propriedades agrícolas com áreas normalmente entre 20 e 50 ha (Tabela 1).

O modelo conceitual que representa este sistema (Figura 6) mostra uma propriedade com características intermediárias entre as do fumo e do arroz. Esse sistema produtivo é caracterizado por uma base familiar. O agricultor e sua família, representados no modelo pelo consumidor "homem do campo", realizam todas as etapas do processo produtivo e representam a principal força de trabalho para o funcionamento do sistema. Essa propriedade, como as demais modeladas na área da serra, não emprega mão-de-obra, produz para sua subsistência e obtém seu rendimento econômico através da comercialização de seu produto agrícola principal, a batata. Convém ressaltar que mesmo mantendo características de base familiar este sistema se apresenta relativamente mais capitalizado se comparado a sistemas voltados a culturas como a do fumo, refletindo que a batata é um produto excedente comercializável que conduz para uma especialização viável.

A batata é representada no modelo pelo símbolo de produtor primário, com sua produção diretamente dependente de fatores ambientais representados por sol, chuva, relevo e solo. Por outro lado, este sistema já

**Figura 6 - Modelo conceitual-diagramático de uma propriedade produtora de batata**



Nota: Entradas e saídas no lado direito do diagrama representam relação com sistema econômico

mostra alguma dependência de fatores energéticos não-renováveis. A presença de máquinas e equipamentos induz a um aumento de produtividade e garante um tamanho considerável da área plantada. As pragas aparecem no modelo como componentes consumidores e são controladas no sistema pelos biocidas adquiridos no mercado. Outros componentes primários estão presentes no modelo e são referidos às pastagens e aos hortifrutigranjeiros destinados exclusivamente ao consumo na propriedade. Há a criação de animais como o gado bovino, porcos e aves desti-

nados também à subsistência do agricultor. Estes animais são mantidos com a produção de milho destinada à ração e também com a aquisição de rações de fora do sistema.

O processo de transferência do produto a ser comercializado para o mercado está relacionado diretamente ao "fator estrada" e à figura do comerciante intermediário. Este adquire do produtor familiar seu produto por um preço mínimo que é repassado às cidades pelo preço de mercado. Ocorre nesta relação uma transferência de renda do setor rural ao setor urbano,

onde a produção está sempre subordinada à circulação. Esta cultura é, portanto, bastante dependente do sistema econômico. A quantidade de capital adquirida através da venda da mercadoria volta ao sistema na forma de combustíveis, insumos, rações, energia elétrica, bens de consumo e capital, que alimentam e mantêm a reprodução do sistema.

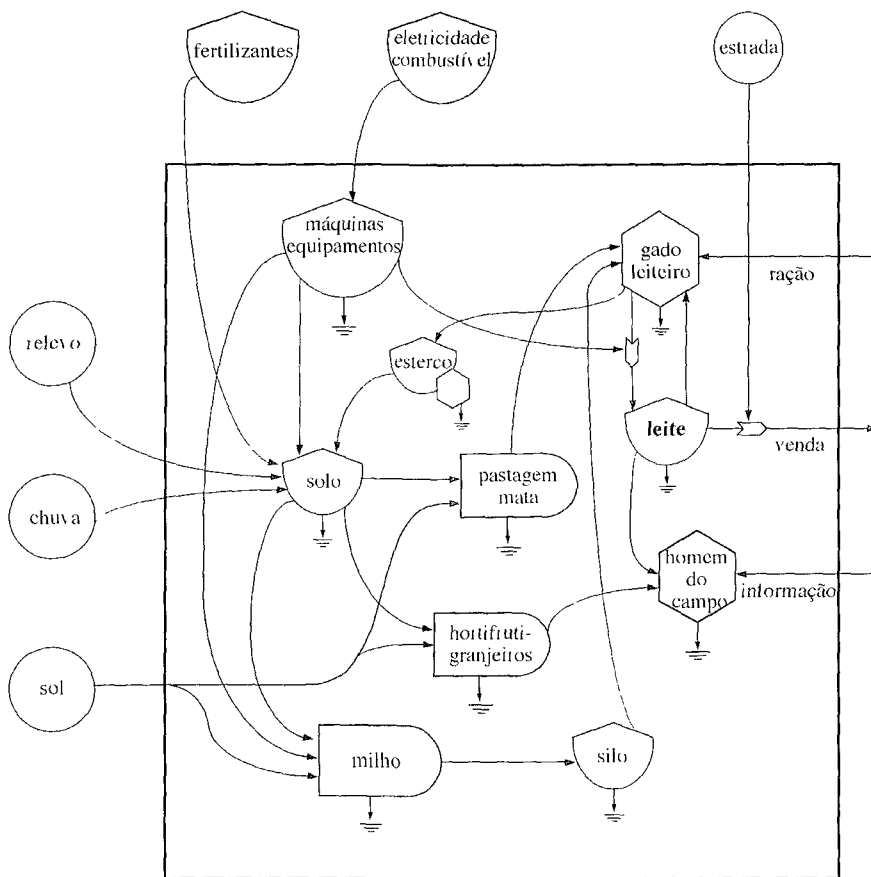
### Leite

A pecuária leiteira é uma atividade agropastoril muito representativa da área da serra no Município de São Lourenço do Sul, envolvendo cerca de 2 000 agricultores distribuídos em propriedades com tamanho médio aproximadamente entre 20 e 50 ha (Tabela 1).

O modelo conceitual-diagramático (Figura 7), representativo das características típicas de funcionamento deste tipo de propriedade, mostra um sistema diversificado, auto-suficiente, com base familiar, onde a ligação com o mercado se dá em larga escala, através da comercialização do leite, e em menor escala, da venda do excedente da produção de alguns outros produtos. Esses produtores familiares, na busca da sua manutenção como sistema produtivo, integram-se ao setor industrial de onde obtêm sua fonte principal de rendimento

O cultivo do milho e de plantas forrageiras é bastante significativo nesta propriedade, já que são componentes fundamentais na alimentação do gado bovino e, conseqüentemente, na produção do leite. O sucesso desses componentes

**Figura 7 - Modelo conceitual-diagramático de uma propriedade produtora de leite**



Nota: Entradas e saídas no lado direito do diagrama representam relação com sistema econômico

primários está na dependência direta do sol, chuva, terreno e relevo. Fertilizantes artificiais e o uso de esterco líquido associam-se a estas fontes naturais, aumentando o nível de produtividade. O sistema, além disso, envolve o uso da tração animal e também da tração mecânica. Nota-se, portanto, que há um certo equilíbrio entre as fontes energéticas naturais e artificiais, revertendo-se num quadro positivo para o agricultor que, embora sensível às oscilações do mercado, consegue assegurar uma razoável estabilidade produtiva.

Observa-se no modelo que o suprimento alimentar de que os componentes consumidores necessitam é todo obtido dentro da propriedade, onde se criam gado bovino, porcos, aves e se plantam hortifrutigranjeiros. A ração que abastece os animais é proveniente de fora do sistema. O agricultor, representado no modelo pelo "homem do campo", mantém presente características de pequeno produtor, embora neste sistema agrícola específico de São Lourenço do Sul ele consiga obter um certo grau de capitalização. Graziano

Neto (1988) cita que em alguns ramos de atividade, como na pecuária leiteira nacional, é comum encontrar muitos pequenos produtores com grande uso de trabalho familiar e produção de subsistência associada à produção de mercado, mas sem permitir uma caracterização e capitalização plena.

A produção leiteira é normalmente obtida através de ordenha manual com o trabalho da própria família. O processo de resfriamento do leite, que garante a melhoria na sua qualidade, é, às vezes, auxiliado eletricamente. Eletricidade é um fator importante no processo produtivo leiteiro, influenciando diretamente na classificação do mesmo. O leite produzido na área da serra é basicamente do tipo C, já que a energia que chega nesta região é monofásica e não permite um aumento da capacidade dos resfriadores com a qual se obteria um leite de melhor qualidade (tipo B). O leite produzido é repassado à indústria que, à semelhança do fumo (os dois são integrados à indústria), impõe o preço ao produtor. Desse modo, a venda do produto nem sempre acompanha um observado crescente aumento de gastos com insumos, fertilizantes, rações, vacinas, material de higiene e limpeza, eletricidade e combustíveis, produzindo uma conseqüente diminuição no lucro do produtor.

## Soja

A cultura da soja, presente em São Lourenço do Sul, ocupa a área da serra e a área da várzea. Planta-se soja em 4 500 ha do município, em propriedades com tamanho

entre 50 e 200 ha (Tabela 1) Este trabalho, através de entrevistas com agricultores locais, analisou a cultura da soja localizada somente na área da serra.

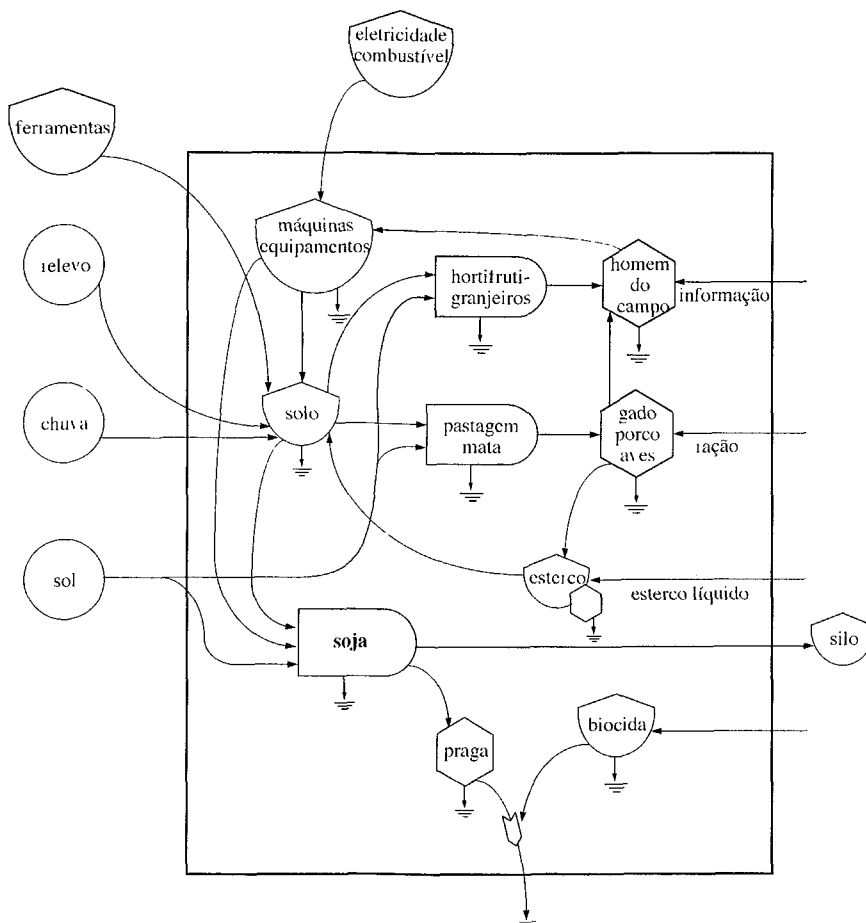
O modelo que representa este tipo de propriedade (Figura 8) define um sistema onde se mantém presente a relação familiar no processo de produção, mas com algumas peculiaridades. O componente consumidor, simbolizado pelo "homem do campo", maneja a produção com o auxílio de implementos agrícolas, representados no modelo por máquinas e equipamentos. A cultura da soja, desde

a etapa da plantação até a etapa da colheita, é realizada via mecanização. A tração animal é utilizada em lugares mais inclinados e de difícil acesso ao trator. Tal tecnificação da lavoura proporciona uma maior disponibilidade de tempo ao agricultor, permitindo que o mesmo se relacione com o mercado de dois modos: na comercialização direta da soja e do excedente de outros produtos, e agindo na intermediação do comércio entre outros sistemas produtivos. Esse investimento na diversificação de suas atividades retorna ao sistema na forma de capital

A soja, na área da serra do município, não apresenta o padrão de funcionamento de um sistema simplificado de monocultura do tipo *agrobusiness*. Ao contrário, a diversificação de produtos dentro da propriedade é intensa e o agricultor não apresenta características de um grande produtor, se comparado a um arroteiro, embora seja consideravelmente capitalizado. Há vários produtores primários representados no modelo (soja, pastagem, mata e hortifrutigranjeiros). Eles dependem, para o seu desenvolvimento, de fontes naturais (sol, chuva e relevo) e de fertilizantes, com exceção das matas nativas que dependem exclusivamente das fontes naturais. O uso do esterco líquido também está presente no sistema, produzido na propriedade ou adquirido no mercado. Os consumidores, além do "homem do campo", referem-se aos animais (gado, porcos e aves) que abastecem o sistema na forma de alimento, trabalho (tração animal) e capital, quando comercializado seu excedente. A alimentação desses consumidores é obtida na forma de ração proveniente de fora da propriedade e pelo consumo de milho e de plantas forrageiras

A cultura da soja possui uma política de preço relativamente mais estável que as demais culturas já analisadas na área da serra. Nela o agricultor não depende exclusivamente de uma indústria para comercializar seu produto, como ocorre com o fumo e o leite. Geralmente a soja produzida sai do sistema em direção a uma cooperativa onde fica armazenada até ser efetivamente comercializada. Isso possibilita ao produtor uma certa liber-

**Figura 8 - Modelo conceitual-diagramático de uma propriedade produtora de soja**



Nota: Entradas e saídas no lado direito do diagrama representam relação com sistema econômico

dade de vender o produto em períodos economicamente mais vantajosos. A venda da mercadoria permite a obtenção de combustíveis, eletricidade, utensílios, fertilizantes e materiais de uso em geral oriundos de fora do sistema.

## Considerações finais

O Município de São Lourenço do Sul, com base em um enfoque geológico-geomorfológico, pode ser dividido em dois macroambientes ou províncias: o Embasamento Cristalino (área da serra) e a Planície Costeira Sul-brasileira (área da várzea). Tais ambientes, em função das características de seus atributos abióticos (hidrografia e solos) e bióticos (vegetação e fauna), conjuntamente com fatores socioeconômicos, influenciam de forma diferenciada o tipo de ocupação do solo e as atividades econômicas na região.

A área da serra é caracterizada pela presença de pequenas propriedades do tipo familiar que se dedicam à plantação de fumo, batata, soja e à criação de gado leiteiro como principais atividades geradoras de sua fonte de rendimento. Essa área tem sido bastante problemática quer nos seus aspectos ecológicos, quer nos seus aspectos socioeconômicos. Há sérios problemas de erosão do solo associados a altos índices de pedregosidade, que induzem a uma baixa produtividade agrícola. A baixa capitalização, observada em grande parte das propriedades, dificulta o uso de tecnologias que aumentam a eficiência da produção. Por sua vez, o cultivo de outros produtos alternativos destinados à comercialização é comprometido pela ausência de um mercado econômico que absorva tal produção. Os

agricultores dessa área para continuar mantendo sua subsistência são frequentemente obrigados a integrar-se com as indústrias (fumageira, por exemplo), aceitando suas imposições no que tange ao processo produtivo e na definição do preço do produto. Embora essa região seja dominada por pequenas propriedades de base familiar, ela apresenta um alto potencial de impacto ambiental causado pelo uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos, atuantes no processo de produção e controle de pragas, que acabam por contaminar solos e água, comprometendo a própria qualidade de vida do agricultor. Mesmo que o padrão de utilização do solo na área da serra mantenha, como um todo, uma elevada heterogeneidade espacial e garanta a manutenção de pequenos agroecossistemas, as atividades ali realizadas nem sempre são baseadas em práticas agrícolas adequadas.

Na área da várzea, onde predominam as grandes propriedades do tipo *agrobusiness*, o impacto da agricultura em nível ambiental e social é mais marcante. Nessa região o funcionamento de sistemas agrícolas de elevada produtividade depende fundamentalmente de subsídios energéticos não-renováveis, ainda que nela ocorram formações ambientais favoráveis, como, por exemplo, os terraços lagunares, ricos em matéria orgânica. A retirada de água para irrigação, a aplicação de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas, o uso de combustíveis fósseis e a simplificação da paisagem representam fatores de alteração ambiental nos locais onde estes sistemas agropastoris se instalam. Eles estão fundamentados na manutenção da garantia do sucesso econômico da produção de um produto es-

pecífico, o que implica, não raramente, prejuízos sociais e ambientais.

Os sistemas agrícolas são ecossistemas em que as ações antrópicas de apropriação e utilização do meio ambiente são frequentemente realizadas de modo incompatível com os ciclos ecológicos naturais. Elas geralmente priorizam a manutenção do sistema econômico em que se inserem, desconsiderando, muitas vezes, seus aspectos ecológicos e sociais. Faz-se, portanto, necessário estudar o ambiente sob uma ótica sistêmica que transcenda o enfoque reducionista e analise os sistemas agrícolas de maneira global e integrada. Tal abordagem sistêmica permite avaliar as atividades agrícolas do município num contexto de macroescala, não se prendendo somente aos agroecossistemas como unidades isoladas, mas considerandoo-os de forma combinada e sob influências ambientais, socioeconômicas e culturais. Nesse sentido, a modelagem ecológica mostrou-se uma ferramenta adequada para sistematizar o conhecimento dos sistemas agrícolas, visualizando de forma prática e concisa a sua organização e o seu funcionamento.

Quando o manejo dos agroecossistemas é considerado, é preciso que se procure conciliar uma adequação das atividades produtivas à capacidade ambiental e às condições sociais do meio em que se desenvolvem. Para tanto é imprescindível que a busca contínua pelo aumento da produção desses sistemas esteja sempre de acordo com a preservação de seu equilíbrio ecológico e social. Só poder-se-á pensar em um desenvolvimento com sustentabilidade ambiental quando se atingir a qualidade de vida da sociedade como um todo,

e não de uma minoria de pessoas que garante hoje a manutenção de seu elevado padrão social, a custa da exploração irracional dos ecossistemas e do uso indiscriminado de fontes energéticas não-renováveis.

Para que o Município de São Lourenço do Sul mantenha o sucesso da produtividade de seus agroecossistemas, é necessário utilizar procedimentos adequados no processo produtivo, sejam eles baseados na influência natural dos sistemas, ou nos

subsídios energéticos. Tais procedimentos devem, portanto, manter a homeostase do binômio produção *versus* qualidade ambiental, evitando utilizações inadequadas que agravem os problemas já existentes no âmbito ecológico ou social. É, portanto, imprescindível um correto conhecimento da dinâmica dos ambientes a serem utilizados, aliado à implantação de uma política agrícola adequada voltada às necessidades dos pequenos agricultores locais,

e que seja capaz de oferecer uma melhoria para seu bem-estar social.

A atual conjectura aponta no sentido de contrapor-se a interesses econômicos imediatistas e opta pelo desenvolvimento de uma agricultura escorada sobre bases racionais, onde sua modernização não apenas promova aumentos de produtividade e rendimento de culturas específicas, mas atinja, através de pesquisas, uma maior harmonia entre atividades agrícolas, meio ambiente e sociedade.

## Bibliografia

- ASMUS, H. E.; ASMUS, M. L.; MATAREZZI, J. Uma visão crítica da metodologia para o levantamento ambiental costeiro do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., 1991, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: [s.n.], 1991. p. 207-237.
- ASMUS, M. L.; ASMUS, H. E. Enfoque ecológico da agricultura brasileira num quadro de modernidade tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., 1991, Londrina, PR. *Anais...* Londrina, PR: [s.n.], 1991. p. 433-450.
- CENDRERO, A., DIAZ DE TERÁN, J. R. The environmental map system of the University of Cantabria, Spain. In: AMDT, P., LÜTTIG, G. W. (Ed.). *Mineral resources: extraction, environmental protection and land-use planning in the industrial and developing countries*. [S.l. s.n.], 1987. p. 149-181.
- COX, G. W. The linkage of inputs to outputs in agroecosystems. In: LOWRANCE, R.; STINNER, B. R., HOUSE, G. J. (Ed.). *Agricultural ecosystems*. New York: Wiley, 1984. p. 187-208.
- CUNHA, N. *Mapa de capacidade de uso do solo do município de São Lourenço do Sul, RS*. [S.l.]: EMBRAPA, 1992.
- DELGADO, G. *Capital financeiro e agricultura no Brasil*. São Paulo: Ícone, 1985. p. 32-143.
- GRAZIANO NETO, F. *Questão agrária e ecologia: crítica da moderna agricultura*. São Paulo: Brasiliense, 1988. 155 p.
- HALL, C. A. S.; DAY Jr, J. W. *Ecosystem modeling in theory and practice: an introduction with case histories*. New York: Wiley, 1977. 684 p.
- JACKSON, W. Toward a unifying concept for an ecological agriculture. In: LOWRANCE, R., STINNER, B. R., HOUSE, G. J. (Ed.). *Agricultural ecosystems*. New York: Wiley, 1984. p. 209-221.
- ODUM, E. P. Properties of agroecosystems. In: LOWRANCE, R.; STINNER, B. R., HOUSE, G. J. (Ed.). *Agricultural ecosystems*. New York: Wiley, 1984. p. 5-11.
- ODUM, H. T. *Systems ecology: an introduction*. New York: Wiley, 1983. 644 p.
- ODUM, H. T. et al. *Environmental systems & public policy*. Gainesville: University of Florida, 1988. 253 p.
- PAIM, P. S. G.; LONG, T.; ASMUS, H. E. Aspectos geológicos e geomorfológicos da região estuarina da Lagoa dos Patos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ASSOCIAÇÃO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 1., 1987, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Associação de Estudo do Quaternário, 1987.

RIKIEL, E. J. Modeling agroecosystems: lessons from ecology. In: LOWRANCE, R.; STINNER, B. R.; HOUSE, G. J. (Ed.) *Agricultural ecosystems* New York: Willey, 1984. p. 157-178.

ROCHA, J. S. M. da. *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. Santa Maria: Edições UFSM, 1991 181 p.

SPEDDING, C. R. W. Agricultural systems and the role of modeling In: LOWRANCE, R., STINNER, B. R., HOUSE, G. J. (Ed.). *Agricultural ecosystems*. New York Willey, 1984. p 179-185.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. Quantitative methods in landscape ecology: an introduction. In: TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. (Ed ). *Quantitative methods in Landscape ecology*. New York: Springer-Verlag, 1991 p. 3-14.

## Resumo

A modelagem ecológica é uma importante técnica de estudo ambiental com aplicação na análise de sistemas agrícolas. Ela permite o entendimento dos ecossistemas de forma integrada a partir da análise de seus componentes e processos dominantes. Este trabalho utilizou a modelagem ecológica para o estudo de aspectos ambientais e socioeconômicos de áreas agrícolas de São Lourenço do Sul (RS), na região costeira sul-brasileira. O município está assentado sobre dois sistemas geológicos: o Embasamento Cristalino, localmente chamado de "área da serra", e a Planície Costeira Sul-Brasileira, localmente chamada de "área da várzea". Diferentes sistemas agrícolas ocorrem em tais áreas, influenciados por características ambientais (relevo, solo e hidrografia), pelo acesso a recursos energéticos (eletricidade e combustíveis fósseis), e por condições sociais, políticas e econômicas. Para cada agroecossistema dominante no município construiu-se um modelo conceitual-diagramático, avaliando a importância de processos e controladores no comportamento do sistema. Os agroecossistemas modelados incluíram as culturas de fumo, arroz, batata e soja, e a pecuária leiteira. Os sistemas agrícolas da área da serra caracterizaram-se como pequenas propriedades do tipo familiar com baixo nível de capitalização e acesso restrito a tecnologias que melhorem a eficiência da produção. Na área da várzea predominam as grandes propriedades do tipo *agrobusiness*, altamente dependentes de subsídios energéticos não-renováveis, e com elevada potencialidade impactante ao ambiente. Os modelos desenvolvidos sistematizam o conhecimento dos sistemas agrícolas estudados, e podem ser acessórios importantes na definição de ações de planejamento e manejo voltadas a um desenvolvimento agrícola com sustentabilidade ambiental.

## Abstract

Ecological modelling is an important tool for integrated environmental studies and ecosystems analysis. This work used ecological modelling for studying the environmental, social and economical aspects of agroecosystems in São Lourenço do Sul (RS), in the Southern Brazilian coastal region. The country of São Lourenço is settled on two major geologic systems. Pré-Cambrian basement, locally called "área da serra", and the Southern Brazilian Coastal Plain, locally called "área da várzea". At this areas there are several different agricultural systems influenced by environmental characteristics and by social, economical and political conditions. The dominant agricultural systems were identified, described their structure and dynamics, and modelled as the way to represent and observe their behavior. Tobacco, potatoes, corn, soya, milk and rice production properties were modelled. The models seem to represent the main systems characteristics and could be useful as an important accessory to establish and adequate policy for planning agricultural development towards an environmental sustainability.